



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA
REHABILITACIÓN DE TORRE DE
ENFRIAMIENTO DE LA CENTRAL
TERMOELÉCTRICA CICLO COMBINADO EL
SAUZ DE COMISIÓN FEDERAL DE
ELECTRICIDAD**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Federico Miguel Becerril Ramírez

ASESOR DE INFORME

Ing. Marcos Trejo Hernández



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

DEDICATORIA

A mi Mamá, gracias por tu amor, sacrificio, consejos y valores para desarrollarme como un hombre de bien, gracias por ser el pilar más importante en mi vida, gracias por todas tus bendiciones, por tus preocupaciones para que estuviera bien en este trayecto, y a pesar de que no estuvimos juntos físicamente, tu apoyo fue incondicional en cada momento en el transcurso de la carrera. Te dedico con todo mi amor este Informe por Trabajo Profesional como conclusión a mi desarrollo académico, y sé que lo estas disfrutando tanto como yo, gracias por ser mi mamá, mi jefa; te amo hasta el cielo.

A ti, Papá por tu apoyo incondicional para poder estudiar esta carrera, por tus consejos y por enseñarme la gran virtud del trabajo, por estar presente en mi vida y por preocuparte para que no me faltara nada durante el transcurso de la carrera. Gracias por todo.

A mi esposa Brenda por su amor y dedicación, por estar en cada momento importante de mi vida y que ha sido fundamental para crecer como esposo y padre de mis hijos, gracias por tu apoyo y por tu impulso cada día para seguir creciendo, has sido incondicional para ser la persona que ahora soy, gracias por hacerme un hombre muy feliz a tu lado, te amo.

A mis hijos Ingrid e Iker, gracias por ser unos hijos hermosos y maravillosos, llenos de salud y felicidad, su llegada me hizo crecer y esforzarme cada día más, son mi vida y todo mi amor, gracias por estar juntos, los amo con el alma.

A mis hermanas Claudia y Tere por quererme siempre y apoyarme cuando lo he necesitado, a **mi hermano Arturo** que desde el cielo me ha protegido y me ha iluminado para ser alguien en la vida, a **Neto**, que eres más que mi hermano.

A todos ustedes, por sus buenos deseos para que siempre me vaya bien en la vida, por compartir hermosos momentos en familia, por siempre los voy a querer mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Ingeniería, por la oportunidad que me brindó de recibir una formación profesional

Al ingeniero Marcos Trejo, por su valioso apoyo, tiempo y dedicación para dirigir este Informe por Trabajo Profesional.

A mis maestros, que con esmero y entusiasmo me brindaron y compartieron sus conocimientos.

Al maestro José Heriberto por su ayuda, tiempo, comentarios y aportaciones para concluir este informe por trabajo profesional.

A mis amigos que me acompañaron y que compartimos experiencias como universitarios desde el inicio de la carrera: Milton, Alejandro, Miguel Ángel, José Luis y José Antonio.

A la Comisión Federal de Electricidad, por darme la oportunidad de formarme, desarrollarme humanamente y crecer profesionalmente desde el año 2003, en diferentes áreas técnicas y administrativas de la empresa, en especial a la Central Termoeléctrica Valle de México, donde inicié mi etapa laboral; a la Gerencia Regional de Producción Central y la Subdirección de Generación de CFE, a esta gran empresa, mi gratitud por siempre.

A la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz, por ser un gran centro de trabajo de CFE, donde a diario me permite crecer laboral y profesionalmente, a los directivos por darme las facilidades para mostrar la información necesaria para realizar este Informe por Trabajo Profesional

A los directivos y compañeros de trabajo de las diferentes áreas de Comisión Federal de Electricidad, y en especial a mi compañero y amigo Lic. José Luis Patiño por su apoyo, conocimientos y experiencias que me han ayudado a realizar mi actividad con mayor profesionalismo.

A todas las personas que me ayudaron y aportaron para realizar este trabajo final.

¡Gracias!

Federico Miguel Becerril Ramírez

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....	15
• Objetivo.....	18
• Descripción de la empresa Comisión Federal de Electricidad (CFE).....	19
• Descripción del puesto de trabajo.....	22
CAPÍTULO II. ANTECEDENTES.....	26
II.1 Ubicación de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz.....	27
II.2 Infraestructura de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz.....	30
II.3 Proceso de generación de energía eléctrica en la Central Termoeléctrica El Sauz.....	33
II.4 Torre de Enfriamiento Hamon-Sobelco.....	36
II.5 Propósito del proyecto de rehabilitación.....	37
CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE TORRE DE ENFRIAMIENTO.....	38
III.1 Qué son las Torres de Enfriamiento.....	39
III.2 Tipos de estructuras de Torres de Enfriamiento.....	40
III.3 Torre de Enfriamiento Hamon-Sobelco tipo contraflujo.....	41
III.4 Análisis de la estructura de la Torre de Enfriamiento.....	43
III.4.1 Datos físicos y mecánicos del material.....	44
III.4.2 Cargas de diseño estáticas aplicadas en la Torre de Enfriamiento.....	44
III.4.3 Generación del modelo.....	46
III.4.4 Modelado en ANSYS de la Torre de Enfriamiento.....	49
III.4.5 Análisis estático con cargas de operación.....	51
III.4.6 Análisis estático con cargas de operación y viento.....	58
III.4.7 Análisis modal.....	63
III.4.8 Análisis armónico.....	69
III.4.9 Análisis espectral.....	73
III.4.10 Análisis de falla.....	76
III.4.11 Conclusiones del análisis estructural.....	78
CAPITULO IV. CONDICIONES PREVIAS PARA DESARROLLO DE PROYECTO DE REHABILITACIÓN	79
IV.1 Condición física inicial antes de rehabilitación.....	80

IV.1.1 Estado físico de componentes	83
IV.1.2 Estado físico de elementos estructurales de madera	84
IV.2 Diagnostico estudio por LAPEM	86
IV.3 Planeación del proyecto de rehabilitación.....	87
IV.4 Presupuestación	87
IV.5 Proceso de contratación de obra pública	87
IV.6 Contrato de obra pública de mantenimiento y rehabilitación de la Torre de Enfriamiento	88

CAPITULO V. ALCANCE Y DESARROLLO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO 90

V.1 Objetivo	90
V.2 Alcance de los trabajos	90
V.2.1 Alcance elementos estructurales.....	90
V.2.2 Alcance componentes auxiliares no estructurales	91
V.2.3 Alcance de los trabajos a ejecutar en el catálogo de conceptos.....	91
V.3 Responsabilidades de proceso	115
V.4 Definiciones	115
V.5 Equipos críticos para realizar las actividades	115
V.6 Aspectos de seguridad e higiene y ambiental	116
V.7 Desarrollo del proyecto.....	119
V.7.1 Planeación.....	119
V.7.2 Organización.....	120
V.7.3 Supervisión del proyecto	120
V.7.4 Control del proyecto	121
V.7.5 Adquisición y transporte de los materiales al sitio de la obra	121
V.7.6 Control de calidad.....	121
V.7.7 Ingeniería	122
V.7.8 Subcontratistas.....	122
V.7.9 Materiales y/o equipos proporcionados por CFE	122
V.7.10 Dispositivos de monitoreo o medición	122
V.7.11 Relaciones personal – contratista	123
V.8 Proceso constructivo.....	123
V.8.1 Movilización.....	123
V.8.2 Instalación.....	123
V.8.3 Instalaciones provisionales	124
V.8.4 Ejecución	124
V.9 Procedimiento constructivo de concepto de obra	124
V.9.1 Cronología	124

V.9.2 Identificación de elementos dañados	142
V.9.3 Sustitución de elementos estructurales de madera	143
V.9.4 Cambio de sistemas auxiliares.....	144
V.9.4.1 Sistema de ventilación.....	144
V.9.4.2 Sistema de distribución de agua de entrada	144
V.9.4.3 Sistema de humectación	144
V.9.4.4 Sistema de alumbrado	145
V.9.5 Supervisión de trabajos ejecutados.....	146
V.9.6 Terminación y entrega del proyecto de rehabilitación de la Torre de Enfriamiento	147
VI.- CONCLUSIONES	152
BIBLIOGRAFÍA.....	155
CIBERGRAFÍA.....	156

Índice de ilustraciones

- Ilustración 1. Geografía federal de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz
- Ilustración 2. Geografía estatal de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz
- Ilustración 3. Geografía municipal de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz
- Ilustración 4. Fotografía satelital de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz
- Ilustración 5. Estructura de maderamen de Torre de Enfriamiento U4
- Ilustración 6. Ubicación de la Torre de Enfriamiento Unidad 4 dentro del predio
- Ilustración 7. Plano arquitectónico de la Central Termoeléctrica El Sauz
- Ilustración 8. Diagrama del proceso de una Torre de Enfriamiento tipo contraflujo y tiro inducido Hamon - Sobelco
- Ilustración 9. Vista transversal Torre de Enfriamiento
- Ilustración 10. Vista longitudinal Torre de Enfriamiento
- Ilustración 11. Modelo en ANSYS vista transversal Torre de Enfriamiento
- Ilustración 12. Vista isométrica Torre de Enfriamiento
- Ilustración 13. Aplicación de cargas estáticas a estructura Torre de Enfriamiento
- Ilustración 14. Resultado de los esfuerzos máximos presentados en la Torre de Enfriamiento
- Ilustración 15. Resultados en vista isométrica
- Ilustración 16. Resultados de los esfuerzos máximos presentados en la torre base
- Ilustración 17. Resultados en vista isométrica
- Ilustración 18. Modelo de la Torre de Enfriamiento considerando la carga por viento
- Ilustración 19. Esfuerzos en los elementos de la estructura de la Torre de Enfriamiento
- Ilustración 20. Resultados obtenidos en toda la torre vista isométrica
- Ilustración 21. Resultados de los esfuerzos de los elementos de la Torre de Enfriamiento
- Ilustración 22. Magnitudes vistas isométricamente
- Ilustración 23. Vista longitudinal de primer modo de vibración de la Torre de Enfriamiento
- Ilustración 24. Vista superior oblicua del segundo modo de vibración (3.749 Hz)
- Ilustración 25. Vista transversal del tercer modo de vibración (3.807 Hz)

Ilustración 26. Vista superior de cuarto de vibración (3.899)

Ilustración 27. Vista isométrica décimo modo de vibración (5.354 Hz)

Ilustración 28. Localización del nodo 49 con más comportamiento dinámico

Ilustración 29. Desplazamientos en la dirección axial de la torre de enfriamiento “Z”

Ilustración 30. Resultados obtenidos del análisis sísmico en la TE CTCC El Sauz

Ilustración 31. Muestra algunos elementos por retirar para simular su ruptura total

Ilustración 32. Resultados obtenidos vista isométrica

Ilustraciones 33. Condiciones iniciales de la Torre de Enfriamiento previo a su rehabilitación

Ilustración 34. Contrato de obra pública No 9400072505 mantenimiento a torre de enfriamiento U4

Ilustraciones 35. Planos escaleras No 118,119 Planta, Alzado, Cortes, Conexiones

Ilustraciones 36. Procedimiento de desmantelamiento, fabricación, habilitado y recubrimiento poliuretano CFE A-29 en escalera de acceso de madera tratada químicamente.

Ilustraciones 37. Lámina de fibra de vidrio en perímetro de la Torre de Enfriamiento.

Ilustraciones 38. Desmantelamiento de lámina existente y colocación y fijación de lámina nueva

Ilustraciones 39. Desmantelamiento, recuperación y colocación de lámina Louver perimetral

Ilustraciones 40. Columnas perimetrales para soporte de louvers

Ilustraciones 41. Colocación de largueros en diferentes áreas y niveles de la Torre de Enfriamiento.

Ilustraciones 42. Módulos 2 largueros cargadores en nivel de piso de ventiladores.

Ilustraciones 43. Sustitución de columnas estructurales en diversas celdas de Torre de Enfriamiento

Ilustraciones 44. Módulos de 2 largueros cargadores longitudinales en piso de ventiladores

Ilustraciones 45. Módulos de cargadores transversales en piso de ventiladores

Ilustraciones 46. Sustitución de diagonales en diversas celdas

Ilustraciones 47. Colocación de barandal de madera armado de columna, larguero y rodapié

Ilustraciones 48. Colocación de piso de ventiladores con madera machimbrada

Ilustraciones 49. Sustitución de chimenea de fibra de vidrio (FRP)

Ilustraciones 50. Maniobras de retiro y colocación de chimeneas en piso de ventiladores

Ilustraciones 51. Sustitución de eliminador de humedad

Ilustraciones 52. Sistema de humectación al interior zona de arrastre y exterior en la Torre de Enfriamiento

Ilustraciones 53. Escaleras de acceso a zona de arrastre en las 4 celdas

Ilustraciones 54. Pared interna separada de celdas

Ilustraciones 55. Pared diagonal rompevientos en esquinas de Torre de Enfriamiento

Ilustración 56. Reunión de Inicio de Jornada

Ilustraciones 57. Identificación de elementos estructurales de madera dañados

Ilustraciones 58. Supervisión de la ejecución de los conceptos de trabajo

Ilustraciones 59. Acta administración de Entrega-Recepción y cierre de contrato de obra 9400072505

Ilustraciones 60. Finiquito de contrato de obra 9400072505

Ilustración 61. Conclusión de los trabajos de rehabilitación de Torre de Enfriamiento Unidad 4 la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado el Sauz de Comisión Federal de Electricidad

Índice de gráficos

Gráfico 1. Organigrama Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz

Índice de tablas

Tabla 1. Número de unidades y fechas en que empezaron a generar energía eléctrica

Tabla 2. Listado de frecuencias naturales de la Torre de Enfriamiento

Tabla 3. Muestra que resulto más representativa del comportamiento dinámico de la estructura.

Tabla 4. Desplazamientos obtenidos del análisis

Tabla 5. Espectros de diseño para estructuras del grupo B

INTRODUCCIÓN

El servicio eléctrico es vital para los seres humanos, por lo que actualmente los habitantes de cualquier territorio no pueden vivir sin él. La luz ha llegado a determinar gran parte de la dinámica laboral, social y cultural de la humanidad.

Aunque no siempre ha sido así, las investigaciones e inventos a finales del Siglo XIX ayudaron a que este servicio se fuera incorporando en todos los ámbitos de sociedad hasta convertirse en una necesidad social y política. Por lo tanto, los gobiernos intentan satisfacer esta necesidad en los habitantes de su territorio.

México no es la excepción ya que desde 1937 (año en que se fundó la Comisión Federal de Electricidad) los gobiernos en turno intentan que todos los ciudadanos, en las diferentes regiones del país cuenten con este gran servicio, primero compitiendo con empresas privadas hasta que en 1960 se estatizó el servicio eléctrico.

La electricidad es la fuente de energía que mueve diferentes medios de transporte, tales como tranvías, el metro y algunos automóviles en la actualidad. Además, en la industria es indispensable para que funcionen máquinas de todo tipo y pueda existir una producción de diferentes bienes y servicios necesarios para todos. Del mismo modo, sirve para alumbrar casas, escuelas, calles o espacios públicos y privados. En el hogar hace que funcionen aparatos eléctricos como: refrigerador, televisor, radio, computadora o plancha y se mantenga iluminado el edificio.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa productiva del estado mexicano encargada de generar, transmitir, comercializar y controlar la energía eléctrica en todo el país.

La energía eléctrica se produce en plantas generadoras de diferentes tipos, según los insumos que se utilizan para producirla.

Para la generación de energía eléctrica, a partir de unidades generadoras, instaladas en los núcleos de trabajo denominados *centrales generadoras*, de las cuales existen 12 hidroeléctricas en México de donde se obtiene el 30.4% de la producción total. Además, hay otras fuentes de energía que son aprovechadas: eololéctrica, geotérmica, nucleoléctrica, termoeléctrica y otras. Esta última modalidad cuenta con 22 plantas y su producción alcanza el 55.6 por ciento del consumo nacional. En una de ellas realizo este trabajo profesional.

Existen, por su tipo de proceso, las de *Ciclo Combinado*, que emplean un sistema de agua circulación cerrado para el enfriamiento de sus equipos, utilizando estructuras denominadas Torres de Enfriamiento, siendo el medio más económico para enfriar grandes volúmenes de agua.

En este esquema es que el presente informe se centra, ya que se analiza todo el procedimiento constructivo de la rehabilitación de una Torre de Enfriamiento en la central termoeléctrica en que me desempeño como

jefe del Departamento de Ingeniería Civil en la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado, ubicada en el poblado El Sauz, municipio de Pedro Escobedo, en el estado de Querétaro, y que pertenece a la CFE.

La Central Termoeléctrica es de Ciclo Combinado y es una central *generadora* de energía eléctrica, dependiente administrativamente de la subdirección de generación de la CFE, y está conformada por 2 paquetes de generación, el primero, denominado ciclo combinado (II), con las unidades de gas N.º 5 y N.º 6, en ciclo combinado con la unidad de vapor N.º 7, donde su equipo principal de enfriamiento está basado en un aerocondensador; el segundo paquete de generación es denominado ciclo combinado (III) con la unidad de gas N.º 8 en ciclo con la unidad de vapor N.º 4, donde el equipo principal es una Torre de Enfriamiento; ambos paquetes de generación tienen como objetivo la aportación de energía al sistema eléctrico nacional, en las zonas Centro y Bajío de la República Mexicana, que aprovechan directamente los estados de Querétaro, Guanajuato, Hidalgo y México.

Esta central generadora de energía eléctrica cuenta con una infraestructura que permite el desarrollo de su proceso de generación, a través de estructuras construidas de diferentes materiales como concreto reforzado, acero y madera, tal como lo es la Torre de Enfriamiento correspondiente a la unidad generadora N.º 4.

Debido a su importancia en el proceso, debe mantener su comportamiento estructural y el de sus componentes en buen estado, basados en la adecuada ejecución de sus mantenimientos preventivos y correctivos que le permitan garantizar su operación continua y confiable.

La Torre de Enfriamiento, tiene una estructura de elementos de madera tratada químicamente, dividida en 4 celdas, la cual da soporte y estabilidad a sus diversos elementos y equipamiento con los que está conformada para dar cumplimiento a su objetivo: enfriamiento de agua del proceso.

Desde su construcción, en el año 1982, se le han realizado mantenimientos preventivos y correctivos de poco alcance, consistentes en el cambio de algunos elementos de maderamen y elementos auxiliares. Sin embargo, con el paso de los años, y debido a las condiciones climáticas que imperan en la zona y al propio proceso químico del agua al que está sometida, se han deteriorado, presentando un alto grado de degradación en los elementos de la estructura como: columnas, largueros, diagonales, traveses de carga, contraventeos, escaleras, barandales, paredes, mamparas, los cuales han perdido, al paso de los años, sus propiedades físicas, de resistencia y durabilidad, poniendo en riesgo la estructura.

Para la rehabilitación de la Torre de Enfriamiento de referencia, se han tomado en consideración los antecedentes de fallas estructurales presentadas en las Torres de Enfriamiento instaladas en otras centrales generadoras, previendo en una forma sistémica la posible falla o colapso total de la Torre de Enfriamiento.

Dada a la importancia del proceso de generación de energía eléctrica, un equipo principal, como la Torre de Enfriamiento, debe garantizar su integridad estructural en las mejores condiciones de operación, su alto desempeño, confiabilidad y eficiencia, por lo que en el presente documento se da a conocer los trabajos

realizados (necesarios y requeridos para llevar a cabo su rehabilitación), partiendo de la identificación de la problemática, con el principio de seguridad estructural del equipo.

Se hicieron las consideraciones iniciales, desde el diseño de construcción, tipo de materiales que la componen, equipamiento principal y auxiliar, condiciones de trabajo a las que está sometida la estructura, levantamiento de elementos estructurales dañados o con desgaste, la adecuada fijación entre los elementos con tornillería en cada nodo, el análisis estructural en condiciones actuales con la finalidad de determinar su comportamiento, los mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados en tiempo, criterios para la rehabilitación de la estructura, presupuestación, proceso de licitación para la ejecución de trabajos de obra pública y sus beneficios a corto y largo plazo.

En este documento se da cuenta, paso a paso, de lo realizado para la rehabilitación de la Torre de Enfriamiento, al mismo tiempo que se demuestran las competencias profesionales que adquirí como estudiante en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y la experiencia acumulada por más de cuatro lustros en el ejercicio profesional.

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

En este apartado se exponen las ideas generales que motivan y orientan este trabajo a través de cada uno de los capítulos, con la intención de demostrar un conjunto de conocimientos y habilidades formativas (adquiridas a través de los estudios de Ingeniería en la UNAM y los años de servicio que se tienen en la empresa CFE, donde he podido ocupar diferentes puestos y en todos ellos me ha correspondido realizar las actividades de mantenimiento o construcción de estructuras y espacios que han sido necesarios para transformar y mejorar los procesos para la generación de electricidad.

En este *capítulo primero*, al que he denominado *Generalidades*, muestro el objetivo central del trabajo, porque es el foco de atención de lo expuesto en este documento. Al mismo tiempo, sirvió como guía y orientación en desarrollo del trabajo para la rehabilitación estructural de Torre de Enfriamiento en una de las plantas termoeléctricas de la empresa.

Enseguida se brinda un panorama general de la empresa paraestatal del gobierno federal encargada de generar y distribuir luz eléctrica a todo el país: Comisión Federal de Electricidad (CFE), exponiendo sus inicios y un poco el desarrollo que ha tenido desde entonces hasta nuestros días, valorando la importancia que ha tenido en el crecimiento industrial y en la atención a los ciudadanos de este país.

Termina este apartado con la descripción del puesto que actualmente desempeño en la CFE, señalando las funciones y responsabilidades que me corresponden en la misma empresa, en el espacio territorial donde me propuse una acción de mejora a la Torre de Enfriamiento, la que se considera pieza clave para el proceso en la generación de energía eléctrica.

Un *segundo capítulo* aborda los antecedentes, en el ámbito de la ingeniería, sobre el problema expuesto y atendido a través de la implementación y análisis de la obra realizada, retomando algunas experiencias similares en otros espacios. Del mismo modo se aclara cómo es el proceso que se sigue para la generación de energía eléctrica en México, específicamente en la Central Termoeléctrica de ciclo combinado, ubicado en El Sauz, municipio de Pedro Escobedo, estado de Querétaro.

En *tercer capítulo* atiende, de manera específica, la descripción de las Torres de Enfriamiento en sus diferentes tipos (atmosféricas, de tiro natural, de tiro mecánica -inducido o forzado-) o de flujo cruzado, que es donde se realiza la experiencia expuesta en este documento académico. También se revisan los diferentes tipos de estructuras que existen para estas torres (madera, concreto, fibra de vidrio).

En un segundo momento de este capítulo, se describe la Torre de Enfriamiento modelo Hammon-Sobelco tipo contraflujo, porque es ésta en la que se buscó una mejora en su estructura, a partir del reconocimiento que el tiempo y el uso habían hecho mella en su estructura.

El análisis de las condiciones previas para desarrollar el proyecto de rehabilitación de la Torre de Enfriamiento es expuesto en el *Capítulo cuarto*, ya que fue necesario conocer sus condiciones físicas iniciales y atender las sugerencias que propone el laboratorio certificado de CFE LAPEM para la

planeación del proyecto en sus diferentes etapas (diagnóstico, proyección, presupuestación, contratación de la obra pública, ejecución, seguimiento y control del proceso.

El *capítulo cinco* da cuenta del proceso de análisis de las etapas anteriores, poniendo énfasis en la ejecución y la medición de los alcances potenciales que tendría la mejora en la infraestructura de la Torre de Enfriamiento N° 4 en la planta termoeléctrica de referencia.

En las *Conclusiones* se exponen, de manera breve, logros y dificultades durante el seguimiento de la obra, así como el cumplimiento del objetivo general, haciendo algunas recomendaciones y sugerencias para quienes desean atender problemáticas similares.

El documento es expuesto desde un conjunto de elementos teóricos y normativos sobre aspectos relacionados con la obra de rehabilitación de una Torre de Enfriamiento, motivo por lo cual, en el apartado de *Referencias* (bibliográficas y cibergráficas) se exponen esos documentos de apoyo fundamental para comprender y explicar todo el proceso.

Objetivo

El trabajo que he venido realizando por más de 20 años en la Comisión Federal de Electricidad, me ha permitido reconocerla, a través del tiempo, en sus diferentes áreas y campos de trabajo. Este conocimiento también me ha permitido identificar algunas problemáticas comunes o extraordinarias que pudieran ser resueltas de manera satisfactoria en beneficio de la institución.

Uno de ellos fue entender la necesidad de rehabilitar (en su estructura) una Torre de Enfriamiento, ya que por el tiempo en que fue construida y el uso que se le ha estado dando, era necesaria su rehabilitación.

Después de estudiar a fondo la situación, se hizo el proyecto y se sometió a juicio de las autoridades para su autorización. Por ello, este documento tiene por objetivo:

- **Analizar, proponer, realizar y desarrollar el proyecto de *Procedimiento constructivo de rehabilitación estructural de Torre de Enfriamiento*, durante la estancia como jefe del Departamento Técnico II Civil, de la empresa Comisión Federal de Electricidad en la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz,**

El objetivo académico estriba en la obtención del título de Ingeniero Civil mediante la modalidad de Titulación por Trabajo Profesional, mostrando los pasos y la metodología para realizar esta acción y demostrar, de algún modo, las capacidades y competencias para el ejercicio de la profesión.

Descripción de la empresa Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Desde finales del Siglo XIX, México se integró a procesos de modernización en donde la electricidad empezó a tener una gran importancia. El gobierno mexicano pensó en cómo generar energía propia para que la población tuviera mejores oportunidades y calidad de vida.

“La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil *La Americana*. Casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera y escasamente para la iluminación residencial y pública... En 1889 operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas (Chihuahua) y extendió sus redes de distribución hacia mercados urbanos y comerciales donde la población era de mayor capacidad económica” (Portal de la CFE).

Tiempo después, y siendo presidente de la República Porfirio Díaz, se otorgó al sector eléctrico el carácter de *servicio público*, colocándose las primeras 40 lámparas *de arco* en la Plaza de la Constitución en México y cien más en la Alameda Central, con esto “se comenzó la iluminación de la entonces calle de Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México”.

Sin embargo, tuvo que pasar algún tiempo (hasta 1937) cuando México ya estaba más calmado habiendo pasado la Revolución, y se contaba con 18.3 millones de habitantes, pero únicamente siete millones contaban con electricidad, que era proporcionada por tres empresas privadas y con muchas dificultades; principalmente *The Mexican Light and Power Company* (primer gran proyecto hidroeléctrico ubicada en Necaxa, Puebla. Incluso, puede decirse que las tres compañías eléctricas tenían las concesiones e instalaciones de la mayor parte de las pequeñas plantas que sólo funcionaban en sus regiones, por lo tanto, “las interrupciones de luz eran constantes y las tarifas muy elevadas”.

Siendo presidente el general Lázaro Cárdenas del Río (1934-1940), y para resolver estas situaciones que impedían el desarrollo pujante de la industria, creó, el 14 de agosto de 1937, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), otorgándole la misión de “organizar y dirigir un sistema nacional de *generación, transmisión y distribución* de energía eléctrica, basado en principios técnicos y económicos, sin propósitos de lucro y con la finalidad de obtener con un costo mínimo, el mayor rendimiento posible en beneficio de los intereses generales”. Esto puede ser apreciado en la Ley que se promulgó ese día en la Ciudad de Mérida, Yucatán y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 1937.

El primer gran proyecto hidroeléctrico se inició en 1938 con la construcción de los canales, caminos y carreteras de lo que después se convirtió en el Sistema Hidroeléctrico Ixtapantongo, en el Estado de México, que posteriormente fue nombrado Sistema Hidroeléctrico Miguel Alemán.

Sus primeros proyectos fueron en: Teloloapan, Guerrero; Pátzcuaro, Michoacán; Suchiate y Xíá, en Oaxaca, y Ures y Altar, en Sonora.

“En 1938 CFE tenía apenas una capacidad de 64 kW, misma que, en ocho años, aumentó hasta alcanzar 45,594 kW. Hacia 1960 la CFE aportaba ya el 54% de los 2,308 MW de capacidad instalada; la empresa Mexican Light el 25%, la American and Foreign el 12%, y el resto de las compañías 9%”.

En septiembre de 1960, el presidente Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica, a fin de aumentar el nivel de electrificación, ya que en ese año era del 44%, quitándoles injerencia a las empresas privadas.

Con el tiempo, la CFE fue creciendo, así se puede observar que:

“en esa década la inversión pública se destinó en más de 50% a obras de infraestructura. Se construyeron importantes centros generadores, entre ellos los de Infiernillo y Temascal, y se instalaron otras plantas generadoras alcanzando, en 1971, una capacidad instalada de 7,874 MW”.

Posteriormente,

“se superó el reto de sostener el ritmo de crecimiento al instalarse, entre 1970 y 1980, centrales generadoras que dieron una capacidad instalada de 17,360 MW. En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior. En 1991 la capacidad instalada ascendió a 26,797 MW”.

Ya iniciado el Siglo XXI, se contaba con una capacidad instalada de generación de 35,385 MW y una cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, “una red de transmisión y distribución de 614,653 kms, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año”.

La CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo. A partir octubre de 2009, es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país, habiendo incorporado a la extinta compañía Luz y Fuerza del Centro. La CFE es la empresa más grande del sector eléctrico de Latinoamérica.

Asimismo es propietaria de la única central nucleoelectrica existente en el país, la Central Nuclear de Laguna Verde, ubicada en el estado de Veracruz, misma que usa dos reactores de tipo BWR construidos por la empresa General Electric.

La CFE, como empresa productiva del Estado, tiene la obligación de establecer directrices de ética corporativa basadas en los principios de actuación que permitan fortalecer la confianza de clientes, inversionistas, personal, proveedores y comunidades de la sociedad mexicana.

En el artículo 97 de la Ley de Comisión Federal de Electricidad, se expresa el Código de Ética que explica los valores institucionales, comportamientos, principios de actuación y las directrices de ética corporativa: “fomentando en el Personal un desempeño más transparente, honesto, eficiente, con sentido de equidad, responsabilidad social y enfoque en la sustentabilidad”.

Además: “se pretende incrementar la productividad, pero siempre con un enfoque de sustentabilidad que asegure minimizar los costos de la industria eléctrica en beneficio de la población, contribuyendo con ello al desarrollo nacional”.

Descripción del puesto de trabajo

Toda organización cuenta con un organigrama donde se reconoce quién es quién, además de establecer los diferentes niveles de jerarquía.

A nivel nacional, la CFE está conformada por una Dirección General y 5 Direcciones (Operación, Finanzas, Administrativa, Proyectos de Inversión Financiada y Modernización y cambio estructura). Además, en cada una de las plantas generadoras de energía, se tiene una organización específica para el cumplimiento de sus objetivos.

Particularmente, el puesto que desempeño en la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado de El Sauz, es el Jefe de Departamento Técnico II (civil), que, de acuerdo con el organigrama interno, estaría en un nivel de jerarquía 2 como se muestra en el siguiente gráfico.



Gráfico 1. Diagrama de la estructura organizacional de mantenimiento en Centrales Termoeléctricas
Fuente: Manual de Mantenimiento de la Subdirección de Generación CFE

Además del organigrama, se cuenta con un Manual de funciones, que especifica lo que cada uno de los miembros realiza al interior de la organización.

En mi puesto tengo una función específica: “En coordinación con el jefe inmediato superior (Superintendente General), planear, programar, organizar, dirigir y controlar eficientemente las actividades del departamento de ingeniería civil” y las funciones generales del puesto son:

- Elaborar el presupuesto de gasto de inversión y explotación de su área, así como vigilar y controlar el ejercicio de éste.
- Realizar la gestión para la adquisición de equipos, materiales y servicios requeridos, del área administrando eficientemente los recursos materiales y humanos del departamento.
- Participar en las actividades del programa de ahorro de energía del sector eléctrico.

- Promover e implantar nuevos métodos de trabajo que atiendan a la mejora continua y que mejoren las relaciones laborales.
- Participar en reuniones de revisión de objetivos de la central y de especialistas del área.
- Acatar, promover, difundir y verificar el cumplimiento de la normatividad oficial, reglamentos, manuales, planes, programas, procedimientos y convenios vigentes en materia de administración, seguridad e higiene, protección civil, capacitación, plan integral de comunicación, productividad, control ambiental, calidad.
- **Participar en el proceso de planeación estratégica y operativa del centro de trabajo para lograr los objetivos estratégicos de la gerencia central.**
- **Aplicar las guías de inspección de las instalaciones civiles, para determinar el alcance de los mantenimientos.**
- Programar, coordinar y participar en la elaboración de paquetes ejecutivos para la contratación de obras y servicios de terceros.
- Coordinar las actividades extraordinarias o de emergencia en la central en lo referente al departamento civil.
- **Determinar las necesidades de remodelaciones y obras nuevas de la central.**

Además de las anteriores, se cuenta con una serie de funciones específicas que se desarrollan dentro del centro de trabajo:

- Mantener actualizada la estadística de comportamiento de pozos profundos, niveles de bombeo, reparaciones a equipos de bombeo, caudales de explotación, y rehabilitación de pozos.
- Participar en reuniones con las dependencias Conagua, para tratar asuntos relativos al uso racional del agua de acuerdo con instrucciones de la superintendencia de central.
- Tramitar ante Conagua, solicitudes de perforación, y legalización de pozos, que suministran agua a la central.
- Tramitar y dar seguimiento ante la Secretaría de la Reforma Agraria, las solicitudes de expropiación de los predios correspondientes a la central.
- **Dar seguimiento al mantenimiento de infraestructura de la central, basado en las guías de inspección de edificaciones, casetas, almacenes, talleres, baños, laboratorios, cuartos de control, casa de máquinas, avenidas, accesos, estacionamientos, estructura de aerocondensador, estructura y componentes de Torre de Enfriamiento.**

Es sabido que, a las funciones de cada empleado, también se le ataen ciertas responsabilidades, por lo tanto, las que corresponden al puesto Jefatura de Departamento Técnico II de Ingeniería Civil, son:

- Responsable de **gestionar, solicitar y administrar de forma local los recursos necesarios para el cumplimiento de las estrategias de mantenimiento** (preventivo, predictivo, parada programada, etc.) resultado de la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), incluyendo las necesidades de capacitación y adquisición de equipos para estrategias predictivas, en el proceso de implantación o de ejecución y seguimiento del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

- Responsable de **programar y organizar las actividades de mantenimiento correspondiente a su área, aplicando eficientemente los recursos humanos y materiales con apego a la normatividad y políticas institucionales.**
- Responsable de **elaborar los programas de mantenimiento en su especialidad de las unidades generadoras de la Central para recuperar las condiciones operativas.**
- Responsable de **dar seguimiento al cumplimiento de los programas de mantenimiento** establecidos en SAP de los sistemas y equipos de su especialidad para asegurar continuidad y calidad de la generación de energía eléctrica, con la finalidad de lograr los objetivos establecidos.
- Responsable de revisar y **analizar los costos resultantes de la planeación de los recursos a utilizar, en el mantenimiento de las actividades tipo y adicionales a las unidades,** para optimizar los costos fijos y variables de su área para su presentación y su negociación con la Subgerencia Regional.
- Responsable de participar en la **elaboración del presupuesto de inversiones y/o explotación para asegurar el mantenimiento de las unidades generadoras.**
- Responsable de participar en la elaboración de objetivos y metas, dar seguimiento y cumplimiento a los Índices Objetivo (DEVO) de su área con respecto a sus metas y en caso de desviación informar oportunamente a su superior para tomar las acciones preventivas y/o correctivas para evitar el incumplimiento, así como analizar y planear las modificaciones que resultaran de manera de mejorar el proceso de mantenimiento de su área.
- Responsable de asegurar que los eventos de falla y decremento en los equipos de las unidades, se analicen y elaboren a través de la metodología de análisis de Modos de Falla y Efectos (AMFE-MCC) P- 2000-BB08 y del ACR (Análisis de Causa Raíz) en apego al procedimiento del Sistema Integral de Gestión P-1020-005 “Producto No Conforme, No Conformidades, Acciones Correctivas y Preventivas”, y asegurar el cumplimiento de las Acciones Preventivas y Correctivas determinadas con la finalidad de evitar la recurrencia.
- Responsable de detectar y presentar al grupo directivo de la central el análisis y propuestas de solución de la problemática de la Central correspondiente al área de su competencia, así como la de contribuir a la solución de la problemática de otras áreas.
- Responsable de participar en las pruebas de aceptación y puesta en servicio de nuevas instalaciones y/o equipos de la institución para asegurar su confiabilidad y disponibilidad al Sistema Eléctrico Nacional.
- Responsable de elaborar la especificación técnica y documentación necesaria para llevar cabo el proceso de adquisición de equipos, suministros, servicios y obra pública, en apego a la normatividad establecida en la *Ley de adquisiciones arrendamientos y servicios del sector público* y *Ley de obra pública y servicios relacionados con las mismas y sus reglamentos*, para el cumplimiento de los mantenimientos de las unidades generadoras de la Central, así como el apoyo técnico que el área administrativa requiera, durante el proceso de licitación, de manera que se garantice se cumplan las especificaciones solicitadas.

- Responsable de llevar el **control y seguimiento de los programas de mantenimiento en sus diferentes modalidades y generar informes** de avance o desviaciones para que sean integradas las otras áreas técnicas, para el establecimiento conjunto de estrategias para la ejecución de éstos.
- Al concluir el proceso de mantenimiento rutinario y parada programada, es responsable de **realizar los análisis de los resultados del mantenimiento efectuado** y enviarlo al coordinador de confiabilidad para la integración del reporte final de los resultados de la evaluación y de las mejoras a efectuar para su entrega al grupo directivo de la central para su aprobación.
- Responsable de apoyar en la elaboración, integración y resguardo de la información del comportamiento del proceso de generación, para utilizarla como elemento de análisis en la toma de decisiones.
- Responsable de atender las verificaciones técnicas y auditorías programadas, su seguimiento y análisis, de manera de establecer las mejoras necesarias en el proceso de mantenimiento de su área.

He puesto en negritas aquellas funciones que están vinculadas con el desarrollo del proyecto analizado en este Informe de Actividades Profesionales y que al final revisaré para que, a través del proyecto, ejecución y revisión de este, las actividades se hayan apegado conforme a la normatividad.

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

II.1 Ubicación de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz

La Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado *El Sauz*, se encuentra localizada en el Poblado El Sauz, Municipio de Pedro Escobedo, en el Estado de Querétaro, en el kilómetro 176.5 de la carretera México – Querétaro y a 36 km. al sureste de la capital del estado, con una altitud de 1922 metros sobre el nivel del mar. La temperatura máxima anual es de 37° C y la mínima de 21° C, la humedad promedio relativa anual es de 45% y la temperatura promedio anual de 21° C.



Ilustración 1

Geografía Federal de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz, CFE.

Fuente: Prontuario Técnico de la CTCC El Sauz, CFE

La Central Termoeléctrica cuenta con 8 unidades de generación eléctrica y una capacidad instalada de 591 MW, estando como responsable en la Superintendencia General de la Central el Ing. Jaime Trujillo Ayala.

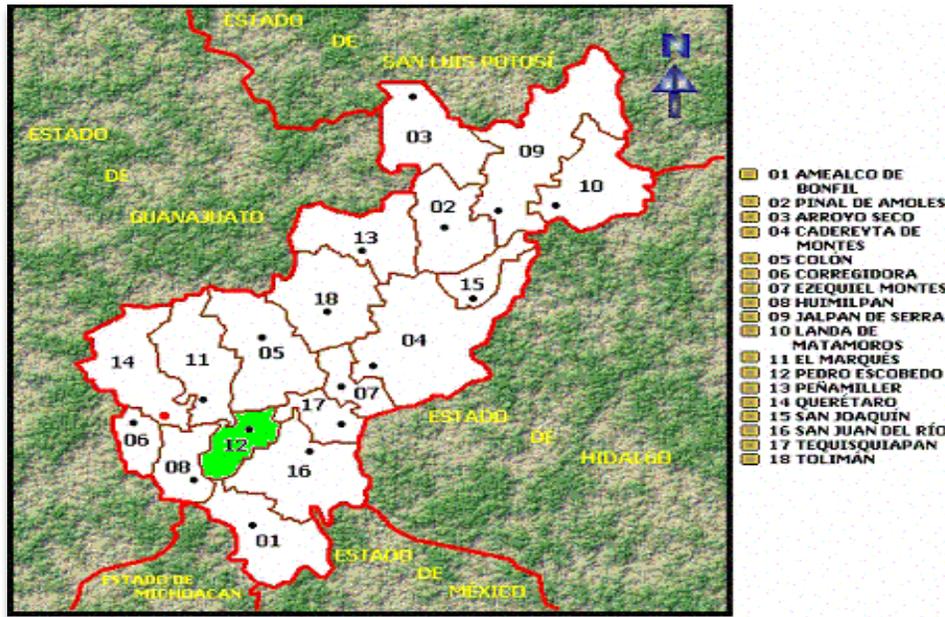


Ilustración 2

Geografía estatal de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz, CFE.

Fuente: Prontuario Técnico de la CTCC El Sauz CFE



Ilustración 3

Geografía municipal de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz, CFE.

Fuente: Prontuario Técnico de la CTCC El Sauz CFE



**CENTRAL TERMOELÉCTRICA C.C. EL SAUZ
SEPTIEMBRE DEL 2012 QUERÉTARO**

Ilustración 4

Fotografía satelital de la Central Termoelectrica Ciclo Combina el Sauz CFE.

Fuente: Fotografía derechos CTCC El Sauz CFE 2012

II.2 Infraestructura de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz

La Central Termoeléctrica se integra por 3 paquetes de generación de Ciclo Combinado, como a continuación se describen:

Ciclo simple (Paquete 1)

Tres unidades turbo-gas, marca Brown Boveri, modelo 11d5, turbina de reacción 5 pasos, compresor flujo axial 17 pasos, capacidad de 52 Mw (3x52 Mw), cámara de combustión independiente, equipada con quemador para gas o diésel y cuenta cada unidad con una compuerta que permite la operación de modo ciclo simple¹.

La Unidad N.º 1 del paquete 1 se encuentra indisponible ya que su bahía de salida en la subestación de 230 kv, se utilizó en el proyecto RM-217, para la unidad N.º 8 del paquete 3.

Las unidades N.º 2 y 3 del mismo paquete 1, se encuentran disponibles solo en caso de una contingencia crítica del sistema eléctrico nacional utilizando como combustible alternativo diésel. Actualmente solo 5 unidades generan energía eléctrica dentro de los paquetes II y III.

Ciclo Combinado II (Paquete 2)

Consta de 3 unidades de generación con capacidad instalada de 236 Mw, comprende del siguiente equipo principal:

- *Unidad Turbo-gas No.5*, marca Westinghouse, modelo 501-f, turbina de reacción con 4 pasos de alabes, compresor de flujo axial de 16 etapas, sistema de combustión con 16 canastas para cada combustor, alineados en forma de anillo, la cual emplea sólo combustible gas natural para su operación.
- *Unidad Turbo-gas no.6*, marca Siemens-Westinghouse, modelo 501-fd turbina de reacción con 4 pasos de alabes, compresor de flujo axial de 16 etapas, sistema de combustión con 16 canastas para cada combustor, alineados en forma de anillo la cual emplea sólo combustible gas natural para su operación.
- *Turbina de Vapor no.7*, marca Skoda, modelo k-143-11.5, con dos cuerpos de acción, de condensación, con recalentamiento de vapor, con la parte combinada alta presión/media presión en un cuerpo y con la ejecución de doble flujo en la parte de baja presión.

Completando así el ciclo combinado II, el cual no cuenta con compuerta de gases en las Turbo-Gas las cuales están conectadas a la turbina de vapor de tal forma que sólo pueden operar en Ciclo Combinado.

¹ **Nota:** las unidades 1, 2, 3, aunque físicamente se encuentran dentro de la central, éstas ya no son despachadas por el área de control occidental y fueron sustituidas por la unidad 8 en el proyecto RM-217.

Ciclo Combinado III (Paquete 3)

El paquete 3, se conformó con el proyecto de remodelización RM-217, que a partir del 10 de marzo del 2014 se dio de alta ante el Sistema Eléctrico Nacional, desligando la unidad N° 4 del paquete 1.

Dicho paquete consta de 1 unidad Turbo-Gas nueva marca Alstom modelo GT-24 con capacidad de 137 Mwh, equipada con sistema de control y protección control gas, identificada como unidad No. 8 y una unidad de vapor marca Brown Boveri modelo DK- 21 21 56 de 68 Mwh, equipada con sistema de protección y control Blueline®, identificada como unidad No. 4, para un total de 205 Mwh en las condiciones de sitio.

Los gases de escape de la turbina de gas son utilizados en un recuperador de calor generador de vapor marca Cerrey sin combustión, del tipo horizontal, de circulación natural, con una sola etapa de presión. En esta sección se producen aproximadamente 67 kg/seg. de vapor sobrecalentado con una presión de 42 bar y una temperatura de 470°C.

El recuperador de calor, generador de vapor, tiene 4 economizadores donde del economizador-4 se suministra agua a 130°C para la operación del desgasificador; del economizador-3 se tiene una extracción para la atemperación del vapor sobrecalentado (200°C) y del economizador-2 se suministra agua a 232 °C para los calentadores agua-gas y a los intercambiadores de calor de un solo paso (Otc's) de alta y baja presión de la TG-8.

El vapor producido en el recuperador de calor es conducido a una turbina de vapor del tipo carcasa simple, con una sección de alta presión de 21 pasos de alabes, para finalmente pasar a 2 secciones de alabes de baja presión de doble flujo, tipo de reacción con condensación.

La condensación se realiza en un condensador tipo de superficie de 2 pasos, depositando el condensado en el pozo caliente, de ahí, ya en estado líquido, por medio de las bombas de condensado es “enviado” hacia el desgasificador para nuevamente iniciar el ciclo de producción de vapor.

A manera de resumen, se puede apreciar la fecha de entrada en operación comercial, el tipo de unidades y la capacidad efectiva que se tiene por cada unidad, como se aprecia en la siguiente tabla:

Unidad	Tipo	Fecha de operación comercial	Capacidad efectiva
1	Turbogas	20 de junio de 1981	0 MW
2	Turbogas	7 de julio de 1981	0 MW
3	Turbogas	12 de junio de 1981	0 MW
Total, paquete No. 1 (Actualmente sin despacho, fuera de servicio)			0 MW
Unidad	Tipo	Fecha de operación comercial	Capacidad efectiva
5	Unidad	7 de diciembre de 1998	129 MW
6	Unidad	4 de junio de 2002	129 MW
7	Turbina vapor	3 de diciembre de 2003	128 MW
Total, paquete No. 2			386 MW
Unidad	Tipo	Fecha de operación comercial	Capacidad efectiva
8	Turbogas – ciclo combinado III	10 de marzo de 2014	137MW
4	Vapor– ciclo combinado III	10 de marzo del 2014	68 MW
Total, paquete No. 3			205 MW
Total	Central Generadora El Sauz		591MW

Tabla 1
Número de unidades y fecha en que empezaron a generar energía eléctrica.
Fuente: Prontuario Técnico de la CTCC El Sauz CFE

II.3 Proceso de generación de Energía Eléctrica en la Central Termoeléctrica El Sauz

La Torre de Enfriamiento de la unidad generadora de energía número 4, es un equipo principal para la central Termoeléctrica Ciclo Combinado el Sauz, que tiene por objetivo el enfriamiento de los sistemas de turbina principales, auxiliares y secundarios a través de un sistema cerrado de agua de circulación.



Ilustración 5

Estructura de madermen de Torre de Enfriamiento U4.

Fuente: Reporte fotográfico Mantenimiento Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

Debido a que la Torre de Enfriamiento se encuentra operando continuamente las 24 horas del día, los elementos de la estructura de madera que la componen, sufren desgaste natural por los efectos de los elementos químicos que se emplean para tratar el agua de enfriamiento para el proceso, lo cual afecta considerablemente la resistencia y durabilidad de los elementos que componen la estructura de la Torre de Enfriamiento. Estos soportan equipos principales y secundarios en su totalidad, por lo cual, para verificar su estado estructural ante estas condiciones, se realizan inspecciones y evaluaciones periódicas de las condiciones que guarda para mantenerla en las mejores condiciones operativas.

La Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz está instalada en un predio ejidal en un área sobre una superficie rectangular de 28 hectáreas, donde se encuentran distribuidas las 8 unidades generadoras

con la que cuenta la Central, instaladas con base a su año de construcción en su primer paquete de generación que data del año 1982, teniendo la ubicación de la Torre de Enfriamiento número 4, al lado sur del predio frente de la unidad generadora de energía número 4.



Ilustración 6
Ubicación de la Torre de Enfriamiento unidad 4 dentro del predio.
Fuente: Imagen satelital Google Earth Predio CTCC El Sauz CFE

II.4 Torre de Enfriamiento Hamon-Sobelco

La Torre de Enfriamiento de la unidad generadora de la Central Ciclo Combinado El Sauz, se le denominó Hamon-Sobelco modelo CFE-424227-26 por el fabricante que la construyó en el año 1982, con una capacidad de generación a la unidad a la que sirve de 68 Mw, con el objetivo de enfriar el agua para el ciclo cerrado de enfriamiento de los equipos auxiliares y secundarios del proceso de generación de la unidad de vapor número 4.

Está construida sobre una superficie en un área de 655.36 m² con dimensiones en el sentido longitudinal de 51.20 m. y en el sentido transversal de 12.81 m. con una altura total de 11.00 m. dividida en 4 celdas para su proceso de enfriamiento de agua.

Su estructura es de madera tratada químicamente, conformada por un basín o pileta de concreto que almacena el agua de enfriamiento, en su interior se desplantan los dados de concreto que soportan la estructura de madera con la cual está desarrollada, distribuidos simétricamente, teniendo como elemento de soporte las columnas, largueros, diagonales, cargadores, mamparas, paredes, piso de ventiladores, chimeneas, louvers, escalera y barandales.

II.5 Propósito del proyecto de rehabilitación

El propósito de este proyecto es:

- **Realizar y desarrollar el proyecto de *Procedimiento Constructivo de Rehabilitación estructural de Torre de Enfriamiento*, durante la estancia como jefe del Departamento Técnico II Civil, de la empresa Comisión Federal de Electricidad en la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz,**

Con ello se busca garantizar la seguridad estructural y prolongar el tiempo de vida útil de la Torre de Enfriamiento, derivado del desgaste físico a los que están sometidos los elementos estructurales del maderamen del que está compuesta sus 4 celdas.

CAPÍTULO 3.

**ANÁLISIS Y COMPOSICIÓN
ESTRUCTURAL DE TORRE DE
ENFRIAMIENTO**

CAPÍTULO III.

ANÁLISIS Y COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

III. 1 Qué son las Torres de Enfriamiento

Las Torres de Enfriamiento son estructuras que pueden ser construidas de diferentes tipos de materiales y diferentes tipos de enfriamiento, que tienen como objetivo refrigerar agua y otros medios a temperaturas próximas a las ambientales. El uso principal de grandes torres de refrigeración industriales es el de rebajar la temperatura del agua de refrigeración utilizada en plantas de energía, refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas de procesamiento de gas natural y otras instalaciones industriales.

Las Torres de Enfriamiento, de acuerdo con Glaciar Ingeniería (2019), se clasifican según la forma de suministro de aire en:

- **Torres de circulación natural.** Todas emplean hileras horizontales de empaque para suministrar gran superficie de contacto entre al aire y el agua.
 - a) **Torres atmosféricas;** El movimiento del aire depende del viento y del efecto aspirante de las boquillas aspersoras. Se utilizan en pequeñas instalaciones, depende de los vientos predominantes para el movimiento del aire.
 - b) **Torres tiro natural:** El flujo de aire necesario se obtiene como resultado de la diferencia de densidades, entre el aire más frío del exterior y húmedo del interior de la torre, Utilizan chimeneas de gran altura para lograr el tiro deseado. Debido a las grandes dimensiones de estas torres se utilizan flujos de agua de más de 200,000 gpm. Es muy utilizado en Centrales Térmicas.
- **Torres de tiro mecánico.** El agua caliente que llega a la torre puede distribuirse por boquillas aspersoras o compartimentos que dejan pasar hacia abajo el flujo de agua a través de los orificios. El aire usado para enfriar el agua caliente es extraído de la torre, en cualquiera de las dos formas siguientes:
 - a) **Tiro inducido:** El aire se succiona a través de la torre mediante un ventilador situado en la parte superior de la torre, son las más utilizadas
 - b) **Tiro forzado:** El aire es forzado por un ventilador situado en el fondo de la torre y se descarga por la parte superior. A continuación, se muestra el funcionamiento de las torres de tiro forzado:
- **Torres de flujo cruzado.** El aire entra a los lados de la torre fluyendo horizontalmente a través del agua que cae. Las corrientes de aire laterales se unen en un pasaje interno y dejan la torre por la sima, las torres de flujo cruzado requieren más aire y tienen un costo de operación más bajo que las torres a contracorriente (CTI 1994).

III.2 Tipos de estructuras de Torres de Enfriamiento

En cuanto a la estructura de las Torres de Enfriamiento existen diferentes, como se señala a continuación:

- **Estructura de madera:** Por décadas, gracias a su aplicación universal, las Torres de Enfriamiento de madera han demostrado su eficiencia en todas las ramas de la industria. En conjunto con los accesorios de materiales adecuados, por ejemplo, el agua de mar (agua salina), estas Torres de Enfriamiento pueden ser usadas para estas aplicaciones sin ninguna restricción.
- **Estructura de concreto:** Las principales características de las Torres de Enfriamiento de concreto se deben a que tienen una vida útil de operación muy prolongada y una excelente absorción del ruido. Cuando se utiliza cemento de alta resistencia y recubrimientos adecuados, éstas pueden ser usadas con agua de enfriamiento muy agresiva.
- **Estructura de fibra de vidrio:** Debido a sus propiedades técnicas y su alta resistencia a la corrosión y al desgaste, la resina poliéster reforzada con fibra de vidrio FRP, sustituye cada vez más a los elementos estructurales fabricados con materiales tradicionales.

III.3 Torre de Enfriamiento Hamon-Sobelco tipo contraflujo

Listado de los **componentes en su estructura** de la Torre de Enfriamiento Hamon-Sobelco son:

- Basín o Pileta de almacenamiento de agua
- Estructura de madera tratada químicamente
- Relleno para el enfriamiento
- Eliminador de rocío (DE μ s)
- Sistema de distribución de agua
- Boquillas de aspersion
- Sistema de humectación
- Cubierta exterior de lámina fibra de vidrio
- Ventilador axial
- Chimenea de ventilador
- Motor eléctrico
- Reductor de velocidad
- Fecha de transmisión

Listado de los **elementos estructurales de maderamen** son:

- Pileta de concreto armado
- Dados de cimentación para desplante de columnas
- Columnas de desplante de concreto armado
- Columnas de madera tratada
- Largueros de madera tratada
- Diagonales de madera tratada
- Contraventeos de madera tratada
- Escalera de acceso de madera tratada
- Cargadores de madera tratada
- Barandales de madera tratada
- Piso de madera tratada

En la siguiente ilustración pueden apreciarse con mayor precisión tanto los componentes como los elementos estructurales.

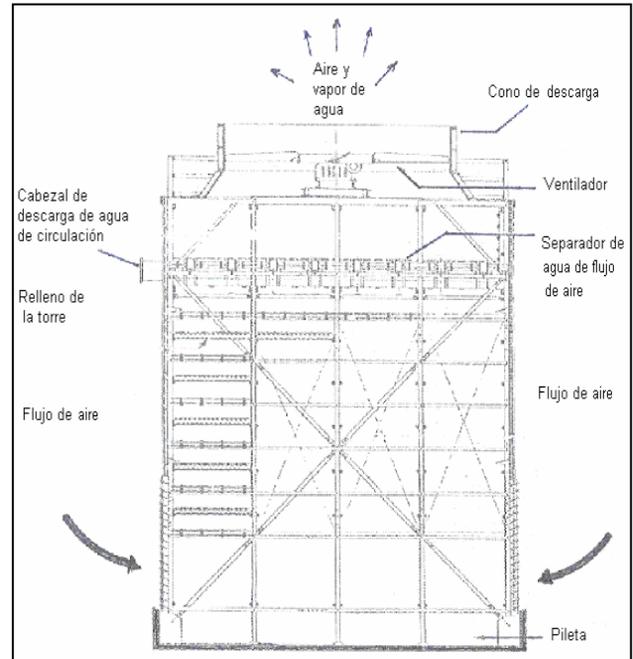
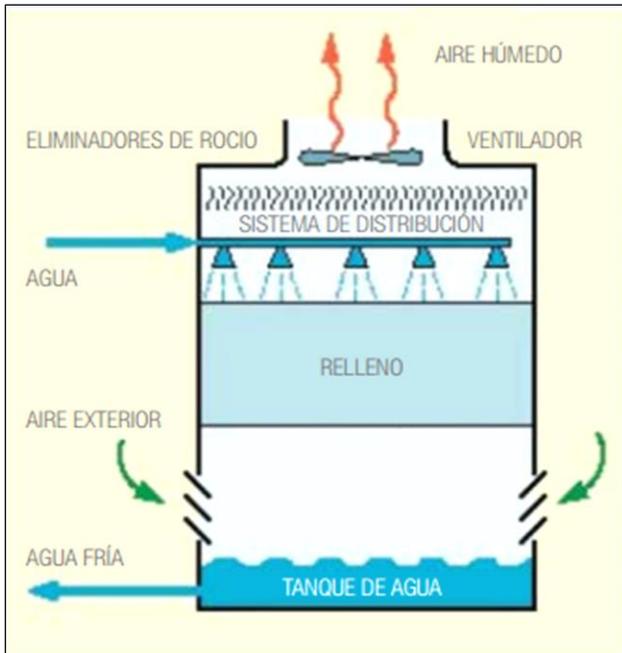


Ilustración 8

Diagrama de proceso de una Torre de Enfriamiento tipo contraflujo y tiro inducido Hammon Sobelco

Fuente: <https://glaciaringeneria.com.co/funciona-una-torre-enfriamiento/>

[https://lapem.cfe.gob.mx/torres-de-enfriamiento-de-madera-de-tiro-inducido.-contraflujo-y-flujo-cruzado\).-especificacion.-CFE-XY000-03.-agosto-2008](https://lapem.cfe.gob.mx/torres-de-enfriamiento-de-madera-de-tiro-inducido.-contraflujo-y-flujo-cruzado).-especificacion.-CFE-XY000-03.-agosto-2008)

III.4 Análisis de la estructura de la Torre de Enfriamiento

Para la Torre de Enfriamiento de madera de contraflujo y tiro inducido, de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz, se ha considerado utilizar los elementos estructurales de madera con base a la especificación CFE XY000-24 “Madera de repuesto para Torres de Enfriamiento”, madera de pino dimensionada para la construcción en donde se necesita alta resistencia, buena apariencia y que cumpla con lo establecido con esta especificación.

Características y condiciones generales:

Desde su construcción en el año 1982, la estructura de la Torre de Enfriamiento ha estado sometida a un desgaste en sus elementos estructurales por los propios productos químicos que se dosifican al agua de enfriamiento y que están en contacto directo, así como los esfuerzos estructurales por su carga muerta, carga viva, vibraciones, viento, que han afectado su integridad estructural, por lo que es importante conocer su estado estructural después de 31 años de servicio y con solo con 4 mantenimientos menores donde solo se han sustituido algunos de sus elementos como columnas y largueros, y que por sus prolongados periodos de mantenimiento, el maderamen va perdiendo sus propiedades y resistencia de los elementos que conforman la estructura de la Torre de Enfriamiento.

El análisis estructural se realiza con el fin de determinar la integridad estructural de la Torre de Enfriamiento de la unidad 4 de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz en Querétaro.

Este análisis surge como consecuencia de las fallas estructurales presentadas en las Torres de Enfriamiento instaladas en otras centrales generadoras y la necesidad de establecer el estado estructural que guardan los elementos, previendo en una forma sistemática la posible falla o colapso total de la Torre de Enfriamiento.

A fin de conocer mejor el comportamiento estructural se llevaron a cabo los siguientes análisis en la Torre de Enfriamiento:

- Análisis estático con las cargas de diseño de operación.
- Análisis estático con las cargas de diseño de operación y la carga del viento máxima para un periodo recurrente de 5 años.
- Análisis modales a fin de determinar las frecuencias naturales.
- Análisis armónico correspondiente a un barrido de frecuencias de 0 a 30 Hz.
- Análisis Espectral.
- Análisis de falla.

En los análisis presentados a continuación se realizaron las siguientes consideraciones:

- El material de las vigas que componen la torre es madera tratada, por lo que se supondrá que en la fabricación de las vigas estas se realizaron cuidando que la dirección de las fibras es la dirección axial de viga obtenida a fin de tener un mejor aprovechamiento de las características físicas y mecánicas de la madera.
- La madera está perfectamente tratada químicamente y no se cuenta con las fallas típicas que le provocan la humedad.
- Los cortes y barrenos se han realizado en forma adecuada, por lo que no se prestan fisuras y alguna otra imperfección que pudiera llevar a la madera a fallar estructuralmente.

III.4.1 Datos físicos y mecánicos del material

Dimensiones de los maderos:

- Polín horizontal (R-1): 0.1016x 0.0508 m.
- Polín horizontal (R-2): 0.0508 x 0.1524 m.
- Polín horizontal (R-3): 0.0762 x 0.2032 m.
- Polín horizontal (P-4): 0.1016 x 0.1016 m.
- Polín vertical: 0.1016 x 0.1016 m.
- Polín rigidizador transversal: 0.1016 x 0.1016 m.
- Polín rigidizador longitudinal: 0.1016 x 0.1016 m.
- Polín espaciador piso de conos: 0.0762 x 0.2032 m.
- Polín longitudinal del relleno: 0.0508 x 0.1524 m.
- Polín longitudinal: 0.0508 x 0.1016 m.

Propiedades físicas y mecánicas:

- Módulo de Young: 1.246×10^{10} Pa.
- Densidad: 704 kg/m³
- Módulo de Poisson: 0.3
- Esfuerzo permisible a tensión: 1.48×10^7 Pa.
- Esfuerzo permisible al cortante horizontal: 1.0×10^6 Pa.
- Esfuerzo permisible a compresión perpendicular a las fibras: 3.13×10^6 Pa.
- Esfuerzo permisible a compresión paralelas a las fibras: 1.2×10^7 Pa.

III.4.2 Cargas de diseño estáticas aplicadas en la Torre de Enfriamiento

- a) Peso del motor: 9810 N.
- b) Peso de la flecha: 392.4 N.
- c) Peso de la caja: 6867 N.

d) Peso del ventilador: 3924 N.

e) Peso del cono: 6804 N.

f) Peso del relleno: 207865.071 N.

g) Peso de Persianas: 4905 N.

h) Peso del agua de distribución: 97949.7819 N.

Total, de carga: 338517.2529 N. (Por celda).

Total, en toda la Torre de Enfriamiento: 1354069.012 N.

Numero de nodos: 232

Carga por nodo: 5836.50436 N.

NOTA: a fin de incluir el peso muerto de la madera se incluirá el dato de aceleración de la gravedad de 9.81 m/s².

Las cargas de diseño dinámicas aplicadas en Torre de Enfriamiento son:

a) Vibración crítica en la celda = 12 mm/s

b) Sismo = 0.2 g de aceleración a 30 Hz.

c) Fuerza ocasionada por el viento durante un fenómeno meteorológico:

Velocidad = 200 km/hr.

Para la aplicación del viento se basó según Mc Cormac.

$$P = 0.002558CSV^2$$

Donde:

P = presión lb/ft²

V = velocidad del viento millas/hr.

CS = coeficiente, 0.7 Lado Barlovento, 0.5 Lado Sotavento.

$$v = 200 \text{ km/hr} (1\text{milla}/0.621371 \text{ km}) = 124.274 \text{ mi/hr.}$$

Lado Barlovento.

$$P = 0.002558 (0.7) (124.274\text{mi/hr})^2 = 27.654 \text{ lb/ft}^2 = 1324.08 \text{ Pa.}$$

Lado Sotavento.

$$P = 0.002558 (0.5) (124.274\text{mi/hr})^2 = 19.753 \text{ lb/ft}^2 = 945.779 \text{ Pa.}$$

Área sujeta al empuje del viento:

$$A = (4.35\text{m}) (51.24\text{m}) = 222.894 \text{ m}^2$$

Lado Barlovento.

$$F = PA = (1324.08 \text{ N/s}^2) (222.894 \text{ m}^2) = 295129.48752 \text{ N.}$$

Lado Sotavento.

$$F = PA = (945.779 \text{ N/s}^2) (222.894 \text{ m}^2) = 210808.4644 \text{ N}.$$

Total de nodos = 261

Entonces la carga se distribuirá en cada nodo:

$$FN=261$$

$$295129.48752 \text{ N} = 1130.76432 \text{ N (Lado Barlovento)}.$$

$$FN=261$$

$$210808.4644 \text{ N} = 807.695266 \text{ N (Lado Sotavento)}.$$

III.4.3 Generación del modelo

A fin de contar con datos más confiables de la estructura actual de la Torre de Enfriamiento, el personal del LAPEM, realizó un levantamiento de la estructura completa en sitio como se encuentra actualmente, las figuras 1 y 2 muestran algunos de los dibujos realizados en AutoCAD y que sirvieron de base para la creación del modelo en ANSYS.

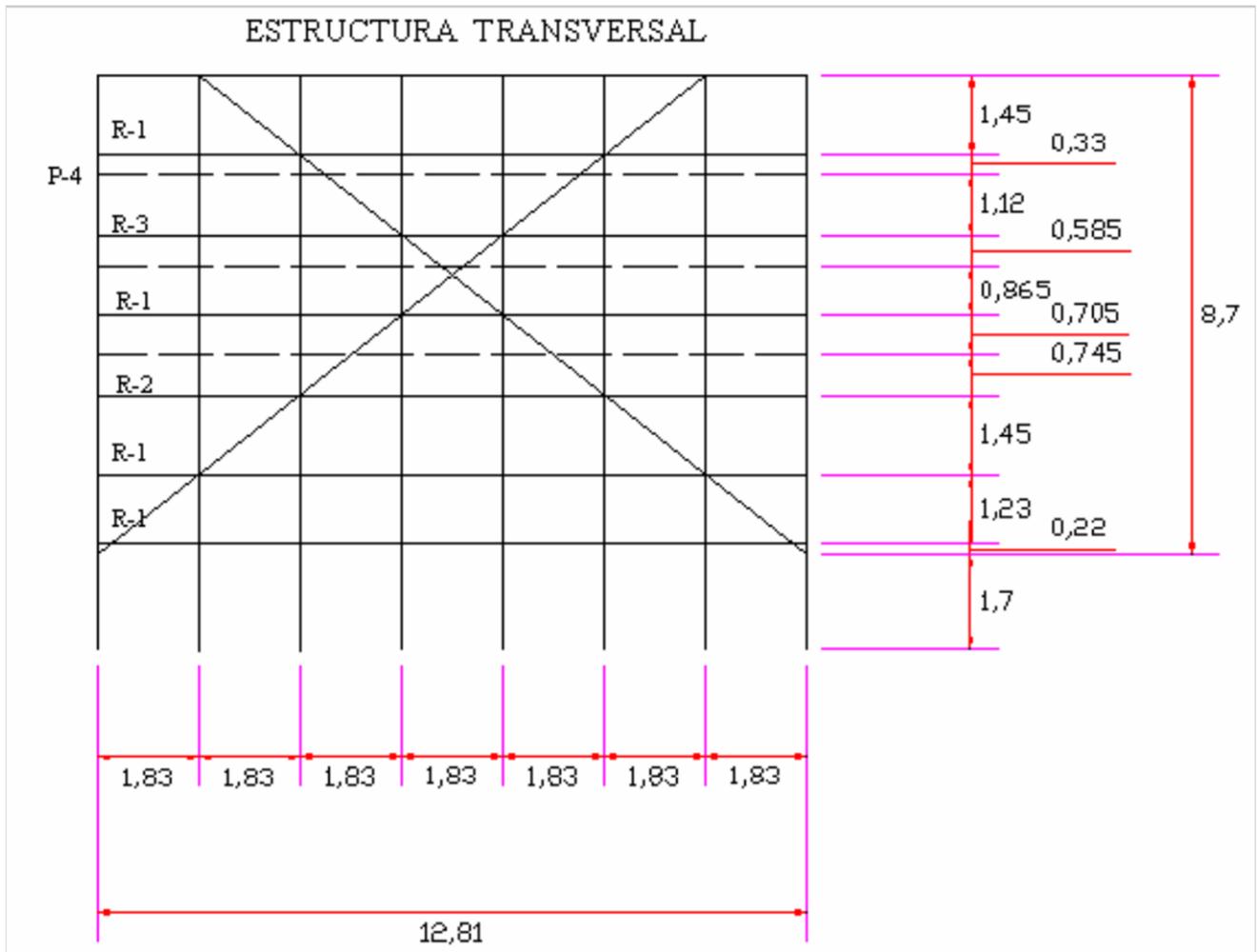


Ilustración 9
Vista transversal Torre de Enfriamiento CTCC El Sauz
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

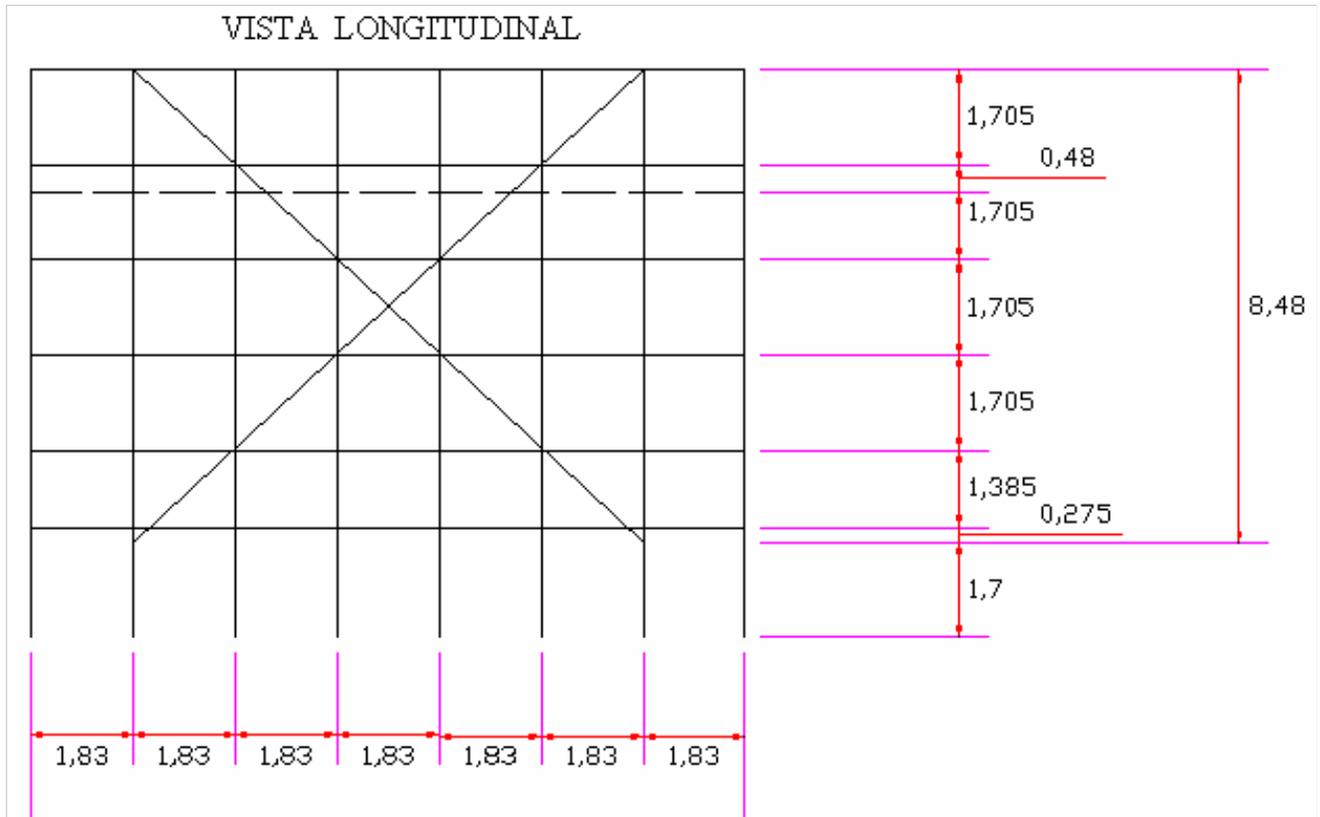


Ilustración 10

Vista longitudinal Torre de Enfriamiento CTCC El Sauz

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

III.4.4 Modelado en ANSYS de la Torre de Enfriamiento

Los diferentes colores del modelo hacen referencia a las características geométricas de los elementos calculados anteriormente.

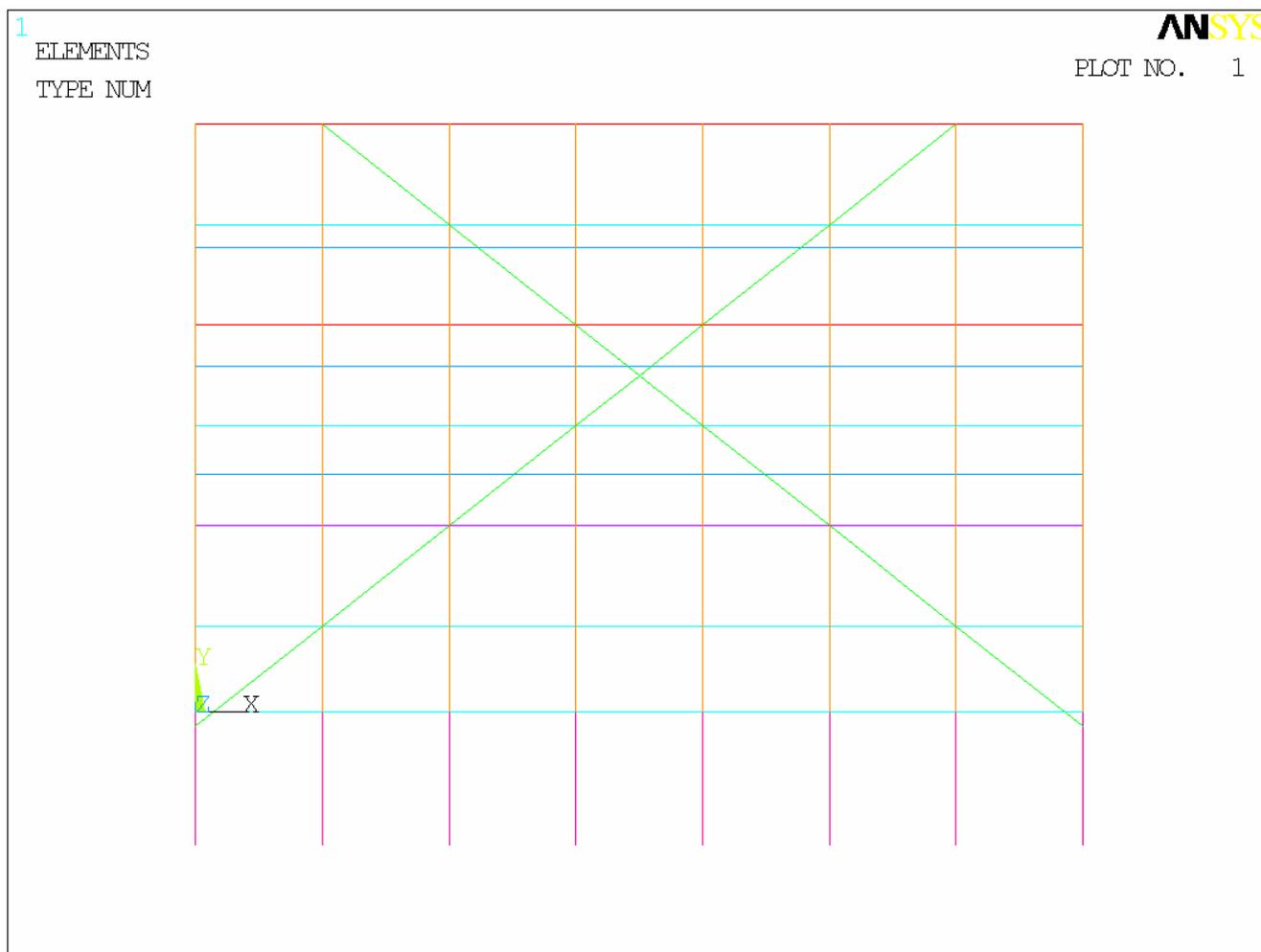


Ilustración 11

*Modelado en ANSYS vista transversal Torre de Enfriamiento CTCC El Sauz
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM*

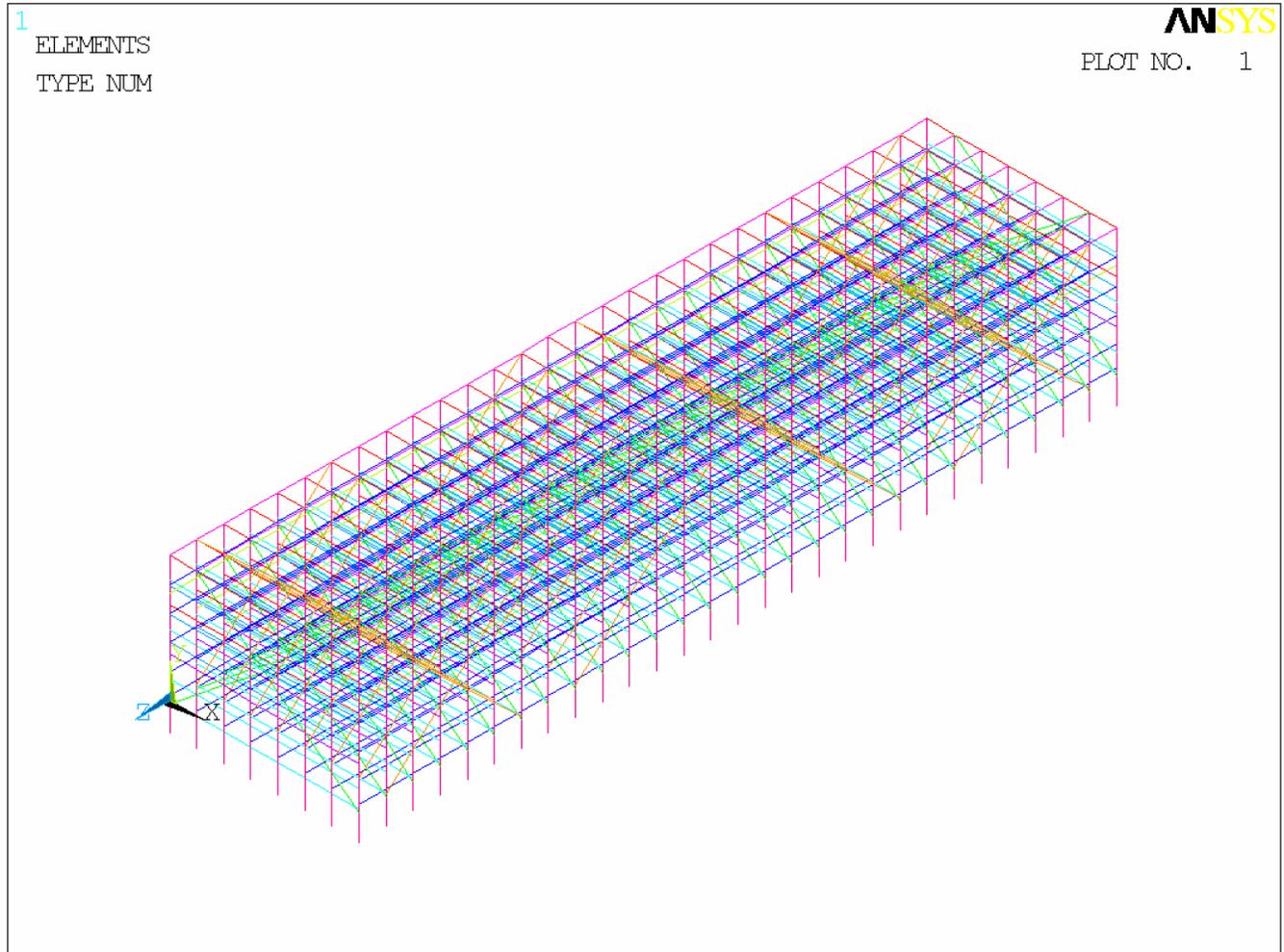


Ilustración 12

Vista isométrica Torre de Enfriamiento CTCC El Sauz

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

III.4.5 Análisis estático con cargas de operación

Se realizó el estudio utilizando las condiciones de frontera indicadas en la siguiente figura, que corresponden a las fuerzas aplicadas en la Torre de Enfriamiento.

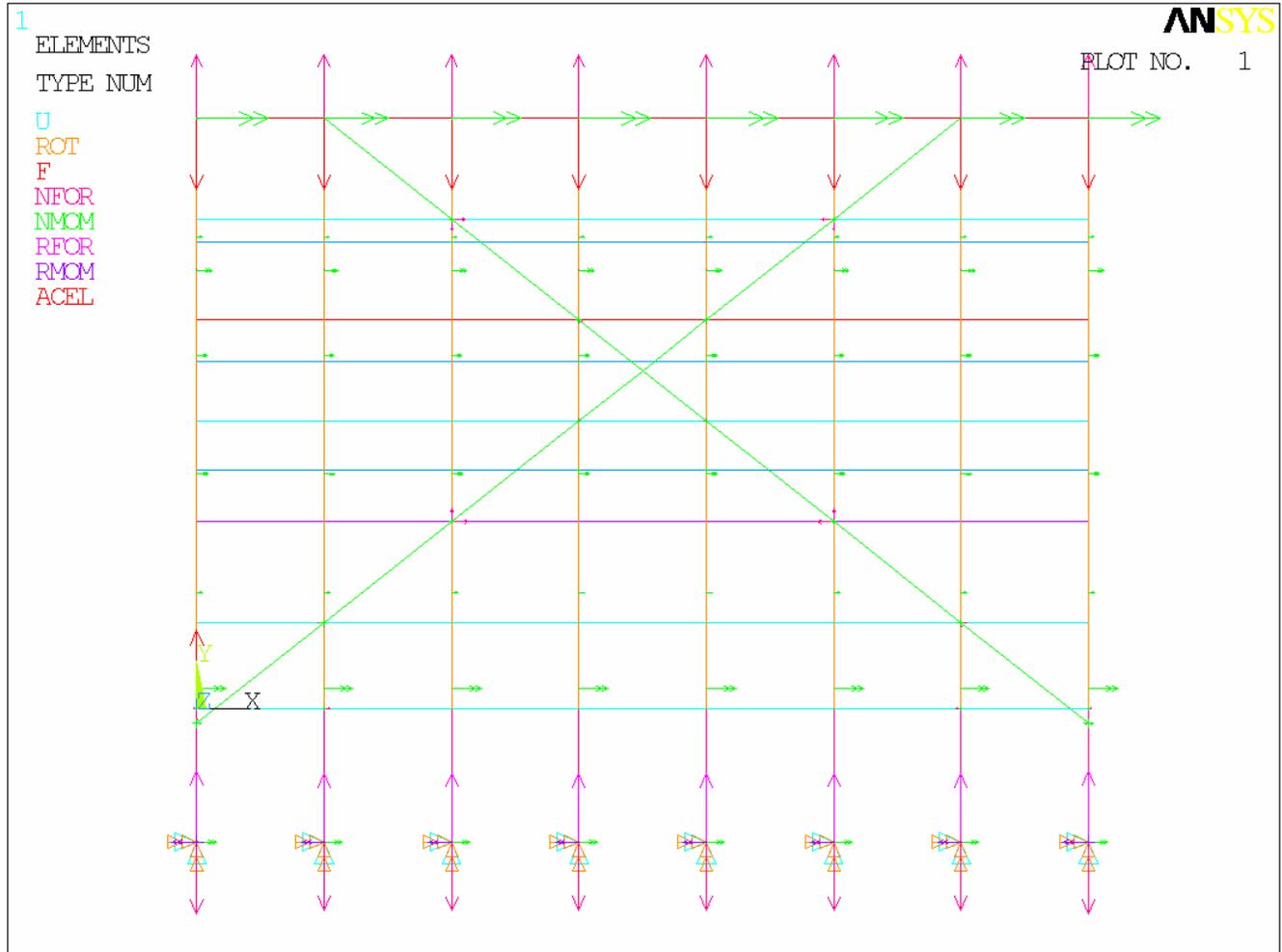


Ilustración 13

Aplicación de cargas estáticas a estructura Torre de Enfriamiento CTCC El Sauz

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

La ilustración 13 muestra los resultados obtenidos del análisis estático a la Torre de Enfriamiento.

1

ANSYS

ELEMENT SOLUTION

PLOT NO. 1

STEP=1
SUB =1
TIME=1
ESFUERZO (NOAVG)
DMX =.623E-03
SMN =-.163E+07
SMX =77970

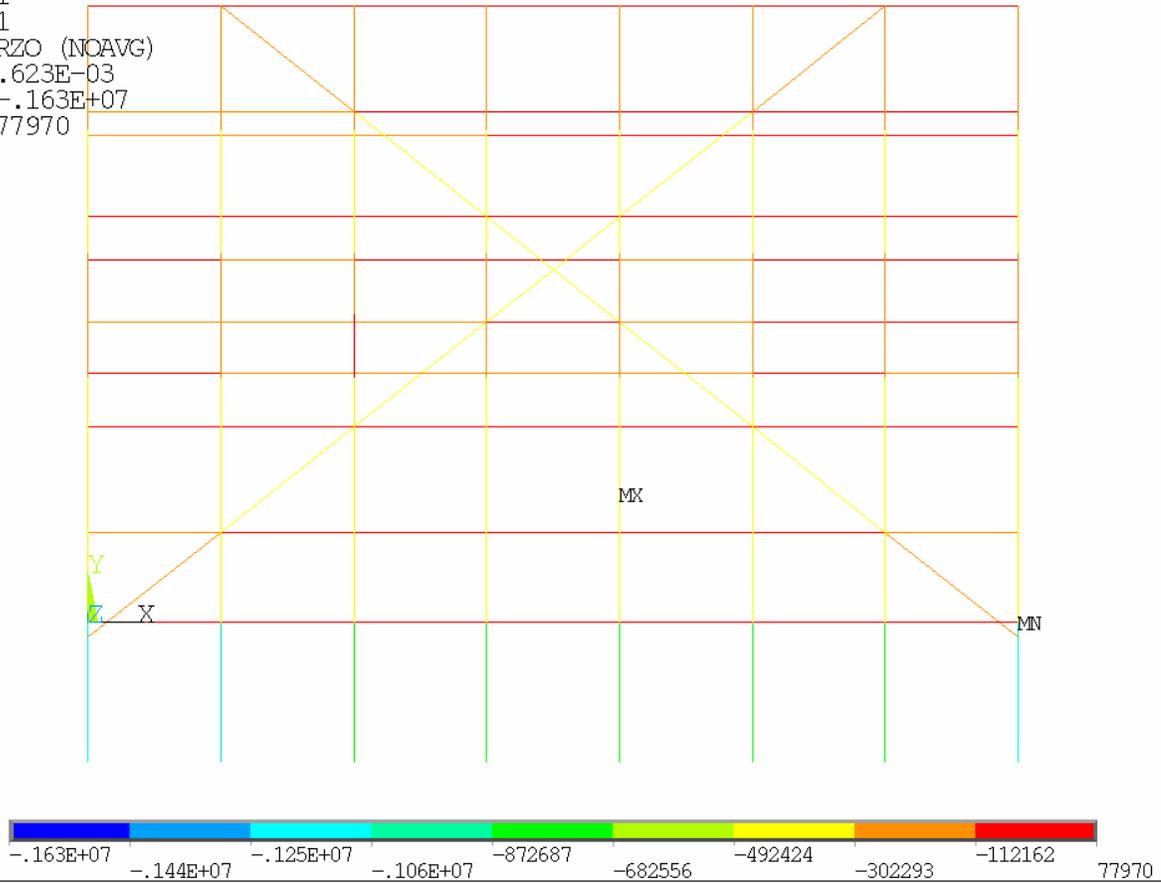


Ilustración 14

Resultado de los esfuerzos máximos presentados en la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

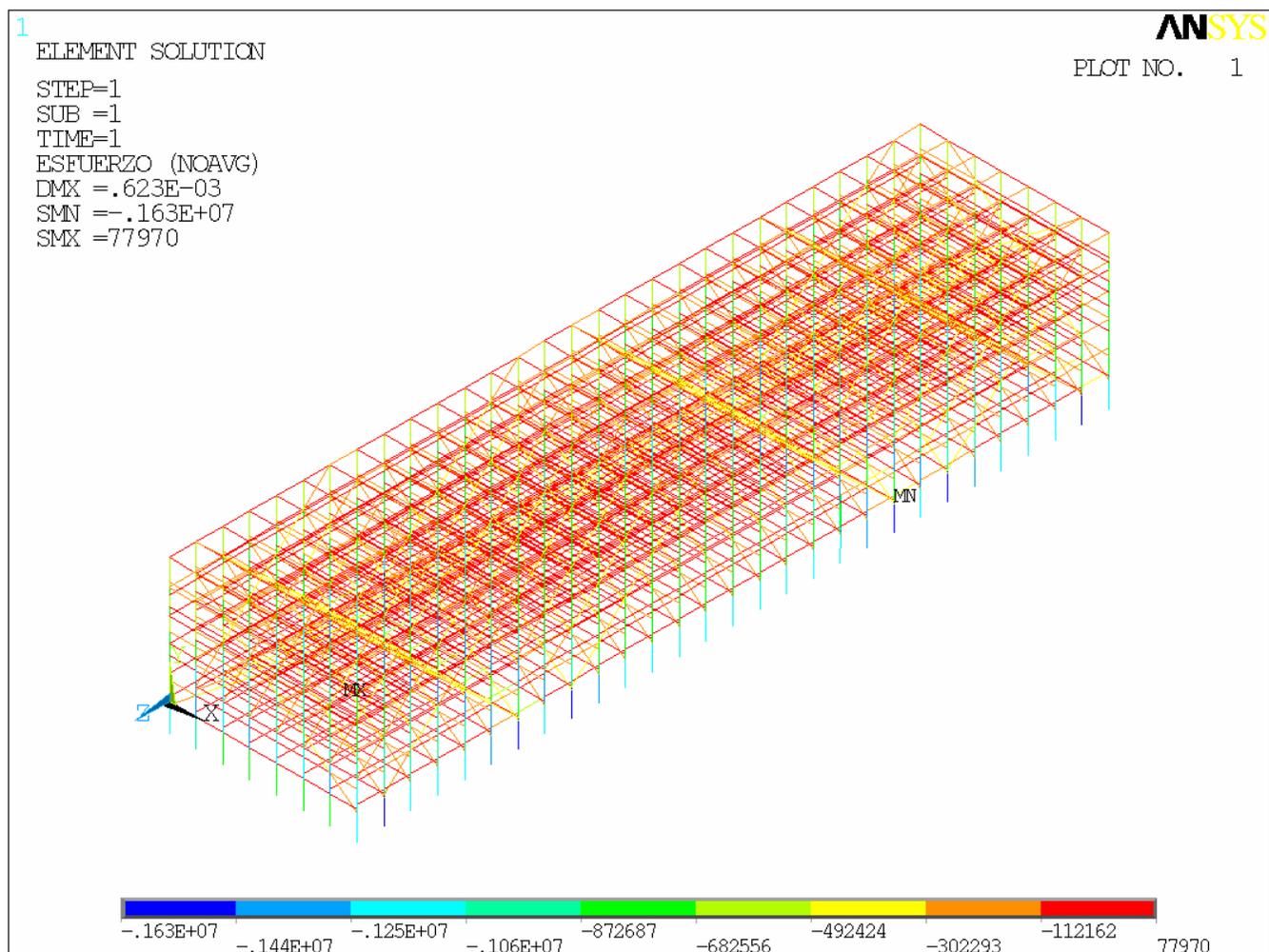


Ilustración 15
Resultados en vista isométrica

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Se observan los esfuerzos máximos generados que están en el orden de 1.63 MPa, lo cual no supera el esfuerzo a compresión de la madera, estos esfuerzos se localizan en los polines verticales inferiores laterales donde se apoyan los rigidizadores longitudinales como se visualiza en el modelo.

Ahora analizaremos la estructura sin rigidizadores para obtener los esfuerzos de la estructura base para estas condiciones.

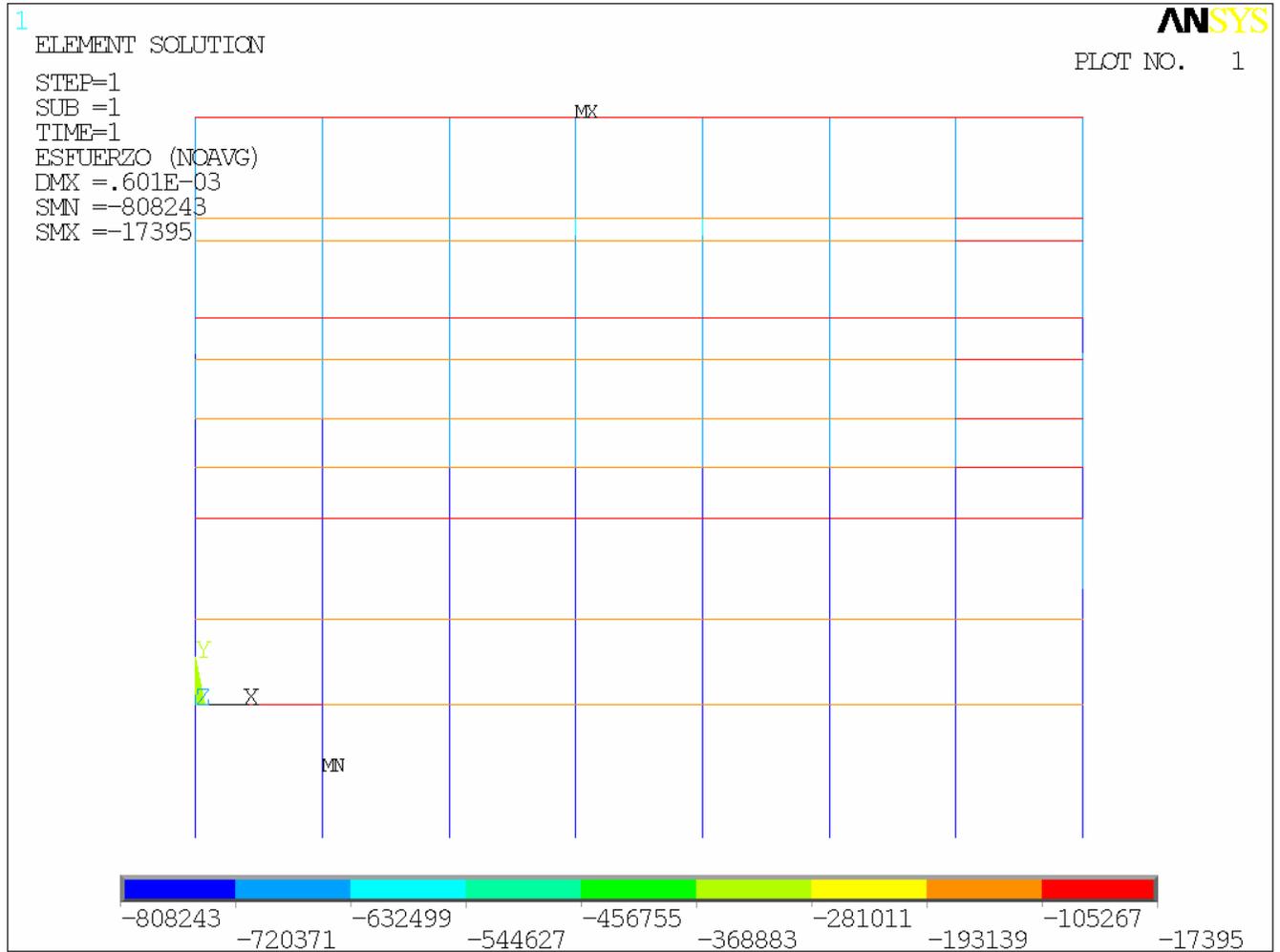


Ilustración 16
Resultados de los esfuerzos máximos presentados en la torre base
 Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

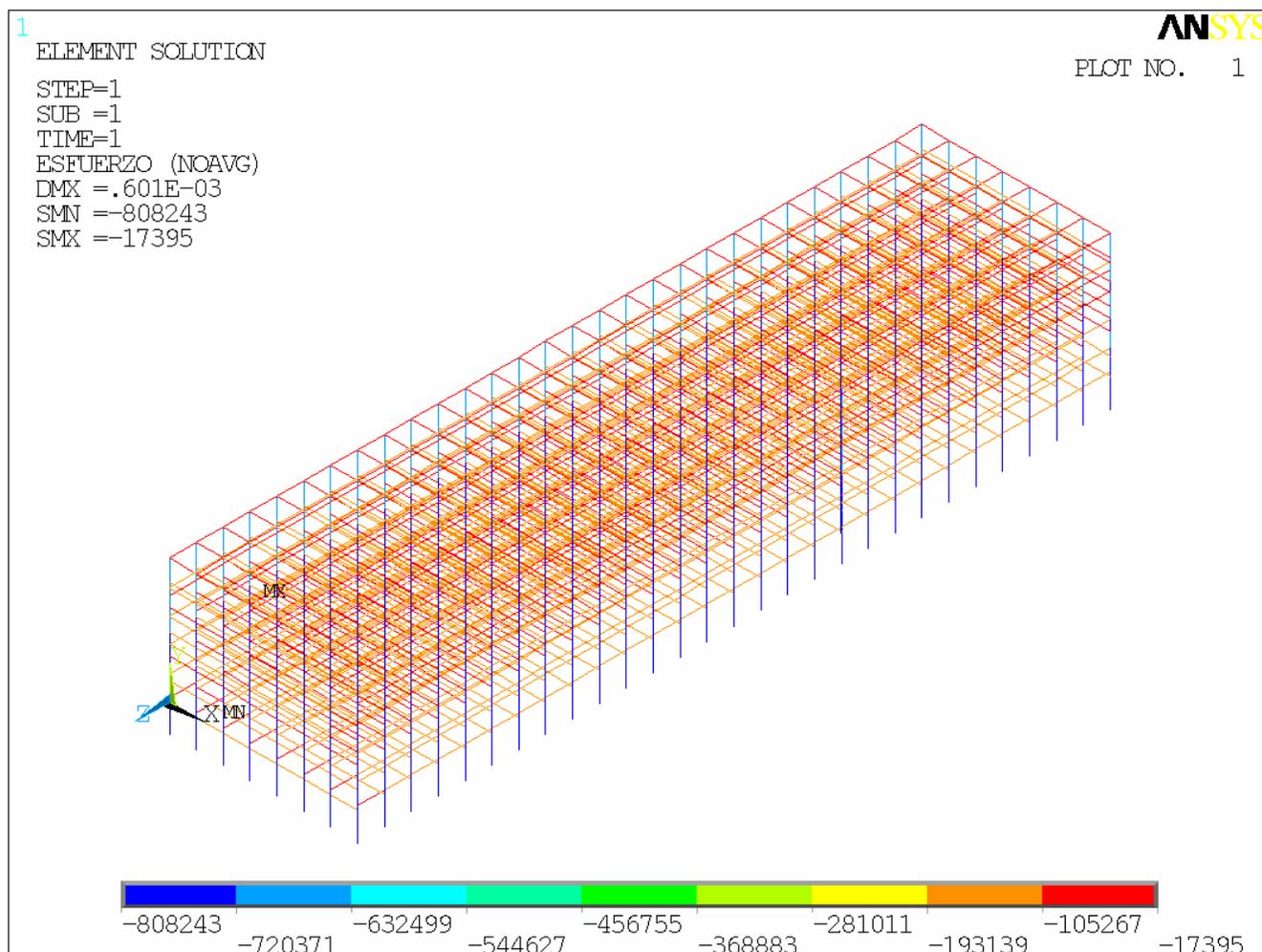


Ilustración 17

Resultados en vista isométrica

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Como es fácil observar, nuevamente los esfuerzos se presentan a compresión en los polines verticales con una magnitud de 808.243 KPa.

De esta manera ahora calcularemos los factores de seguridad según su clasificación de acuerdo con su construcción de uso, atendiendo a la seguridad estructural aconsejable para la estructura, las construcciones se clasifican según su destino como se indica a continuación:

- **Grupo A:** estructuras en que se requiere un grado de seguridad alto. Construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales de magnitud excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial a raíz de un sismo. Tal es el caso de puentes principales, sistemas de abastecimiento de agua potable,

subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, terminales de transporte, salas de espectáculos y hoteles que tengan áreas de reunión que pueden alojar un número elevado de personas, gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas y locales que alojen equipo especialmente costoso. Se incluyen también todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica cuya falla por movimiento sísmico pondría en peligro la operación de la planta, así como las estructuras para la transmisión y distribución de energía eléctrica.

- **Grupo B:** estructuras en que requiere un grado de seguridad intermedio. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud intermedia o pondría en peligro otras construcciones de este grupo o del A, tales como naves industriales, locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en el grupo A, así como muros de retención, bodegas ordinarias y bardas con altura mayor de 2.5 m. también se incluyen todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica que en caso de fallar por temblor no paralizarían el funcionamiento de la planta.
- **Grupo C:** estructuras en que es admisible un grado de seguridad bajo. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud sumamente pequeña y no causaría normalmente daños a construcciones de los grupos A y B ni pérdidas de vidas. Se incluyen en este grupo, por ejemplo, bodegas provisionales y bardas con altura no mayor de 2.5 m.

En algunas estructuras especialmente importantes, como los reactores nucleares o las grandes presas, el grado de seguridad recomendable es tan alto que escapan a la clasificación que antecede. En el diseño sísmico de tales estructuras se seguirán criterios especiales acordes con el estado del conocimiento.

Entonces, podemos concluir, que para nuestro estudio entra en el grupo A de acuerdo con su destino donde ya se explica porque su funcionamiento interviene varios factores importantes para su funcionamiento.

Atendiendo a las características estructurales que influyen en la respuesta sísmica de la construcción, se clasifican de acuerdo como se indica a continuación:

Tipo 1: Estructuras de edificios.

Tipo 2: Péndulos invertidos y apéndices.

Tipo 3: Muros de retención.

Tipo 4: Chimeneas, silos y similares.

Tipo 5: Tanques, depósitos y similares.

Tipo 6: Estructuras industriales.

Tipo 7: Puentes.

Tipo 8: Tuberías.

Tipo 9: Presas.

Tipo 10: Otras estructuras.

Para este caso entra en el tipo 6 nuestro estudio porque son estructuras fabriles en que se requieren grandes áreas libres de columnas y donde se permite casi siempre colocar columnas relativamente cercanas unas de las otras a lo largo de los ejes longitudinales, dejando entonces grandes claros libres entre esos ejes. Estas estructuras están formadas en la mayoría de los casos por una sección de marcos rígidos transversales, todos iguales o muy parecidos, ligados entre sí por los elementos de contraventeo que soportan los largueros para la cubierta y los recubrimientos de las paredes.

Los elementos mecánicos son muy aceptables, lo que se puede concluir que pueda influir tanto el diseño como su carga aplicada.

Resistencia como columna:

Considerando los elementos más cargados de cada tipo de perfil estructural, obtenemos los siguientes datos:

Rigidizador: 2.3348 m.

Polín inferior: 1.92 m.

Ya que se trata de columnas largas, se utilizará en los cálculos la fórmula de EULER para calcular los valores de la carga crítica y carga a compresión que pueden soportar el perfil

Donde:

P_{cr} = Carga Crítica.

P_c = Carga a compresión.

A = Área

σ = Esfuerzo a compresión.

E = Modulo de Elasticidad.

I = Módulo de la sección.

L = Longitud de la Columna.

K = Constante de fijación de los extremos.

III.4.6 Análisis estático con cargas de operación y viento

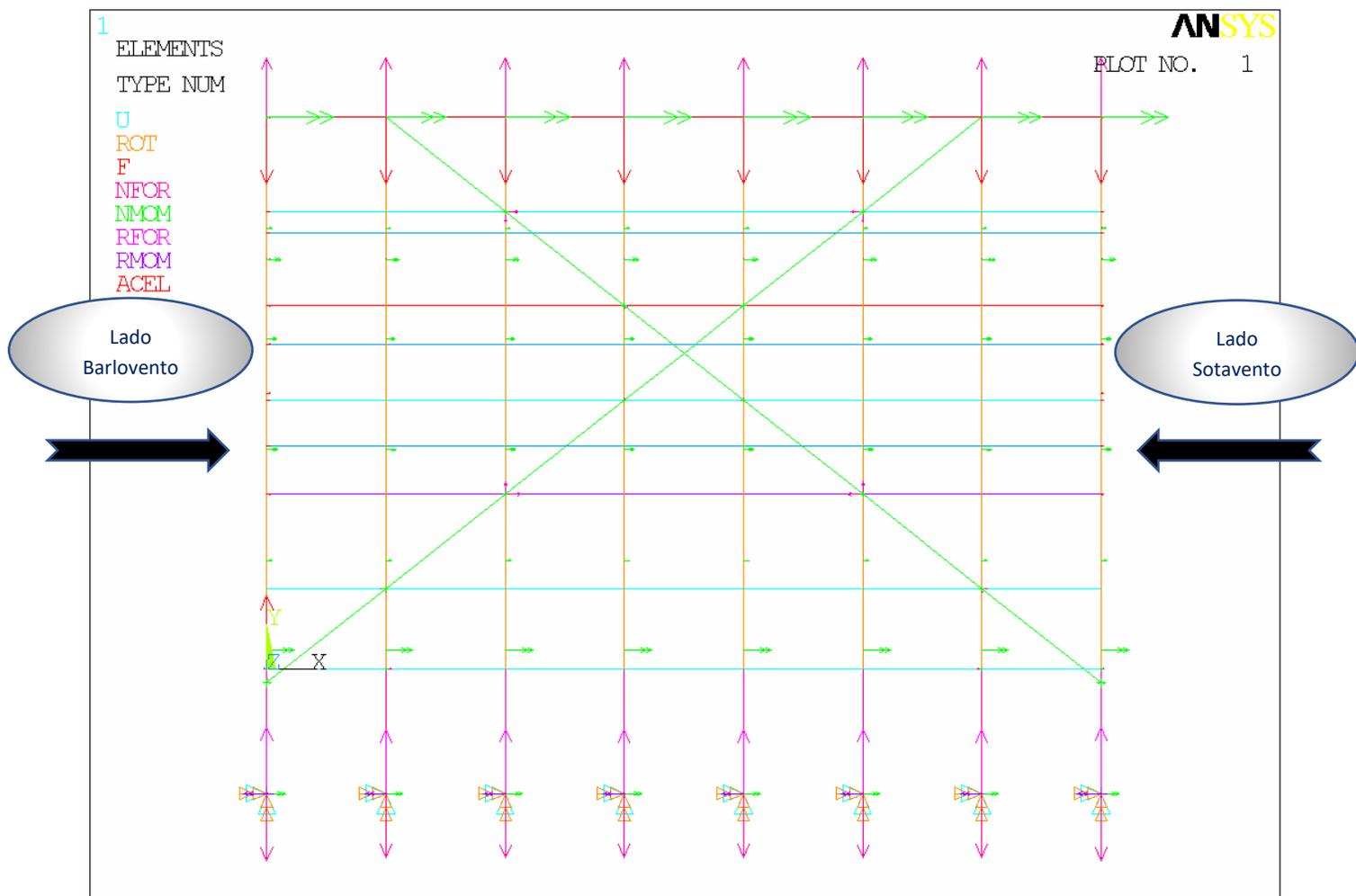


Ilustración 18

Modelo de la Torre de Enfriamiento considerando la carga por viento
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

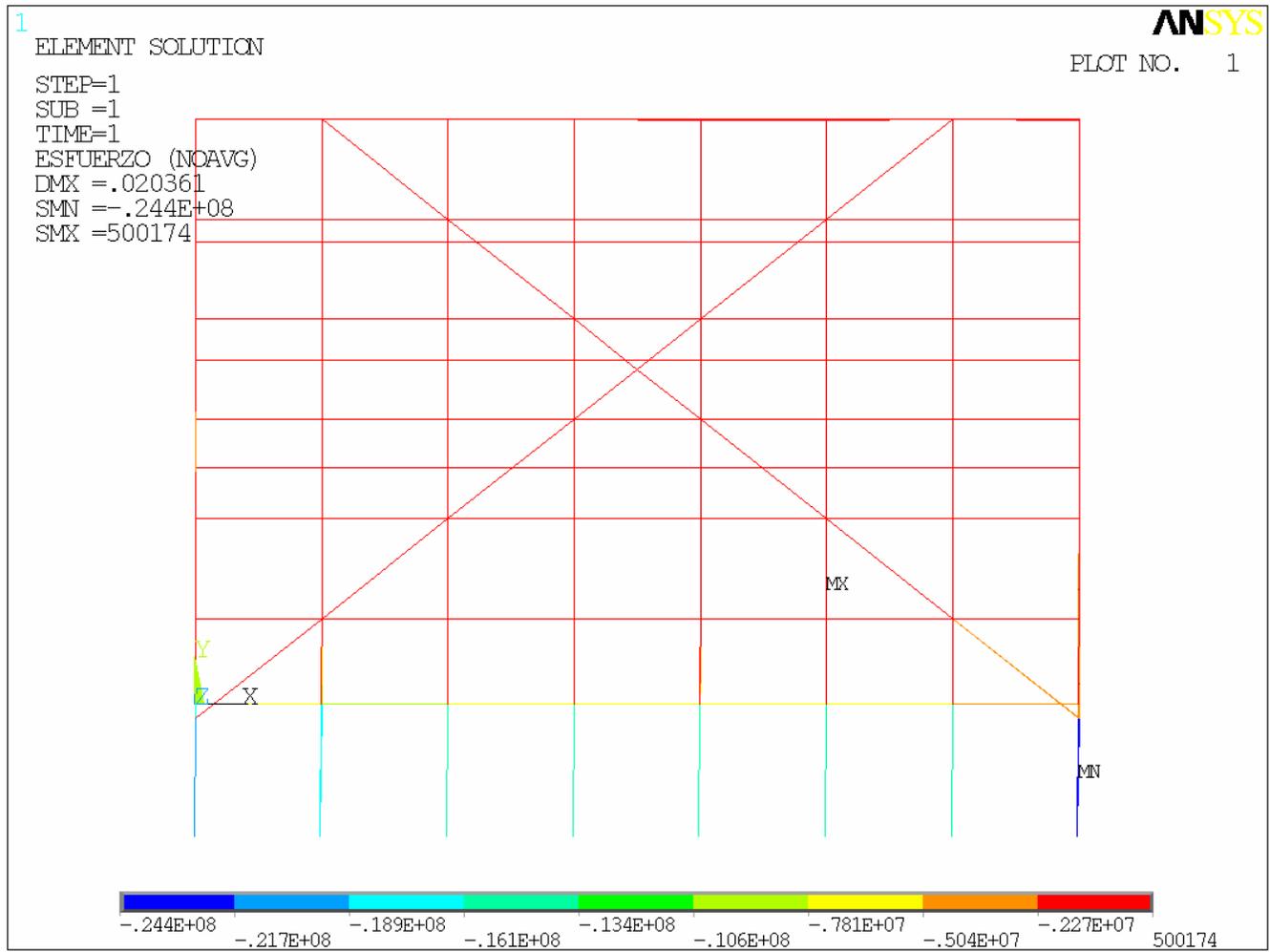


Ilustración 19

Esfuerzos en los elementos de la estructura de la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Ilustración 19. Muestra los resultados del análisis estático en función de los esfuerzos de los elementos que componen la torre.

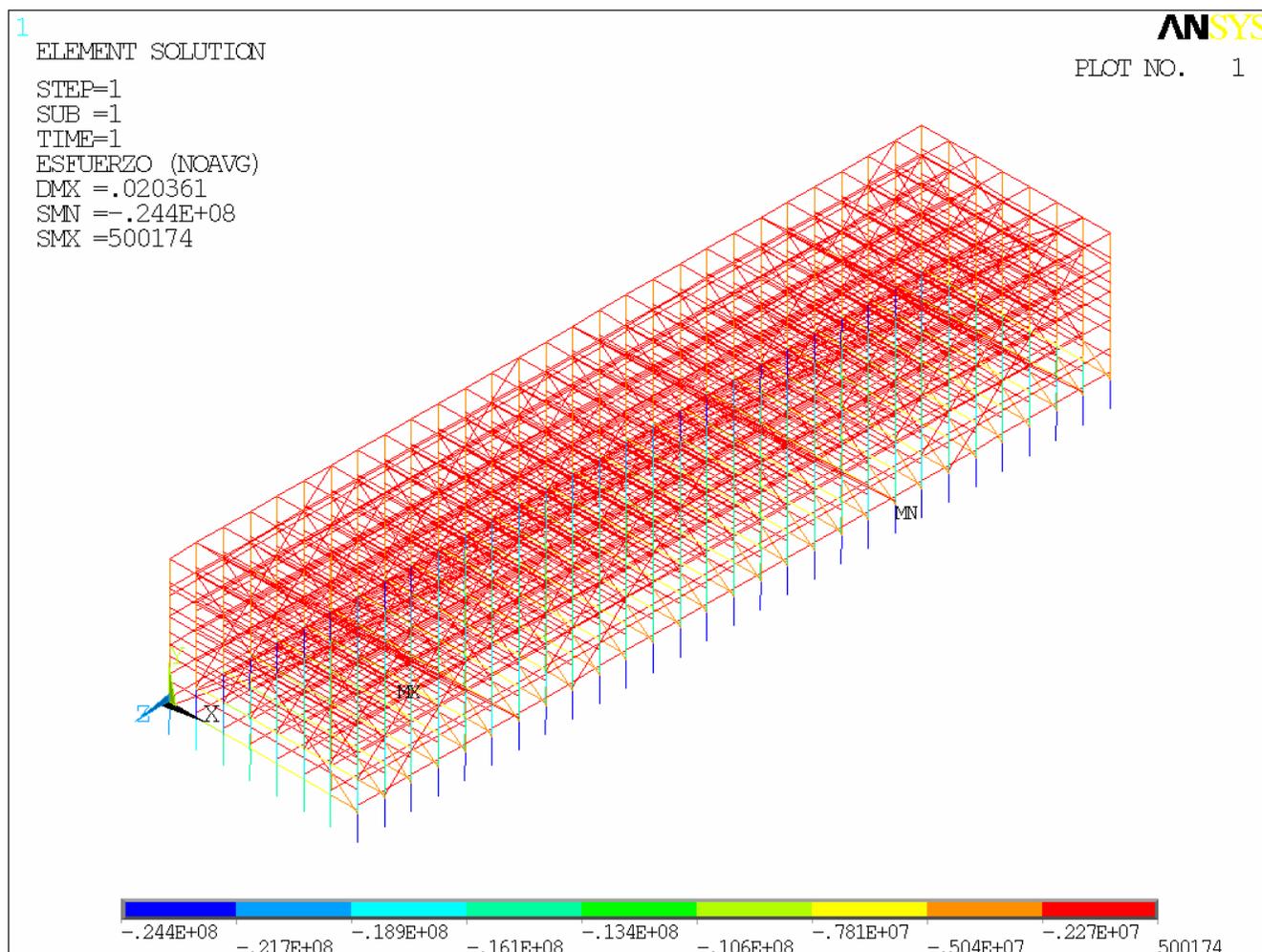


Ilustración 20

Resultados obtenidos en toda la torre vista isométrica

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Como se observa los esfuerzos máximos generados están en el orden de 24.4 MPa, lo cual supera el esfuerzo a compresión de la madera, estos esfuerzos se localizan en los costados de la torre para ser más específicos en los polines inferiores del modelo.

Ahora analizaremos la estructura sin rigidizadores para obtener los esfuerzos de la estructura base para estas condiciones.

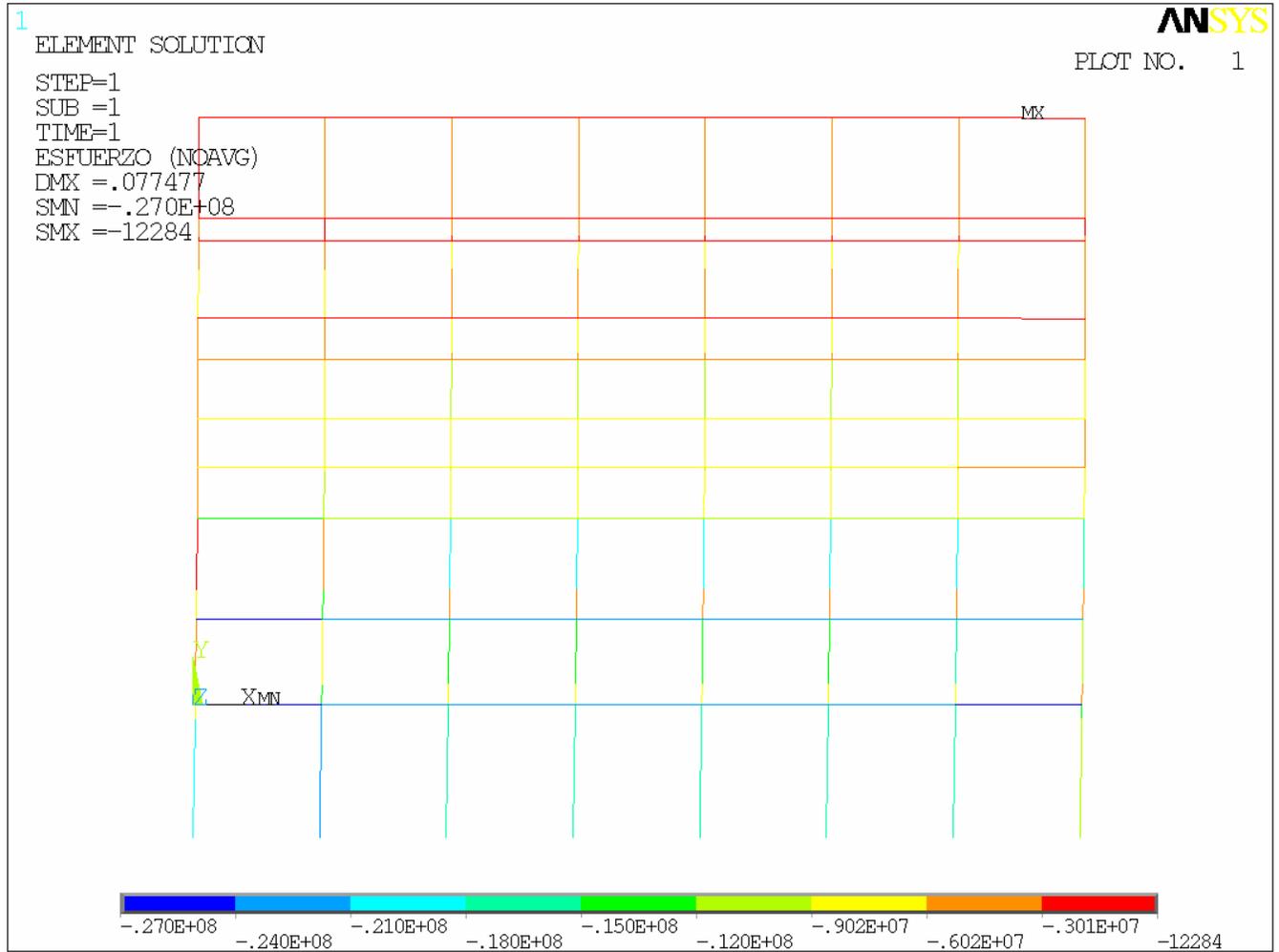


Ilustración 21

Resultados obtenidos de los esfuerzos de los elementos de la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

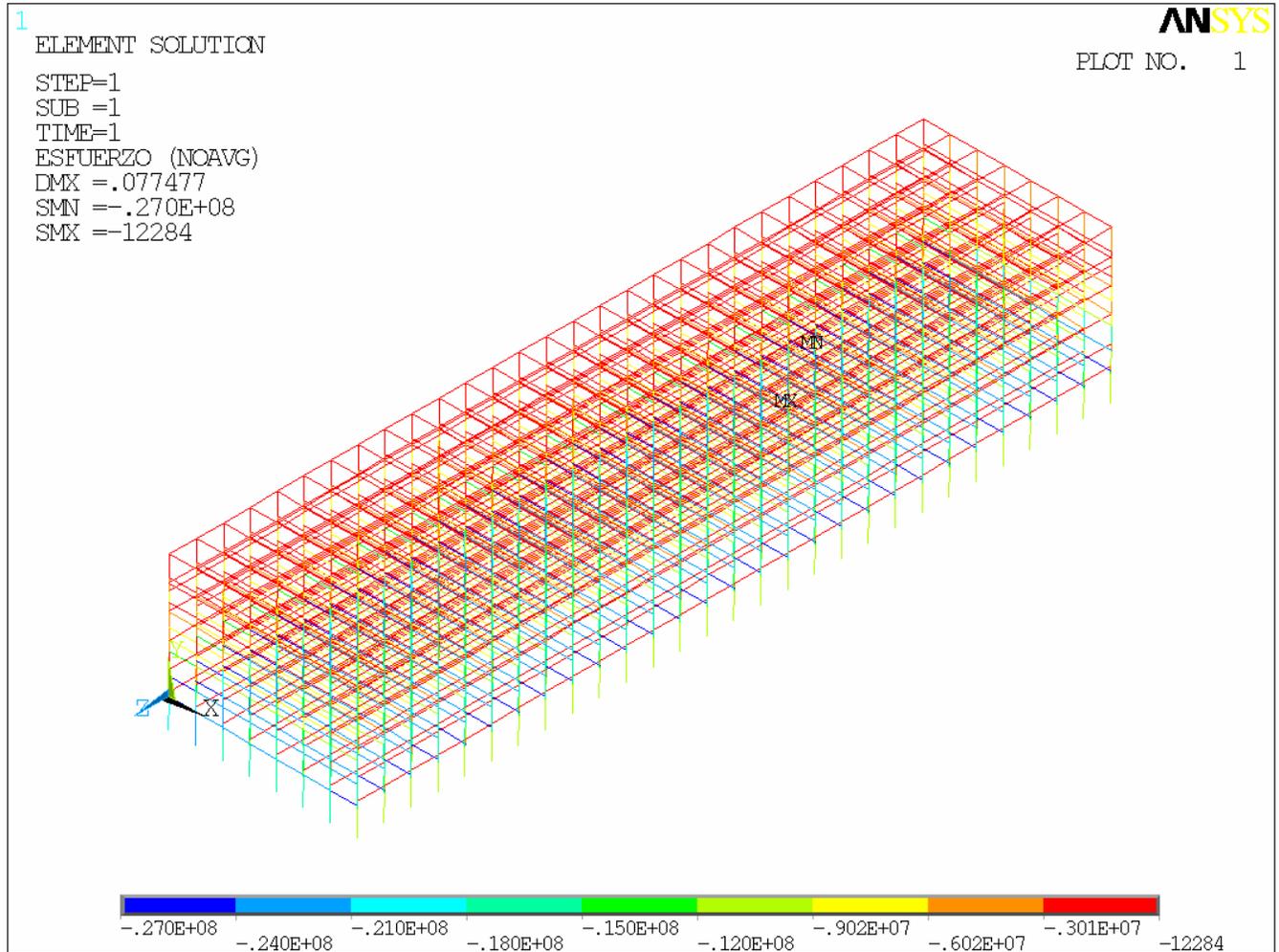


Ilustración 22

Magnitudes vistas isométricamente

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Como se observa, los valores de esfuerzos máximos a compresión se encuentran en la parte inferior de los polines horizontales del lado derecho y parte en los polines verticales como se muestra en el modelo con una magnitud de 27.0 MPa, en donde al fallar estos elementos que sostienen parte de las persianas causarían el deslave de esta zona.

III.4.7 Análisis modal

El análisis modal (cálculo de frecuencias naturales y modos de vibración), se llevó a cabo con los modelos mostrados en las figuras y, en donde se omiten las cargas aplicadas al sistema ya que la ecuación que se resuelve es la siguiente:

$$|M|\{\ddot{x}\} + |K|\{x\} = 0$$

Donde:

$|M|$ = Matriz de masa.

$\{\ddot{x}\}$ = Vector de aceleraciones.

$|K|$ = Matriz de rigidez

$\{x\}$ = Vector de desplazamientos.

Los valores de las frecuencias naturales obtenidas del modelo se muestran a continuación:

Index of data sets on result file	
No.	Valor de la Frecuencia Hz.
1	3.1388
2	3.7488
3	3.8092
4	3.8994
5	3.9629
6	4.1731
7	4.4581
8	4.6802
9	4.9737
10	5.3310

Tabla 2

Listado de frecuencias naturales de la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

En las siguientes figuras se muestran los modos de vibración de la Torre de Enfriamiento.

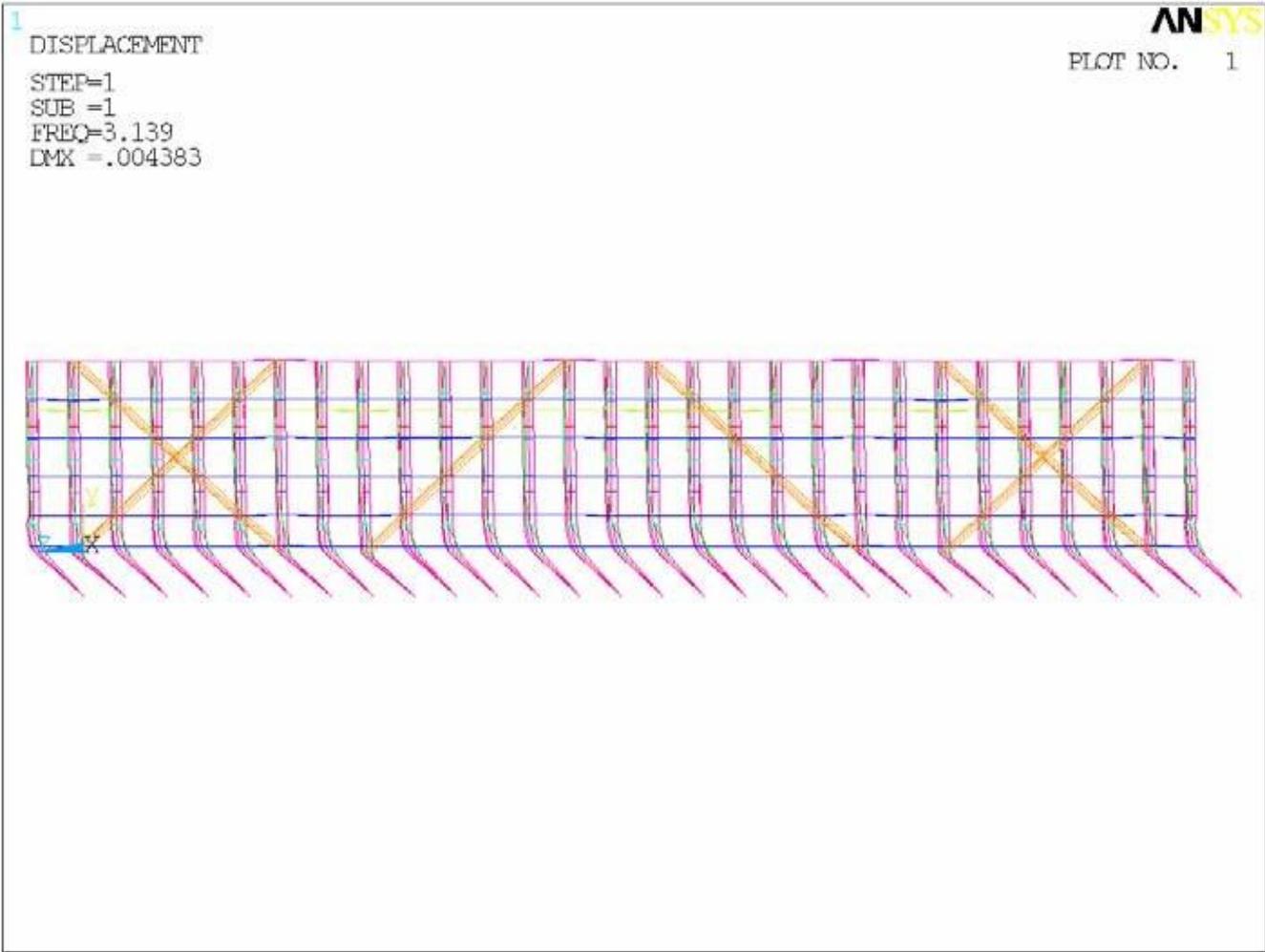


Ilustración 23

Vista longitudinal del primer modo de vibración de la Torre de Enfriamiento (3.139 Hz).

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

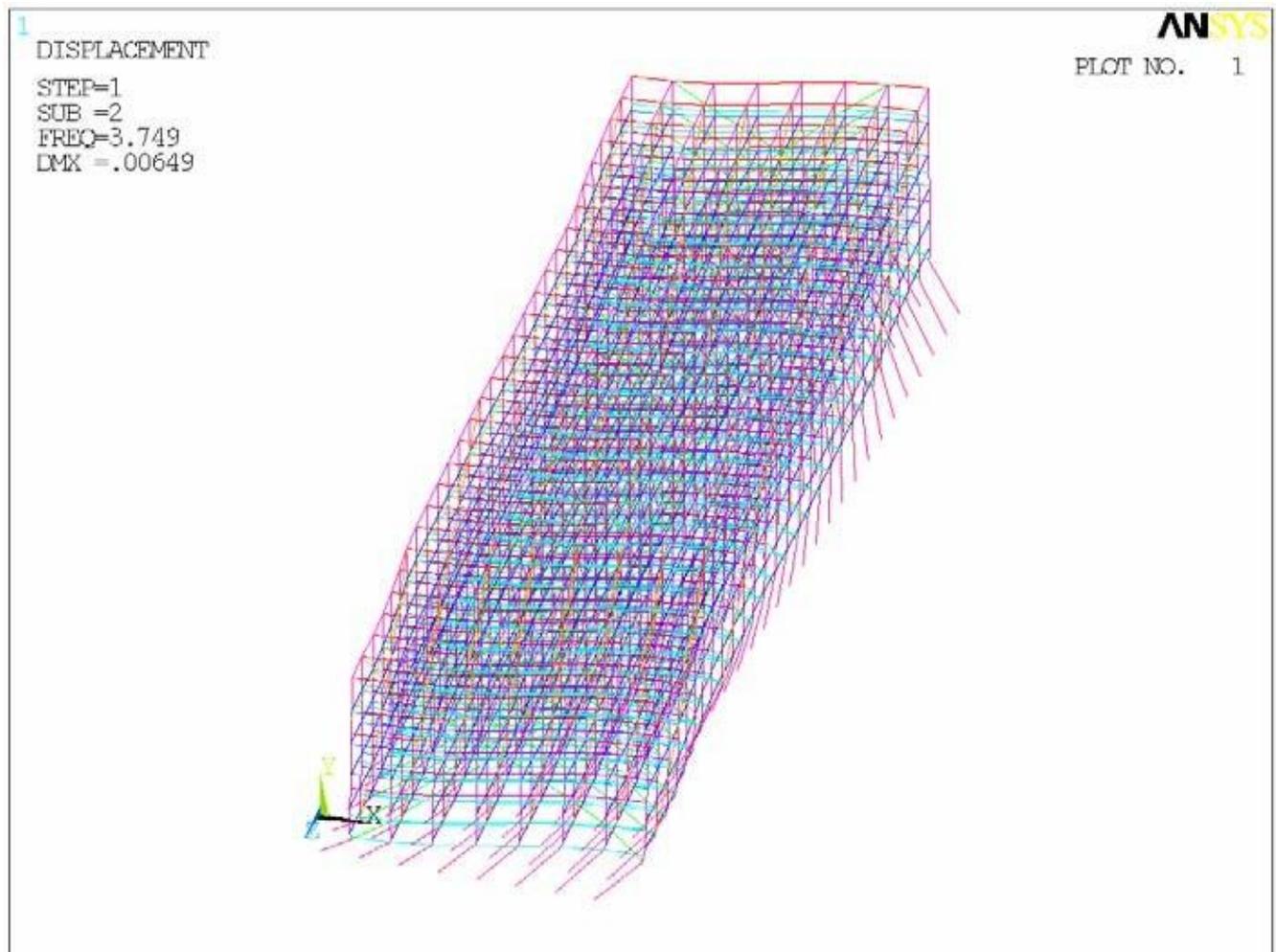


Ilustración 24
Vista superior oblicua del segundo modo de vibración (3.749 Hz)
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

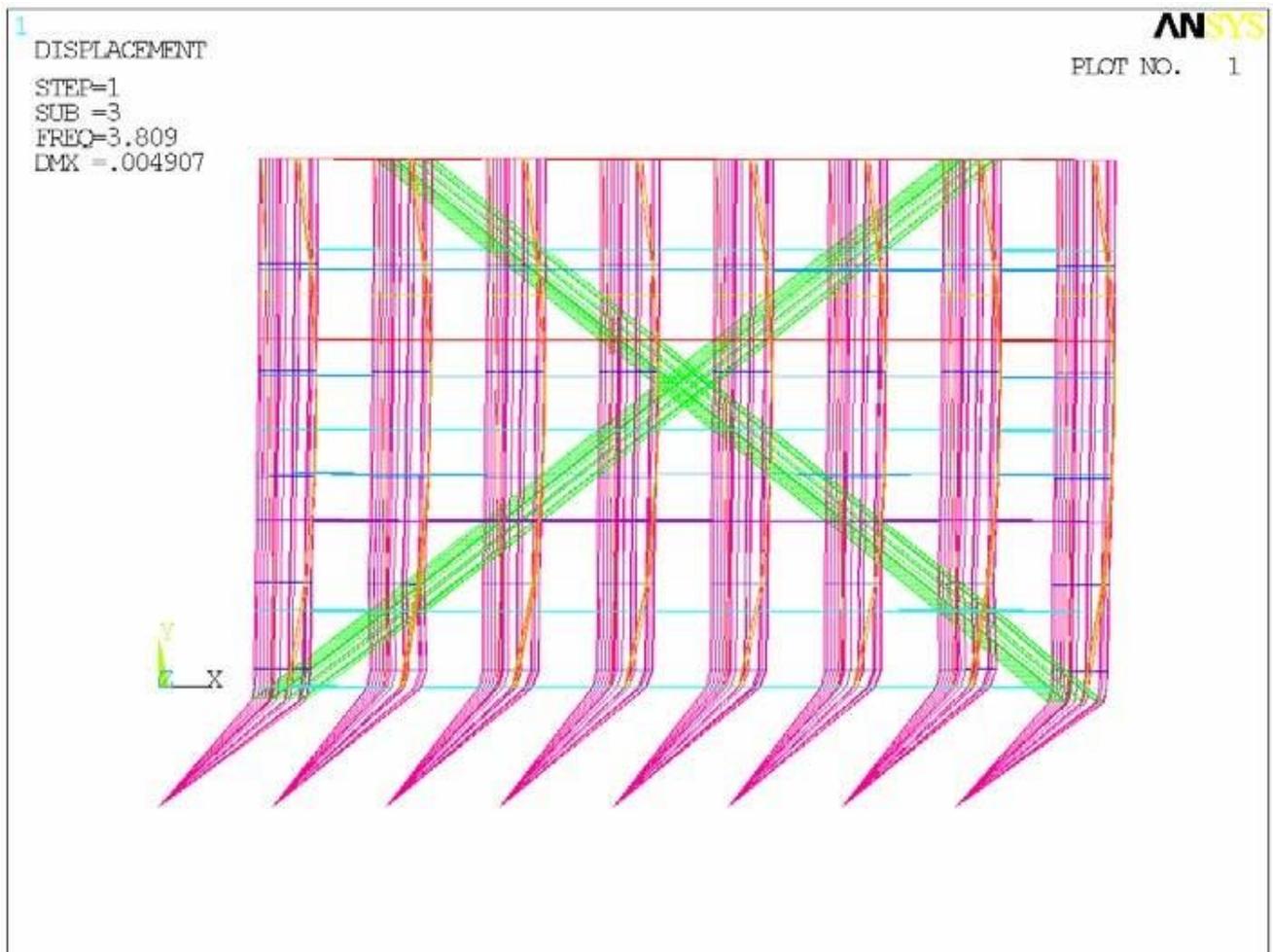


Ilustración 25

Vista transversal del tercer modo de vibración (3.807 Hz)

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

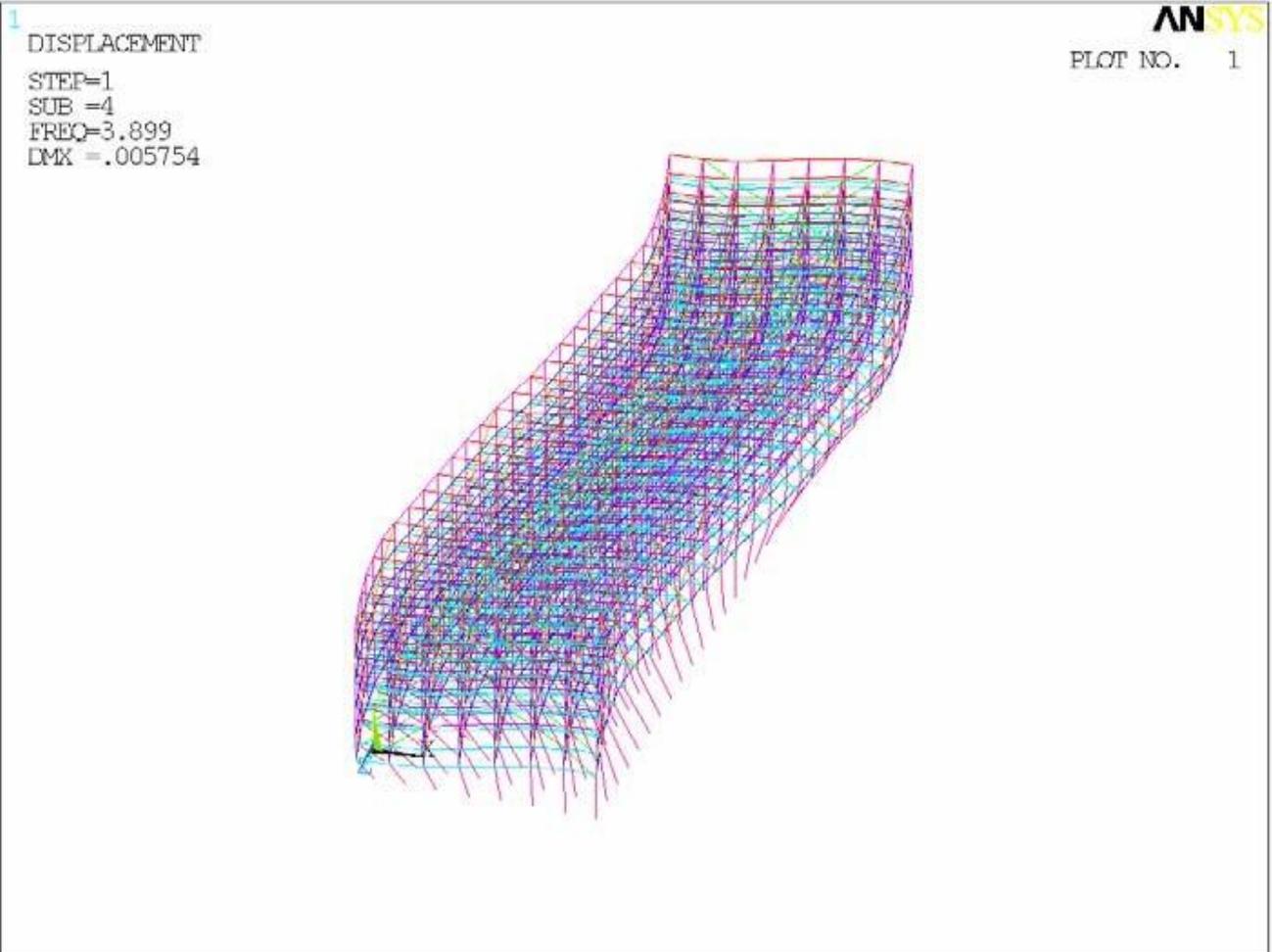


Ilustración 26
Vista superior del cuarto modo de vibración (3.899 Hz)
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

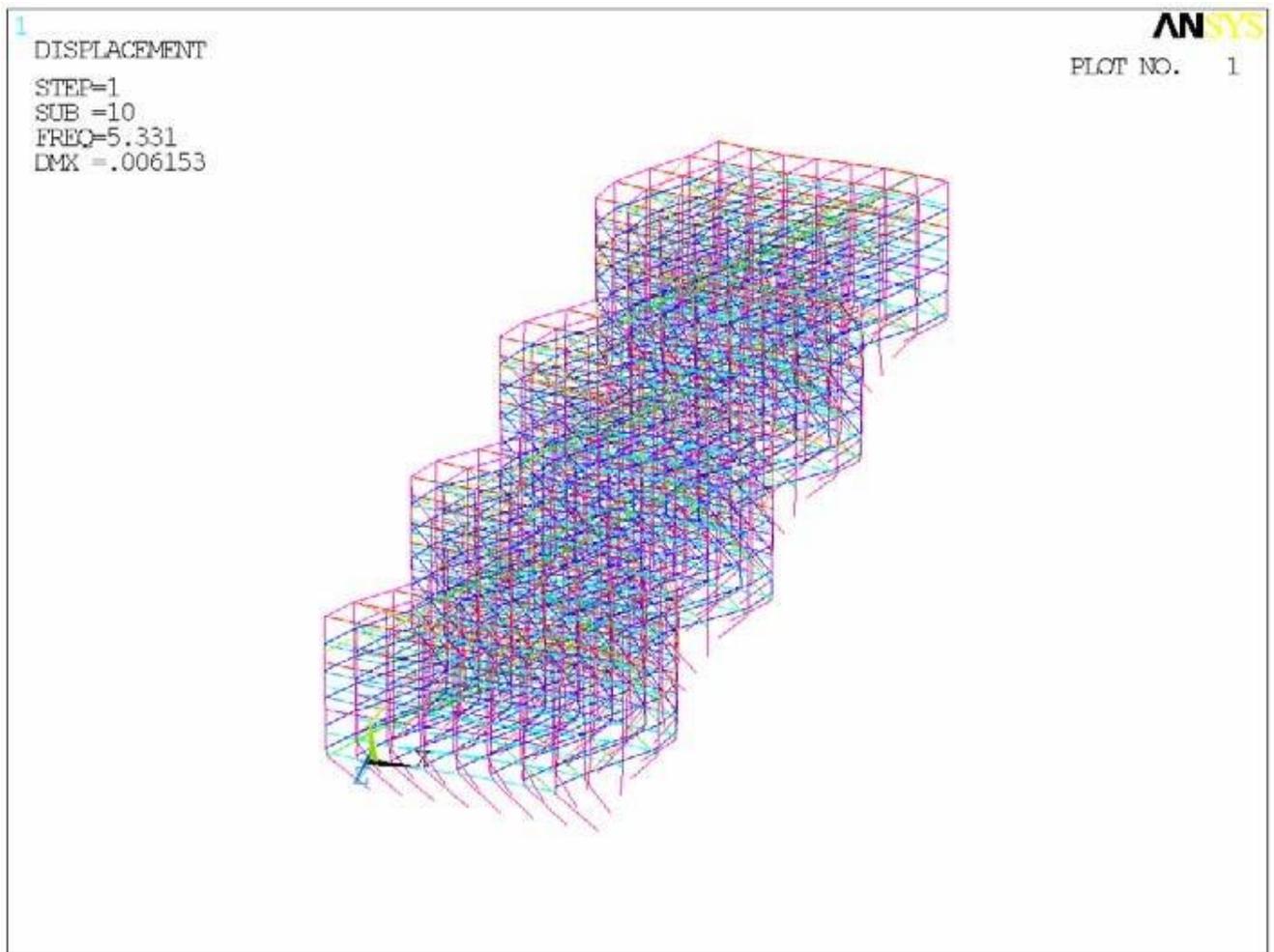


Ilustración 27

Vista isométrica décimo modo de vibración (5.354 Hz)

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Es fácil observar que en la tabla N° 2, que la Torre de Enfriamiento presenta modos de vibración muy bajos, por lo que indica que esta no es muy flexible, en los primeros modos de vibración presentan los desplazamientos en la dirección transversal de la Torre de Enfriamiento (en este caso el eje x), lo que significa que la flexibilidad de la Torre de Enfriamiento no es muy satisfactoria por lo que sería conveniente remodelar o investigar profundamente la razón de la rigidez de la Torre de Enfriamiento.

III.4.8 Análisis armónico

De los resultados obtenidos en el análisis modal, muestra que la estructura es bastante flexible por lo que su comportamiento dinámico puede llegar a ser crítico con ciertas frecuencias de excitación, para solventar este problema se realizó una corrida considerando la carga estática aplicada como armónica con un barrido de frecuencias de 0 a 30 Hz. A continuación, se desplegará una lista de los elementos analizados.

N° Nodo
49
444
1424
2390
3370
3926

Tabla 3

La tabla 3 muestra la posición del nodo que resulto más representativo del comportamiento dinámico de la estructura.

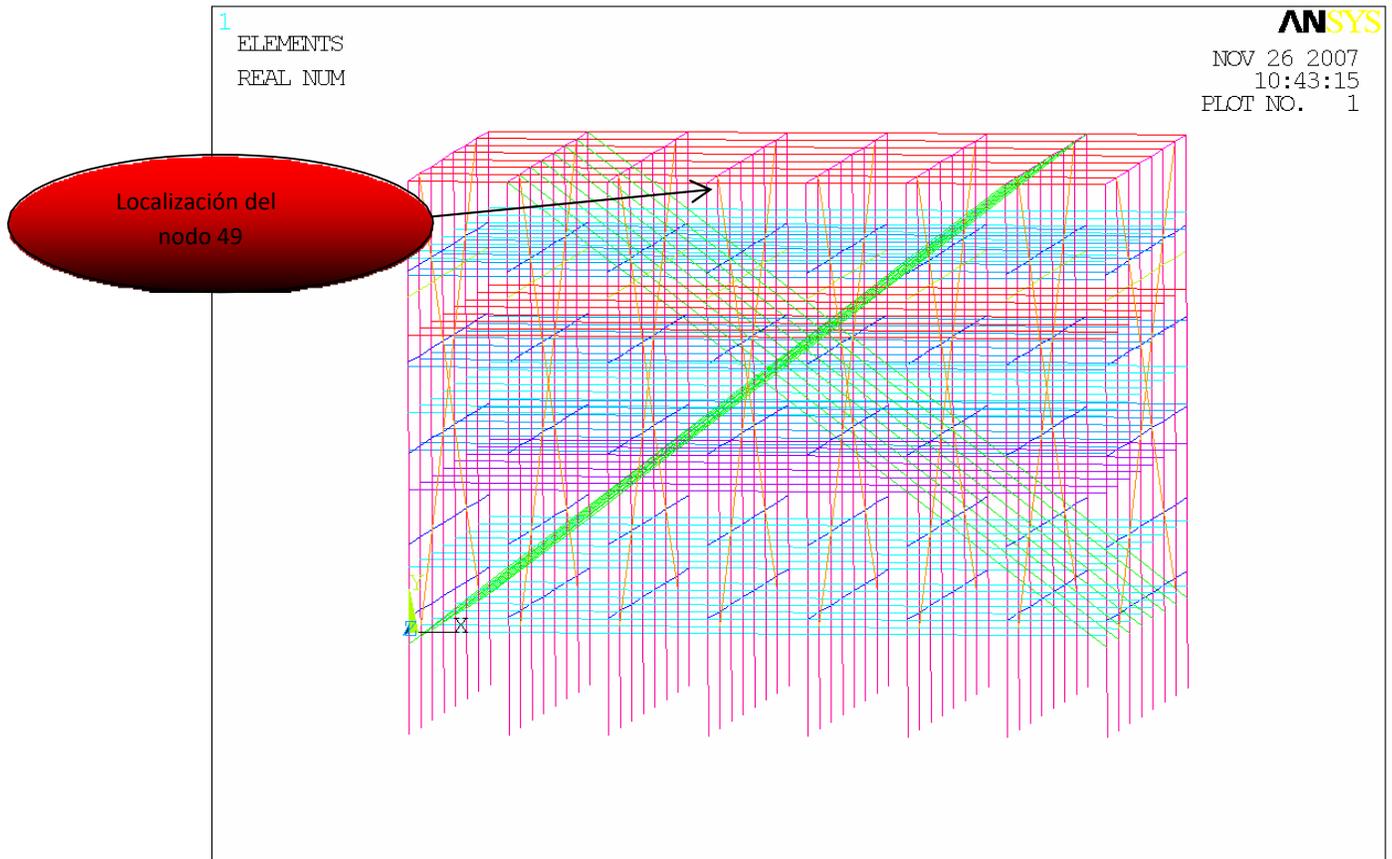


Ilustración 28

Localización del nodo 49 con más comportamiento dinámico

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

La ilustración 27 muestra los resultados obtenidos del análisis, la curva de color morado muestra los desplazamientos inducidos en la dirección horizontal “X”, la curva de color rojo muestra los desplazamientos inducidos en la dirección “Y” y por último la curva de color azul muestra.

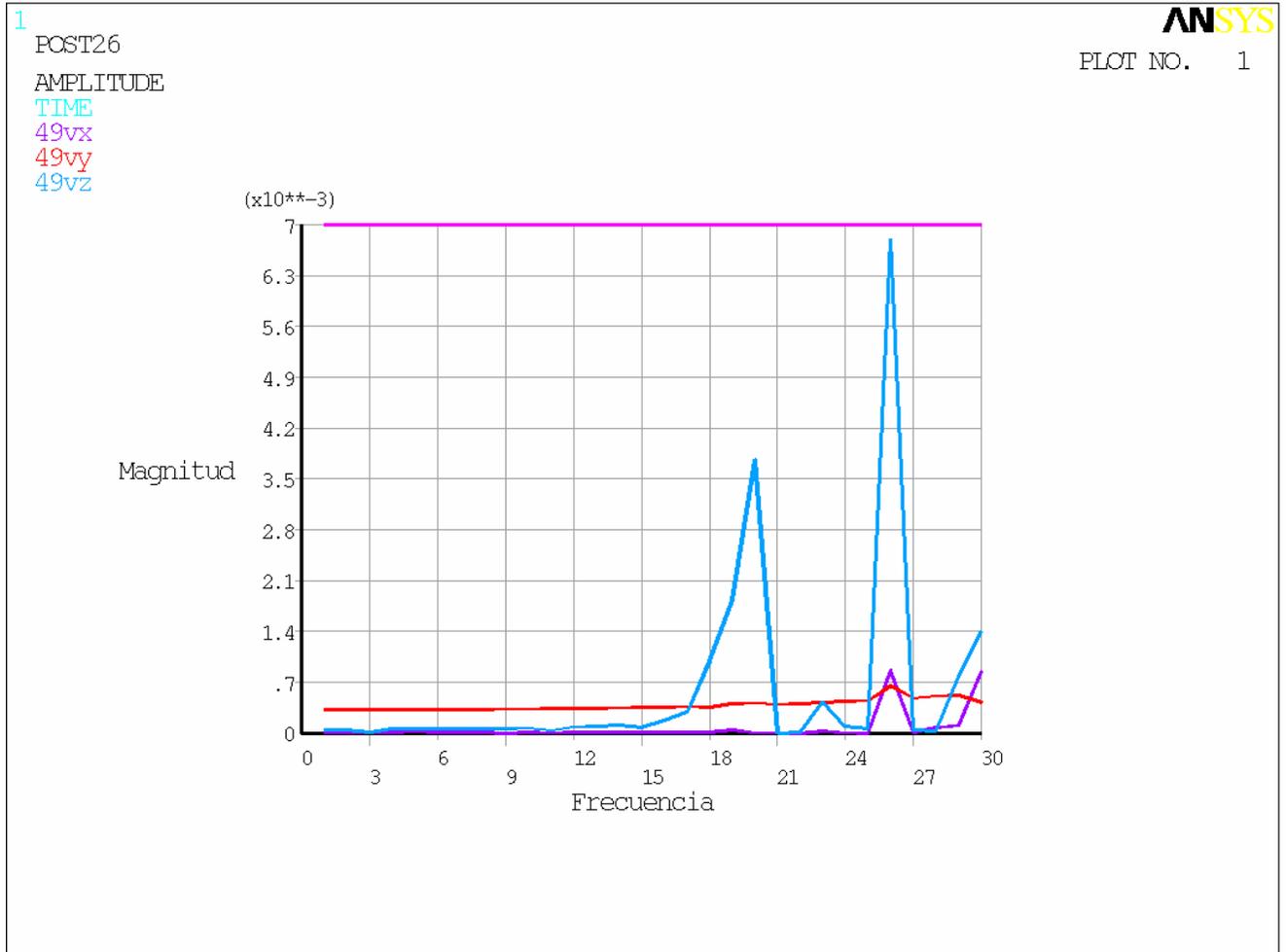


Ilustración 29
Desplazamientos en la dirección axial de la torre de enfriamiento “Z”
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Como es fácil observar en la gráfica anterior nos muestra el nodo con más movimiento dinámico en el análisis en dirección axial a la Torre de Enfriamiento donde el sistema entra en resonancia en frecuencias de los 20 y a los 25 Hz, sin embargo, a los 30 Hz. que se considera una frecuencia importante para la

torre la respuesta dinámica en la dirección axial (z), presenta una actividad, aunque es difícil que se presente una excitación en esa dirección.

Time History variables				
Nombre	Nodo	Resultado ítem	Mínimo	Máximo
Frecuencia	Frecuencia		1	30
49vx	49	x- Componente	-0.000010401	0.000861954
49vy	49	y- Componente	-0.000653581	- 0.000319994
49vz	49	z- Componente	-0.00376896	0.00680078
444vx	444	x- Componente	-0.000719635	0.0015017
444vy	444	y- Componente	-0.00271892	- 0.000364202
444vz	444	z- Componente	-0.00352546	0.00707029
1424vx	1424	x- Componente	-0.000723836	0.00094235
1424vy	1424	y- Componente	-0.00127184	0.000897828
1424vz	1424	z- Componente	-0.00436478	0.000703832
2390vx	2390	x- Componente	-0.000402648	0.0014212
2390vy	2390	y- Componente	-0.00289105	6.38844e- 005
2390vz	2390	z- Componente	-0.000360075	0.00730404
3370vx	3370	x- Componente	-0.000135579	0.000715012
3370vy	3370	y- Componente	-0.000871927	0.00114025
3370vz	3370	z- Componente	-0.00353837	0.00337639
3926vx	3926	x- Componente	-0.000474242	0.00118637
3926vy	3926	y- Componente	-0.000734394	- 0.000319608
3926vz	3926	z- Componente	-0.00332016	0.00376156

Tabla 4
Desplazamientos obtenidos del análisis
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

III.4.9 Análisis espectral

Para este análisis se basó en la regionalización sísmica de la República Mexicana, con base al estudio de riesgo sísmico se encontró que para fines de diseño sísmico de la República Mexicana se considera dividida en 4 zonas, según se indica en la Figura 3.

Las fronteras entre zonas coinciden con curvas de igual aceleración máxima del terreno; la zona A es la de menor intensidad sísmica, mientras que la mayor es la zona D.

Espectros de Diseño Sísmico.

Las ordenadas del espectro de aceleraciones para diseño sísmico expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, están dadas por las siguientes expresiones:

a_0 = Coeficiente de aceleración del terreno. c = Coeficiente sísmico.

T = Periodo natural de interés.

T_a y T_b = Periodos característicos que limitan la meseta.

r = Exponente que define la parte curva del espectro de diseño.

Los valores de estos parámetros se consignan en la tabla 3 para las diferentes zonas sísmicas y los distintos tipos de terrenos de cimentación.

Zona Sísmica	Tipo de Suelo	a ₀	c	T _a (s)	T _b (s)	r
A	I	0.02	0.08	0.2	0.6	1/2
	II	0.04	0.16	0.3	1.5	2/3
	III	0.05	0.20	0.6	2.9	1
B	I	0.04	0.14	0.2	0.6	1/2
	II	0.08	0.30	0.3	1.5	2/3
	III	0.10	0.36	0.6	2.9	1
C	I	0.36	0.36	0.0	0.6	1/2
	II	0.64	0.64	0.0	1.4	2/3
	III	0.64	0.64	0.0	1.9	1
D	I	0.50	0.50	0.0	0.6	1/2
	II	0.86	0.86	0.0	1.2	2/3
	III	0.86	0.86	0.0	1.7	1

Tabla 5

Espectros de diseño para estructuras del grupo B

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Los espectros de diseño especificados son aplicables a estructuras del grupo B. Para estructuras del grupo A, los valores de las ordenadas espectrales deberán multiplicarse por 1.5, a fin de tener en cuenta la importancia de la estructura. Cabe aclarar que los espectros de diseño estipulados son válidos para estructuras de edificios; las modificaciones pertinentes para extenderlos a otras construcciones se indican en otro apartado.

Para este análisis se tomaron valores sísmicos de la siguiente tabla, donde entra la zona sísmica moderada. Donde para el análisis es necesario introducirle frecuencia y aceleración para ver cómo reacciona a estos datos.

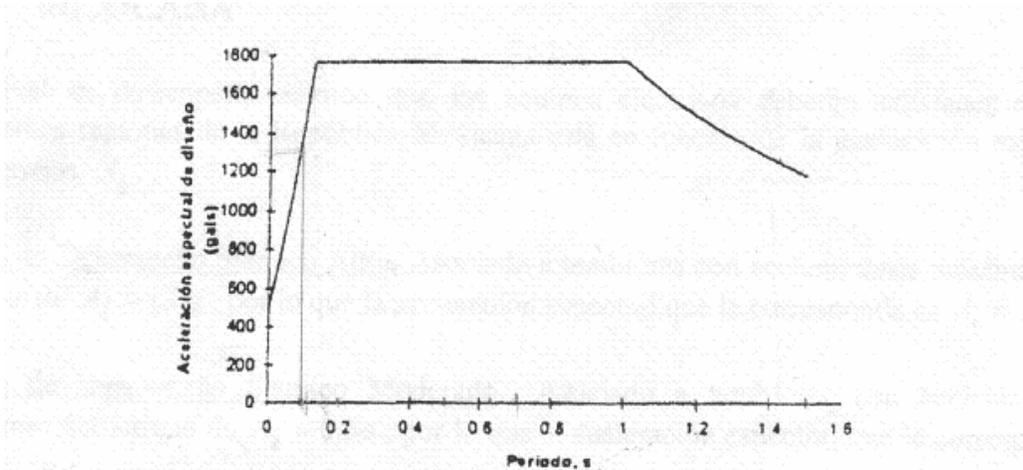


Figura 3.3 Espectro de diseño para el nivel de calificación sísmica moderado (equipo existente). $\xi = 2\%$ [8]

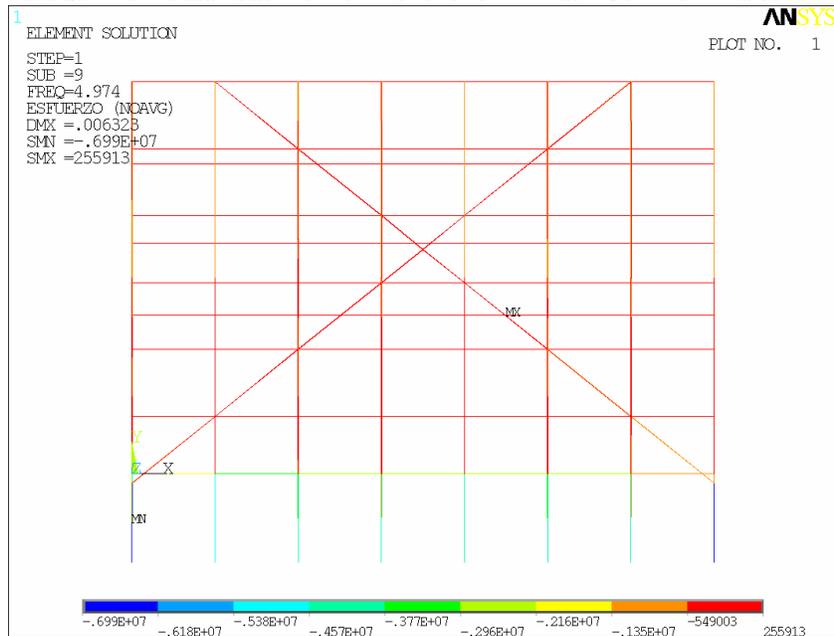


Ilustración 30

Resultados obtenidos del análisis sísmico en la TE CTCC El Sauz

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

En este análisis se encontró que si un evento sísmico llega a 4.974 Hz repercutiría bastante ya que el esfuerzo aumenta seriamente hasta causar un evento catastrófico en la torre.

III.4.10 Análisis de falla

Actualmente se han presentado eventos catastróficos en este tipo de Torres de Enfriamiento, con las consecuentes pérdidas en la generación de energía, por lo que se hace necesario el hecho de tratar de predecir un estado crítico de la torre que si no es solucionado en forma adecuada lleve al colapso del sistema.

A fin de simular este evento se realizan corridas retirando algunos elementos estructurales más esforzados (simulando con esto la ruptura total del elemento) y observar el daño que produce a los elementos restantes mediante el aumento del esfuerzo local.

Como primer intento se retiraron los elementos No. 5529, 5528, 5549, 5649, 5514 que son los elementos más cargados, estos se localizan en la 21va cara unitaria como se muestra en la siguiente figura.

Elementos con mayor esfuerzo por retirar

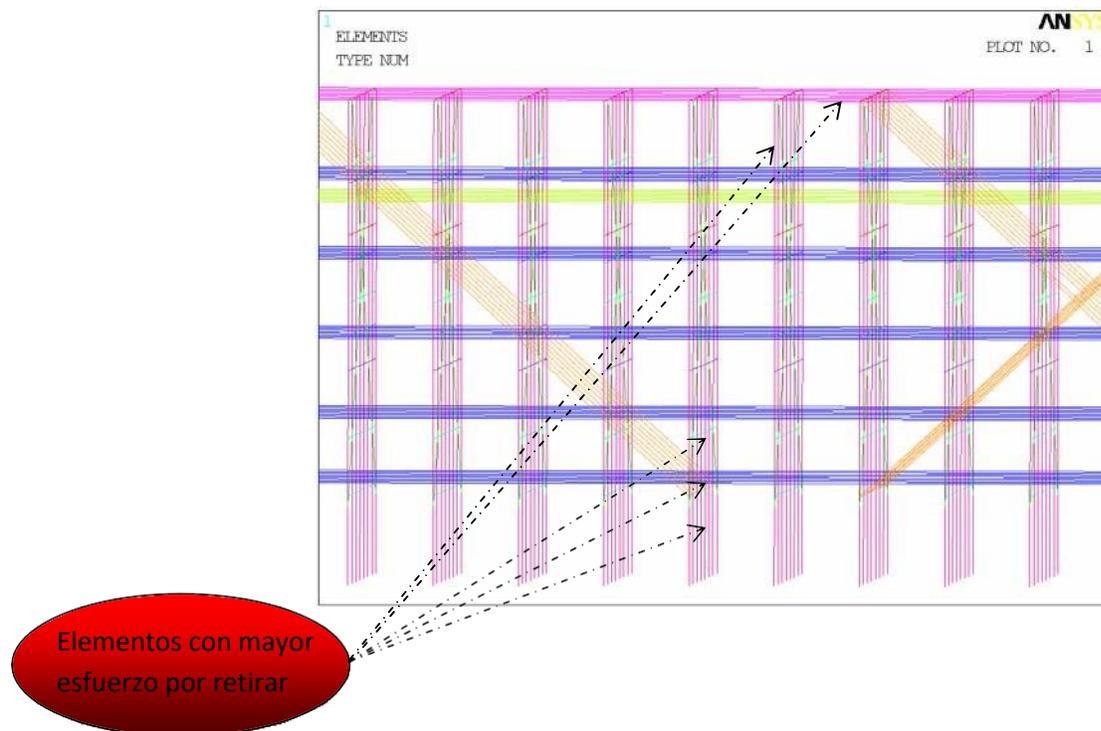


Ilustración 31

Muestra algunos elementos por retirar para simular su ruptura total

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

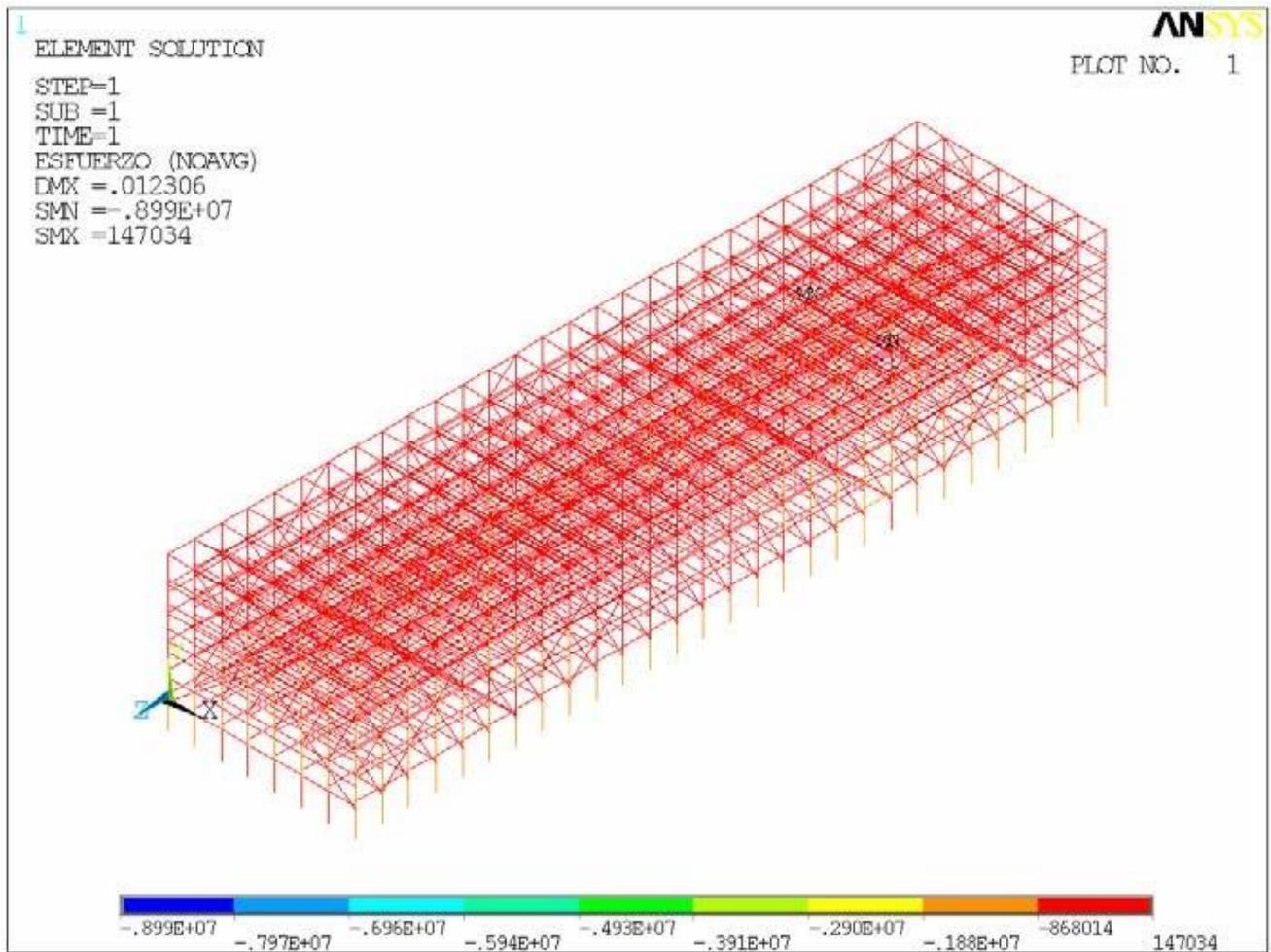


Ilustración 32
Resultados obtenidos vista isométrica
Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

Para este caso, el esfuerzo máximo en la estructura paso de 1.63 Mpa a 8.99 Mpa, lo que representa un incremento del 18%, y una disminución del factor de seguridad de 7.36 a 1.33, el cual al llegar a esta instancia o bajar más causaría el desplome de la Torre de Enfriamiento.

III.4.11 Conclusiones del análisis estructural

Los análisis mostrados en este reporte demuestran que la estructura de la torre está diseñada con un factor de seguridad adecuado para soportar las cargas de diseño y operación, por lo que no debe de presentar falla alguna en su trabajo continuo.

En caso de la presencia de un huracán los análisis muestran que, si la ráfaga de viento llegase a ser de 200 Km/hr, la torre sufriría daño sin llegar a colapsarse. Por otro lado, si se recuerda que la magnitud de la carga varía en forma cuadrática con la velocidad del viento, a velocidades menores de los 200 Km/hr, la estructura de la torre deberá soportarlas adecuadamente.

Los análisis modales presentan que la torre tiene una muy pobre rigidez en la dirección axial (Z). Debido a la configuración geométrica de la torre esta rigidez es difícil de aumentar por lo que es necesario evitar que le sean aplicadas cargas cíclicas o dinámicas en esa dirección para evitar daños por resonancia de los elementos.

A pesar de lo mencionado en la conclusión anterior, los análisis realizados para las corridas de frecuencia de 0 a 35 Hz, muestran que no hay problemas de una respuesta dinámica severa en ese rango que pudiera impactar en algún daño a los elementos de la torre.

La simulación de falla que se realizó muestra que la flexibilidad de la estructura favorece la distribución de la carga al fallar algunos de los elementos en consecuencia una falla catastrófica inmediata de la estructura.

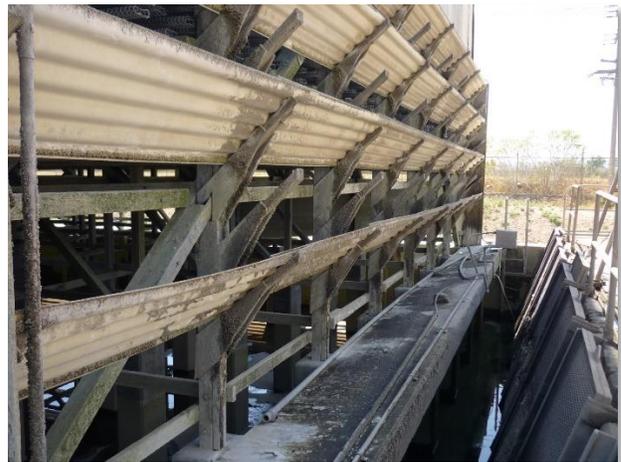
En general se puede concluir que la torre no debe fallar si las condiciones de mantenimiento son adecuadas y los elementos que la componen están en buen estado, y realizando inspecciones continuas poniendo énfasis en los elementos críticos.

CAPÍTULO IV.

**CONDICIONES PREVIAS PARA
DESARROLLO DE PROYECTO DE
REHABILITACIÓN.**

IV.1 Condición física inicial antes de rehabilitación

Los equipos principales de una unidad generadora N° 4, a través del trabajo continuo van presentado desgaste por lo que para unos equipos se estipulan tiempos en los cuales se tiene que llevar a cabo su mantenimiento en base a las horas de operación y en otros equipos su estado basado en el desgaste propio, anualmente se realiza una inspección física a la Torre de Enfriamiento con el objetivo de verificar elementos que presentan desgaste o si se presenta alguna anomalía en algún componente estructural, lo cual genera una condición insegura a la estructura, por lo que se realiza la revisión física basada en la guía de “Inspección Física de la Torre de Enfriamiento” como a continuación se refiere.



Ilustraciones 33

Condiciones Iniciales de la Torre de Enfriamiento previo a su rehabilitación

Fuente: Reporte del Proyecto Análisis Estructural de la Torre de Enfriamiento por LAPEM

GUIA DE INSPECCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO

EPS: CFE GENERACIÓN I
SUBGERENCIA: PRODUCCIÓN TERMOELECTRICA CENTRAL
CENTRAL: TERMOELECTRICA CICLO COMBINADO EL SAUZ

FECHA: 19 FEBRERO 2018

INFORMACIÓN GENERAL

1	Torre de Enfriamiento No.	UNIDAD 4 (ÚNICA)				
2	Unidad (s) Generadora No.	4 (CUATRO)				
3	Capacidad de Generación (Mw) de la unidad a la que sirve.	79.5 (Mw) DE DISEÑO, 68 (Mw) REAL				
4	Nombre o Marca del Fabricante.	HAMON-SOBELCO S.A.				
5	Modelo	CFE-42427-26				
6	Fecha de Construcción.	1982				
7	Tipo de Enfriamiento	TIRO INDUCIDO FLUJO CRUZADO Y SALPIQUEO				
8	Material de la estructura (Madera / Concreto / FRP)	MADERA DE PINO NACIONAL Y FIBRA DE VIDRIO (CELDA 5)				
9	No. de Celdas (Utilizar una columna para cada celda)	1	2	3	4	5
10	Tipo de Agua utilizada para Enfriamiento	AGUA DE POZO PROFUNDO	AGUA DE POZO PROFUNDO			
11	Cuenta la central con dibujos y/o planos de la estructura y accesorios.	SI	SI	SI	SI	SI
12	Modificaciones al diseño original o posterior en materiales o accesorios	RELLENO	RELLENO	RELLENO	RELLENO	NO
13	Tipo y Material de Relleno	RELLENO PVC	RELLENO PVC	RELLENO PVC	RELLENO PVC	RELLENO PVC
14	Tipo y Material de los Eliminadores de Humedad	ELIMINADOR DE HUMEDAD PCV MODELO CF-150	ELIMINADOR DE HUMEDAD PCV MODELO CF-150			
15	Tipo y Material de la envoltura (extremos) y divisiones entre celdas.	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (ENVOLTURA) Y MADERA PINO (DIVISIONES ENTRE CELDAS)	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (ENVOLTURA) Y MADERA PINO (DIVISIONES ENTRE CELDAS)	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (ENVOLTURA) Y MADERA PINO (DIVISIONES ENTRE CELDAS)	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (ENVOLTURA) Y MADERA PINO (DIVISIONES ENTRE CELDAS)	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO (ENVOLTURA Y DIVISIONES ENTRE CELDAS)
16	Tipo y Material de las Persianas o Louvers	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO	LAMINA ACANALADA DE RESINA POLIESTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO
17	Tipo y Material del Cabezal Distribuidor	TIPO PEINE MATERIAL PVC	TIPO PEINE MATERIAL PVC			
18	Tipo y Material de las Chimeneas (Conos)	TIPO CONO, MATERIAL FIBRA DE VIDRIO	TIPO CONO, MATERIAL FIBRA DE VIDRIO			
CONSERVACIÓN Y CONDICIONES ESPECIALES (Escala del 1 al 10 en el entendido que a mayor valor, mejor es el estado de conservación)						
18	Grado de conservación de la T.E en General	BUENO 7	BUENO 7	BUENO 7	BUENO 7	BUENO 7
19	Fecha última de inspección y evaluación de sales de CCA (Cromo, Cobre y Arsénico) del maderamen y resultado en caso de que aplique	may-13	may-13	may-13	may-13	mar-14
20	Estado de conservación de la estructura	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 10
21	Estado de conservación de la tubería de distribución	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 10
22	Estado de conservación del relleno	REGULAR 7	REGULAR 7	REGULAR 7	REGULAR 7	BUENO 8
23	Estado de conservación de los eliminadores de humedad	REGULAR 7	REGULAR 7	REGULAR 7	REGULAR 7	BUENO 9
24	Estado de conservación de las chimeneas (Conos)	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 9
25	Estado de conservación de los pisos de ventiladores y pasillos	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 9
26	Estado de conservación de la pileta.	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 10
27	Estado de conservación de las tuberías agua de circulación de bombas a condensador y viceversa.	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8
28	Estado de conservación de la(s) escalera(s) y tipo de material de fábrica.	BUENO 8, MADERA DE PINO NACIONAL	BUENO 9, FIBRA DE VIDRIO			
29	Estado de conservación de los ventiladores (aspas)	REGULAR 7	REGULAR 7	REGULAR 7	REGULAR 7	BUENO 9
30	Estado de conservación de motores y reductores de velocidad	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 9

GUIA DE INSPECCIÓN DE TORRES DE ENFRIAMIENTO

EPS: CFE GENERACION I
SUBGERENCIA: PRODUCCIÓN TERMOELECTRICA CENTRAL
CENTRAL: TERMOELECTRICA CICLO COMBINADO EL SAUZ

FECHA: 19 FEBRERO 2018

31	¿Se encuentra la Torre de Enfriamiento incluida en algún Proyecto de Rehabilitación y Modernización (RM) ? Y si es afirmativo indicar cual y cuando.	NO SE ENCUENTRA, SE REHABILITÓ EN MAYO DE 2013 AL 70% ESTRUCTURA Y ELEMENTOS	NO SE ENCUENTRA, SE REHABILITÓ EN MAYO DE 2013 AL 70% ESTRUCTURA Y ELEMENTOS	NO SE ENCUENTRA, SE REHABILITÓ EN MAYO DE 2013 AL 70% ESTRUCTURA Y ELEMENTOS	NO SE ENCUENTRA, SE REHABILITÓ EN MAYO DE 2013 AL 70% ESTRUCTURA Y ELEMENTOS	CONSTRUCCIÓN NUEVA DE CELDA 5 INCLUIDA EN EL PROYECTO RM 217 PUESTA EN OPERACIÓN MARZO 2014
32	Indicar el alcance de los trabajos requeridos dentro del proyecto de Rehabilitación y modernización (RM)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

SISTEMAS DE PROTECCIÓN, MEDICIÓN Y CONTROL

33	Recubrimientos anticorrosivos a motores eléctricos	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 9
34	Recubrimientos anticorrosivos a soporte de reductor y aspas de ventiladores	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 9
35	Sistemas contra incendio.	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	BUENO 8	NO TIENE
36	Sistema de humectación por paro de unidad	BUENO 9	BUENO 9	BUENO 9	BUENO 9	NO TIENE
37	Sistema de medición y control	BUENO 8				

INSPECCIONES TÉCNICAS

38	Indicar fechas de última inspección por LAPEM u otro laboratorio, pruebas desarrolladas y resultados	may-13	may-13	may-13	may-13	mar-14
39	Indicar fecha de última inspección por parte de la Central, Subgerencia, Gerencia o Subdirección, indicando pruebas desarrolladas	may-13	may-13	may-13	may-13	mar-14

MANTENIMIENTO

40	Mantenimientos realizados a las Torres de Enfriamiento: fechas y alcances de los trabajos	MANTENIMIENTO MAYOR A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4, CON FECHA DE REALIZACIÓN MAYO DE 2013, LLEVANDOSE A CABO EL CAMBIO DEL 70% DEL TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE MADERAMEN DE CADA UNA DE LAS 4 CELDAS, CON LOS SIGUIENTES ALCANCES; CAMBIO DE CARGADORES DE PISO DE VENTILADORES, COLUMNAS PERIMETRALES Y CENTRALES DE CADA CELDA, CAMBIO DE LARGUEROS TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES, CAMBIO DE SOPORTE DE LOUVERS, CAMBIO DE PISO DE VENTILADORES, CAMBIO DE 4 CONOS DE FIBRA DE VIDRIO, SUSTITUCIÓN DE ESCALERA DE ACCESO, INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PERIMETRAL, INSTALACIÓN DE SISTEMA DE HUMECTACIÓN CON DE RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA , CAMBIO DE ELIMINADOR DE HUMEDAD, SUSTITUCIÓN DE LAMINA DE VISTA. MANTENIMIENTO DE LIMPIEZA A TORRE DE ENFRIAMIENTO, CON FECHA DE REALIZACIÓN, NOVIEMBRE DE 2016, TENIENDO EL SIGUIENTE ALCANCE, LIMPIEZA HIDRODINÁMICA A TORRE DE ENFRIAMIENTO, QUE CONTEMPLÓ LIMPIEZA DE ELEMENTOS DE ESTRUCTURA, PILETA, CÁRCAMO, LÍNEAS DE CONDUCCIÓN, Y DESASOLVE.				
41	Mantenimientos programados a las Torres de Enfriamiento: fechas y alcances de los trabajos	MANTENIMIENTO A TORRE DE ENFRIAMIENTO JULIO 2018, ALCANCES; CAMBIO DE CARGADORES PRINCIPALES DE VENTILADORES, COLUMNAS CENTRALES DE CELDAS, LARGUEROS TRANSVERSALES, REPARACIÓN DE MAMPARAS DIVISORIAS, SELLADO DE LAMINA PVC, LIMPIEZA HIDRODINAMICA. APLICACIÓN DE PINTURA EN BARANDALES Y ESCALERA.				

OBSERVACIONES

EL ÚLTIMO MANTENIMIENTO MAYOR SE REALIZÓ EN MAYO DE 2013, REHABILITANDO LAS 4 CELDAS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO EN LA MAYORÍA DE SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, DEBIDO A LA FALTA DE PREPUESTO, NO SE HA REALIZADO EL CAMBIO DE LOS ELEMENTOS DE MADERAMEN QUE SE ENCUENTRA EN MALAS CONDICIONES COMO: CARGADORES, COLUMNAS, LARGUEROS, RELLENO, ASI MISMO HACE FALTA REALIZAR, EL CAMBIO DE RELLENO DE PVC DE LAS 5 CELDAS, LIMPIEZA HIDRODINÁMICA A LA ESTRUCTURA, DESASOLVE DE PILETA, CÁRCAMO Y LÍNEAS DE CONDUCCIÓN, POR LO QUE ES NECESARIO LLEVAR A CABO EL MANTENIMIENTO REQUERIDO PARA MANTENER Y GARANTIZAR LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL, MANTENIENDO LAS MEJORES CONDICIONES OPERATIVAS DANDO CONFIABILIDAD AL PROCESO DE GENERACIÓN.

CONCLUSIONES

ACTUALMENTE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE LA UNIDAD 4 SE ENCUENTRA OPERANDO EN CONDICIONES NORMALES, LAS OBSERVACIONES ACERCA DE LOS TRABAJOS NECESARIOS A REALIZAR EN EL SIGUIENTE MANTENIMIENTO, ES PARA MANTENER SU ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD EN ÓPTIMAS CONDICIONES DE OPERACIÓN, ASEGURANDO SU ESTABILIDAD ESTRUCTURAL Y PROLONGAR SU VIDA ÚTIL.

Federico Miguel Becerril Ramirez
ELABORÓ
Jefe Depto Ingeniería Civil

Ing. Jaime Trujillo ayala
ELABORÓ
Superintendente General

Previo a la planificación del proyecto de rehabilitación de la Torre de Enfriamiento, es necesario tener el antecedente de los mantenimientos realizados y su alcance para considerar el tiempo de operación y el estado físico de los elementos estructurales de madera, ésta inspección la realicé en un mantenimiento de parada programada de la Unidad Generadora, ya que se encuentra operativamente fuera de servicio, realicé la inspección en sitio de todos y cada uno de los elementos estructurales de madera, sus componentes principales y auxiliares, los sistemas de humectación y alumbrado de la torre, la identificación se realiza marcando en un plano los elementos que se encontraban dañados, tomado el criterio que por su condición física se tuviera el riesgo que pudiera fallar el elemento por desgaste, agrietamiento o abertura del elemento.

IV.1.1 Estado físico de los componentes

Los elementos estructurales de madera que están sujetos a mayor desgaste son las columnas perimetrales las cuales identifiqué con mayor daño en la inspección física realizada, debido a la exposición al aire como se muestra en las imágenes.

Otros aspectos relevantes que identifique durante la inspección y que dañan a la estructura son los depósitos químicos en la zona de persianas y muy pocos en la zona central de la pileta, sin embargo, casi toda presenta erosión superficial ligera, sobre en todas las zonas donde las gotas de agua se impactan directamente sobre los elementos de madera, algunas piezas presentan ligero agrietamiento del elemento.

Contrariamente, la madera más atacada se encuentra en la zona central del área de arrastre y de plataforma de los ventiladores, mientras que la que se encuentra lejos de los ventiladores, se encuentra casi libre de depósitos, la madera en la zona de arrastre presenta agrietamientos a lo largo de las piezas, depósitos químicos y biológicos, aun las que se encuentran lejos de los ventiladores.

Aunado a estas condiciones del maderamen, se requiere el reapriete de la tornillería, así como cambio de piezas falladas, ya que presenta hundimiento en zonas de las celdas

- **Escaleras:** La torre cuenta con una escalera de acceso a la parte superior, la cual consta de dos descansos y un pasillo y en general se encuentra en buen estado, los barandales de la escalera se encuentran agrietados y con falta de recubrimiento, la tornillería se encuentra en buen estado, se observan zonas donde se encuentran acumulados depósitos de consideración, los peldaños presentan erosión por el tránsito.
- **Barandales:** Se encuentran en condición regular, cubiertos de depósitos químicos y comienzan a deslignificarse, con ligero agrietamiento longitudinal en algunas secciones.
- **Piso de ventiladores:** Se encuentran en condiciones regulares, presenta deslignificación y depósitos químicos, se tiene en varias zonas levantamiento entre celdas y junto a conos.

- **Plataforma de ventiladores:** La plataforma presenta una ligera deslignificación en su parte superior, las columnas de soporte del ventilador se encuentran muy erosionadas y con depósitos biológicos y con agrietamientos que van a lo largo de los elementos, los cuales pueden comprometer su capacidad de resistencia y carga.
- **Conos de ventiladores:** Los conos están fabricados en fibra de vidrio con una abertura para la flecha del motorreductor, no hay presencia de grietas, solo presenta erosión las algunas zonas a la altura del ventilador y rotura de la fibra del cono en pequeñas secciones. La tornillería presenta corrosión moderada y faltante de la tornillería de armado, los cuales deben ser sustituidos para evitar vibraciones en los conos.
- **Relleno:** El relleno es tipo salpiqueo con tablillas de PVC sostenido por malla de acero inoxidable. Las partes que lo conforman se encuentran en buenas condiciones, los elementos de soporte de la malla se encuentran en buenas condiciones, así como la malla de acero inoxidable de soporte.
- **Eliminadores de arrastre:** Los eliminadores de arrastre están formados por paneles de PVC, colocados hacia la zona interior húmeda o zona de arrastre. Se observan en buen estado, sin depósitos químicos o biológicos. Se localizaron varios elementos derribados sobre los paneles como una espreea, tablas de mamparas.
- **Herraje y Anclas:** La tornillería en general se observa en regular estado, sin embargo, el anclaje de las columnas presenta gran cantidad de depósitos y corrosión ligera, concentradas principalmente en la zona de persianas
- **Zona de Pileta:** La pileta presenta una gran cantidad de lodos acumulados principalmente en la esquina sureste, el crecimiento de pasto nos indica que también hay un ambiente más propicio para el desarrollo de microorganismos, mientras que los pilotes soporte de la estructura en las áreas centrales de la torre presentan un marcado depósito amarillo en su parte sumergida (posible azufre debido al ácido sulfúrico adicionado.)

IV.1.2 Estado físico de elementos estructurales de madera

- **Columnas:** La Torre de Enfriamiento esta conformada de 4 celdas donde se distribuye el flujo de agua que ha enfriado los equipos auxiliares y secundarios, para soportar todos los esfuerzos verticales del peso propio más el peso de los equipos auxiliares ya adicionales cuenta con 196 columnas con una altura de 11 metros de las cuales el 80% de la estructura se encuentra con desgaste bajo y el 20 % con desgaste severo requiriendo realizar la sustitución de estas columnas para mantener una estabilidad confiable en estos elementos principales de la estructura.

- **Largueros:** Los elementos que dan estabilidad en sentido horizontal son los largueros, previa a su identificación de deterioro de los elementos estructurales largueros que se encuentran con un desgaste considerable debido a que presentan rajaduras en su superficie es aproximadamente el 15 % del total de la estructura de la Torre de Enfriamiento, sin embargo para asegurar con la rehabilitación a la torre, se han considerado la sustitución de 300 ml, para asegurar que los largueros que presentan desgaste darán seguridad y continuidad a la estabilidad por los esfuerzos en sentido horizontal, ya que en su mayor parte la zona de desgaste para este elemento estructural son los largueros perimetrales que ayudan al soporte de louver y también dan estabilidad a la estructura debido que van soportados en las columnas perimetrales por lo que se debe sustituir.
- **Diagonales:** Un elemento primordial estructuralmente sometido a los esfuerzos horizontales que tiene la Torre de Enfriamiento, son las diagonales que aportan estabilidad y rigidez a la estructura en dicho sentido horizontal ya que el diseño original de la Torre de Enfriamiento se tiene la consideración que el punto de empotramiento de la diagonal sea el extremo inferior derecho o izquierdo en el claro de una celda por lo que las diagonales no permiten que los esfuerzos horizontales sean amplios.
- **Cargadores:** Los elementos cargadores son elementos estructurales que aportan estabilidad a la estructura en la parte superior en piso de ventiladores soportando el peso propio del sistema de ventiladores básicamente ya que también aportan estabilidad y rigidez al sistema de piso machimbrado en toda la superficie de la Torre de Enfriamiento, el peso que soporta es de la base de las aspas del ventilador, el reductor de velocidad, la flecha de giro del ventilador y el motor del sistema de ventilador.
- **Columnas Perimetrales:** Las columnas perimetrales son las que se encuentran con mayor daño debido a la exposición al aire como se muestra en las imágenes.

Se observan depósitos químicos en la zona de persianas y muy pocos en la zona central de la pileta, sin embargo, casi toda presenta erosión superficial ligera, sobre en todas las zonas donde las gotas de agua se impactan directamente sobre los elementos de madera, algunas piezas presentan ligero agrietamiento del elemento. Contrariamente, la madera más atacada se encuentra en la zona central del área de arrastre y de plataforma de los ventiladores, mientras que la que se encuentra lejos de los ventiladores, se encuentra casi libre de depósitos, la madera en la zona de arrastre presenta agrietamientos a lo largo de las piezas, depósitos químicos y biológicos, aun las que se encuentran lejos de los ventiladores.

Aunado a estas condiciones del maderamen, se requiere el reapriete de la tornillería, así como cambio de piezas falladas, ya que presenta hundimiento en zonas de las celdas.

IV.2 Diagnostico estudio por LAPEM

REPORTE DEL PROYECTO.

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO CENTRAL DE CICLO COMBINADO EL SAUZ.



Reporta:
Cervantes González Carlos Edgar.
Residente.

Supervisión:
Ing. Francisco Vital Flores
Jefe de la oficina de Sistemas Mecánicos.

Av. Apaseo Oriente s/n, Cd. Industrial, 36541, Irapuato, Guanajuato. Apdo. Postal 612
Tel: (462) 6239400, Fax: (462) 6239494

Con el análisis a la Torre de Enfriamiento, se ha demostrado que se encuentra en condiciones estructurales estables, debido que se diseñó con factores de seguridad adecuados que no ponen en riesgo la estructura y su operación, de la inspección física realizada, se encontraron elementos estructurales de madera tratada como las columnas, que están sujetas a mayores esfuerzos verticales las cuales ,se encuentran con desgaste en su superficie hasta elementos que presentan agrietamientos y rajaduras, estos elementos deben encontrarse en una condición adecuada para soportar las condiciones para la que fue diseñada la Torre de Enfriamiento, por lo que es indispensable sustituir los elementos que presentan un mayor deterioro con la finalidad de asegurar que los elementos trabajen bajo las mismas características de comportamiento bajo con las condiciones originales de diseño.

Se deberá considerar la limpieza de los elementos estructurales principales evitando se adhieran sales incrustadas, presencia de alga y moho, debido que cambian las características de los elementos añadiendo peso a la estructura.

IV.3 Planeación del proyecto de rehabilitación

Inicialmente se consideran las características del proyecto que responden a los factores determinantes en el sitio de los trabajos, las implicaciones técnicas, de logística y construcción, así como de todas aquellas actividades que intervengan directa o indirectamente en la ejecución de los trabajos y que sean fundamentales para el desarrollo de las actividades del proyecto.

Dentro de los objetivos de la planeación es cumplir cabalmente en forma y tiempo con la ejecución de la obra, para ello se deben tener plasmadas todas las implicaciones que se puedan presentar, así como las desviaciones que afecten el adecuado desarrollo evitando en la medida de lo posible realizar ajustes en el proceso de los trabajos.

IV.4 Presupuestación

En el ejercicio presupuestal previo al año de ejecución de la obra se planea y se define el alcance del proyecto de rehabilitación, contando con las especificaciones técnicas y alcances de obra, con los cuales se realiza la investigación de mercado para obtener el precio promedio más conveniente para la institución, y se programa para su gestión y autorización de las autoridades de la empresa.

Esta presupuestación de programa en los proyectos de mantenimiento de las unidades generadoras ubicando el equipo que se va a intervenir y definiendo el alcance del proyecto el cual tendrá que ajustarse en tiempo al programa de mantenimiento de la unidad generadora.

IV.5 Proceso de Contratación de Obra Pública

- Planeación
- Concurso
- Presentación y apertura de ofertas
- Fallo
- Adjudicación del contrato
- Ejecución de la Obra
- Cierre del contrato, (recepción y finiquito)
- Operación y mantenimiento

IV.6 Contrato de obra pública mantenimiento y rehabilitación de la Torre de Enfriamiento

Con fecha 12 de marzo de 2013 se da inicio con el proyecto de obra pública, "Rehabilitación estructural de la Torre de Enfriamiento de la unidad 4 de la CTCC El Sauz" con número de contrato 740001289 en base a su previa licitación pública, ejecutado por la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento S.A. de C.V., con un periodo de ejecución programado de 60 días naturales.



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD CONTRATO DE OBRAS

CONTRATO:	9400072505
HOJA:	1 DE 28

No. CONTROL LEGAL
9400072505

Contratista: Su número en nuestra empresa: 4243610 SERVICIOS INTEGRADOS EN SISTEMAS DE EN ENFRIAMIENTO S.A. DE C.V. REPUBLICA DE CHILE 912 21290 MEXICALI, B.C.-COMPUERTAS R.F.C. SIS070724AYA TELFAX.:6865666153 Teléfono(s) : 6865666153	Entregar en: Domicilio Conocido Ciudad El Sauz, Pedro Escobedo, Oro. Atención a: Ing. Federico M. Becerril Ramirez Jefe Departamento Ingeniería Civil	Facturar a: COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD AV. PASEO DE LA REFORMA No.164 COL. JUÁREZ DELEGACION CUAUHTEMOC C.P. 06600 MEXICO, D.F. R.F.C. CFE-370814-Q10	Datos generales: Sociedad 2503 Gcía Reg Prod Central Moneda MXP Pesos Mexicanos Gpo. Comp. Yukiko Yojima C. Cond. pago Pago a 20 Días
Oferta	Fecha 27.02.2013	Ver cláusula de plazo de entrega ó ejecución	Procedimiento de contratación: INVITACIÓN A CUANDO MENOS TRES PERSONAS
TOTAL		**4,519,147.09** MXP	
IMPORTE CON LETRA		**CUATRO MILLONES QUINIENTOS DIECINUEVE MIL CIENTO CUARENTA Y SIETE PESOS MEXICANOS 09/100**	

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA A PRECIOS UNITARIOS Y TIEMPO DETERMINADO QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, A LA QUIEN EN ESTE DOCUMENTO SE DENOMINARÁ "LA COMISIÓN", REPRESENTADA POR EL ING. FRUCTUOSO PATIÑO RAFAEL, EN SU CARÁCTER DE SUBGERENTE REGIONAL DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA CENTRAL, Y POR LA OTRA LA EMPRESA SERVICIOS INTEGRADOS EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO, S.A. DE C.V., REPRESENTADA LEGALMENTE POR EL ING. TEMOC SAYAVEDRA REYES, A LA QUE EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARA "EL CONTRATISTA", DE CONFORMIDAD CON LAS DECLARACIONES Y CLÁUSULAS SIGUIENTES:

DECLARACIONES

PRIMERA.- LA COMISIÓN, por conducto de su representante declara que:

- A) Es un Organismo Descentralizado de la Administración Pública Federal con personalidad jurídica y patrimonio propio, en los términos del artículo 8° de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- B) El SR. ING. FRUCTUOSO PATIÑO RAFAEL, EN SU CARÁCTER DE SUBGERENTE REGIONAL DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA CENTRAL, cuenta con las facultades necesarias para celebrar a nombre de LA COMISIÓN el presente contrato, acreditándolas mediante escritura pública Número 29,718, de fecha 10 DE JUNIO DE 2011, otorgada ante la fe del Notario Número 174, LIC. VÍCTOR RAFAEL AGUILAR MOLINA en MÉXICO, D.F., mismas que a la fecha no le han sido modificadas, revocadas o canceladas.
- C) Para cubrir las erogaciones que se deriven del presente contrato la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, autorizó para el presente ejercicio presupuestal, correspondiente a la obra objeto de este contrato en el Oficio Núm. 307-A-0043 de fecha 11 de enero de 2013.
- D) Para el presente ejercicio cuenta con la disponibilidad presupuestal correspondiente, y con los fondos necesarios para hacer las erogaciones que se motiven en la ejecución de esta obra, con cargo a la partida presupuestal 3801 Centro Gestor 2106, Fondo 031. Centro de Coste. 21131.

FORMULA:	REVISAS:	AUTORIZA:
NOMBRE LIC. ESTHER YUKIKO YOJIMA CASTAÑEDA PUESTO SUPERVISOR REGIONAL FECHA 05/03/13	NOMBRE LIC. MIRIAM RODRIGUEZ DORANTES PUESTO ADMINISTRADOR GENERAL FECHA 08/03/2013	NOMBRE ING. FRUCTUOSO PATIÑO RAFAEL PUESTO SUBGERENTE RPE GEN. TERM. CENTRAL. FECHA 08/03/13.
REVISAS 2:	REVISAS 3:	REVISAS 4:
NOMBRE ING. EDGAR ORTEGA BAUTISTA PUESTO SUPERINTENDENTE GENERAL FECHA 08/03/13	NOMBRE PUESTO NO APLICA FECHA	NOMBRE PUESTO NO APLICA FECHA

Ilustración 34

Contrato de obra pública No 9400072505 mantenimiento a torre de enfriamiento U4

Fuente: Contrato de obra pública No 9400072505 CFE

Problemática para resolver:

El proceso de generación de energía eléctrica es continuo, debiendo garantizar que los equipos principales del proceso se encuentren operando adecuadamente y sin dar oportunidad a que se presente algún riesgo, por lo cual ante el escenario real de las condiciones en que se encuentra la estructura de la Torre de Enfriamiento, es necesario realizar la rehabilitación estructural con base en las necesidades que se requieran.

El maderamen que conforma la estructura de la Torre de Enfriamiento se encuentra sometida a un trabajo continuo bajo condiciones operativas, químicas y de esfuerzos, que afectan su estado y que genera un desgaste en los elementos que conforman la estructura.

Para garantizar la operatividad de la estructura basada en la estabilidad estructural es necesario cambiar los elementos más dañados que presentan alta deslignificación, desgaste o fractura, ya que es un riesgo estructural que opere bajo esas condiciones, así como también los equipos auxiliares que conforman la Torre de Enfriamiento es necesario cambiar, actualizar y eficientar los elementos como el relleno y el eliminador de humedad los cuales son los principales elementos para el enfriamiento del agua mejorando la transferencia de calor, bajando la temperatura del agua de enfriamiento para los equipos principales.

V.- ALCANCE Y DESARROLLO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE TORRE DE ENFRIAMIENTO

V.- ALCANCE Y DESARROLLO DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE TORRE DE ENFRIAMIENTO

Para lograr mis objetivos planteados en el proyecto de rehabilitación de la Torre de Enfriamiento fue necesario definir el alcance de los trabajos a realizar desde el planteamiento de necesidades, los recursos financieros requeridos para ejecutar los trabajos y el desarrollo de cada una de las actividades basado en el procedimiento constructivo por cada una de las etapas a ejecutar, iniciando con la planeación integral hasta la conclusión del proyecto.

V.1 Objetivo

Describir la Planeación Integral para la realización de los trabajos objeto de la Convocatoria a la Invitación a Cuando Menos Tres Personas Nacional No. GRPC-SAUZ-I3PN-002/2013, conforme al Procedimiento Constructivo que la residencia de obra de CFE CTCC EL Sauz dispone para la ejecución de los trabajos de acuerdo con los alcances del contrato y sus procedimientos para ejecutar el proyecto.

V.2 Alcance de los trabajos

El alcance definido para la ejecución de los trabajos para la rehabilitación de la Torre de Enfriamiento Hammon Sobelco contempla la sustitución de elementos estructurales de madera tratada químicamente, así como los componentes auxiliares no estructurales esenciales para su adecuado comportamiento y funcionalidad considerando las siguientes partidas:

V.2.1 Alcance elementos estructurales

- Suministro y sustitución de Columnas determinadas en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Largueros transversales determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Largueros longitudinales determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Diagonales determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Contraventeos determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Soportes de relleno determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Cargadores determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Escalera de acceso determinada en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Barandal perimetral en piso de ventiladores determinado en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Escotillas para acceso a zona de arrastre determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Pasillos en zona de arrastre determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Pared de celdas determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Mamparas diagonales determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Esquineros determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Soportes de louvers determinados en mal estado físico

V.2.2 Alcance componentes auxiliares no estructurales

- Suministro y sustitución de Chimeneas determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Eliminador de humedad determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Lamina de vista determinados en mal estado físico
- Suministro y sustitución de Louvers determinados en mal estado físico
- Sistema de humectación determinado en mal estado físico
- Suministro y sustitución Sistema de alumbrado determinado en mal estado físico
- Aplicación de Recubrimiento Anticorrosivo en bastones de retorno de agua de circulación

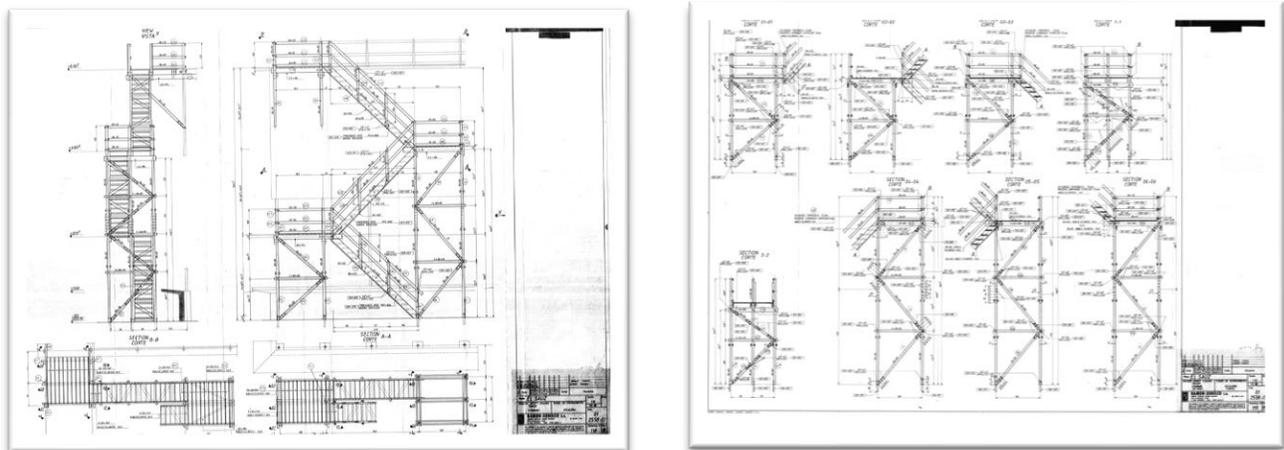
V.2.3 Alcance de los trabajos a ejecutar en el catálogo de conceptos:

Alcance de los trabajos a realizar para el proyecto de rehabilitación plasmadas en las especificaciones técnicas del proyecto de mantenimiento y rehabilitación de la Torre de Enfriamiento detallado con unidades de medida considerado como el catálogo de conceptos del paquete ejecutivo de obra pública:

1.- Suministro y colocación de escalera de madera.

Cantidad 1 Unidad Pza.

a) Para el suministro se deberá considerar la escalera de acuerdo con los planos anexos al proyecto No 118, 119 y 120, escalera de madera de pino tratada químicamente.



Ilustraciones 35

Planos escalera No 118, 119 Planta, Alzado, Cortes, Conexiones

Fuente: Planos estructurales Torre de enfriamiento Hammon Sobelco

b) Deberá considerar el desmantelamiento de escalera de madera existente, debiéndose de acordonar el área circundante a fin de evitar un posible accidente, además considerar que la madera producto del desmantelamiento se trasladará al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

- c) Considerar el montaje de escalera de madera, empleando para tal fin, los herrajes y tornillería, de acuerdo con los planos no 118, 119 y 120, en las uniones que se requieran todos los herrajes y tornillería deberán ser de acero inoxidable t-304.
- d) Se deberá considerar la aplicación de acabado a-29 a dos manos en color amarillo fuerte 16 en toda la escalera y estructura de soporte, excepto las huellas de los escalones.
- e) Considerar el anclaje de bases de acero inoxidable al concreto en el desplante de la escalera como se encuentra actualmente, basado en los planos mencionados en el punto c.
- f) Considerar la instalación eléctrica de alumbrado en la escalera como se encuentra actualmente.
- g) Considerar limpieza diaria para mantener las áreas despejadas y con el mínimo de peligros y riegos, así como una limpieza final para entrega de los trabajos.
- h) Incluye: materiales, fabricación, tratamiento, pruebas, traslado, desmantelamientos y traslado al almacén, armado, mano de obra, equipos, andamios y todo lo necesario para la correcta ejecución y terminación de los trabajos.



Ilustraciones 36

Procedimiento de desmantelamiento, fabricación, habilitado y recubrimiento poliuretano CFE A-29 en escalera de acceso de madera tratada químicamente.

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

2.- Suministro de lámina para pared de fibra de vidrio de medidas 5.22 m x 1.06 m.

Cantidad 145 Unidad Pza.

- a) Considerar el suministro de lámina con dimensiones de 5.22 m. de largo, 1.06 m. de ancho y 3 mm. de espesor, las dimensiones son de extremo a extremo sin considerar ondulación, siendo el lado más corto donde tendrá las ondulaciones.
- b) Laminados para muro y/o cubierta de polímero reforzado con fibra de vidrio de acuerdo con el cti-std-131 del cti última edición.
- c) El refuerzo con fibra de vidrio, será el cortado dispuesto en forma multidireccional y otra capa de fibra de vidrio enlazada dispuesta en forma bidireccional y será aproximadamente 25% del peso.
- d) La resina será de isoftálica de alta calidad, neopentil glicol, poliéster halogenado con modificación en acrílico y estabilizadores uv.
- e) El acabado será liso por las 2 caras.
- f) El peso del laminado será el nominal 12 onzas por pie cuadrado.
- g) El color será gris opaco.
- h) El perfil será 4.2" x 1-1/16")
- i) Los laminados tendrán una clasificación de propagación de flama de 25 o menor, una clasificación de humos menor a 250 de acuerdo con astm e 84 y será retardante a la flama y deberán ser autoextingibles.



Ilustraciones 37

Lámina de vista de fibra de vidrio en perímetro de la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

3.- Desmantelamiento y colocación de lámina para pared de fibra de vidrio de 5.22m x 1.06 m.

Cantidad 140 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmontaje de la lámina existente de fibra de vidrio, además considerar que la lámina producto del desmantelamiento se trasladará al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.
- b) Se deberá considerar la colocación de lámina de fibra de vidrio realizando los ajustes y cortes necesarios para su fijación, considerando sellador sikaflex a1 en toda la superficie de contacto del traslape.
- c) Considerar toda la tornillería de fijación de acero inoxidable t-304 tipo cabeza hexagonal y arandela plana y de neopreno en la cantidad como actualmente se encuentra la sujeción.
- d) Se deberá considerar esquineros fabricados con resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio en perfil de 6 ft x 6" en las 4 esquinas de las uniones y sobre toda la longitud de esta, considerando traslape de 15 cm, con un peso de 12 oz/ft².
- e) Considerar el corte y sello de lámina a fin de no tener ninguna fuga en el área donde cruzan los cabezales de las líneas de agua de circulación, así como en los cruces de la tubería de humectación y diagonales de soporte de escalera de madera.
- f) Incluye: desmontaje de lámina existente, cortes, ajustes, colocación, fijación, sellado, herrajes, materiales, andamios, andamio articulado, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 38

Desmantelamiento de lámina existente y colocación y fijación de lámina nueva

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

4.- Desmantelamiento y colocación de lámina para louver de fibra de vidrio de 2.03 m. x 0.56 m. Cantidad 280 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmontaje de la lámina y soportes existentes de fibra de vidrio, además considerar que los soportes producto del desmantelamiento se trasladará al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Se deberá considerar la recuperación de la lámina de fibra de vidrio, cuidando que en el desmontaje no se dañe ninguna lamina, ya que se deberá realizar la colocación de la lámina de recuperación, en la misma posición que se encuentra actualmente, así mismo se debe considerar sellador sikaflex 1a en la superficie de contacto del traslape, así mismo se deberá considerar el ángulo de inclinación con el que actualmente se encuentra.

c) Se deberá considerar la limpieza hidromecánica de la lámina retirada, removiendo en su totalidad todos los sólidos incrustados, debiendo tener el mayor cuidado para no dañar la lámina con el lavado a presión, cualquier lamina dañada deberá reponerla a cuenta del proveedor.

d) Considerar el suministro y colocación de 296 brazos de madera tratada químicamente de 1 ½ pulgadas de espesor x 3 ½ pulgadas de ancho x 0.56 m. de largo. colocado sobre la columna de 3 ½ pulgada 3 ½ pulgada que soporta el peso de todo el louver utilizándose tornillería de acero inoxidable de ½ pulgada por el largo requerido, arandelas planas, tuerca hexagonal, todos los herrajes y tornillería deberá ser de acero inoxidable t-304.

e) Se deberá considerar tornillería para la fijación de la lámina al brazo de 3/8 pulgada de diámetro por el largo necesario de acero inoxidable t-304 tipo cabeza hexagonal, arandela plana y de neopreno, así como tuerca hexagonal, colocándose 2 tornillos por cada brazo.

f) Considerar el suministro y colocación de soportes de polipropileno de alto impacto, considerando uno por cada columna y para cada nivel cumpliendo con las siguientes características.

propiedades del material	astm
*densidad relativa	0.9 d-792-66t
*resistencia a la compresión	65 rockwell
*resistencia al impacto	5.5 ft-lb/in. d-256-56t
*temperatura deflexión	264 psi a 122 °f d-648-56t
*resistencia a la cedencia	3800 psi d-638-64t
*% de elongación (rompimiento) 10	d-638-64t
* longitud de 22.5”	

g) Se deberá considerar tornillería para la fijación del soporte de 3/8 pulgada de diámetro por el largo necesario de acero inoxidable t-304 tipo cabeza hexagonal, arandela plana, así como tuerca hexagonal.

h) Incluye: desmontaje de lámina existente, cortes, ajustes, fijación, sellado, herrajes, brazo de madera, soporte de polipropileno, materiales, andamios, andamio articulado, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 39

Desmantelamiento, recuperación y colocación de lámina Louver perimetral

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

5.- Desmantelamiento, suministro y colocación de columnas de 3 ½ pulgadas por 3 ½ pulgadas de sección y 8.8 metros de alto para soporte de louvers.

Cantidad 74 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento de columnas de madera de 3 ½ pulgadas por 3 ½ pulgadas de sección y 8.8 metros, existentes, realizando el retiro de manera intercalada y posteriormente regresar con las que no se retiraron todo esto con la finalidad de no desestabilizar la estructura, además considerar que las columnas producto del desmantelamiento se trasladara al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro, habilitado y colocación de columnas de madera tratada químicamente de 3 ½ pulgadas por 3 ½ pulgadas de sección y 8.8 metros de alto en dos tramos, el tramo de desplante se debe considerar de 6.25 metros y el superior de 2.55 metros, considerándose para su traslape, 2 piezas de madera tratada químicamente de 72 cm de largo, 3 ½ pulgada de ancho y 1 ½” pulgada de

espesor con 4 tornillos de ½ pulgada por 8 pulgadas, con dos arandelas planas y una tuerca hexagonal, todos los herrajes y tornillería deberá ser de acero inoxidable t-304.

c) Considerar el cambio de 4 esquineros a base de madera machimbrada de 3/4" de medidas de 60 cm x 60 cm x 3.7 m de altura con 3 cartabones de madera tratada de 1 1/2" de espesor.

d) Incluye: desmontaje de las columnas existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, andamio articulado, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 40

Columnas perimetrales para soporte de louvers

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

6.- Desmantelamiento, suministro y colocación de largueros de 3 ½ pulgadas por 1 ½ pulgadas de sección.

Cantidad 685 Unidad ML.

a) Se deberá de considerar el desmantelamiento de largueros de 1 ½ pulgada de espesor por 3 ½ de ancho que se encuentran soportadas por las columnas de los louvers de manera longitudinal, de los tres primeros niveles iniciando del nivel de la pileta hacia arriba, así mismo se deberá considerar el retiro de largueros dañados en el interior de la celda en la zona de arrastre (del nivel de eliminador de humedad al nivel del piso de ventiladores) y del primer nivel de madera en la torre. además, hay que

considerar que los largueros producto del desmantelamiento se trasladara al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro, habilitado y colocación de largueros de madera tratada químicamente de 1 ½ pulgadas de espesor, por 3 ½ pulgadas de ancho, con una longitud adecuada para que se instalen correctamente respetando la longitud actual, considerándose para su traslape, pieza de madera tratada químicamente de 72 cm de largo, 3 ½ pulgada de ancho y 1 ½” pulgada de espesor con 4 tornillos de ½ pulgada por 4 pulgadas, con dos arandelas planas y una tuerca hexagonal, así mismo se deberá considerar los herrajes y tornillería para la unión del larguero y la columna de soporte, todos los herrajes y tornillería deberá ser de acero inoxidable t-304.

c) Incluye: desmontaje de los largueros existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 41

Colocación de largueros en diferentes áreas y niveles de la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

7.- Desmantelamiento, suministro y colocación de módulo de 2 largueros con sección de 3 1/2 pulgada por 1 ½ pulgada de espesor y 71 ½ pulgadas de largo cada uno.

Cantidad 90 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento de módulos de 2 largueros con sección de 3 1/2 pulgada por 1 ½ pulgada de espesor y 71 ½ pulgadas de largo cada uno, en el segundo nivel de la torre, estas se ubican en cada columna que soporta los louvers y hacia el interior de la celda, además considerar que los largueros producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

- b) Considerar el suministro, habilitado y colocación de módulos de 2 largueros de madera tratada químicamente, deberá considerar módulos de 2 largueros con sección de 3 1/2 pulgada por 1 1/2 pulgada de espesor y 71 1/2 pulgadas de largo cada uno, para su unión el traslape existente con tornillos de 1/2 pulgada , con arandelas planas y tuerca hexagonal, la tornillería para sujetarse a las columnas principales de la estructura tienen un diámetro de 1/2 de pulgada de diámetro, se deberán considerar todos los herrajes y tornillería nueva y deberá ser de acero inoxidable t-304.
- c) Incluye: desmontaje de los largueros existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 42

Módulo de 2 largueros cargadores en nivel de piso de ventiladores

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

8.- Desmantelamiento, suministro y colocación de columnas de 3 1/2 pulgadas por 3 1/2 pulgadas de sección y 2.55 metros de alto.

Cantidad 90 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmantelamiento de columnas de madera de 3 1/2 pulgadas por 3 1/2 pulgadas de sección y 2.55 metros, en el interior de la celda en la zona de arrastre (del nivel de eliminador de humedad al nivel del piso de ventiladores), además considerar que las columnas producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro, habilitado y colocación de columnas de madera tratada químicamente de 3 ½ pulgadas por 3 ½ pulgadas de sección y 2.55 metros de alto considerándose para su traslape 2 piezas de madera tratada químicamente de 72 cm de largo, 3 ½ pulgada de ancho y 1 ½” pulgada de espesor con 4 tornillos de ½ pulgada por 8 pulgadas, con dos arandelas planas y una tuerca hexagonal, teniendo la sujeción con los cargadores del piso de ventiladores con tornillos de ¾ de pulgadas de diámetro por 11 pulgadas de longitud, considerar que todos los herrajes y tornillería deberán ser nuevos y de acero inoxidable t-304.

c) Incluye: desmontaje de las columnas existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 43

Sustitución de columnas estructurales en diversas celdas de Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

9.- Desmantelamiento, suministro y colocación de módulo de 2 cargadores con sección de 18.4 centímetros de alto por 6.3 centímetros de espesor y 13.05 m de largo cada uno.

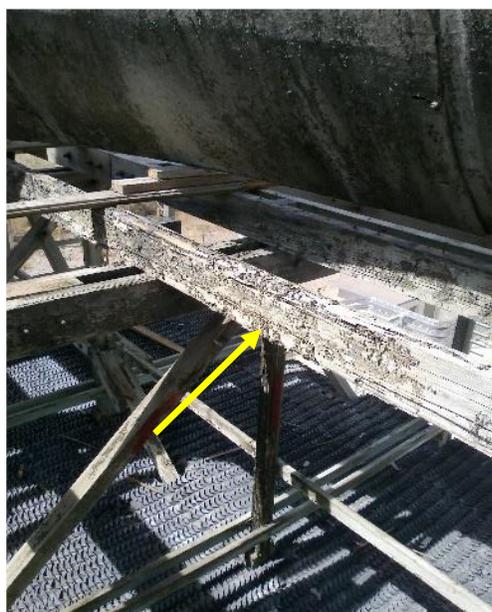
Cantidad 50 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento de módulos de 2 cargadores con sección de 18.4 centímetros de alto por 6.3 centímetros de espesor y 13.05 m de largo, en el nivel del piso de ventiladores, además considerar que los cargadores producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro, habilitado y colocación módulos de 2 cargadores de madera tratada químicamente, con sección de 18.4 centímetros de alto por 6.3 centímetros de espesor y 13.05 metros de largo, en 3 secciones, dos piezas de 4.31 metros de largo y una de 4.43 metros de largo

considerándose para su traslape con una, 1 piezas de madera tratada químicamente de 72 cm de largo, con sección de 3 ½ pulgada y 7 2/8” pulgada con 4 tornillos de ½ pulgada por 12 pulgadas, con dos arandelas planas y una tuerca hexagonal, la tornillería para sujetarse a las columnas principales de la estructura tienen un diámetro de ¾ de pulgada de diámetro y 11 pulgadas de largo, se deberán considerar todos los herrajes y tornillería nueva y deberá ser de acero inoxidable t-304.

c) Incluye: desmontaje de las columnas existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 44

Módulos de 2 largueros cargadores longitudinales en piso de ventiladores

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

10.- Desmantelamiento, suministro y colocación de cargadores con sección de 18.4 cm de alto por 6.3 cm de espesor y 3.9 m de largo.

Cantidad 32 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento cargador con sección de 18.4 centímetros de alto por 6.3 centímetros de espesor y 3.9 metros de largo, en el interior de la celda en la zona de arrastre (del nivel de eliminador de humedad al nivel del piso de ventiladores), así como también se deberá considerar su traslado al almacén de residuos industriales.

b) Se deberá considerar el suministro, habilitado y colocación de cargadores con sección de 18.4 centímetros de alto por 6.3 centímetros de espesor y 3.9 metros de largo, considerándose 3 sujeciones a las columnas de soporte del piso de ventiladores ubicados a cada 1.63 por medio de madera tratada químicamente, de sección de 3 ½ pulgada por 3 ½ pulgada y longitud de 14 pulgadas con 2 tornillos de ½ pulgada por 11 pulgadas, con dos arandelas planas y una tuerca hexagonal en cada unión, todos los herrajes y tornillería deberá ser de acero inoxidable t-304.

c) Incluye: desmontaje de los cargadores existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 45

Módulos de cargadores transversales en piso de ventiladores

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

11.- Desmantelamiento, suministro y colocación de diagonales con sección de 3 1/2 pulgada por 3 ½ pulgada y 81 pulgadas de largo.

Cantidad 40 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento de diagonales con sección de 3 ½ pulgadas por 3 ½” de 81 pulgadas de largo, en el interior de la celda en la zona de arrastre (del nivel de eliminador de humedad al nivel del piso de ventiladores) y del primer nivel de la torre, además considerar que los diagonales producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro, habilitado y colocación de diagonales de madera tratada químicamente, con sección de 3 ½ pulgadas por 3 ½” de 81 pulgadas de largo, considerándose para su conexión el traslape existente, todos los herrajes y tornillería deberá ser nuevos y de acero inoxidable t-304.

c) Incluye: desmontaje de las diagonales existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 46

Sustitución de diagonales en diversas celdas

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

12.- Desmantelamiento, suministro y colocación de barandales

Cantidad 130 Unidad MI.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento de barandales en el perímetro de la Torre de Enfriamiento en el nivel de piso de ventiladores de madera de 0.98 metros de altura, el cual cuenta con dos lados de 51.26 metros y dos lados de 21.81 metros con postes de soporte a separación de centro a centro a cada 1.83 metros, el cual cuenta con 3 niveles de largueros de sección de 3 ½ pulgadas de ancho por 1 ½” de espesor distribuidos en su elevación y en todo su largo, además considerar que los largueros producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Se deberá considerar el suministro y colocación de barandales en el perímetro de la Torre de Enfriamiento en el nivel de piso de ventiladores de madera tratada químicamente de 0.98 metros de altura, el cual cuenta con dos lados de 51.26 metros y dos lados de 12.81 metros con postes de sección de 3 ½ pulgada por 3 1/2 pulgada de 1.47 metros de altura y separación de centro a centro a cada 1.83 metros, se deberá considerar el suministro y colocación de 3 niveles de largueros de sección de 3 ½ pulgadas de ancho por 1 ½” de espesor distribuidos en su elevación y en todo su largo, considerándose para la conexión de todos los elementos del barandal y de este a la estructura de la torre con herrajes y tornillería nueva y de acero inoxidable t-304.

c) Incluye: desmontaje de las diagonales existentes, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 47

Colocación de barandal de madera armado de columna, larguero y rodapié perimetral

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

13.- Desmantelamiento, suministro y colocación de piso de ventiladores.

Cantidad 465 Unidad M2.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento de piso de ventiladores de madera existente de 38 mm. de espesor, dicho desmantelamiento se deberá de realizar, con un excesivo cuidado a fin de no dañar los soportes de madera existente, ya que el soporte que sea dañado será suministrado con cargo al contratista, además considerar que el piso producto del desmantelamiento se trasladara al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro y colocación de piso de madera machimbrada tratada químicamente de 5 pies de largo y un ancho libre del machimbrado de 5 pulgadas con un espesor de 38 mm, anclado a la estructura de soporte por medio de clavo rolado de acero inoxidable, asegurándose que el clavo quede anclado 2 pulgadas dentro de la estructura de soporte del piso.

c) Considerar todas las maniobras para poder colocar el piso nuevo en la zona de los ventiladores.

d) Considerar la fabricación de las escotillas de acceso a los ventiladores y sus tapas con las dimensiones de las existentes.

e) Incluye: desmontaje de piso existente, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 48

Colocación de piso de ventiladores con madera machimbrada

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

14.- Suministro de chimenea de fibra de vidrio.

Cantidad 1 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el suministro de chimenea de ventiladores moldeados en FRP autoextinguibles, con propagación a la flama menor de 25, de pared interna lisa, con protección a los rayos uv, con una altura de 4.25 m de altura, con entradas que faciliten el flujo de aire entre la pared interna del cilindro y la punta del aspa. el plano de operación del ventilador debe ser por lo menos 15% del diámetro del ventilador por debajo del piso del ventilador, la holgura en la orilla del ventilador no debe exceder del 0.5 % del diámetro.

b) Incluye: desmontaje de piso existente, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 49

Sustitución de chimenea de fibra de vidrio (FRP)

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

15.- Conexión de las chimeneas de fibra de vidrio a la plataforma del piso de ventiladores

Cantidad 4 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmantelamiento de todos los herrajes de sujeción de cada chimenea, así como las piezas de madera que sirven como soporte y el desarmado de las chimeneas del ventilador, cuidando de no dañar la estructura de fibra de vidrio, se deberá considerar el traslado de herrajes usados, madera, y chimeneas de fibra de vidrio al almacén de residuos industriales posterior a ser pesados para su ingreso.
- b) Considerar el suministro y colocación de soporte entre el cono y el piso de ventiladores de madera tratada químicamente con sección 3 1/2 pulgadas de ancho, con un espesor de 38 mm.
- c) Se deberá considerar todos los anclajes de acuerdo con el plano 125 así como toda tornillería para la unión de cada segmento que conforman los conos, siendo todos estos materiales de acero inoxidable t-304.
- d) Considerar las maniobras para trasladar hasta el nivel de piso de ventiladores de todas las partes de las chimeneas, así como su armado.
- e) Incluye: desmontaje de piso existente, armado, maniobras de levaje, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, maquinaria, grúa, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 50

Maniobras de retiro y colocación de chimeneas en piso de ventiladores

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

16.- Desmantelamiento, suministro y colocación de eliminador de humedad.

Cantidad 4 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmantelamiento de eliminadores de rocío existente, además considerar que los eliminadores producto del desmantelamiento se trasladará al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.
- b) Considerar el suministro e instalación de eliminador de arrastre tipo celular de tres pasos, cuyas pérdidas por arrastre no deben ser mayores a 0.002 % del flujo de agua de diseño, fabricados de 0.43 mm de espesor o mayor, con resina nueva de pvc de acuerdo con las especificaciones astm-d-1784-12454b, auto extingüibles de acuerdo con el astm-d-635 con calificación menor de 10 para extinción de la flama de acuerdo con el astm-e84, todos, última revisión. estarán instalados en módulos de 6 ft. x 2 ft x 6" de fácil instalación y remoción, soportados directamente en la estructura de la torre, deben ser ensamblados en la fábrica. se deberá considerando para su montaje que la cortina de aire saturado estará completamente sellada por el sistema de eliminadores de rocío formados por los módulos.
- c) Se deberá de entregar por parte del licitante los certificados siguientes: el de cumplimiento del arrastre máximo solicitado, de fabricación que sea con resina nueva, que sea auto extingüibles, de la calificación para la extinción de flama, ya que esto permitirá evaluar, la conveniencia del producto que se oferta y cuando se recibe en campo.
- d) Incluye: desmontaje de eliminador existente, armado, maniobras de levaje, cortes, ajustes, fijación, materiales, limpieza del área, andamios, mano de obra, equipo, maquinaria, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustración 51

Sustitución de eliminador de humedad

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

17.- Desmantelamiento, suministro y colocación de sistema de humectación de Torre de Enfriamiento.

Cantidad 1 Unidad Pza.

a) Se deberá considerar el desmantelamiento del sistema de humectación actual que consta de un cabezal de 13 metros de tubería, de 4 pulgadas y 230 metros de tubería de 3 pulgadas. además, hay que considerar que las tuberías producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.

b) Considerar el suministro de un sistema de humectación el cual deberá constar de un cabezal de 13.20 m de largo de tubería de pvc hidráulico de 4 pulgadas cedula 40, el cual deberá tener 4 bifurcaciones con reducción a 3 pulgadas y 4 válvulas de bola de 3 pulgadas en acero inoxidable tipo 304.

c) De las cuatro bifurcaciones deberá considerar 2 líneas para la humectación de la zona de arrastre de la torre con una longitud de 56.80 metros cada una, con una sección vertical de 7.33 metros y horizontal lo restante de la tubería, cada línea deberá constar de 8 aspersores en total (2 por cada celda), los aspersores deberán estar fabricados en plástico resistente a trabajos industriales y acero inoxidable 304, que tenga la capacidad para circular 1/16 del total del flujo del equipo de bombeo y además tenga un alcance de 4 m de largo y giro de 360 grados, con una presión de trabajo de 1.5 a 4 kg/cm². el material para la tubería deberá ser de pvc hidráulico, cedula 40, los codos, tee, coples, reducciones, deberán ser de las mismas características de la tubería. y deberán ser unidos por medio de cementantes para pvc recomendado por el fabricante para este tipo de usos.

d) De las cuatro bifurcaciones deberá considerar 2 líneas para la humectación del piso de ventiladores de la torre con una longitud de 58.30 metros cada una, con una sección vertical de 8.80 metros y horizontal lo restante de la tubería, cada línea deberá constar de 8 aspersores en total (2 por cada celda), los cuales deberán estar fabricados en plástico y acero inoxidable 304, que tenga la capacidad para circular 1/16 del total del flujo del equipo de bombeo y además tenga un alcance de 6 m de largo, se calibrara en campo la apertura a 180 grados. una presión de trabajo de 1.5 a 4 kg, cm², el material para la tubería deberá ser de pvc hidráulico, cedula 40, los codos, tee, coples, reducciones, deberán ser de las mismas características de la tubería. y deberán ser unidos por medio de cementantes para pvc recomendado por el fabricante para este tipo de usos.

e) Se deberá considerar sujeciones a cada 1.83 metros con abrazaderas de acero inoxidable tipo 304. sujetas a la estructura de la Torre de Enfriamiento.

f) Para su aceptación se deberá realizar prueba hidrostática a 4 kg/cm², por 30 minutos sin caída de presión y posteriormente se deberá poner en servicio el sistema para verificar el alcance de los aspersores, así como su funcionamiento.

g) Incluye: desmontaje de sistema existente, armado, maniobras de levaje, cortes, ajustes, fijación, pruebas, materiales, limpieza del área, andamios, mano de obra, equipo, maquinaria, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 52

Sistema de humectación al interior zona de arrastre y exterior en la Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

18.- Desmantelamiento, suministro y colocación de escaleras de acceso a la zona de arrastre.

Cantidad 8 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmantelamiento de escaleras para inspección de la zona de arrastre de la torre, además considerar que la madera producto del desmantelamiento se trasladaran al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.
- b) Se deberá considerar el suministro y colocación de escalera de madera tratada químicamente, con las siguientes dimensiones, altura total 1.84 metros, ancho de 0.51 metros, a base de dos largueros de sección de 1 ½ pulgada de espesor por 3 ½ pulgada de alto y largo de 1.84 metro, con 9 escalones de sección de 76 mm de alto y 36 mm de espesor con un largo de 0.51 metros, se deberá considerar para su armado tirafondos de 8 mm de diámetro por 90 mm de largo, siendo 4 por cada escalón, se deberá considerar la fijación de la escalera a la estructura existente, con tirafondos de 8 mm de diámetro por 152 mm de largo. considerar la tornillería nueva y de acero inoxidable t-304.
- c) Incluye: desmontaje de escalera existente, armado, maniobras de levaje, cortes, ajustes, fijación, materiales, limpieza del área, andamios, mano de obra, equipo, maquinaria, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 53

Escaleras de acceso a zona de arrastre en las 4 celdas

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

19.- Desmantelamiento, suministro y colocación de madera de pared interna de celdas.

Cantidad 200 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmantelamiento de madera de pared interna de celdas de madera existente de 3/4" de pulgada de espesor, dicho desmantelamiento se deberá de realizar, retirando los módulos de madera solo los que la residencia de obra indique, además considerar que el producto del desmantelamiento se trasladará al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.
- b) Considerar el suministro y colocación de pared de madera machimbrada tratada químicamente de 1.82⁵ m de largo y un ancho libre del machimbrado de 5" pulgadas con un espesor de 3/4" de pulgada, anclado a la estructura de soporte por medio de clavo rolado de acero inoxidable asegurándose que el clavo quede anclado 2 pulgadas dentro de la estructura de soporte.
- c) Considerar todas las maniobras para poder colocar la madera nueva en la de pared en los diferentes niveles de la torre.
- d) Incluye: desmontaje de madera de pared existente, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 55

Pared interna separadora de celdas

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

20.- Desmantelamiento, suministro y colocación de diagonales de madera.

Cantidad 88 Unidad Pza.

- a) Se deberá considerar el desmantelamiento de madera en diagonales de madera existente de 3/4" de pulgada de espesor, dicho desmantelamiento se deberá de realizar, retirando los módulos de madera, además considerar el desmantelamiento se trasladará al almacén de residuos industriales al interior de la central posterior a la determinación del peso a ingresar al almacén.
- b) Considerar el suministro y colocación de pared de madera machimbrada tratada químicamente de 2.70 m de largo y un ancho libre del machimbrado de 5" pulgadas con un espesor de 3/4" de pulgada, anclado a la estructura de soporte por medio de clavo rolado de acero inoxidable asegurándose que el clavo quede anclado 2 pulgadas dentro de la estructura de soporte.
- c) Considerar todas las maniobras para poder colocar la madera nueva en diagonal en los 4 esquineros de la Torre de Enfriamiento al nivel en el que se encuentra actualmente.
- d) Incluye: desmontaje de madera de diagonales existente, cortes, ajustes, fijación, materiales, andamios, mano de obra, equipo, herramienta y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.



Ilustraciones 55

Pared diagonal rompevientos en esquinas de Torre de Enfriamiento

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

Estos trabajos deberán ejecutarse en un plazo de 60 días calendario, contados a partir del 14 de marzo de 2013, para ser concluidos el 12 de mayo del 2013, todo de acuerdo con lo indicado en las Convocatoria Invitación a Cuando Menos Tres Personas Nacional No. GRPC-SAUZ-I3PN-002/2013 correspondientes, así como a las instrucciones contenidas en el Acta de Junta de Aclaraciones y demás documentos proporcionados por CFE C.T.C.C. El Sauz y que forman parte integrante de la convocatoria.

Adicionalmente se han tomado en consideración las condiciones climáticas y ambientales del sitio en donde se realizarán los trabajos, así como las propias del sitio en donde se realizarán y que corresponden a instalaciones en operación.

V.3 Responsabilidades de proceso

Son responsables de la aplicación de este proceso:

Los responsables de la ejecución de los trabajos contratados para la rehabilitación estructural de la Torre de Enfriamiento se plasman en el contrato formalizado entre la CFE y el contratista que ejecutará la obra definiéndose las responsabilidades de la siguiente manera:

Por parte de CFE Central Termoeléctrica Ciclo Combinado el Sauz será el Residente de Obra.

Por parte de la contratista ejecutora del proyecto de obra será el Superintendente de Construcción CFE Central Termoeléctrica Ciclo Combinado el Sauz será el Residente de Obra.

Por parte de la contratista ejecutora del proyecto de obra como apoyo del Superintendente de Construcción: Supervisor de Seguridad, Supervisor de Medio Ambiente, la Gerencia de Compras y la Gerencia de Ingeniería

Ejecución; la ejecución de los trabajos comienza con la autorización del plan de proyecto y termina con la recepción del pago final, se firme el acta de recepción del contrato y se elabore el reporte final de proyecto.

V.4 Definiciones

Residente de Obra: Servidor Público designado por CFE C.T.C.C. El Sauz, para supervisar la correcta ejecución de los trabajos, inspeccionar servicios o bienes contratados y quien fungirá como su representante ante la contratista.

Superintendente de construcción: Persona física representante de la contratista ante CFE C.T.C.C. El Sauz, responsable de la ejecución de los trabajos.

Supervisor de Seguridad, Supervisor de Medio Ambiente, la Gerencia de Compras y la Gerencia de Ingeniería: Personas físicas representante de la contratista ante CFE C.T.C.C. El Sauz, apoyos del superintendente de construcción y responsables de la ejecución de los trabajos.

V.5 Equipos críticos para realizar las actividades

Se relacionan los equipos críticos mínimos que se utilizarán para la ejecución de los trabajos:

- andamio sistema total con perfiles tubulares y ruedas en parte inferior, tipo atlas, este equipo está formado por secciones para adecuarse a la altura de 9 m.
- andamio sistema total con perfiles tubulares y ruedas en parte inferior, tipo atlas, este equipo está formado por secciones para adecuarse a la altura de 12 m.
- Hidro-lavadora 3500 psi,4 gpm,13 hp gasolina
- Mini pulidor

- bomba manual para prueba hidrostática hasta 110 psi-8 kg/cm2 plataforma elevadora tijera 11.5 m.
- sierra caladora
- sierra circular de banco 12" Dewalt
- sierra de inglete telescópica Dewalt de 12' sierra eléctrica manual de corte de 7 1/4 Dewalt taladro de banco de 1/2"
- grúa hidráulica autopropulsada telescópica de 60 ton. de capacidad de levante, incluye cables manila, estrobos de acero (con maniobrista).
- manipulador telescópico Caterpillar modelo Cat. 3054 e, capacidad 3100 Kg, alcance 13.5 m camión plataforma Hiab 10 ton.
- equipo para pintura airless montado sobre carro de acero esmaltado con 2 ruedas, con motor de 13 hp Honda, mod. hidra pro super. capacidad 9.5l/min
- taladro atornillador 20v ion-li premium

V.6 Aspectos de seguridad e higiene y ambiental

Seguridad y Salud en el trabajo. El Superintendente de construcción de la empresa contratista es responsable de la seguridad en sitio, delegando la función operativa al Encargado de Seguridad y Salud en el Trabajo y al encargado de Medio Ambiente.

En base a los procedimientos de seguridad para contratistas dentro de las instalaciones de CFE, se debe de realizar de manera obligatoria la Reunión de Inicio de Jornada (RIJ) con todo el personal de la contratista, basado en el formato establecido en el Sistema Integral de Gestión de la Calidad, teniendo como objetivo verificar que el personal se encuentre en condiciones de salud e higiene adecuada para realizar sus actividades evitando que pueda tener algún accidente dentro de la jornada laboral.

En la ejecución de los trabajos de este proyecto el contratista debe apegarse al Reglamento de Seguridad, Salud y Protección ambiental y a los procedimientos críticos emitidos por CFE, dependiendo del tipo de trabajo que se vaya a realizar, para lo cual se enlistan los procedimientos que se encuentran vigentes:

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo de la STPS, la normatividad oficial aplicable, el reglamento de seguridad e higiene (Capítulo 200), así como el documento normativo del Sistema Integral de Gestión N-2000-HC16 especificaciones de seguridad y salud en el trabajo para proveedores y prestadores de servicio, en materia de adquisiciones, arrendamientos, servicios y obra pública, en los centros de trabajo del ámbito de la subdirección de generación, Lineamientos para compañías contratistas, reglamento de seguridad, higiene y atención a lesionados

para obras de construcción, estos dos últimos documentos incluidos en las bases de la presente licitación.

Todo el equipo de protección personal deberá cumplir con la normatividad nacional e internacional existente en la materia para su fabricación (Normas ANSI, NIOSH, OSHA, STPS)

Para dar cumplimiento a lo anterior el contratista deberá elaborar por escrito un programa de seguridad e higiene interno, el cual será llevado durante el tiempo que dure la ejecución de los trabajos.

Es importante señalar que absolutamente todo el personal de construcción, así como el personal de administración, supervisión y control de los trabajos, contarán con el equipo adecuado de protección y será identificado con un gafete proporcionado por la empresa contratista, y con carácter de obligatorio el personal deberá estar uniformado conforme a los lineamientos establecidos por CFE.

Deberá contar con la presencia permanente de al menos un Supervisor de Seguridad y de Salud en el trabajo, por cada 50 personas, así como un Supervisor de protección ambiental, conforme a los lineamientos establecidos por CFE.

Así mismo se instalarán señalamientos de protección e identificación de los trabajos conforme a los requerimientos propios de CFE y de la normatividad vigente en materia de seguridad industrial.

En lo que se refiere a la capacitación del personal se impartirán los cursos de Capacitación en Seguridad Industrial a todo nuestro personal antes del inicio de los trabajos y conforme se vayan integrando durante el desarrollo de estos por parte de la contratista, así como los ofrecidos por CFE.

Protección Ambiental. Siendo este un punto relevante se estará atento al cumplimiento normativo vigente en materia de Salud Ocupacional y Protección Ambiental a fin de prevenir y minimizar los daños que se causen con motivo de los trabajos, para esto se tendrá a un Supervisor de Ambiental como responsable.

Si durante la ejecución de los trabajos se genera material sobrante, desechos o residuos que pueden ser considerados como residuos peligrosos al ambiente siempre que estos no puedan ser reutilizados en la ejecución de los trabajos, se retirarán de las instalaciones.

Para su disposición final, se cumplirá con lo que ordena el reglamento en materia de residuos peligrosos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como la NOM-052-ECOL, para lo cual realizará el trámite, mediante la contratación de una empresa autorizada en el ramo, para el manejo almacenaje, transporte y disposición final de los residuos peligrosos en un lugar autorizado para tal fin, debiendo presentar al residente y/o supervisor de obra copia simple de la autorización de la SEMARNAT para cotejarla con una copia del manifiesto de disposición de los residuos peligrosos en el destino final, previo acuerdo con la CFE.

Si durante la ejecución de los trabajos generamos residuos no peligrosos considerados como *basura municipal* se retirarán fuera de las instalaciones de CFE, y se depositarán en el basurero municipal bajo previo permiso o convenio con la autoridad del municipio correspondiente, debiendo entregar al residente y/o supervisor de obra de la C.T.C.C. El Sauz. Copia del documento anterior y copia del comprobante de cada entrega de los residuos no peligrosos en el basurero municipal.

Si durante la ejecución de los trabajos generamos movimientos de tierra, esta será depositada en el lugar dentro de las instalaciones indicado y autorizado por el residente de obra evitando en todo momento revolver con la tierra, basura, escombros u otro material extraño al contenido del suelo.

Para aquellos residuos con características especiales que no sean considerados como basura municipal y que se generen como consecuencia de la ejecución de los trabajos, clasificándolos como no peligrosos, se presentará al residente de obra previo aviso y acuerdo la prueba CRIT del residuo efectuada por un laboratorio acreditado ante la E.M.A.A.C., para avalar su no peligrosidad y disponerlos adecuadamente de acuerdo con los puntos anteriores.

Se contará en lugares estratégicos de la obra con recipientes de 200 lts. Rotulados e identificados: Residuos Peligrosos, Residuos no Peligrosos, Residuos de manejo especial.

Se instalarán sanitarios portátiles en áreas previamente autorizadas por el Residente de obra, uno por cada 10 trabajadores, para uso del personal obrero y administrativo, separando los del personal femenino este servicio se contratará con una empresa especializada la cual será responsable de proporcionar mantenimiento y limpieza a los equipos cuando menos tres veces por semana, así mismo será responsable de la extracción y disposición de los residuos que se generen en su operación para lo cual presentará evidencia documental.

Se contará con un área destinada al consumo de alimentos del personal, la cual se ubicará en el área designada por la Residencia de obra para instalar el campamento de obra de acuerdo con los requisitos de la C.T.C.C. El Sauz.

Se tendrán colocados según el plan de seguridad y los lineamientos de CFE extintores como prevención y para sofocar cualquier conato.



Ilustración 56

Reunión de Inicio de Jornada

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

V.7 Desarrollo del proyecto

V.7.1 Planeación

Una vez asignado el contrato de obra pública al contratista, el Superintendente de Construcción asignado procede a realizar el Plan de Proyecto, que dentro nuestro Sistema de Gestión de Calidad es un documento fundamental para la ejecución de los trabajos contratados y que consiste en una planeación detallada desde el inicio del proyecto hasta el final, que se mantiene vigente durante la ejecución de los trabajos mediante revisiones y actualizaciones de los documentos que lo integran.

En esta planeación se consideran las características del proyecto que responden a los factores determinantes del sitio, así como sus implicaciones técnicas, logística y construcción, así como todas aquellas actividades que intervengan directa o indirectamente en la ejecución de los trabajos y que serán fundamentales para la producción, suministro o acopio de los recursos según sea el caso, con la finalidad de cumplir cabalmente en forma y tiempo con la ejecución de las obras. Es importante resaltar que se enviara una avanzada encabezada por nuestro ingeniero dibujante especialista en Auto-Cad para que realice un levantamiento a detalle de las partes a intervenir de la Torre de Enfriamiento.

Inicialmente se revisó el programa propuesto en el contrato y se elaborarán programas detallados por frente de trabajo y por disciplina de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones técnicas. Estos programas serán de uso interno y serán elaborados con un software especializado en el control de proyectos.

Con la elaboración de los programas realizamos la planeación de los recursos materiales, humanos y de maquinaria, para asegurar la disponibilidad y existencia de estos cuando sean requeridos, estos programas de recursos serán ser actualizados en cada nueva revisión del programa de ejecución, sea por desviaciones o modificaciones al proyecto.

En la planeación del proyecto, y durante la ejecución de los trabajos, se detectan volúmenes faltantes o excedentes, así como conceptos extraordinarios que deberán ser solicitados al Residente de obra para prever posibles desviaciones al programa y las consecuentes modificaciones al contrato, sea por monto o sea al plazo. de acuerdo con la cláusula vigésimoquinta del modelo del contrato o la correspondiente en el contrato, así como de los artículos 59 de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas, y artículo 107 del reglamento de la ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas

Previo al inicio de los trabajos la CFE está obligada a proporcionar el proyecto ejecutivo aprobado para construcción y la entrega del sitio en donde se realizarán los trabajos, sitio que deberá estar totalmente libre para poder hacer posesión de este y en consecuencia realizar los trabajos, todo de conformidad al contrato que para tales efectos se celebre.

V.7.2 Organización

Para la ejecución de los trabajos, la supervisión de CFE verifica y valida el esquema organizacional del personal que ha designado la contratista para llevar la Dirección, Supervisión, Control y Administración de los trabajos y que cuenta con preparación profesional, capacitación, firma electrónica vigente y la más amplia experiencia en este tipo y magnitud de obra a ejecutarse como puede comprobarse en los currículos de cada uno de ellos y que forman parte integral de la propuesta del contratista.

El personal además de las actividades propias de planeación y preparación para inicio de trabajos desarrollará el Plan de Inspección y Pruebas, documento interno donde se documentarán las actividades que describan las inspecciones, pruebas y verificaciones a realizar por especialidad.

La contratista dentro de su propuesta técnica demuestra que goza de un amplio prestigio en la Industria de Diseño, Construcción y Rehabilitación de Torres de Enfriamiento y que ha manejado simultáneamente obras para diferentes clientes, cuenta con la suficiente experiencia y recursos para atender puntualmente sus compromisos, por lo que se asegura que los recursos humanos, equipo y maquinaria de construcción, así como los recursos económicos necesarios, estarán de manera dedicada, oportuna y ordenada en el proyecto. Lo anteriormente expresado es comprobable fundamentados en la antigüedad de nuestra empresa y nuestros estados financieros.

V.7.3 Supervisión del proyecto

Al inicio de cada Semana el Superintendente de construcción preparará la lista de actividades que deben ser realizadas para cumplir con los requisitos contractuales, revisará esta lista con su equipo de trabajo e identificarán actividades críticas o no factibles de realizar, sea por desviaciones o modificaciones del proyecto o falta de información técnica del proyecto, se hace un reporte al cliente para su reprogramación.

El Superintendente de construcción coordinará y vigilará que los responsables asignados cumplan con las actividades referidas en el programa de construcción. Cuando se detecten anomalías o desviaciones que afecten los requerimientos contractuales el Superintendente de construcción elaborara un reporte para la realización de los ajustes requeridos, incluyendo los acuerdos con CFE.

En la supervisión de los trabajos el personal de la contratista utilizará prácticas de Ingeniería, dependiendo de la especialidad, establecidas en nuestro Sistema de Gestión de Calidad para garantizar que se cumpla con las especificaciones, normas y características contratadas.

V.7.4 Control del proyecto

El Superintendente de construcción es el responsable de los avances de obra y detección de desviaciones para su análisis y toma de decisiones oportunas que aseguren el cumplimiento del programa acordado en el contrato.

Así mismo será responsable de la elaboración y trámite de estimaciones, solicitud de precios unitarios extraordinarios, solicitud de ajustes de remuneración, trámite de modificaciones al monto y al plazo.

V.7.5 Adquisición y transporte de los materiales al sitio de la obra

El Superintendente de construcción y los supervisores de obra, en base al plan de proyecto, serán responsables de planear las adquisiciones, subcontrataciones y, en su caso, arrendamientos, para lo cual elaborarán las requisiciones y las entregarán a la Gerencia de compras previo al inicio de los trabajos, estableciendo las fechas en que deberán ser surtidos o proporcionados los servicios.

La Gerencia de Compras cotizará y realizará las compras; cuando los materiales o equipos requieran de un proceso largo de fabricación se fincarán pedidos atendiendo el tiempo necesario para que el equipo o material sea aprobado internamente o por alguna entidad externa como LAPEM si es un requisito y suministrado en la fecha requerida. Se adjunta a este documento el Plan de Procura de Materiales (OmnibPro-01).

La adquisición de los materiales se hará con proveedores de reconocido prestigio dándose preferencia a los locales, mismos que deberán certificar la calidad de sus materiales antes de su transportación al sitio de los trabajos para su consumo, siendo de vital importancia el establecimiento de una logística adecuada para la fase de transportación al sitio de acuerdo con el programa correspondiente de utilización de materiales, así como a la propia planeación.

Considerando la importancia que representa la ejecución de estos trabajos y las particularidades de la misma no podrá ser posible la adquisición de la totalidad de los materiales y equipos de instalación permanente con proveedores locales dadas las características y estrictas normas de control desde la fabricación y manejo de los mismos, de ahí la relevancia que toma nuestro Departamento de Compras, así como de nuestro personal de Control de Calidad, el cual deberá invariablemente certificar que los materiales y equipos de instalación permanente cumpla cabalmente con las especificaciones técnicas que el proyecto demanda, apegándose de manera irrestricta a las mismas.

V.7.6 Control de calidad

El Superintendente de construcción asignado verificará que la ejecución de los trabajos sea realizada de acuerdo con las especificaciones, normas de calidad, planos autorizados y, en su caso, procedimientos establecidos. Cuando se encuentre incumplimiento con los requerimientos referidos procederá a la aplicación de los controles referidos en el procedimiento de control de producto no conforme y la notificación a su superior inmediato.

Así mismo será responsable de verificar que los materiales adquiridos cumplan con las normas de calidad establecidas en el contrato, mediante la verificación de los respectivos certificados de calidad.

En la elaboración del Dossier de calidad integrará las evidencias documentales que apliquen tales como: certificados de calidad, certificados vigentes de calibraciones de instrumentos de medición y control, de pruebas no destructivas, este dossier formará parte del libro de calidad.

V.7.7 Ingeniería

La Gerencia de Ingeniería será responsable de la elaboración, desarrollo y complementará la ingeniería de detalle suministrada por CFE.

V.7.8 Subcontratistas

Los subcontratistas estarán obligados a seguir los lineamientos del Sistema de Aseguramiento de Calidad de la empresa, así como al Plan de Seguridad, Higiene y medio ambiente del proyecto. En el Plan de Proyecto se establecerán los controles que se aplicarán, de acuerdo con la especialidad y complejidad de los trabajos que realizará cada uno, así mismo se establecerá un plan de contingencia para el caso en que el subcontratista no cumpla con el subcontrato o no tome las acciones correctivas necesarias, en todo caso OMNI será el responsable de que la ejecución de los trabajos cumpla con los requisitos y especificaciones del contrato. (No aplica en este caso ya que no se subcontratará ninguna actividad).

Para este contrato los trabajos que se subcontratarán serán los siguientes:

No se subcontratará ningún trabajo

V.7.9 Materiales y/o equipos proporcionados por CFE

CFE no suministra ningún material

V.7.10 Dispositivos de monitoreo o medición

El Superintendente de construcción, determina las actividades de medición y monitoreo del proyecto, así como los productos a utilizar en los planes de inspección, se aseguran de la disponibilidad de los instrumentos o dispositivos a utilizar y adicionalmente se documentarán los instructivos y manuales del fabricante de los equipos que por su naturaleza requieren de dicha información para su manejo, para asegurar que la medición y monitoreo se realicen de manera consistente con los requisitos. CFE será responsable de entregar al Superintendente de construcción los manuales del fabricante necesarios para el montaje, instalación y puesta en operación de los materiales y/o equipos de instalación permanente que proporcionará.

El Superintendente de construcción se asegurará que los equipos de medición y control cuenten con la correspondiente calibración vigente emitida por Entidades externas acreditadas ante la EMA, tanto de equipos propios como los que utilizarán los subcontratistas o prestadores de servicios, previendo lo correspondiente en el subcontrato si ese fuera el caso.

V.7.11 Relaciones personal - contratista

Es responsabilidad del Superintendente de construcción, y de todo el personal a su cargo, procurar una relación armónica y respetuosa con la residencia de CFE, con comunicación constante utilizando los medios establecidos en el contrato, solicitando autorizaciones y aclaraciones durante la ejecución de los trabajos y entregando los reportes de avances, financieros, de calidad, etc., en el tiempo y forma establecidos en el contrato. Adicionalmente pondremos a disposición en oficina de campo una cámara fotográfica digital y accesorios para uso de la supervisión de obra por parte de CFE.

Para lo anterior se utilizarán los formatos establecidos por el cliente y se formularán los que no existan.

Así mismo el Superintendente de construcción y su personal clave contarán con el equipo de comunicación necesario para estar en contacto constante con sus supervisores, a los cuales se les proporcionará durante el contrato un equipo de radiocomunicación de la empresa.

V.8 Proceso Constructivo

V.8.1 Movilización

Comprende la transportación del equipo y personal técnico, administrativo y de servicios según sea el caso, necesario para la ejecución de los trabajos.

La transportación del equipo o maquinaria de construcción se realizará por vía terrestre utilizando equipos adecuados. En esta fase de la transportación está incluido todo aquel equipo que se haya considerado en nuestra propuesta como propio o rentado.

Para la transportación de los equipos el transportista deberá efectuar una visita al sitio incluido el recorrido terrestre por la rutas (carreteras, autopistas, caminos vecinales, terracerías, etc.) desde nuestros patios de maquinaria o en donde se encuentre la misma con el objeto de inspeccionar aspectos relevantes y/o restricciones que pudieran ser entre otros: gálibos en casetas de peaje, pasos a desnivel, puentes, líneas eléctricas, telefonía u otros, pesos y anchos máximos permitidos en puentes y carreteras, puntos o tramos en reparación, puntos de inspección o verificación y en general todos aquellos aspectos que pudieran ser determinantes o impedimentos para el libre tránsito de los equipos de transporte, previendo con esto retrasos y situaciones de riesgo.

Adicionalmente nuestro Superintendente de construcción en forma conjunta con la Residencia de la Obra CFE, establecerá la estrategia, aspectos de seguridad, protecciones y en general todos aquellos aspectos a vigilar para el tránsito de nuestros equipos dentro de las Instalaciones de la C.T.C.C. El Sauz, todo de acuerdo con las Normas que para este caso CFE tiene implementadas.

V.8.2 Instalación

Como resultado de estas inspecciones, análisis y evaluaciones contenidas en la planeación, programación y logística para el desarrollo de los trabajos se ubicarán las áreas para nuestras

instalaciones provisionales, incluidas aquellas necesarias para el almacenamiento de materiales, taller de habilitado y prefabricado de partes compuestas y de materiales y servicios para los trabajadores.

V.8.3 Instalaciones provisionales

Las áreas asignadas por la Entidad para las instalaciones provisionales requieren de trabajos de acondicionamiento y adecuaciones para de esta forma obtener la mayor eficiencia y eficacia en la Ejecución de los trabajos de acuerdo con lo descrito en las bases de licitación.

En el área destinada de operación serán ubicadas zonas de habilitación, oficinas de campo, bodegas, caseta de servicios sanitarios, etc.

Dotadas las instalaciones destinadas a Oficinas de Campo de instalaciones adecuadas para la correcta ejecución de los trabajos en tiempo y forma.

Las instalaciones estarán dotadas de energía eléctrica, comunicación, servicios, mobiliario y equipo de cómputo suficiente y adecuado a la magnitud de la obra. Estas instalaciones como ya se mencionó serán utilizadas para oficinas, vigilancia, bodegas o almacenes, La CFE suministrara energía 120 v, para la ejecución de los trabajos.

V.8.4 Ejecución

Los trabajos iniciarán en la fecha establecida en el contrato para su inicio, para lo cual será necesario contar con el proyecto ejecutivo autorizado y la disponibilidad del sitio de ejecución de los trabajos. Así como las anotaciones correspondientes en la bitácora electrónica de la obra.

Todos los trabajos para realizar se apegarán a lo indicado en las especificaciones Particulares, Plano(s), Normas, códigos y especificaciones de construcción indicadas en los Anexos de especificaciones, y los documentos entregados por CFE, según la Cantidad señalada en el Catálogo de conceptos y a los horarios establecidos por la CFE, C.T.C.C. El Sauz.

A continuación, se relata el procedimiento Constructivo general de manera cronológica resaltando que existen actividades que se efectuaran simultáneamente.

V.9 Procedimiento Constructivo de concepto de obra

V.9.1 Cronología

El procedimiento Constructivo general está basado en el programa de obra se ejecuta de manera cronológica resaltando los conceptos de obra que se efectuaron simultáneamente debido a su correlación en tiempo y otras que fueron completamente independientes de las cuales algunas intervienen y otras que no intervienen en la operación de cada una de las celdas y Torre de Enfriamiento.

- Se realizaron las maniobras de descenso de materiales producto de retiro hasta el nivel del piso.
- Estiba y acomodo ordenando el material producto del retiro, se colocó en el área donde se acordó previamente con el residente de obra.
- Movimiento de materiales nuevos a zona de escalera.
- Armado de estructura rampas y barandales con herramienta manual, iniciando del nivel de desplante hacia la parte superior llegando al piso del ventilador acorde a planos 118,119 y 120.
- Instalación eléctrica de alumbrado (3 lámparas, una en cada nivel de escalera).
- Aplicación de pintura en escalera color amarillo fuerte poliuretano especificación CFE A-29
- Desarmado de andamios.
- Carga del material producto del retiro de camión de 3.5 toneladas y traslado donde indique la supervisión de CFE.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- limpieza del área de trabajo.

Concepto 2.

Suministro de lámina para pared de fibra de vidrio de 5.22 mts. X 1.0 mts.

Planeación Integral: Suministro de lámina para pared en FRP 4.2 × 1 1/16" de peralte y 12 oz/ft² de 1.06 m. de ancho x 5.22 m. largo, protección UV y retardante a la flama el cual se realizará de acuerdo con lo programado y en cumplimiento con las especificaciones solicitadas haciendo énfasis en que serán de clasificación de propagación de humos menor a 250.

Procedimiento Constructivo:

- Movimiento de material con camioneta de 3.5 toneladas al lugar donde indique la residencia de obra.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 3.

Desmantelamiento y colocación de lámina para pared de fibra de vidrio de 5.22 mts. X 1.06 mts.

Planeación Integral: Desmantelamiento de lámina de pared siendo la primera actividad, posteriormente después de haber instalado los elementos de madera estructurales piso de ventiladores, barandales y reinstalado el relleno se procederá al final de nuestro programa con la instalación de la lámina nueva. Para esta actividad nos apoyaremos con andamios para su instalación.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró La herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.

- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de desmontaje de láminas.
- Desmontaje de láminas iniciando con el retiro de las pijas de sujeción con pistola de impacto
- Desmontaje de hoja de lámina hasta el nivel de piso.
- Instalación de lámina nueva de FRP con pijas de sujeción de acero inoxidable utilizando pistola de impacto eléctrica.
- Sellado en cada traslape con sellador sikaflex 1a para su correcta instalación.
- Instalación de esquineros de FRP de 12 oz/ft², 1< en las 4 esquinas de la Torre de Enfriamiento.
- Uso en todo momento de manlift para facilitar la instalación.
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.
- Carga de material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- limpieza del área de trabajo.

Concepto 4.

Desmantelamiento y colocación de lámina para Louvers de fibra de vidrio de 5.22 mts. X 1.06 mts.

Planeación Integral: Desmontaje de lámina de FRP y soportes existentes de madera e instalación.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.

- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Armado de andamios hasta el nivel de desmontaje de láminas.
- Desmontaje de hoja de láminas Iniciando con las pijas y tornillería de sujeción de sujeción con pistola de impacto.
- Desmontaje de hoja de lámina louver hasta el nivel de piso.
- Limpieza con hidrolavadora de las láminas producto del desmontaje.
- Instalación de lámina limpia de FRP con tornillería de acero inoxidable utilizando pistola de impacto eléctrica.
- Instalación de nuevos soportes de madera y nuevos soportes de barra de louver de polipropileno.
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad número.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 5.

Desmantelamiento y suministro y colocación de columnas de 3 ½ X 3 ½ de sección y 8.8 mts. De alto para soportes de Louver

Planeación Integral: Posterior al desmantelamiento de lámina de pared, se procederá a el retiro provisional de louver's y relleno de la periferia de la torre para cambiar las columnas de 3 ½" x 3 ½", realizando esta actividad con dos frentes distribuidos de manera encontrada para no comprometer la verticalidad de la estructura, realizando el cambio de manera intercalada para cumplir con el 100% del cambio en dos vueltas.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.

- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.
- Desmontaje de relleno laminar (actual) teniendo cuidado de no dañar los paquetes posteriormente se reinstalarán.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiaran.
- Desmontaje de láminas iniciando con las pijas y tornillería de sujeción con pistola de impacto.
- Desmontaje de columnas en 2 secciones, la primera de desplante y la siguiente hasta el pasamanos de barandal.
- Instalación de nuevas columnas en 2 tramos del primer de 3 ½" × 3 ½" × 6.25 m. y la 2ª hasta el paso manos de 3 1/2" × 3 ½" × 3.48 m.
- Se utilizaron empates y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Instalación de esquinero de madera machimbrada de 3/4" × 60 cm. × 3.7 m. Incluyendo 3 cartabones de 1 ½" de espesor. Se instalarán en las 4 esquinas de la Torre de Enfriamiento.
- instalación de relleno producto del desmantelamiento (del producto recuperado).
- Carga de material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 6.

Desmantelamiento, suministro y colocación de largueros de 3 ½ X 3 ½ de sección

Planeación Integral: Desmantelamiento de largueros de 1 ½" × 3 ½" ubicados en las columnas de louver e instalación de nuevos largueros.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.

- Desmontaje de relleno laminar (actual) teniendo cuidado de no dañar los paquetes posteriormente se reinstalarán.
- Desmontaje e instalación de largueros longitudinales de zona de diluvio.
- Se utilizarán empates y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Instalación de relleno producto del desmantelamiento (relleno recuperado).
- Desarmado de andamios hasta el nivel del piso.
- Carga del material producto del retiro de camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 7.

Desmantelamiento, suministro y colocación de módulo de dos largueros con secciones de 3 ½ X 3 ½ de espesor y 71 ½ de largo cada uno

Planeación Integral: Desmantelamiento de largueros de dobles de 1 ½” × 3 ½” ubicados en el segundo nivel de la Torre de Enfriamiento e instalación de nuevos largueros.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.
- Desmontaje de relleno laminar (actual) teniendo cuidado de no dañar los paquetes posteriormente se reinstalarán.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiaran.
- Desmontaje e instalación de largueros longitudinales de la zona de diluvio y cámara plena.
- Se utilizarán empates y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Instalación de relleno laminar producto del desmantelamiento (relleno recuperado).
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.

- Carga de material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 8.

Desmantelamiento, suministro y colocación de columnas de 3 ½ X 3 ½ de sección y 2.55 mts.

Planeación Integral: Desmantelamiento de columnas sección 3 ½” × 3 ½” del nivel de cámara plena e instalación de elementos nuevos, las columnas a cambiar se encuentran en la zona perimetral y la mayoría al interior de celdas, debido que son columnas de soporte se cambiarán una por una hasta la conclusión del total del volumen considerado.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiarán.
- Desmontaje de columnas de 2.55 metros. de altura en el nivel de cámara plena (zona de eliminador).
- Instalación de nuevas columnas de 3 ½” × 3 ½” × 2.55 metros.
- Se utilizarán empates y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 9.

Desmantelamiento, suministro y colocación de módulo de dos cargadores con sección de 18.4 cms. De alto por 6.3 cms. De espesor y 13.05 mts. de largo cada uno

Planeación Integral: Desmantelamiento de cargadores de 6.3 cm. espesor × 18.4 cm. altura y una longitud total de 13.05 m. ubicados en la zona de piso de ventiladores.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiaran
- Desmontaje instalación de largueros transversales en 3 secciones y dos largueros de 4.31 metros y uno de 4.43 metros los cuales se considerarán dobles (2 largueros por cada columna).
- Se utilizarán empates y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 10.

Desmantelamiento, suministro y colocación de cargadores con sección de 18.4 cms. de alto por 6.3 cms. De espesor y 3.90 mts. de largo cada uno

Planeación Integral: Desmantelamiento de cargadores de 6.3 cm. espesor por 18.4 cm. de altura y una longitud total de 3.9 m. ubicados en la zona de piso de ventilador (soportes intermedios).

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiaran.
- Desmontaje e instalación de largueros zona de piso de ventilador con una longitud de 3.90 metros.
- Se utilizarán empates y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 11.

Desmantelamiento, suministro y colocación de módulo diagonales con sección de 3 ½ X 3 ½ pulgadas de largo

Planeación Integral: Desmantelamiento de diagonales con sección de 3 ½" x 3 ½" x 81" de largo e instalación de elementos nuevos, realizando esta actividad después de haber retirado el piso de ventiladores para un trabajo más práctico y seguro, donde se aprovecha el cambio de los módulos de cargadores y columnas en su caso.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, acarreo y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.

- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamios hasta el nivel de piso.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiaran.
- Desmontaje e instalación de diagonales en cámara plena (nivel de eliminador a nivel de piso de ventiladores).
- Se utilizarán conectores nuevos y tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación.
- Desarmado de andamios hasta el nivel de piso.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 12.

Desmantelamiento, suministro y colocación de barandales

Planeación Integral: Desmantelamiento e instalación de barandales de sección 1 ½” x 3 ½” en 3 niveles de la Torre de Enfriamiento, para la colocación de barandales se aprovechará cuando se realice el cambio de columnas para hacer llegar las columnas perimetrales hasta la altura del barandal y que un solo cuerpo dando mayor estabilidad al barandal, se realizará aprovechando el cambio de soportes de piso de ventiladores para esta actividad.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Desmontaje e instalación de barandales en 3 niveles, rodapié, pasarodilla y pasamanos.
- Limpieza de elementos con hidrolavadora que la residencia de obra indico cuáles se cambiaran.

- Utilización de tornillería de acero inoxidable para su correcta instalación y el uso de empates de madera.
- Refuerzo a los barandales con el uso de clavo de potencia de acero inoxidable.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 13.

Desmantelamiento, suministro y colocación de piso de ventiladores

Planeación Integral: Desmantelamiento de piso de ventiladores de 38 mm de espesor machimbrado y fijado con clavo rolado de acero inoxidable. Esta actividad se realizará posterior a que se hayan retirado las chimeneas, para tener el piso libre y retirarlo, una vez retirado se realizará el cambio de cargadores para posteriormente colocar el piso de madera machimbrado y fijado a los cargadores.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Esta actividad se lleva a cabo durante la partida 15 (conexión de chimeneas de FRP) y que se necesita el piso libre.
- Una vez desmontados las chimeneas de la partida 15 se procede a desclavar el piso de ventiladores y su instalación a base de madera machimbrado de 38 mm de espesor.
- Se utilizará clavo de potencia en acero inoxidable para su correcta instalación.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 14.

Suministro de chimenea de fibra de vidrio

Planeación Integral: Suministro de chimenea de fibra de vidrio FRP, el suministro se realiza de acuerdo con el programa presentado.

Procedimiento Constructivo:

- Suministro de cono de fibra de vidrio FRP de 4.25 metros de altura 1 pieza.
- Movimiento de segmentos de chimenea a zona de Torre de Enfriamiento
- Armado de chimenea en el nivel de piso de ventiladores.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 15.

Conexión de las chimeneas de fibra de vidrio de FRP a la plataforma del piso de ventiladores

Planeación Integral: Una vez terminado con la instalación del machimbre del piso de ventiladores se procederá a la instalación de las chimeneas, después de haber sido armadas con tornillería de acero inoxidable t-304, a nivel de piso, se realiza el izaje y colocación apoyada con grúa de 60 toneladas de capacidad.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Desmontaje de 4 conos de FRP de la Torre de Enfriamiento a nivel de piso con el apoyo de grúa.
- Cambio de tornillería de acero inoxidable 304 en unión de segmentos.
- Izaje de 3 chimeneas con cambio de tornillería e izaje de chimenea de FRP Nuevo (4 conos en total).
- Instalación de soportes de madera en los redondeles de las chimeneas.
- Fijación de las 4 chimeneas de FRP al piso de ventiladores con tornillería nueva de acuerdo con el plano 125

- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 16.

Desmantelamiento, suministro y colocación de eliminador de humedad

Planeación Integral: Desmontaje de eliminador de humedad e instalación de eliminador nuevo tipo celular, el eliminador de rocío es uno de los primeros materiales a retirar, así mismo debe ser el último material que se debe instalar, después de haber realizado del cambio de todos los elementos considerados en la zona de arrastre como columnas, cargadores, piso de ventiladores e instalación de chimeneas con la finalidad de no dañarlo, éste eliminador se coloca al final de los trabajos, ya que es el sello que impide que arrastre agua hacia el exterior de la Torre de Enfriamiento y debe estar en perfectas condiciones.

Procedimiento constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Desmontaje de eliminador de rocío de tipo celular
- Instalación de paquetes de eliminadores nuevos en sección de 5 ¼” x 1 ft x 6 ft con una pérdida del 0.001% del flujo de agua de recirculación.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 17.

Desmantelamiento, suministro y colocación de sistema de humectación de torre de enfriamiento

Planeación Integral: Desmontaje de sistema de humidificación e instalación de sistema nuevo, el sistema de humectación de la torre será de tubería de PVC, ced. 40 de 3” y 4” las válvulas de bola serán de SS T-304 y se realizarán pruebas de aspersion y prueba hidrostática una vez que se concluya con la instalación.

Procedimiento constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Armado de andamio para desmontaje de tubería en pared frontal
- Desmontaje de la línea de tubería de 4” diámetro a nivel de basín.
- Desmontaje de 4 líneas de tubería de 3” diámetro de la pared frontal
- Desmontaje de 2 líneas de tubería a nivel de piso de ventilador y nivel de cámara plena.
- Instalación de sistema de humidificación a base de tubería cédula 40 de 3” diámetro y 4” diámetro
- Se considera la instalación de 4 válvulas de bola de acero inoxidable de 3” diámetro
- Instalación de 4 aspersores por celda en cámara plena de rocío de 360 grados (16 en total).
- Instalación de 4 aspersores por celda en piso de ventilador con rocío de 180 grados (16 en total).
- Realización de prueba hidrostática por 30 minutos.
- Desarmado de andamios
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 18.

Desmantelamiento, suministro y colocación de escaleras de acceso a la zona de arrastre

Planeación Integral: Desmontaje de escaleras en zona de eliminadores de humedad e instalación de escaleras nuevas, las escaleras de acceso a la zona de arrastre se colocan previo a la instalación del eliminador de rocío, utilizando tornillería de acero inoxidable T-304.

Procedimiento constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Desmontaje de escaleras existentes de madera.
- Instalación de escalera a base de postes y peldaños de madera y sujeción a la estructura con tornillería de acero inoxidable.
- Refuerzo con clavo de potencia en secciones donde se requiera para su correcta instalación.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 19.

Desmantelamiento, suministro y colocación de madera de pared interna de celdas

Planeación Integral: Desmontaje de madera machimbrada en particiones de celdas y su instalación de elementos nuevos, estos trabajos se realizan aprovechando el retiro de eliminador de rocío y el relleno de la pared divisoria, para estas dos actividades utilizaremos clavo de acero inoxidable T-304.

Procedimiento constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.

- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Desmontaje de madera machimbrada, donde indique la supervisión de CFE, suministro e instalación de madera nueva.
- Instalación de escalera a base de postes y peldaños de madera y sujeción a la estructura con tornillería de acero inoxidable.
- Refuerzo con clavo de potencia en secciones donde se requiera para su correcta instalación.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Concepto 20.

Desmantelamiento, suministro y colocación de diagonales de madera

Planeación Integral: Desmontaje de madera machimbrada en paredes de viento e instalación.

Procedimiento Constructivo:

- Se consideró la herramienta necesaria, equipo, el personal necesario y de la capacidad requerida para garantizar la correcta ejecución de la obra dentro del programa de ejecución establecido.
- Manejo de carga, carrero y descarga de herramienta y equipo del almacén de la contratista Servicios Integrados en Sistemas de Enfriamiento, hasta el área necesaria para la correcta ejecución de los trabajos.
- Equipo de seguridad y las medidas necesarias mencionadas y publicadas en las bases de licitación.
- Delimitación del área de trabajo con cintas delimitativas y señalativas de riesgo así mismo con cuerdas que impida el paso y que resguarden al personal que por necesidad se encuentre en la sección que se desmantelará.
- Elevación de herramienta, equipo y materiales al lugar de desmontaje y/o instalación.
- Se hizo la consideración que la Torre de Enfriamiento se encuentra con elementos dañados por lo que se tomó especial cuidado en los puntos de anclaje del personal.
- Desmontaje de madera machimbrada, donde indique la supervisión de CFE, suministro e instalación de madera nueva.

- Refuerzo con clavo de potencia en secciones donde se requiera para su correcta instalación.
- Carga del material producto del retiro al camión de 3.5 toneladas y traslado al almacén general de la Central.
- Descenso de herramienta y equipo de seguridad.
- Limpieza del área de trabajo.

Para cada una de las actividades, se realizará limpieza de cada frente de trabajo de manera constante durante la ejecución de los trabajos y una limpieza total al final de los trabajos.

V.9.2 Identificación de elementos dañados

Previo a la planificación del proyecto de rehabilitación de la Torre de Enfriamiento, es necesario conocer el antecedente de los mantenimientos realizados, y los tiempos de ejecución para considerar el tiempo de trabajo y su estado físico de los elementos estructurales de madera, esta inspección la realice en una parada programada de la Unidad Generadora, ya que se encuentra operativamente fuera de servicio, teniendo un acceso libre y sin riesgos al interior de las celdas y en sus diferentes niveles, realicé la inspección física de todos y cada uno de los elementos estructurales de madera, sus componentes y sistemas como de humectación, alumbrado y aspersion de la torre, la identificación se realiza marcando en un plano los elementos que se encontraban dañados, tomado el criterio que por su condición física estuviera en riesgo de fractura o falla del elemento por desgaste, agrietamiento o abertura del elemento.

La identificación de elementos estructurales dañados es el parteaguas para definir el alcance del proyecto de rehabilitación, debido que se toman los criterios para definir en base al volumen total de los elementos y el presupuesto autorizado para la ejecución de los trabajos.

El alcance final de los trabajos se realizó debido a la correcta identificación de los elementos más dañados, se tiene la responsabilidad de tomar las decisiones adecuadas para que los elementos identificados aporten seguridad estructural y se mantengan en óptimas condiciones ampliando el tiempo de vida útil de estos elementos.



Ilustraciones 57

Identificación de elementos estructurales de madera dañados

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

V.9.3 Sustitución de elementos estructurales de madera

El objeto de la rehabilitación es mantener la Torre de Enfriamiento en condiciones de seguridad estructural, uno de los elementos importantes de la estructura de la torre son las columnas ya que dan el soporte al peso propio de la misma y su equipamiento, para la sustitución de dichos elementos es necesario realizar el cambio por secciones, en cada celda y por niveles para asegurar que los trabajos no tengan riesgo, ya que no realizar este procedimiento podría descompensar los esfuerzos verticales y desestabilizar alguna zona, generando un riesgo para la estructura, para su correcta ejecución se procedió realizando la planeación para el desmontaje y colocación de los nuevos elementos en secciones de 2.50 metros de longitud, realizando el cambio de manera breve y precisa de tal forma que no afectara su estabilidad.

El procedimiento para el cambio de elementos diagonales, consistió en tener las secciones libres a diferentes niveles para poder aflojar tornillería y placas de conexión retirando y sustituyendo cada elemento de madera con una longitud de 2.50 metros, para no generar riesgos se planeó el retiro de tal forma que se realizara por celdas, con este procedimiento se asegura que todos los elementos queden fijados en la misma posición y se dé continuidad estructural a lo largo de la diagonal desde el desplante hasta el nivel de piso de ventiladores.

V.9.4 Cambio de Sistemas Auxiliares

Los sistemas auxiliares de la Torre de Enfriamiento en cada uno de sus componentes, son parte indispensable para el correcto funcionamiento y operatividad, estos sistemas deben operar con eficiencia y seguridad para lo cual están diseñados, los sistemas auxiliares son; Sistema de distribución de agua de entrada conformado por líneas principales y secundarias de pvc hidráulica que se distribuyen en el área total de cada celda, Sistema humectación que se encuentra a nivel de piso de ventiladores y a nivel de cámara plena con el objetivo de tener humectada las áreas de madera de Torre de Enfriamiento que se encuentra expuesta a la intemperie y en condiciones secas cuando se encuentra fuera de operación, Sistema de alumbrado a nivel de piso de ventiladores y en escaleras de acceso a la Torre de Enfriamiento.

V.9.4.1 Sistema de ventilación

Los ventiladores de la Torre de Enfriamiento proporcionan aire en movimiento a través de su equipo electromecánico, motor, flecha y reductor de velocidad con la finalidad de hacer girar las aspas de los ventiladores y poder extraer el vapor generado para enfriar el agua de condensación mediante evaporación y coadyuvar a la transferencia de calor.

Los ventiladores se encuentran dentro de una chimenea de fibra de vidrio que se compone por secciones y una escotilla para dar mantenimiento los ventiladores en caso de reparación o mantenimiento preventivo.

V.9.4.2 Sistema de distribución de agua de entrada

Este sistema tiene la funcionalidad de distribuir en toda la superficie de cada una de las celdas para que la dispersión del agua de entrada a alta temperatura este distribuida uniformemente sobre el elemento relleno, este sistema de distribución de agua de entrada está integrado por conjunto de líneas de pvc hidráulico cedula 80 de 6" de diámetro distribuido en 3 líneas en una celda y la dispersión a través de regaderas de aspersion a cada 1 de separación. Derivado de las condiciones en que se encontraba las regaderas y tubería fue necesario considerar el cambio total de las líneas de pvc de 6 con la finalidad de garantizar la operatividad del sistema ya que constantemente se presentan roturas en codos y desprendimiento de regaderas dejando pasar el chorro de agua directo al relleno perdiendo eficiencia en el enfriamiento del agua, por lo que se retiró completamente del sistema.

V.9.4.3 Sistema de humectación

El sistema de humectación en una Torre de Enfriamiento sirve para mantener mojada la estructura de madera en cortos y largos periodos de paro de la unidad, evitando se puede prender ya que el maderamen se encuentra seco, con este sistema se garantiza que se mantiene humectada.

La red del sistema de humectación abarca desde la toma de agua impulsada por una bomba de agua y se tiene un sistema de riego en la zona de arrastre, con ésta distribución se humecta toda la superficie de la estructura desde la zona de arrastre hasta el desplante de la estructura, la otra distribución del sistema de humectación abarca la zona de piso de ventiladores con lo cual se mantiene en todo

momento mojado el piso para evitar que el maderamen que se encuentra seco pueda prenderse y generar algún incendio en este nivel.

El sistema de humectación es a través de líneas de pvc de diferentes diámetros que van disminuyendo conforme se distribuye en un área específica y se reducen los diámetros y la salida del agua es a través de aspersores de un radio de giro de 90 grados, 180 grados y 360 grados, específicamente en la cámara plena y piso de ventiladores.

V.9.4.4 Sistema de alumbrado

El alumbrado de la Torre de Enfriamiento está conformado por lámparas de alta presión de sodio y balastro de alta eficiencia, para este tipo de instalación una iluminación de 20 luxes se considera suficiente por el área a iluminar. Se consideraron lámparas de iluminación en la escalera de acceso a piso de ventiladores de la Torre de Enfriamiento, así como los pasillos superiores laterales a nivel de ventiladores. Para seguridad de la instalación la trayectoria del cableado es por charola de aluminio desde el tablero de alumbrado hasta la Torre de Enfriamiento, el cableado debe quedar amarrado a la charola, la trayectoria desde tablero de alumbrado a la charola de ruta de cableado debe ser por tubería Conduit de aluminio cédula 40. Se instaló un anillo de tubería Conduit de aluminio cédula 40 donde se encuentran alojados los cables de alimentación cuya trayectoria es el adecuado para alimentar todas las lámparas. La llegada a las lámparas es mediante tubería flexible y conectadores a prueba de agua. Cuenta con un control para encendido o apagado del alumbrado de la Torre de Enfriamiento mediante foto celda.

Las lámparas se encuentran instaladas en postes de aluminio de cédula 80 a una altura de 2 m. los herrajes son de acero inoxidable, los postes tienen un acabado conforme a las especificaciones de recubrimientos anticorrosivos vigentes de CFE.

V.9.5 Supervisión de trabajos ejecutados

Para obtener resultados satisfactorios en este tipo de proyectos de obra pública, fue necesario llevar a cabo una estricta supervisión de todas las actividades realizadas por parte del contratista, las cuales están basadas en las especificaciones técnicas del proyecto y del programa de obra, ya que ahí, se plasman los requerimientos generales y específicos para el desarrollo de los trabajos a ejecutar, con la finalidad de garantizar que las actividades se realicen en base a los procedimientos constructivos, con los materiales requeridos y los tiempos contemplados en el programada de obra, supervisando el cumplimiento cabal de las especificaciones técnicas, que la ejecución de los trabajos se realice con la mano de obra especializada, verificando el uso de los equipos y herramientas de apoyo específicos para cada trabajo, haciendo énfasis de la seguridad e integridad del personal ejecutor, evitado realicen maniobras que puedan generar incidentes, así también cuidando el uso e instalación correcta de los materiales dando un seguimiento diario de cada actividad del proyecto para garantizar la calidad en todo su proceso desde la planeación hasta la entrega que fue a entera satisfacción del residente de obra de CFE .



Ilustraciones 58

Supervisión de la ejecución de los conceptos de trabajo

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

V.9.6 Terminación y entrega del proyecto de rehabilitación de la Torre de Enfriamiento

Concluidos los trabajos, elaboré por escrito la terminación de los trabajos ejecutados, que pueden ser totales o parciales, en particular para este contrato se tuvieron trabajos terminados, identificables y susceptibles de utilizarse y conservarse, para que, en el plazo establecido del contrato, el representante del área responsable de la administración y supervisión de la ejecución del contrato, la supervisión de CFE verifique que los trabajos se encuentren debidamente concluidos.

La verificación física de los trabajos, realizada por la supervisión de CFE, se realiza durante el proceso de obra, previo, al inicio, durante y al final de cada concepto de obra, si observa deficiencias en la terminación de los mismos, o determina que éstos no han sido realizados de acuerdo con los requerimientos o especificaciones del contrato y sus anexos, solicita por escrito su reparación o corrección, a efecto de que éstos se realicen conforme a las disposiciones establecidas en el contrato y sus anexos. En este supuesto, el plazo de verificación de los trabajos pactado en el contrato se podrá prorrogar por el período que acuerden las partes para la reparación de las deficiencias.

Al concluir los trabajos realicé la acta entrega recepción de los trabajos que comprende el contrato de obra No 9400072505, en cual especifica toda información relacionada al cumplimiento de las cláusulas del contrato de obra, la información debe plasmarse contemplando los datos generales del funcionarios responsables de la ejecución del contrato, datos del contratista ejecutor de la obra, fecha de inicio de obra, importe original contratado, plazo de ejecución, importe de anticipo otorgado, estimaciones presentadas, modificaciones al contrato original debido al porcentaje ejecutado en cada concepto de obra, condiciones en que se entrega la obra por parte del contratista, plazo de ejecución, monto total de los trabajos ejecutados reales, condiciones en que la supervisión de CFE recibe los trabajos, las garantías por anticipo, de cumplimiento, vicios ocultos y sus fianzas, extensión de amplio finiquito y extinción de derechos y obligaciones, con esta información se da cumplimiento a la información relevante del contrato de obra y se plasman las obligaciones y derechos entre la institución y el contratista concluyendo con las firmas de conformidad por ambas partes.

ACTA ADMINISTRATIVA DE ENTREGA-RECEPCION Y CIERRE DE CONTRATO

"REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4 DE LA C.T.C.C. EL SAUZ"

CONTRATO 9400072505

05 DE JUNIO DE 2013

SIENDO LAS 10:00 HORAS DEL DÍA 05 DE JUNIO DE 2013, SE REUNIERON EN LA SALA DE JUNTAS DE LA SUPERINTENDENCIA GENERAL, EL ING. EDGAR ORTEGA BAUTISTA, SUPERINTENDENTE GENERAL, FEDERICO MIGUEL BECERRIL RAMÍREZ, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y EL ING. ENRIQUE LÓPEZ GARCÍA, DE LA COMPAÑÍA **SERVICIOS INTEGRADOS EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO S.A. DE C.V.** CON EL OBJETO DE LLEVAR ACABO EL ACTA ADMINISTRATIVA DE CIERRE Y ENTREGA FÍSICA DE LOS TRABAJOS DE OBRA CONSISTENTES EN: **REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4 DE LA C.T.C.C. EL SAUZ**, AL AMPARO DEL CONTRATO NÚMERO 9400072505 CON UN MONTO DE \$ 3'895,816.46 ANTES DE IVA, OTORGADO A LA EMPRESA **SERVICIOS INTEGRADOS EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO S.A. DE C.V.** MEDIANTE EL PROCESO DE INVITACIÓN A CUANDO MENOS TRES PERSONAS NUMERO GRPC-SAUZ-002/2013.

1.- DEL ANTICIPO OTORGADO.

SE OTORGO ANTICIPO POR LA CANTIDAD DE \$ 1'168,744.93 (UN MILLÓN CIENTO SESENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CUATRO PESOS 93/100 M.N.) MAS IVA.

2.- DE LAS ESTIMACIONES.

EL PAGO POR LA OBRA EJECUTADA SE LIBERO EN DOS ESTIMACIONES, SEGÚN SE RELACIONA LOS "PAGOS DE ESTIMACIONES".

ESTIMACION No UNO (1) \$ 1'061,453.41 MÁS IVA

ESTIMACION No DOS (2) FINAL \$ 2'831,500.05 MÁS IVA

3.- DE LAS MODIFICACIONES A LOS CONCEPTOS DE TRABAJO.

NO SE EJECUTARON AL 100% LOS CONCEPTOS No: 5, 12, 13, 19 DEL CATALOGO ORIGINAL, TODOS LOS CONCEPTOS DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS TIENEN UN MONTO DE \$ 3'892,953.46 (TRES MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 46/100 M.N.) MÁS IVA.

Autopista México Querétaro Km. 176.5 El Sauz, Municipio de Pedro Escobedo, Querétaro

ACTA ADMINISTRATIVA DE ENTREGA-RECEPCION Y CIERRE DE CONTRATO

"REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4 DE LA C.T.C.C. EL SAUZ"

CONTRATO 9400072505

05 DE JUNIO DE 2013

4.- DE LAS CONDICIONES EN QUE EL CONTRATISTA ENTREGA LOS TRABAJOS.

MANIFIESTA NO TENER PENDIENTES DE COBRO ANTE C.F.E. LA CONTRATISTA ENTREGA FÍSICAMENTE LOS TRABAJOS AMPARADOS EN EL PRESENTE CONTRATO EL DÍA 12 DE MAYO DE 2013.

5.- DEL PLAZO DE EJECUCIÓN.

EL PLAZO DE EJECUCIÓN CONTRACTUAL FUE DE 60 DÍAS NATURALES, CON FECHA DE INICIO EL DÍA 14 DE MARZO DE 2013 Y TÉRMINO EL DÍA 12 DE MAYO DE 2013, EL PLAZO DE EJECUCIÓN REAL FUE CON FECHA DE INICIO Y TERMINACIÓN LOS DÍAS 14 DE MARZO DE 2013 Y 12 DE MAYO DE 2013 RESPECTIVAMENTE.

6.- DEL MONTO TOTAL DE LOS TRABAJOS.

EL MONTO TOTAL DE LOS TRABAJOS CONTRATADOS ORIGINALMENTE ES DE \$ 3'895,816.46 (TRES MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS DIECISEIS PESOS 46/100 M.N.) MÁS IVA, EL MONTO TOTAL DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS ES DE \$ 3'892,953.46 (TRES MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 46/100 M.N.) MÁS IVA., RESULTANDO UN MONTO A CANCELAR POR \$ 2,863.00 (DOS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES PESOS 00/100 M.N.)

7.- DE LAS CONDICIONES EN QUE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD RECIBE LOS TRABAJOS.

SE RECIBEN LOS TRABAJOS EJECUTADOS A RESERVA DE LOS DEFECTOS Y VICIOS OCULTOS QUE EN ELLOS PUDIERON ENCONTRARSE, PARA LO CUAL EL CONTRATISTA ENTREGA LA FIANZA DE GARANTÍA, POR DEFECTOS Y VICIOS OCULTOS DE CONFORMIDAD EN LO ESTABLECIDO EN LA CLAUSULA NOVENA (GARANTÍAS) DEL CITADO CONTRATO.

Autopista México Querétaro Km. 176.5 El Sauz, Municipio de Pedro Escobedo, Querétaro

ACTA ADMINISTRATIVA DE ENTREGA-RECEPCION Y CIERRE DE CONTRATO**"REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4 DE LA C.T.C.C. EL SAUZ"**

CONTRATO 9400072505

05 DE JUNIO DE 2013

8.- DE LAS GARANTÍAS.

FIANZA No 126AT0013 DE LA AFIANZADORA DORAMA S.A. POR CUMPLIMIENTO DE SUS OBLIGACIONES CONTACTUALES POR \$ 389,581.64 (TRECIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y UN PESOS 64/100 M.N.) EQUIVALENTE AL 10% DEL MONTO TOTAL DEL CONTRATO.

FIANZA No 127AT0013 DE LA AFIANZADORA DORAMA S.A. PARA LA CORRECTA INVERSIÓN EXACTA AMORTIZACIÓN O DE LA DEVOLUCIÓN DEL ANTICIPO OTORGADO POR \$ 1'355,744.12 (UN MILLÓN TRECIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y CUATRO PESOS 12/100 M.N.) EQUIVALENTE AL 30% DEL MONTO TOTAL DEL CONTRATO.

FIANZA No 265AT0013 DE LA AFIANZADORA DORAMA S.A. PARA LAS RESPONSABILIDADES DERIVADAS DE DEFECTOS DE EJECUCIÓN, DE VICIOS OCULTOS O CUALQUIER OTRA RESPONSABILIDAD QUE HAYA INCURRIDO EL CONTRATISTA POR \$ 389,295.34 (TRES CIENTOS OCHENTA Y NUEVE MIL DOS CIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 34/100 M.N.) EQUIVALENTE AL 10% DEL IMPORTE DE LOS TRABAJOS EJECUTADOS DEL CONTRATO.

9.- DE LA CONFORMIDAD EN LA ENTREGA- RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD RECIBE LOS TRABAJOS DEL CONTRATISTA VERIFICANDO QUE SU TERMINACIÓN ES CORRECTA, SIN EMBARGO, LA RECEPCIÓN SE REALIZA A RESERVA DE LOS DEFECTOS Y VICIOS OCULTOS QUE EN ELLOS PUDIERA ENCONTRARSE.

10.- EL CONTRATISTA EXTIENDE AMPLIO FINIQUITO.

EL CONTRATISTA EXTIENDE EL MÁS AMPLIO FINIQUITO QUE EN DERECHO PROCEDE, RENUNCIANDO A CUALQUIER ACCIÓN LEGAL QUE TENGA POR OBJETO RECLAMAR CUALQUIER PAGO RELACIONADO CON EL CONTRATO DE CONFORMIDAD CON EL ART. 141 DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS, SALVO EN LO ESTABLECIDO EN EL PUNTO NUMERO 4 DEL PRESENTE DOCUMENTO.

Autopista México Querétaro Km. 176.5 El Sauz, Municipio de Pedro Escobedo, Querétaro

ACTA ADMINISTRATIVA DE ENTREGA-RECEPCION Y CIERRE DE CONTRATO**"REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4 DE LA C.T.C.C. EL SAUZ"**

CONTRATO 9400072505

05 DE JUNIO DE 2013

11.- DE LA EXTINCIÓN DE DERECHOS Y OBLIGACIONES.

SE DA POR EXTINGUIDOS LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES ASUMIDOS POR AMBAS PARTES QUE INTERVINIERON EN EL PRESENTE, DE CONFORMIDAD EN LO ESTABLECIDO EN EL ART. 168 DEL REGLAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS Y SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS.

SIN MÁS ASUNTOS QUE TRATAR SE CIERRA LA PRESENTE ACTA ADMINISTRATIVA DE ENTREGA RECEPCIÓN Y CIERRE DE CONTRATO A LAS 10:30 HRS. DEL 05 DE JUNIO DE 2013, EN LA SALA DE JUNTAS DE ESTA CENTRAL TERMOELÉCTRICA CICLO COMBINADO EL SAUZ.

EL PRESENTE LO FIRMAN AL CALCE LAS PERSONAS INVOLUCRADAS.

POR C. F. E.

CONTRATISTA

FEDERICO M. BECERRIL RAMÍREZ
JEFE DEL DEPTO. DE INGRÍA CIVILING. ENRIQUE LÓPEZ GARCIA
SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCION

Autopista México Querétaro Km. 176.5 El Sauz, Municipio de Pedro Escobedo, Querétaro

*Ilustraciones 59**Acta administrativa de Entrega-Recepción y cierre de contrato de obra 9400072505**Fuente: Contrato de obra pública No 9400072505 CFE*

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SUBDIRECCIÓN DE GENERACION GERENCIA REGIONAL DE PRODUCCION CENTRAL CENTRAL TERMOELÉCTRICA CICLO COMBINADO EL SAUZ	FINIQUITO DEL CONTRATO NUMERO 9400072505
OBRA: "MANTENIMIENTO A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4, EL SAUZ, MPIO. PEDRO ESCOBEDO, QUERETARO" EL DIA 05 DE JUNIO DEL 2013 A LAS 16:00 HRS.	

ESTE DOCUMENTO SE EXTIENDE CON EL OBJETO DE DAR CUMPLIMIENTO A LO DISPUESTO EN EL ARTICULO 64 DE LA LEY DE OBRA PÚBLICAS Y DE SERVICIOS RELACIONADOS CON LAS MISMAS, Y EN EL ARTICULO 168 AL 171 DE SU REGLAMENTO.

OBRA "MANTENIMIENTO A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4, DE LA C.T.C.C. EL SAUZ"

CONTRATO N° 9400072505 MONTO \$3,895,816.46
 IMPORTE CONVENIOS: -\$2,863.00 IMPORTE TOTAL: \$3,892,953.46
 CONTRATISTA: SERVICIOS INTEGRADOS EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO S.A. DE C.V.
 ANTICIPO OTORGADO: \$1,355,744.13
 ANTICIPO AMORTIZADO: -\$1,355,744.13

	SEGUN CONTRATO:	REALES:
FECHAS DE INICIO	14/03/2013	14/03/2013
FECHAS DE TERMINACION	12/05/2013	12/05/2013

I.-IMPORTE DE OBRA EJECUTADA (CON I.V.A.):

OBRA NORMAL SEGUN CONTRATO	\$4,519,147.09
+OBRA ADICIONAL*	-
+ OBRA EXTRAORDINARIA	-
- OBRA CANCELADA	-\$3,321.08
AJUSTE DE COSTOS	\$0.00
(1) IMPORTE TOTAL DE LA OBRA EJECUTADA	\$4,515,826.01

***ANEXO A SEGUN CONVENIO MODIFICATORIO**

II.-CREDITOS A FAVOR DE CFE:

AMORTIZACION DEL ANTICIPO	-\$1,355,744.13
PENALIZACION POR RETENCION 1.0 %	\$0.00
PAGOS EN EXCESO	\$0.00
COSTOS FINANCIEROS	\$0.00
CARGOS POR MATERIALES NO DEVUELTOS	\$0.00
SOBRECOSTO DE OBRA (*)	\$0.00
RETENCIONES, APORTACIONES Y OTROS CARGOS	-\$35,036.58
ANTICIPO NO AMORTIZADO INCLUYENDO CARGOS FINANCIEROS(*)	\$0.00
PENA CONVENCIONAL POR INCUMPLIMIENTO DE CONTRATO	\$0.00
OTROS CARGOS CONTABLES	\$0.00
(2) TOTAL DE CREDITOS A FAVOR DE CFE	-\$1,390,780.71

(*) En caso de rescisión del contrato imputable al CONTRATISTA

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SUBDIRECCIÓN DE GENERACION GERENCIA REGIONAL DE PRODUCCION CENTRAL CENTRAL TERMOELÉCTRICA CICLO COMBINADO EL SAUZ	FINIQUITO DEL CONTRATO NUMERO 9400072505
OBRA: "MANTENIMIENTO A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4, EL SAUZ, MPIO. PEDRO ESCOBEDO, QUERETARO" EL DIA 05 DE JUNIO DEL 2013 A LAS 16:00 HRS.	

III.-LIQUIDACION

ESTIMACION 1 (NORMAL)	\$	846,980.64
ESTIMACION 2 (NORMAL)	\$	2,278,064.67
(3) IMPORTE TOTAL DE OBRA LIQUIDADADA		\$3,125,045.30

RESUMEN

(1) IMPORTE TOTAL DE LA OBRA EJECUTADA	\$4,515,826.01
(2) TOTAL DE CREDITOS A FAVOR DE CFE	-\$1,390,780.71
(3) IMPORTE TOTAL DE OBRA LIQUIDADADA	\$3,125,045.30

IV.-CREDITOS A FAVOR DE LA CONTRATISTA:

(-) C.F.E.	\$4,515,826.01	-\$1,390,780.71	-\$3,125,045.30	\$0.00
(+) CONTRATISTA				

PARA RESPONDER A LA COMISION POR LAS POSIBLES RECLAMACIONES QUE SURJAN EN EL PLAZO DE UN AÑO A PARTIR DE ESTA FECHA, EL CONTRATISTA MANTENDRA VIGENTE LA GARANTIA SIGUIENTE POR DEFECTOS Y VICIOS OCULTOS DE LOS TRABAJOS Y CUALQUIER OTRA RESPONSABILIDAD EN QUE HUBIERE INCURRIDO, MISMA QUE SE EXHIBIO EN EL ACTA DE ENTREGA RECEPCION FISICA (ANEXAS).

FIANZA No.:	265AT0013
IMPORTE: Monto Afianzado	\$389,295.34
FECHA:	12-may-13
CIA. AFIANZADORA:	FIANZAS DORAMA S.A.

EL CONTRATISTA MANIFIESTA NO TENER RECLAMACION ALGUNA HACIA LA COMISION, EN CUANTO AL EJERCICIO DEL CONTRATO CITADO, POR TAL MOTIVO, MEDIANTE ESTE DOCUMENTO, EL CONTRATISTA ENTIENDE EL MAS AMPLIO FINIQUITO QUE EN DERECHO PROCEDA, RENUNCIANDO A CUALQUIER ACCION LEGAL QUE TENGA POR OBJETO RECLAMAR CUALQUIER PAGO RELACIONADO CON EL CONTRATO.

EN CASO DE LIQUIDARSE TODOS LOS PENDIENTES DENTRO DE LOS 15 DIAS NATURALES SIGUIENTES, ESTE DOCUMENTO HARA LAS VECES DE ACTA ADMINISTRATIVA, DANDO POR EXTINGUIDOS LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES DE LAS PARTES EN EL CONTRATO, NO EXISTIENDO OTRO ADEUDO, Y POR LO TANTO, SE DARAN POR TERMINADOS LOS DERECHOS Y LAS OBLIGACIONES QUE GENERA EL CONTRATO CITADO SIN DERECHO A ULTERIOR RECLAMACION.

AMBAS PARTES LEVANTARAN UN ACTA ADMINISTRATIVA SI LOS PAGOS PENDIENTES NO SE EFECTUARAN EN LOS 15 DIAS AQUÍ ALUDIDOS.

EL PRESENTE DOCUMENTO SE FIRMA EN DOS EJEMPLARES POR LAS PERSONAS QUE EN ESTE ACTO INTERVIENEN.

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD SUBDIRECCIÓN DE GENERACION GERENCIA REGIONAL DE PRODUCCION CENTRAL CENTRAL TERMOELÉCTRICA CICLO COMBINADO EL SAUZ	FINIQUITO DEL CONTRATO NUMERO 9400072505
OBRA: "MANTENIMIENTO A TORRE DE ENFRIAMIENTO UNIDAD 4, EL SAUZ, MPIO. PEDRO ESCOBEDO, QUERETARO" EL DIA 05 DE JUNIO DEL 2013 A LAS 16:00 HRS.	

POR COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

FEDERICO MIGUEL BECERRIL RAMIREZ
 JEFE DEPTO. DE INGENIERIA CIVIL
 C.T.C.C. EL SAUZ
 RESIDENTE

LUIS CUESY RAMAGNOLI
 DEPTO. CIVIL C.T.C.C. EL SAUZ
 SUPERVISOR

POR LA CONTRATISTA

SERVICIOS INTEGRADOS EN SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO S.A. DE C.V.
 RECIBI DE CONFORMIDAD

ING. ENRIQUE LÓPEZ GARCÍA
 SUPERINTENDENTE DE
 CONSTRUCCION

ING. TEMOC SAYAVEDRA REYES
 REPRESENTANTE LEGAL

Ilustraciones 60
Finiquito de contrato de obra 9400072505
Fuente: Contrato de obra pública No 9400072505 CFE



Ilustración 61

Conclusión de los trabajos de rehabilitación de Torre de Enfriamiento unidad 4 de la Central Termoeléctrica Ciclo Combinado el Sauz de Comisión Federal de Electricidad

Fuente: Reporte fotográfico Rehabilitación Torre de Enfriamiento U4 CTCC El Sauz CFE

VI.- Conclusiones

VI.- Conclusiones

La operación de la Torre de Enfriamiento es elemental para la generación de energía eléctrica de la unidad 4, las condiciones físicas y estructurales en las que se encontraba la estructura antes de llevarse a cabo los trabajos de rehabilitación permanecían estables, sin embargo varias secciones de elementos de madera que conformaban la estructura ya presentaban deslignificación y desgaste severo en la mayoría de sus elementos, aunado, que en su mayoría los componentes auxiliares presentaban fallas o roturas, inicialmente se identificaron elementos principales de la estructura como columnas y diagonales con desgaste debido a los años de servicio y por estar sometidos a agentes químicos para el tratamiento y control en el proceso del agua, dichos elementos sin llegar a un caso considerable extremo que permitiera la falla y pusiera en riesgo la estructura o llegar al límite del colapso.

La mayoría de los elementos de madera tratada que dan estabilidad a la Torre de Enfriamiento, presentaban daño y desgaste considerable, verificando su estado físico y al realizar las inspecciones a todos los elementos que conforman la estructura, se realizó un muestreo identificando con mayor detalle los elementos principales y su condición como son: columnas, largueros, diagonales, pisos, escaleras, vigas de carga, que presentaban deslignificación, agrietamientos, rajaduras, astillamiento y desgaste severo en la superficie de los elementos.

La oportuna identificación de los elementos principales estructurales que presentaban mayor desgaste permitió tener el tiempo adecuado para estructurar el proyecto iniciando por la planeación, gestión de los recursos financieros, elaboración del paquete de licitación, hasta la ejecución del proyecto de rehabilitación estructural de la Torre de Enfriamiento.

Debido que este tipo de mantenimiento denominado “*Mantenimiento Programado*” ejecutado a la unidad generadora 4, debe llevarse a cabo estrictamente en un periodo programado en días naturales el cual es autorizado por el sistema eléctrico nacional y las autoridades de la subdirección de generación, donde la unidad generadora sale a *mantenimiento programado mayor* que obedece al periodo de horas de operación en base a su ficha técnica del fabricante de la unidad generadora, lo cual permite tener un mayor periodo tiempo para ejecutar este tipo de trabajo, teniendo un periodo prolongado el cual permitió realizar la rehabilitación en tiempo y forma, ya que esta unidad sale a mantenimiento preventivo mayor cada 4 años, y por el alcance de los trabajos se requerían 60 días naturales, el no llevarse a cabo los trabajos en este determinado periodo, se pondría en riesgo la estabilidad estructural de la Torre de Enfriamiento ya que con el tiempo podrían fallar algunos elementos con mayor desgaste poniendo en riesgo la estructura en su totalidad, siendo un riesgo latente, por lo que fue necesario realizar una profunda investigación del comportamiento de diferentes tipos de Torre de Enfriamiento con los mismos materiales con que se conforma la estructura, partiendo de esa información elaboré las especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto ejecutivo para licitación y ejecución, lo cual requirió invertir tiempo, conocimiento, y experiencia ya que por el tiempo limitado para su ejecución, se podrían presentar atrasos, lo cual afectaría la entrega de la Torre de Enfriamiento por parte del contratista y el inicio de operación de la unidad generadora.

Durante la ejecución de los trabajos de rehabilitación, realice la supervisión en cada una de las etapas en base al programa de obra establecido en las especificaciones técnicas, llevando una adecuada coordinación en el contratista quien realizó las actividades en los tiempos estipulados, desde el inicio del proceso, partiendo con la adjudicación del contrato de obra pública, y continuando con los trámites administrativos para la ejecución de la obra, el anticipo financiero para el inicio de obra, así como el desarrollo de los trabajos presentando un puntual avance de cada uno de los conceptos de obra y un adecuado y estricto control en la calidad de los trabajos sin descuidar los aspectos de seguridad e higiene así como los ambientales, supervisando que dentro del desarrollo de los trabajos, se inspeccionaran los suministros de materiales lo cuales deberían contar con la certificación del laboratorio solicitado en las bases de licitación y cumpliendo con las especificaciones técnicas para garantizar la calidad, la supervisión en la ejecución de las maniobras con el personal certificado, los cuales dieran seguridad utilizando las herramientas y equipos especiales para cada actividad, instalaciones de equipos y componentes, hasta la conclusión de los trabajos de cada concepto de obra que conformaba el catálogo de conceptos en base a sus especificaciones generales y específicas, logrando un resultado satisfactorio cumpliéndose los objetivos trazados del proyecto.

Con la ejecución de este proyecto de rehabilitación se obtienen grandes beneficios para el proceso y para la empresa, que garantizan la estabilidad estructural de la Torre de Enfriamiento y prolongan la vida útil la estructura, al haber considerado la sustitución de todos los elementos, equipos y componentes, mejora la eficiencia del equipo y del proceso de enfriamiento, siendo éste la esencia principal de la Torre de Enfriamiento, así también se logró una mejora en la imagen con un aspecto físico de un equipo nuevo y moderno, el proyecto ejecutado fue determinante logrando el objetivo de rehabilitar la Torre de Enfriamiento y dar seguridad estructural para mantener este equipo en operación continua garantizando la generación de energía eléctrica.

La planeación, ejecución y conclusión de este proyecto, conlleva gran responsabilidad institucional profesional y personal, ya que es todo un proceso en el que mostré mis competencias profesionales, técnicas, administrativas, laborales, disciplinarias, las cuales en base a la experiencia y habilidades en el puesto laboral que he venido ejerciendo, por lo que cumplir con los objetivos trazados para este proyecto, dan muestra que los conocimientos adquiridos en mi alma mater la Facultad de Ingeniería de la UNAM, han sido la base para ejercer la carrera de Ingeniería Civil con ética y profesionalismo.

Bibliografía

- Bufete Industrial (1980), Planos de construcción de Torre de Enfriamiento Hamon-Sobelco
- Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz (2016), Prontuario Técnico Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz
- CFE Bases de concurso entregadas por OMNI (proposición) a CFE
- CFE Bases de licitación y sus anexos, así como minutas de juntas de aclaraciones
- CFE Ddirección Corporativa de Operaciones, 2018 Reglamento de Seguridad, e Higiene Capitulo 300 Generación Ciclo Combinado
- CFE Grop, 2013, Contrato de Obra Pública dependencia pública CFE No 9400072505
- CFE Manual de obras civiles de Comisión Federal de Electricidad
- CFE Manual de Torres de Enfriamiento
- CFE Normas de Calidad y Especificaciones generales y particulares
- CFE Programa de Ejecución de los trabajos
- CFE Prontuario Central Termoeléctrica Ciclo Combinado El Sauz
- CFE Sistema de bitácora electrónica de obra pública.
- Comisión Federal de Electricidad (2015), Manual de Diseño de obras civiles de CFE, (versión 2012), Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.
- Contrato de Obra Pública dependencia pública CFE No 9400072505 (2013), Catálogo de Conceptos de contrato de obra Mantenimiento a Torre de Enfriamiento Unidad 4.
- Departamento Civil, Central Ciclo Combinado El Sauz, (2013), Catálogo de Conceptos de contrato de obra 9400072505 Mantenimiento a Torre de Enfriamiento
- Departamento de Materiales, Laboratorio LAPEM (2010), Análisis estructural de la torre de enfriamiento de la Central Ciclo Combinado El Sauz. (Gerencia LAPEM)
- Diario Oficial de la Federación (2010), Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, México, Última reforma publicada: 18 de julio de 2010.
- Diario Oficial de la Federación (2014), Reglamento de la Ley de Obras Públicas de La Comisión Federal de Electricidad
- Diario Oficial de la Federación (2016), Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, México, Última reforma publicada: 13 de enero de 2016.
- Dirección Corporativa de Operaciones CFE (2018), Reglamento de Seguridad, e Higiene Capitulo 300 Generación Ciclo Combinado (CFE Dirección Operativa)
- Dirección de Operación (2018), Proceso de mantenimiento L-2000-070 Sistema Integral de Gestión
- Grupo Omni S.A. de C.V. (2013) Planeación Integral y procedimiento constructivo de ejecución de los trabajos, (propuesta técnica licitación GRPC-SAUZ-I3PN-002/2013)
- Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, Última reforma Diario Oficial de la Federación. 09 de abril de 2012.

- Manual Administrativo de Aplicación General en Materia de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas.
- Químico Jorge Pérez García (2008) Inspección y evaluación de sales CCA del maderamen de la Torre de Enfriamiento de la unidad 4 de la CTCC EL SAUZ
- Reglamento de la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, Última reforma Diario Oficial de la Federación. 28 de julio de 2010.
- Subdirección de Generación (2016), Manual de mantenimiento de la Subdirección de Generación de CFE
- Subdirección de Generación CFE (2016), Manual de mantenimiento de la Subdirección de Generación. (Sistema Integral de Gestión CFE, Documentos Generación Manuales, M-2000-BB10)
- Mott R. L. “Diseño de Elementos de Maquinas”, Prentice Hall, 1992.
McCormac J, “Diseño de estructuras de acero Método LRFD”, Alfaomega, 1996
Castillo, “Análisis y diseño de estructuras” tomo 1, Alfaomega, 1997.
Ansys Inc. “Elements Manual” Ansys Inc.

Cibergrafía

- Comisión Federal de Electricidad, *Acerca de la CFE*, encontrado el 25 de octubre de 2019 en <https://www.cfe.mx/acercacfe/Quienes%20somos/Pages/historia.aspx>
- Comisión Federal de Electricidad, *Código de ética de la CFE*, sus empresas productivas subsidiarias y empresas filiales, encontrado el 20 de octubre de 2019 en <https://www.cfe.mx/acercacfe/Documents/Codigo-de-etica-y-conducta/Codigodeetica2015.pdf>
- Comisión Federal de Electricidad, Nuestra empresa, Estructura, Unidades de negocio, LAPEM (*Especificación YX000-03 Torres de enfriamiento de madera de tiro inducido (contraflujo y flujo cruzado)*). https://lapem.cfe.gob.mx/normas/qbe_normas.asp
- Comisión Federal de Electricidad, Nuestra empresa, Estructura, Unidades de negocio, LAPEM (*Especificación YX000-24 Madera de repuesto para Torres de enfriamiento*). https://lapem.cfe.gob.mx/normas/qbe_normas.asp
- **Glaciar Ingenierías, S.A.S.** *Tipos de Torres de Enfriamiento y sus características*, encontrado el 20 de octubre de 2019 en, <https://glaciaringenieria.com.co/tipos-torres-enfriamiento-caracteristicas/#:~:text=Torres%20de%20enfriamiento%20en%20Circulaci%C3%B3n%20natural&text=Se%20usan%20en%20peque%C3%B1as%20instalaciones,del%20interior%20de%20la%20torre.>