



Somos más que energía



A cinco años de la Cuarta Transformación, somos más que energía

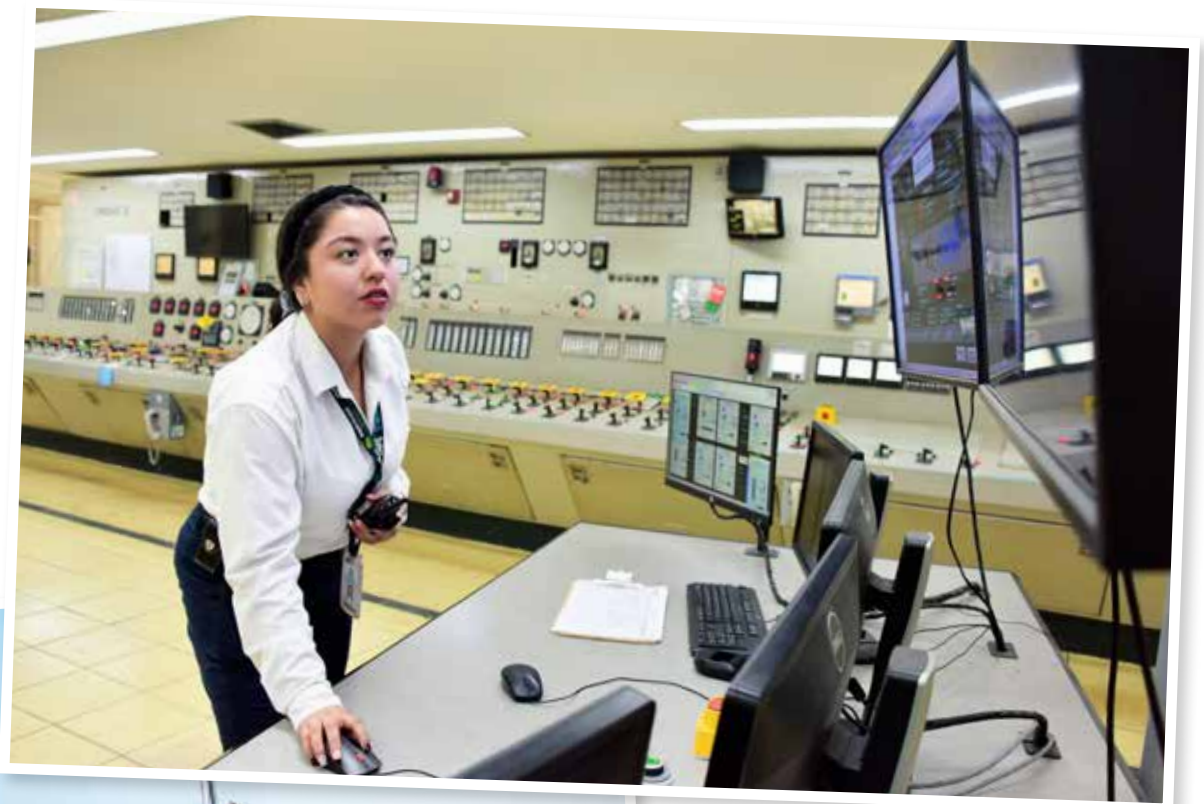
El rescate de la Comisión Federal de Electricidad es hoy una realidad. Gracias al impulso de este gobierno, el movimiento que lo respalda y el apoyo de los más de 90 mil trabajadores y trabajadoras de la CFE, no sólo se evitó que fuera vendida como chatarra a empresas extranjeras, sino que se le ha fortalecido con inversión en infraestructura y proyectos sociales.

Hacia 2024, la CFE aportará 52 por ciento de la energía que se genera en el país. Por primera vez en décadas, invierte en 33 proyectos de generación, como la modernización y equipamiento de 19 centrales hidroeléctricas y la construcción de una más. Está levantando la central fotovoltaica más grande de América Latina en Sonora y financia centrales de ciclo combinado en las penínsulas de Yucatán y Baja California, además del centro y norte del país.

La CFE construyó un sistema eléctrico de la nada, en medio de la selva yucateca, para alimentar 44 por ciento de la ruta del Tren Maya. Como parte de Internet para Todos, ha instalado más de 80 mil puntos de Internet gratuito a lo largo y ancho del país. Ya puso en operación más de mil torres de telecomunicaciones y está construyendo 3 mil 500 más, para llevar el servicio de telefonía celular a las comunidades más remotas de México.

En la CFE somos más que energía: somos una empresa que día con día lleva electricidad a cada rincón de México, y la restablece tras desastres naturales, pero también somos el proyecto social y político que alguna vez soñó Lázaro Cárdenas: una empresa de todo el pueblo mexicano, al servicio del bienestar y el progreso de todas y todos –nunca más un proyecto dedicado a servir y enriquecer sólo a unos cuantos.

El apoyo de los trabajadores y trabajadoras de la CFE fue clave para evitar que fuera vendida como chatarra a empresas extranjeras



Electricidad a cada rincón de México



Los textos en este suplemento fueron redactados por la Coordinación de Comunicación Corporativa de la CFE, con la participación de Abel Cervantes, Lucero Ríos y Paulina Tavares.

La CFE moderniza sus hidroeléctricas para producir más energía limpia

EL OBJETIVO ES GARANTIZAR EL SUMINISTRO PARA LOS PRÓXIMOS 50 AÑOS



La Villita, en Michoacán, es una de las centrales en proceso de modernización

Con el objetivo de garantizar el suministro de energía eléctrica limpia, barata y confiable para los próximos 50 años, la CFE lleva a cabo el Plan Integral de Modernización de Centrales Hidroeléctricas. A través de este plan se modernizan, repotencian, equipan y construyen centrales de generación con una antigüedad promedio de 62 años.

Con una inversión de mil 494.51 millones de dólares, se incrementará la generación anual en mil 815 gigawatts hora (GW/h). Así se garantiza un servicio eficiente y de mejor calidad, se respaldan las energías renovables intermitentes (como la eólica y la solar) y se optimizan las funciones de regulación primaria y secundaria en el Sistema Interconectado Nacional.

El parque de generación hidroeléctrica de la CFE está integrado por 60 centrales hidroeléctricas con 166 unidades generadoras cuya capacidad efectiva total es de 12 mil 143.56 Megawatts (MW). Con los incrementos de potencia derivados de los proyectos de modernización se alcanzarán 12 mil 397.76 MW (es decir, 254.20 MW adicionales). Se espera que seis de las nueve centrales entren en operación en 2024.

Modernización

Las centrales hidroeléctricas en México están distribuidas en seis sistemas de producción regional que en 2022 suministraron 35 millones 552 mil 818.77 megawatts hora (MWh) al Sistema Eléctrico Nacional, es decir, 11 por ciento del total de la generación; entre las tecnologías limpias, la hidroeléctrica es la que más produce.

Son 16 plantas las que se modernizan, repotencian y automatizan; es decir, 49 por ciento del parque hidroeléctrico nacional. El proceso de modernización consiste en la sustitución de turbinas, generadores, transformadores y sistemas auxiliares.

De las 16 centrales en modernización, tres ya están concluidas y 13 están en proceso de mejora. La modernización de equipos y sistemas implica lo siguiente:

El proceso consiste en la sustitución de turbinas, generadores, transformadores y sistemas auxiliares

- Se desarrolla la ingeniería acorde a las características particulares del equipo principal de cada unidad generadora.
- Se aprueba la ingeniería.
- Se fabrican los equipos principales.
- Se realizan pruebas en fábrica para verificar la calidad y cumplimiento de las características particulares de los equipos principales.
- Se retiran los equipos principales y sistemas auxiliares en las centrales generadoras.
- Se lleva a cabo el montaje de los nuevos equipos.
- Se hacen pruebas en sitio para verificar el correcto armado y montaje de los equipos principales.
- Se hacen pruebas de puesta en servicio previas a la entrada en operación para verificar el óptimo funcionamiento de los equipos.
- El proceso concluye con la entrada en operación de la central al Sistema Eléctrico Nacional.

Las 16 centrales en proceso de modernización son:

- En Sonora: El Novillo.
- En Sinaloa: El Fuerte y Sanalona (estas dos, junto con El Novillo, ya están concluidas), así como Humaya, que está en proceso.
- En Michoacán: Infiernillo y La Villita.
- En Guerrero: El Caracol.
- En Hidalgo: Zimapán.
- En Puebla: Mazatepec, Portezuelos I y Portezuelos II.
- En Veracruz: Minas y El Encanto.
- En Chiapas: Malpaso, Angostura y Peñitas.

Equipamiento

Además, se equipan tres centrales con una capacidad de 46.4 MW cada una. El equipamiento consiste en aprovechar la presa



Se equipan tres centrales con una capacidad de 46.4 MW cada una



El Caracol, en Guerrero, también se somete a mejoras

Zimapán, en Hidalgo, en modernización

/VIENE DE LA 3

existente para montar una casa de máquinas y unidades de generación.

Al aprovechar la infraestructura civil, la CFE rescata la inversión histórica que México ha hecho en estas centrales; de esta manera, se reducen los costos, los tiempos de obra y las problemáticas socioambientales.

El proceso de equipamiento es el siguiente:

- Se elabora la ingeniería de obra civil y electromecánica (turbina, generador y transformador).
- Se aprueba la ingeniería de acuerdo con las especificaciones y características particulares de la infraestructura y equipos electromecánicos.
- Se construye la obra civil con mano de obra 100 por ciento mexicana.
- Se fabrican en México los equipos principales de acuerdo con la ingeniería aprobada, lo que genera empleos en el país.
- Se llevan a cabo pruebas en fábrica para la verificación de calidad y cumplimiento con las características particulares de los equipos principales de la obra electromecánica.
- Se realiza el montaje de los equipos electromecánicos.
- Se hacen pruebas en sitio para verificar el correcto armado y montaje de los equipos electromecánicos principales.
- Se hacen pruebas de puesta en servicio previas a la entrada en operación para verificar el correcto funcionamiento y cumplimiento del desempeño de los equipos montados y su automatización.
- El proceso concluye con la entrada en operación de la central al Sistema Eléctrico Nacional.

Las centrales que se están equipando son:

- En Sinaloa: Picachos, Amata y Santa María.

Construcción

Por otra parte, se construye una nueva central, Chicoasén II, en el estado de Chiapas. Se ubicará en el río Grijalva y suministrará energía a la región sureste del país con electricidad suficiente para iluminar el equivalente a 537 mil hogares. Contará con tres turbinas tipo bulbo y una capacidad instalada de 240 MW, lo que le permitirá aportar anualmente 591 GWh al Sistema Eléctrico Nacional.

Con la modernización de las centrales hidroeléctricas, la CFE fortalece su capacidad de generación, eleva su producción de energía firme (constante, no intermitente), limpia, eficiente y confiable al Sistema Eléctrico Nacional y afianza la soberanía energética del país.



Alta ingeniería se aplica en la recuperación de las víctimas en El Pinabete

EFRAÍN GALLEGOS MORENO: EL PROYECTO SE RETRASÓ PORQUE LAS GALERÍAS NO COINCIDÍAN CON LAS DESCRITAS POR LOS SOBREVIVIENTES

Lejos de la cotidianidad de las grandes ciudades, en Sabinas, Coahuila, más de 350 personas trabajan desde hace más de un año en la mina El Pinabete para recuperar los cuerpos de los 10 mineros que quedaron sepultados el 3 de agosto de 2022 mientras extraían carbón.

Para lograr este objetivo, el gobierno federal conformó un grupo multidisciplinario entre el Sistema Nacional de Protección Civil, las secretarías del Trabajo y Defensa Nacional y la Comisión Federal de Electricidad.

Luego de un análisis meticuloso de las causas del accidente que enlutó nuevamente a la región carbonífera, así como el análisis de los modelos geológicos y geotécnicos que realizó la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, se anunció el 5 de septiembre de 2022 el método de búsqueda y recuperación: excavación a cielo abierto.

Con esta técnica, que salvaguarda al personal que labora en la mina, se excavó en una superficie de 450 metros de largo por 320 metros de ancho y 65 metros de profundidad para extraer 5.6 millones de metros cúbicos de material. Para llegar a esa profundidad se realizaron cuatro banqueos (una especie de escalera de caracol). El primero, de 0 a 15 metros; el segundo, de 15 a 45 metros; el tercero, de 45 a 52 metros, y el último, de 52 a 65 metros, donde actualmente se encuentran. Una vez terminadas estas diligencias, el equipo de búsqueda y recuperación llegará a las galerías, que fueron identificadas a partir del testimonio de los trabajadores que sobrevivieron al accidente.

En la primera etapa del proyecto se detectó un enlace hidráulico entre El Pinabete y dos minas anegadas y abandonadas

Más de 350 personas trabajan en la recuperación de los cuerpos



El método de búsqueda es mediante excavación a cielo abierto

El equipo de buzos de CFE Generación limpió durante tres meses las tuberías que conectan las galerías

hace más de 30 años: al norte, Mina 6, y al sur, Conchas Norte. Debido a esto las galerías donde probablemente estén los restos de los mineros se encuentran inundadas; la hipótesis es que estas minas son la causa del terrible accidente.

Para bloquear la filtración de agua, el equipo de ciencias de la tierra o área técnica (geología, geofísica, geotécnica, geohidrología y topografía) y el área de ingeniería (física, mecánica, eléctrica, civil, mecánica de rocas) han barrenado 39.35 kilómetros de la mina para colocar tapones hidráulicos con diámetros de 4 y 14 pulgadas (10 y 40 centímetros, aproximadamente), al sur y al norte del tajo. Además se refuerza con una pantalla de inyecciones para sellar los huecos.

Para no frenar la excavación se hicieron tres tapones verticales de 1.6 metros de diámetro que conectan las galerías con la superficie. “Antes de sellarlos, el equipo de buzos de CFE Generación limpió durante tres meses las tuberías”, cuenta José Ibarra Quintero, residente técnico del Proyecto El Pinabete.

Efraín Gallegos Moreno, coordinador del Área Técnica del Proyecto El Pinabete, menciona que uno de los factores que retrasó el proyecto fue la posición de las galerías: no coincidían con las descritas por los sobrevivientes. Lo detectaron con una Campaña de Exploración a Base de Barrenos, que consistió en perforar el macizo rocoso hasta tocar galerías; es decir, encontrar huecos. Posteriormente, a los costados (sur y norte) del tajo, se iniciaron las perforaciones para construir tres barreras con tapones hidráulicos. En ellos se vertió material granular (grava) y luego se colocó un tubo inyector (como un popote de acero) para echar lechada (agua con cemento) y mortero (agua, cemento y arena), que ayudan a sellar la zona.

Para verificar la efectividad de los tapones se realizan pruebas de eficiencia de funcionamiento, detalla Eugenio Hernández Rico, coordinador de Geohidrología en El Proyecto El Pinabete, que consisten en bombear el agua de las galerías y medir el volumen que ingresa nuevamente; es decir, estudiar las características físicoquímicas, así como la conductividad y los parámetros químicos para controlar la calidad de agua que se extrae.

Una vez que los niveles del agua se controlen y se determine que los tapones que bloquean la entrada de las minas colindantes funcionan, se arrancará la excavación en el último banqueo de 15 metros para iniciar la búsqueda y recuperación en un perímetro de 6 mil 500 metros cuadrados. Partirán en un sector de 12 por 20 metros y se expandirá lo que sea necesario, primero hacia el sur de la mina.

En este punto del proyecto, la CFE excavará y la Fiscalía estatal será la encargada de la búsqueda y recuperación de los mineros.



Las torres de transmisión hacen posible el prodigio de la luz eléctrica

LLEVAN ENERGÍA DE UNA CENTRAL GENERADORA A UNA SUBESTACIÓN

Lucen imponentes. Como guardianas. Junto a sierras y atardeceres, a menudo enmarcan fotografías de viajeros y turistas, pero pocos conocen su estructura y la manera en que funcionan. En las carreteras se levanta una tras otra a una distancia de 350 metros en superficies planas y hasta de mil 700 metros en zonas montañosas. A esta distancia se le conoce en ingeniería, construcción o arquitectura como claro interpostal.

Existen más de 800 diseños en México en los que se toma en cuenta su uso eléctrico y mecánico y la cantidad de energía eléctrica que transportan. Su misión es llevar la energía de una central generadora a una subestación eléctrica, donde ésta se transforma, para, posteriormente, conducirla a hogares, empresas y comercios, entre otros. Hay torres de suspensión (que solamente sostienen cables), de tensión (deflexión), que se usan para cambiar la trayectoria de la línea, y de remate, aquéllas cuya estructura se coloca en la salida de las subestaciones eléctricas; estos usos forman las familias de torres más comunes del Sistema Eléctrico Nacional.

En México, la altura de las torres va de 60 hasta 137 metros. En sus brazos (crucetas) se aíslan los cables con discos de vidrio. Y en las crucetas superiores (las que están en lo más alto) se alojan cables de guarda para protegerlas de descargas atmosféricas o instalar fibras ópticas para brindar servicios de comunicación.

Su diseño también depende del terreno. Por ejemplo, en una sierra en Oaxaca donde se libran grandes claros interpostales se intercalan torres de deflexión y remate para soportar los vientos huracanados. Y su diseño cambia cuando se instalan en el mar de Campeche, la Laguna de Cuyutlán, en Colima, o en los corredores que conectan las centrales de generación con los grandes centros de consumo como la Ciudad de México.

Sus modelos toman forma a través de sofisticados softwares como el Staad o Tower, que pertenecen al inventario de la CFE. Con el modelo tridimensional se simulan las condiciones climáticas o de terreno que enfrentan las torres. Posteriormente, el prototipo se arma a escala natural y se monta en campos de prueba, donde se realiza la valoración mecánica y se verifican las conexiones y deformaciones para conocer el comportamiento integral de su estructura.

Su altura responde al relieve del terreno, al igual que la longitud de las patas, en donde influyen también las pendientes de la parte piramidal de las torres. El número de circuitos que tiene una torre (de uno a cuatro, según los diferentes voltajes) y el número de cables que soporta (desde un conductor por fase —es decir, por cable— y hasta cuatro conductores por fase) determinan la solidez de su estructura. A través de sus circuitos se distribuyen los cables por donde pasa la energía, que en el Sistema Eléctrico Nacional transportan tres voltajes: 115 kilovoltios (kV), 230 kV y 400 kV (es decir, alto voltaje).

En suma, si se la mira en un plano cinematográfico en contrapicada, una torre de transmisión tiene patas, un cuerpo piramidal y un cuerpo superior con brazos donde se sujetan cables, aisladores y herrajes (elementos que fijan y protegen los conductores). Sin ellas el prodigio de la luz eléctrica no sería posible.

Las líneas de transmisión son como un sistema cardiovascular: se tensan, se desplazan o se alargan como los músculos cuando se someten a una fuerza externa (como un huracán). Asimismo, la catenaria del cable (la curva) se extiende cuando se expone al calor; por el contrario, con el frío, se tensa. “La temperatura máxima hace que el cable se elongue (se estire) y por lo tanto la distancia de libramiento se reduce, como si el cable quisiera tocar tierra”, explica Hugo Hasael Cruz Alavez, gerente técnico de la Coordinación de Proyectos de Transmisión



La altura de las torres puede ir de 60 a 137 metros

y Transformación de la CFE, que diseña junto con un equipo de técnicos e ingenieros las torres de transmisión del país.

Para decidir la altura se considera que los cables no toquen tierra, que no rebasen libramientos de seguridad, pasos peatonales, vías férreas o carreteras, como sucede con el proyecto del Tren Maya, donde una buena cantidad de torres se reubican para no interferir en la trayectoria de éste.

La Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación tiene en la mira los proyectos denominados I19 e I20, de gran cobertura, con enlaces de más de 200 kilómetros de longitud cada uno, que incrementarán la capacidad de transmisión del noreste y del noroeste al centro del país, respectivamente. Guadalajara, Monterrey y el centro de la República son las zonas de mayor consumo eléctrico. De ahí la importancia de estos nuevos corredores catalogados como enlaces críticos. Asimismo, se trabaja en el corredor en reforzar la energía eléctrica para la península de Yucatán; esto está ligado a la operación y creación de polos de desarrollo del Tren Maya.

¿Dónde se compra una torre de transmisión?

Hace más de 30 años la CFE compraba y almacenaba masivamente las piezas de las torres. Pero con el crecimiento demográfico y la demanda de energía, los almacenes no fueron suficientes para resguardarlas. En el siglo XXI la CFE compra estas partes a través de diferentes adquisiciones, la mayoría a proveedores mexicanos y a países como India, Arabia Saudita y Brasil. En Irapuato, Guanajuato, se tiene un almacén de acopio, que concentra cierto número de torres y postes que se usan en emergencias (fenómenos meteorológicos o vandalismo).

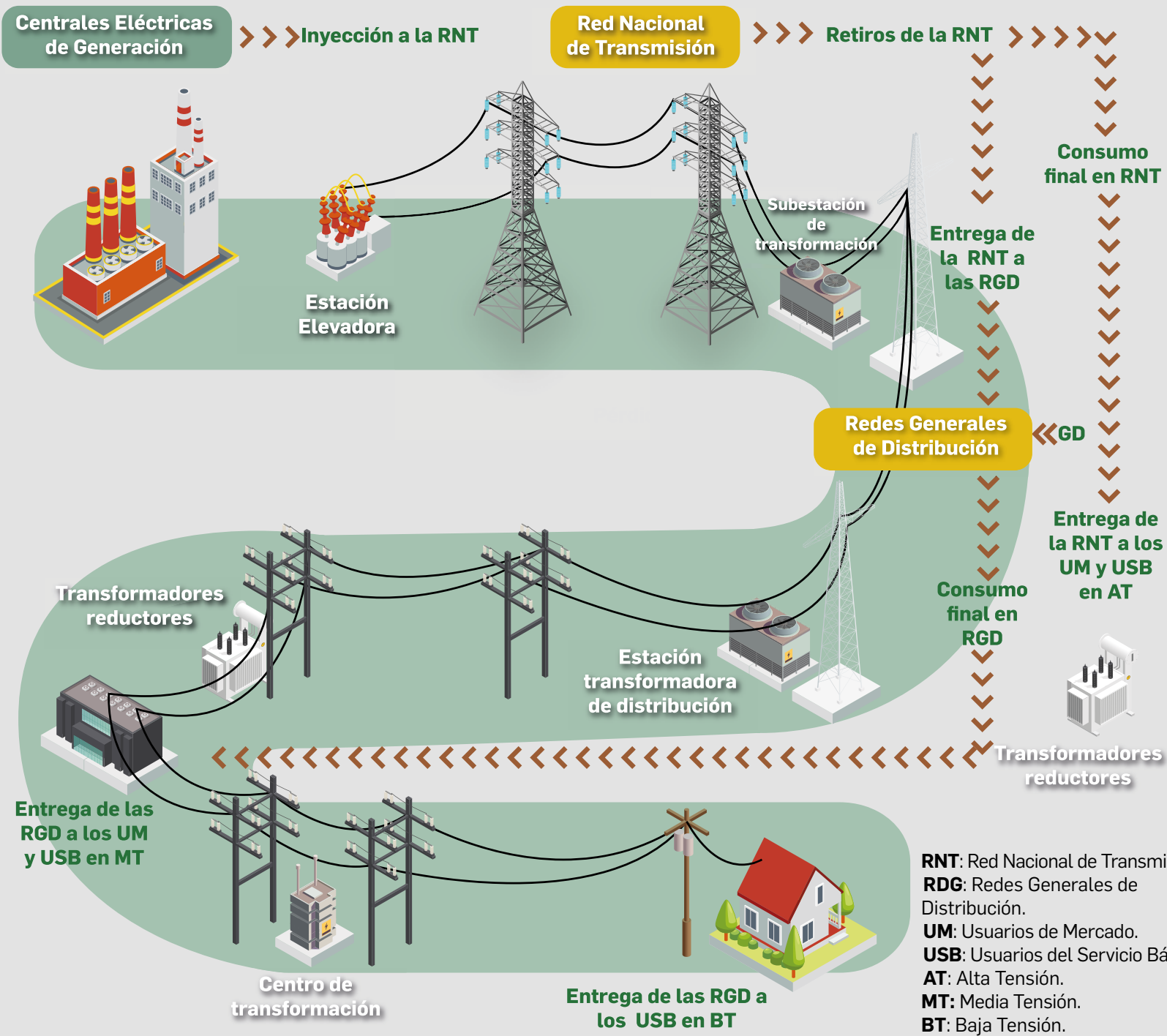
Las torres se prueban mecánicamente en campos especiales de Estados Unidos, Brasil, España, Italia, Corea del Sur o India. Sin embargo, todavía es imposible simular cómo se comportan en condiciones dinámicas ante, por ejemplo, vientos de más de 200 kilómetros por hora, como en la temporada de huracanes en México. Es muy costoso construir torres pesadas, así que las que conforman una línea en regiones donde se prevé que haya huracanes se intercalan estratégicamente (deflexión y remate) para resistir las embestidas de los vientos. La CFE consigue con esto que no haya un efecto dominó cuando se cae una torre.

Al instalarlas, lo primero que se hace es prever su cimentación. El *stub* es el elemento que asegura su estabilidad. Luego se

Las líneas de transmisión son como un sistema cardiovascular: se tensan, se desplazan o se alargan como los músculos

Torres de transmisión del Sistema Eléctrico Nacional

El Sistema Eléctrico Nacional está conformado por Centrales Eléctricas de distintas tecnologías, la Red Nacional de Transmisión (RNT) y las Redes Generales de Distribución (RGD), que hacen llegar la electricidad producida en las centrales hacia los Usuarios del Servicio Básico (USB) y Usuarios de Mercado (UM).



colocan los elementos estructurales, en algunos casos pieza por pieza, con apoyo de plumas flotantes (dispositivos compuestos por tubos y retenidas), que fijados a la estructura principal permiten elevar el resto de las demás estructuras.

Cuando las vías de acceso de un terreno lo permiten, se pueden utilizar grúas montadas en vehículos de carga para armar y elevar caras o cuerpos completos de las torres; esto agiliza significativamente su montaje. Si esto no es posible, se usan helicópteros para trasladar los materiales y montarlas. Al personal especializado se le llama "montadores". La CFE se ciñe a las normas CFE J1000-50 y CFE 6100-54, que regulan el diseño y fabricación de torres y postes, respectivamente.

Para ubicarlas en cuerpos de agua se considera el nivel máximo extraordinario que alcanza el líquido en la zona del cruce. Bajo ninguna circunstancia los elementos estructurales

Su altura y la longitud de sus patas responden al relieve del terreno

de la torre tocan el agua. Con un estudio geotécnico previo se determinan las cimentaciones; por ello, los pilotes prefabricados tienen una longitud variable.

La vida útil de una torre está sujeta a sus condiciones de uso y a factores ambientales. Pero en promedio los proyectos de líneas de transmisión se estiman para 25 o 30 años. Gracias al mantenimiento que reciben, algunas instalaciones tienen más de 50 años de vida. La CFE verifica periódicamente el estado de las torres de transmisión para observar su condición: principios de corrosión, deformaciones o daños por vandalización (robo), entre otros. Lo hace a través de sus cuadrillas de trabajadores o con sobrevuelos en helicópteros y drones. Algunas acciones para prevenir el deterioro de las torres consisten en sustituir tornillos o aplicar recubrimientos anticorrosivos. Cuando se roban sus piezas pueden incluso quedar inservibles para siempre.

Somos más que energía



Dificultades para hacer de CDMX un territorio sin cables aéreos

SI SE QUISIERA QUE LA CAPITAL DEL PAÍS TUVIERA UN SISTEMA DE CABLES SUBTERRÁNEO HABRÍA QUE RECONSTRUIRLA POR DEBAJO

La mañana del 19 de septiembre de 1985 lo cambió todo. Eran las 7 con 17 minutos. A 15 kilómetros de profundidad bajo el suelo, en Michoacán, hubo un movimiento de las placas tectónicas que no se había registrado en esta época. Según las palabras del geólogo Zoltan Czerna, ese movimiento fue el resultado de un brinco que liberó energía elástica acumulada a raíz de la convergencia de la Placa Norteamericana y la Placa de Cocos (con una fuerza aproximada de mil 114 bombas atómicas de 20 kilotonnes cada una).

En su crónica de 1986 para *Cuadernos Políticos*, Carlos Monsiváis relata que lo que se vivió aquel día fue el fin del mundo:

“La gente sale huyendo de los edificios, se lanza inútilmente a los teléfonos [...]. A la tragedia la sigue y la profundiza el desmoronamiento de los servicios ciudadanos. Se suspende el servicio eléctrico en casi toda la zona metropolitana (hay cinco subestaciones de la Comisión Federal de Electricidad muy dañadas). [...] Hay escenas de pánico en las estaciones del Metro, y se suspende el servicio. En las calles, gente semidesnuda grita, llora, reza. [...] No hay agua en numerosos sectores. Los rumores se esparcen paulatinamente: la tragedia es mucho mayor de lo que se pensaba en las zonas escasamente afectadas. Por todas partes, el ruido de las ambulancias. La policía y los bomberos trabajan intensamente.”

A 38 años de aquel terrible suceso, las secuelas son todavía tangibles. El atlas de riesgos de la ciudad (que indica la trayectoria de las tuberías de gas, drenaje, drenaje profundo, agua tratada o cables) no está actualizado, lo que dificulta que el sistema de cables aéreos se convierta en uno subterráneo. En 1985 se reparó la ciudad como se pudo. Era tal el nivel de destrozo que nadie se tomó el tiempo de reconfigurar los planos.

Hace unos años, por ejemplo, cuando se trató de demoler el asfalto de la Zona Rosa como parte del proyecto de su remodelación, lo primero que se observó fue una maraña de cables que parecía imposible ordenar. Las tuberías y los cables que deberían ir en un rumbo, en realidad iban en direcciones imprevistas. Si se quisiera que la Ciudad de México tuviera un sistema de cables subterráneo habría que reconstruirla por debajo.

Se enfrenta otro problema: en las colonias antiguas el drenaje es de barro o las tuberías de asbesto, por lo tanto son imperceptibles para los radares de suelo; para colocar los cables debajo se tendrían que realizar instalaciones a cielo abierto, con pico y pala, lo que dificulta y alenta los trabajos.

Las razones de una ciudad sin cables aéreos

Hay dos razones principales por las cuales la gente lo quisiera: para evitar un desastre en caso de un sismo donde éstos se caigan y para enriquecer la vista del paisaje. Sobre la primera, es poco probable que ocurra: los postes están diseñados para no derrumbarse: en 2017, cuando otro sismo azotó a la ciudad, no se cayó ninguno. Sobre la segunda, por supuesto, la vista es mejor en una calle sin postes, algo que se consiguió en el Centro Histórico y en la avenida Presidente Masaryk; sin embargo, el costo puede ser elevadísimo y las complejidades no se circunscriben solamente a la voluntad.

En la reconstrucción de la avenida Presidente Masaryk, una de las más representativas del poniente de la ciudad, se cambió el drenaje y las tuberías de gas natural; posteriormente, la CFE ins-



La norma dice que los cables deben tener entre uno y otro un mínimo de dos metros de separación, pero casi nunca se consigue

taló cables de alta, media y baja tensión. Finalmente, las empresas de telecomunicaciones pusieron sus cables. Una de las situaciones que ayudó a que este sitio sí tenga un sistema subterráneo es el tipo de suelo. Masaryk no está asentado sobre un lago, como sí ocurre en otros espacios de la capital de México, y este terreno firme es más sencillo para incorporar cables y tuberías.

Otros problemas que se podrían ocasionar si se quiere hacer subterráneo el cableado de la ciudad es que los trabajos afectarían el tránsito vehicular. Y si las tareas se llevan a cabo en la noche, se perjudica a los vecinos, que quieren descansar luego de sus jornadas laborales, o levantarse temprano para llevar a sus hijos e hijas a la escuela.

¿De dónde proviene la maraña de cables?

Para los transeúntes de la Ciudad de México la escena es conocida: al levantar la vista, una maraña de cables impide observar el firmamento. A veces, esta maraña cae por su peso hasta el piso. La mayoría de ellos son de empresas de telecomunicaciones, que rentan los postes de la CFE. La norma dice que los cables deben tener entre uno y otro un mínimo de dos metros de separación, pero casi nunca se consigue.

En julio pasado, Martí Batres, actual jefe de Gobierno de la Ciudad de México, firmó un convenio con la Cámara de Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, así como con la Asociación Nacional de Telecomunicaciones, para que se retiren los cables de la vía pública que ya no se usan. Los trabajos debieron comenzar en septiembre.

Diferencias entre cables subterráneos y aéreos

Los sistemas subterráneos son instalaciones seguras. Los transformadores, por ejemplo, están diseñados para convivir con el agua. Los aéreos no se pueden mojar porque se inundan o hacen cortocircuito. Los materiales de un sistema aéreo son distintos a los subterráneos: medidores, bases de medición, todo. Su mantenimiento también es diferente. Los cables subterráneos poseen muchas capas y su punta se debe preparar con una precisión milimétrica. Se usan herramientas especiales para que no queden ásperos, porque de lo contrario se generan corrientes de fugas y la vida de un cable puede reducirse de 30 a 10 años. Son dos mundos opuestos. Para las líneas aéreas hay linieros y linieras capacitados, que se suben a los postes y tienen excelente condición física.

Por otra parte, es más difícil robar la energía eléctrica desde el cable subterráneo. En una instalación aérea es relativamente sencillo conectarse y tener energía. En una subterránea se debe pelar el cable y si no se sabe hacer, se puede causar un accidente fatal. El mantenimiento del aéreo se enfoca en la poda de ramas de árboles y en el reemplazo de aislamientos. Si hay un desperfecto en el subterráneo, se debe sustituir por completo. Estos cables están diseñados para durar 30 años, aunque algunos tienen 55 años y resisten. Tampoco se dañan por las raíces de los árboles ni con los sismos. El problema, según los expertos, es el presupuesto. Hablamos de gastos de miles de millones de pesos únicamente para infraestructura eléctrica si se quiere convertir el sistema de cable aéreo en uno subterráneo.

* Este texto se elaboró gracias al apoyo de CFE Distribución Valle de México Centro.

Para las líneas aéreas hay linieros y linieras capacitados, que se suben a los postes y tienen excelente condición física

Rápida respuesta ante un imprevisto natural

LA CFE TIENE A PUNTO UN OPERATIVO EN EL QUE INTERVIENEN SU INFRAESTRUCTURA CORPORATIVA Y SUS EMPRESAS SUBSIDIARIAS Y FILIALES

Tras un desastre natural, se atienden de inmediato los daños a las redes de distribución

La CFE cuenta con un plan de atención a desastres que ejecuta antes, durante y después de cualquier contingencia ambiental que pueda dañar la infraestructura eléctrica. El objetivo es restablecer el suministro de energía en las zonas afectadas lo más pronto posible.

El plan reúne modernos sistemas de información geográfica y comunicaciones, almacenes, una flota de vehículos automotores y aéreos, centros de operación estratégicos, plantas de emergencia y subestaciones móviles. Es coordinado por la Dirección General de la CFE, su estructura corporativa y sus empresas subsidiarias y filiales, en conjunto con la Secretaría de Energía.

Este protocolo, que se replica en las 16 divisiones de distribución a lo largo del país, establece las estrategias y mecanismos de actuación e interacción entre los diferentes procesos para atender los daños ocasionados en las Redes Generales de Distribución (RGD).

Atención de desastres

Por sus condiciones geográficas, México es un país de alta sismicidad. De 2010 a 2023, el mayor número de eventos que han rebasado 6 grados han ocurrido en los meses de abril, mayo, septiembre y noviembre. De 2021 a 2023 se han registrado un total de 288 mil 846 eventos de todas las magnitudes y profundidades.

Uno de los sismos más recientes y que mayores afectaciones causó en las RGD fue el del 7 de septiembre de 2017, de magnitud 8.2 y epicentro en Pijijiapan, Chiapas. El siniestro afectó 65 circuitos, 10 transformadores, 205 postes y a 636 mil 771 usuarios.

Como ejemplo del trabajo en escenarios de desastre, la División Valle de México Sur (DVMS), una de las 16 Divisiones de Distribución en el país, establece en su Manual de Procedimientos Técnicos para la Atención de Desastres que para sismos de intensidad igual o mayor a 5.8 grados se debe establecer de manera inmediata el Centro de Operación Estratégica (COE) en un tiempo no mayor a una hora después de iniciado el evento.

El COE es la reunión física de los coordinadores de todos los procesos que involucran la atención de una emergencia: Seguridad e Higiene, Servicios Médicos, Servicios Jurídicos, Tecnologías de la Información, Servicios Generales, Recursos Humanos, Administración, Logística, Planeación y Construcción, Gestión

En sismos magnitud 5.8 o más se establece de inmediato el Centro de Operación Estratégica

Comercial, Medición, Conexiones y Servicios, Protecciones, Comunicaciones y Control, Subestaciones, Líneas y Redes, Operación e Información.

La DVMS cuenta con siete COE de Zona, de los cuales tres se encuentran en Zona de Muy Alto Riesgo y cuatro en Zona de Alto Riesgo.

El COE Divisional se instala en la sala de juntas del Centro de Control de Distribución (CCD) UTEC o, de acuerdo con la magnitud de los daños, en la zona con mayor afectación.

Cuando se tiene una afectación mayor a 60 circuitos y según la magnitud de los daños, se debe informar a la Coordinación de Distribución y se solicita el apoyo de otras divisiones dentro de las primeras tres horas para la pronta atención del restablecimiento y la reconstrucción. Las divisiones que apoyan a la DVMS son Centro Oriente, Bajío, Peninsular, Sureste. Por su parte, la Valle de México Sur apoya a la Sureste cuando esta zona resulta afectada.

Pasos del protocolo

De manera general, el protocolo consiste en lo siguiente:

1. Tras el evento, se realiza el diagnóstico de las condiciones de infraestructura con todos los integrantes de cada empresa de la CFE y se activan planes locales para la atención de la contingencia, de acuerdo con la declaración del estado operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).
2. Personal directivo de CFE y el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) coordinan el apoyo requerido por las diferentes entidades de gobierno para la atención de necesidades durante la contingencia. Se traslada el representante de la CFE al Centro de Comando, Control, Cómputo, Comunicaciones y Contacto Ciudadano (C5).
3. Durante los primeros 30 minutos se cargan las afectaciones del SEN en el Sistema de Información Geográfica (Sisnae), un sistema institucional de monitoreo meteorológico permanente que brinda herramientas



Se cuenta con una flota de vehículos automotores y aéreos

para registrar y visualizar daños ocurridos en la infraestructura eléctrica.

4. A partir del minuto 30 se carga el evento en la plataforma de reportes automáticos.
5. Se genera un reporte para las autoridades en los primeros 60 minutos del evento.
6. Se emite un boletín oficial de las afectaciones y declaratoria de estado de emergencia. De igual manera, se difunde la información en redes sociales y medios de comunicación masivos a través de la Coordinación de Comunicación Corporativa.
7. Se ejecuta el plan local para la atención a contingencias.
8. Se identifica a los clientes estratégicos afectados y se establece contacto con los servicios importantes (hospitales, drenaje, suministro de agua, Sistema de Transporte Colectivo Metro).
9. Se ejecuta el plan local para la atención a emergencias visitando de manera inmediata las instalaciones que tengan afectación directa e indirecta al suministro eléctrico.
10. Se procede con el restablecimiento y reparación de anomalías detectadas mediante una inspección de campo.
11. Se actualiza la información del restablecimiento y daños en la infraestructura eléctrica.
12. Se envía reporte actualizado integral del avance en la atención a contingencia por sismo.
13. Se informa de manera masiva a los clientes sobre las acciones de CFE y el CENACE para restablecer el suministro eléctrico.
14. Se emite boletín oficial de conclusión y declaración de condiciones normales del SEN.

Mapa de riesgo e infraestructura expuesta

Para determinar cuáles son las zonas de alto riesgo por fenómenos naturales geológicos, la CFE toma como referencia un mapa creado a partir de los catálogos de sismos desde inicios del siglo XX. Este mapa divide en cuatro zonas sísmicas el país.

La zona A, donde no se tienen registros históricos de sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a 10 por ciento de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Las zonas B y C, regiones intermedias donde no se registran sismos tan frecuentemente o zonas afectadas por altas aceleraciones, pero que no sobrepasan 70 por ciento de la aceleración del suelo.

La zona D, es aquella donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de movimientos telúricos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo sobrepasan 70 por ciento de la aceleración de la gravedad.

Las zonas de mayor riesgo en el ámbito de la DVMS son Coapa, Ermita y Volcanes.

La división cuenta con 364.35 kilómetros de líneas de alta tensión, 12 mil 151.45 kilómetros de líneas de baja tensión, 39

subestaciones, 96 transformadores de potencia y 450 circuitos de media tensión. Toda esta infraestructura está expuesta y es susceptible de sufrir daños durante un sismo.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres

Una de las herramientas indispensables para la CFE en el monitoreo permanente de los fenómenos meteorológicos es el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred).

La CFE monitorea el Cenapred mediante equipos de protección y seccionamiento y una Unidad Central Maestra (UCM) que permite ver en tiempo real las condiciones de operación del servicio.

Etapas de la atención a emergencias

El protocolo para la atención de desastres en CFE Distribución se lleva a cabo en cuatro etapas:

1. Acciones preventivas.
2. Acciones durante la presencia del fenómeno natural.
3. Acciones de restablecimiento.
4. Acciones de reconstrucción.

Las etapas 1 y 2 son preventivas, en ellas se realizan actividades de mejora en la infraestructura eléctrica para minimizar los daños, asegurando la confiabilidad de la información, así como la asignación y traslado de recursos adonde son requeridos.

En las etapas preventivas se respalda el suministro eléctrico a través de:

- 49 plantas de emergencia con 2 mil 501 kW para suministrar energía a los servicios prioritarios de la comunidad.
- 3 subestaciones móviles con 30 MVA de 85/23 kV, suficientes para suministrar energía a 72 mil usuarios
- 2 almacenes para resguardo de materiales y equipos de la Canasta Básica de Emergencia (CBE).

En esta fase se realiza el mantenimiento de las plantas de emergencia y subestaciones móviles.

En la etapa 2, en la que se realizan acciones durante y después de la presencia del fenómeno geológico, se habilitan los dos CCD, donde se da seguimiento a las afectaciones provocadas por el sismo, y los Centros de Operación Estratégicos (COE) a nivel Divisional y Zona, para establecer estrategias de atención a la emergencia y traslado de recursos.

La etapa 3 se inicia con la evaluación de daños para determinar la cantidad de materiales, equipo y fuerza de trabajo que se requieren para instalar las plantas de emergencia a fin de suministrar los servicios prioritarios a la comunidad y proceder a la reparación de la infraestructura eléctrica.

En la etapa 4 se realiza la reparación definitiva de la infraestructura eléctrica de distribución dañada para dejarla en mejores condiciones de operación y se lleva a cabo una reunión para evaluar el desempeño de la atención de la emergencia con la finalidad de proponer y realizar acciones de mejora operativa y administrativa.

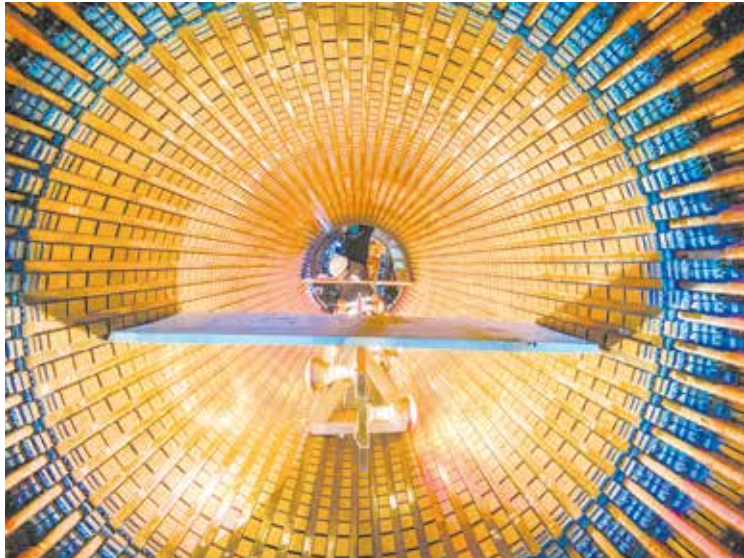
Se realizan mejoras en la infraestructura para minimizar los daños



Somos más que energía

PRESENTAMOS UNA PEQUEÑA muestra de la exposición fotográfica Somos más que energía, compuesta por imágenes del concurso "Captura los momentos que iluminan a México" –realizado en el marco del 86 aniversario de la CFE– y del archivo fotográfico de la empresa. La muestra se divide en seis secciones, aquí se incluye una fotografía por sección.

1. TECNOLOGÍA



Gonzalo Plascencia Balcázar, CFE Generación II. 2020. Central de Ciclo Combinado San Lorenzo (Puebla). Se trata de un generador eléctrico de la turbina de vapor, donde nace la electricidad.

2. CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE Y EL PATRIMONIO CULTURAL



Humberto Posadas Rivera, Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil. 2009. Vuelo de aves entre torres de transmisión alrededor de la Central Termoelectrónica Guadalupe Victoria, Durango.

3. BENEFICIO SOCIAL



Arturo Ulises de la Garza Campos, Coordinación de Comunicación Corporativa. 2022. Para restablecer el suministro eléctrico de poco más de 75 mil usuarios afectados por el huracán *Agatha*, el personal de la CFE caminó los sinuosos derroteros de Oaxaca en condiciones adversas.

4. ENERGÍAS LIMPIAS



Rocío Ivette Coronado Bello, Dirección Corporativa de Ingeniería y Proyectos de Infraestructura. 2019. La Central Hidroeléctrica El Caracol o Ingeniero Carlos Ramírez Ulloa, ubicada sobre el cauce del río Balsas, en Apaxtla, Guerrero.

5. MÁS QUE ENERGÍA



Archivo fotográfico de la CFE, fotografía tomada por Mario Alberto Cano Lara. 2023. Acueducto de Monterrey. Luego de la sequía que padeció esta ciudad en 2022, la CFE colabora para potenciar la cantidad de agua que llega a la capital del estado de Nuevo León a través del acueducto Cuchillo II.

6. HISTORIA



Archivo fotográfico de la CFE. 1969. Malpaso, Chiapas. Desde su fundación en 1937, la CFE ha tenido como prioridad llegar a las comunidades rurales menos favorecidas para brindarles energía eléctrica.



La CFE electrifica el teleférico más largo del mundo

PARA SUMINISTRAR LA ENERGÍA AL CABLEBÚS, SE INSTALARON TRES KILÓMETROS DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN DE 23 MIL VOLTIOS

Con 14 equipos de protección se da confiabilidad al servicio que alimenta a las estaciones

Iztapalapa es la alcaldía con más población en la Ciudad de México: un millón 835 mil personas, según los datos del Inegi de 2020, una cantidad mayor a la de países como Estonia o Trinidad y Tobago. Quienes se trasladan de ciertas zonas de la periferia al centro de la ciudad deben tomar varios transportes: Metro, microbuses, taxis, mototaxis, entre otros. Para atender la alta demanda que la capital del país exige para movilizarse, se han realizado diferentes estrategias: ampliación de las líneas del Metrobús, aumento de las ciclovías e instalación de teleféricos. El propósito es que las cerca de 20 millones de personas que circulan diariamente mejoren su tiempo de traslado.

Como parte de este proyecto, hace dos años, en agosto de 2021, se inauguró la Línea 2 del Cablebús, conformada por siete estaciones que recorren 10.55 kilómetros: 59 torres de acero que van de la zona de Constitución de 1917 a Santa Martha, al oriente de la ciudad. Son 305 cabinas que se suspenden a una altura de entre 25 a 33 metros y que se mantienen en movimiento gracias a la energía eléctrica. Este medio da servicio diariamente a 74 mil usuarios. Cada cabina tiene capacidad para cerca de 10 personas (750 kilos) y se desplaza a una velocidad máxima de seis metros por segundo.

José Guillermo Rosales Durán, subgerente de Distribución de la División Valle de México Sur, se hizo cargo del proyecto. Seis de las estaciones corresponden a su división. La estación Santa Martha forma parte de la zona Chapingo, de la División Valle de México Centro. Para suministrar el servicio eléctrico se reconfiguró de manera coordinada toda la red del sistema.

El teleférico se compone de dos bucles. El primero corre de la estación Santa Martha a Xalpa; el segundo, de Las Torres Buenavista a Constitución de 1917. El servicio se suspende cuando el viento alcanza 70 kilómetros por hora o por un sismo. Y se restablece hasta que se revisa que la infraestructura no tenga ningún daño.

Para suministrar energía eléctrica al Cablebús, la CFE instaló tres kilómetros de línea de media tensión de 23 mil voltios, así como 14 equipos de protección y seccionamiento automático, los cuales sirven para dar confiabilidad al servicio eléctrico que alimenta a las estaciones del Cablebús a través de dos fuentes: un circuito principal y uno emergente para establecer un sistema automático. La CFE entregó a las autoridades capitalinas las siete acometidas, es decir, puntos de entrega de electricidad

Cuenta con 305 cabinas suspendidas que se mantienen en movimiento gracias a la energía eléctrica

al teleférico donde baja la electricidad al sistema del Cablebús.

El Servicio de Transportes Eléctricos opera las subestaciones eléctricas (instalación que nivela la tensión de energía), que se conforman de tres transformadores. En el primero hay tres dispositivos de 1000, 500 y 150 kilovoltamperios (kVA) que se conectan con la acometida de la CFE y que, a su vez, alimentan tres transformadores también de 1000, 500 y 150 kVA; esta electricidad energiza a la estación de motores.

El cuarto eléctrico, donde se concentra el tablero general de alumbrado y fuerza de la estación (440 voltios), cuenta con tres plantas de emergencia: una de arranque automático y dos de forma manual para soportar hasta 18 horas cada una.

En caso de que el Cablebús se detenga por falta de energía, existe un sistema de rescate hidráulico para ayudar a que la gente llegue a la estación más cercana y descienda con seguridad.

El segundo módulo resguarda los controles de los motores principales para aumentar o disminuir la velocidad, denominados variadores de velocidad. Por su parte, en el tercer módulo se halla la estación electromecánica y el sistema de sincronización, que dota de movimiento al teleférico.

Las subestaciones motrices se encuentran en las estaciones del Cablebús Quetzalcóatl y San Miguel Teotongo. Mientras en las de Constitución de 1917, Torres Buenavista, Xalpa, Lomas de la Estancia y Santa Martha hay estaciones eléctricas de retorno o intermedias que conectan con otra estación o regresan al punto inicial.

Este medio fue certificado por el Récord Guinness como la línea de transporte público por teleférico más larga del mundo.

El cuarto eléctrico cuenta con tres plantas de emergencia



El futuro de la energía nuclear: ¿tendremos reacciones de fusión?

LOS RESULTADOS DE 80 AÑOS DE EXPERIMENTOS HAN SIDO POCOS PARA LA CANTIDAD DE ESFUERZO Y RECURSOS DEDICADOS AL TEMA



Pedro Ramírez de Aguilar

La física de la destrucción

Las estrellas están hechas de tres cosas: gravedad, gas y radiación. Conforme ciertos elementos –sobre todo hidrógeno– se acumulan en algún punto del espacio, ejercen cada vez más presión sobre sí mismos hasta alcanzar el momento en que la incomprensible masividad del proceso revienta las leyes de la naturaleza: dos partículas con carga positiva se unen –se fusionan– y el hidrógeno se transforma en dos cosas: helio y energía.

Parte de la energía escapa al espacio, para llegar a nosotros como los rayos del sol. Pero, ¿de dónde vino esa energía? ¿Cómo se creó?

Cada vez que un elemento se transmuta en otro, una parte de su masa no se combina, sino que es transformada y luego liberada en forma de energía. La famosa fórmula con que en 1905 Einstein describió el proceso, $E=mc^2$, indica que una cantidad minúscula de masa puede transformarse en volúmenes inmensos de energía. Es lo que sucede, todo el tiempo, en una estrella.

Tras entender cómo generan energía los astros, los físicos se preguntaron de inmediato si podríamos hacer lo mismo. Arthur Eddington, por ejemplo, escribió desde 1920 sobre la vasta reserva de energía atómica “que sabemos existe en abundancia en toda la materia; a veces soñamos que el ser humano un día aprenda a liberarla y usarla para su provecho”.

El sueño se cumplió a medias: no hemos podido unir elementos ligeros, pero aprendimos a liberar la energía nuclear al separar elementos pesados. En una reacción típica de fisión nuclear, a un átomo de uranio se le adiciona un neutrón, lo cual lo separa en dos elementos más ligeros, kriptón y bario, además de la energía que buscábamos liberar.

Estas reacciones ocurren de manera lenta, controlada y segura en los reactores nucleares, donde la energía liberada se aprovecha como calor para mover turbinas y generar electricidad. Pero su primera demostración práctica fue militar, y las

Si algún día se consigue la meta, se va a producir la energía más barata, firme y limpia que ha existido jamás

El interés por generar energía de manera limpia y segura es poco, muy poco, frente al que la humanidad mostró para hallar la manera más eficiente de destruir y amedrentar a sus enemigos

bombas atómicas se siguen construyendo e instalando, así que la fisión nuclear siempre ha estado enmarcada entre una mezcla de respeto supersticioso y temor.

El punto máximo de participación de la energía nuclear dentro del mix de generación global fue de 17.6 por ciento en 1996. A pesar de que es una fuente limpia de generación, que no emite gases contaminantes de ningún tipo, la construcción de nuevos reactores de fisión nuclear se detuvo y nunca volvió a tener el ímpetu que alcanzó en los años 70, durante la crisis global por indisponibilidad de petróleo. Alemania se ha vuelto célebre en los últimos años porque prefirió quemar carbón a mantener encendidas sus plantas nucleares.

Quizá si la primera demostración práctica y pública de la fisión nuclear hubiera sido en una planta de energía y no a través de una bomba, la situación sería diferente. Pero lo primero en construirse fue una bomba, y el siglo XX quedó marcado por la monumental cantidad de recursos que tanto Estados Unidos como la Unión Soviética, y los aliados de ambos, destinaron a inventarlas y mejorarlas.

El interés por generar energía de manera limpia y segura es poco, muy poco, frente al que la humanidad mostró para hallar la manera más eficiente de destruir y amedrentar a sus enemigos. Hasta se ha intentado vender como un logro que las bombas atómicas sean tantas y tan efectivas porque, supuestamente, por eso nadie volvió a usarlas.

¿Y no podrían destruirse todas las bombas atómicas, cambiarse por plantas de generación? ¿Usar la fisión para resolver problemas y no para la guerra y la amenaza? Es, por supuesto, una pregunta ingenua. Todos los poderes militares en el mundo sostienen que les encantaría, pero qué tal que el enemigo no destruya las suyas.

Y así, seguimos en las mismas: antes volvió la Guerra Fría, con Rusia de un lado y Estados Unidos del otro, que un mundo encaminado a la paz y el desarme nuclear.



Vistas exterior e interior de la planta de Laguna Verde, Veracruz

La alquimia de la creación

Homi Bhabha, en 1955, fue el primer físico en prometer que el reactor de fusión nuclear estaría listo en 20 años. Se ha pateado tanto la bola al futuro, en todas las décadas siguientes, que se ha escrito con sorna que la fusión nuclear es, y siempre será, la energía del futuro. Entre comprender cómo fusiona hidrógeno una estrella y reproducirlo en la Tierra hay un abismo que no hemos podido cruzar.

Para empezar, el proceso tendría que ser imposible. En una reacción de fisión se lanza un núcleo con carga neutra contra los protones al centro de un átomo, lo cual es razonable. Pero la fusión necesita que dos protones positivos se atraigan, lo cual solo ocurre en las condiciones extremas –por temperatura, presión y volumen de hidrógeno– al interior de una estrella.

Ni siquiera ocurre en un estado de la materia que nos sea familiar. A esa temperatura y presión, un gas se convierte en plasma, una especie de mezcla primordial donde los neutrones y protones se separan de sus electrones y cada uno fluye en direcciones distintas –para fines prácticos, y así se ha modelado, puede pensarse en un plasma como si fuera un compuesto de varios líquidos, aunque no lo es.

La primera teoría de la fusión postuló que la alta temperatura de alguna forma le da suficiente energía a un protón para impactarse con otro, pero el sol es más frío de lo que esperaban: 15 millones de grados Celsius contra los 40 millones teorizados. Es sólo bajo las condiciones probabilísticas de la física cuántica que, a veces, sucede que un protón aparece del otro lado de la barrera que separa dos partículas positivas, y entonces se fusionan. Es algo muy improbable, que si ocurre comúnmente en las estrellas es porque tienen volúmenes astronómicos de hidrógeno.

Si pudiéramos reproducir de alguna manera esos procesos cósmicos, para fusionar hidrógeno en helio, generaríamos toda la energía que necesitamos, y más, con un reactor cuyo combustible se extrae del agua, su único residuo sería helio y su reacción, una vez encendida, no se detiene. Sería de verdad perfecto, como el sol.

Por eso en los años 50 la Unión Soviética, Estados Unidos y Gran Bretaña dedicaron tantos recursos a estudiar la fusión nuclear como la fisión, cada uno por su cuenta y en secreto. Aprendieron a aprovecharla para hacer mejores bombas, pero los avances para construir reactores de fusión fueron nulos. Hacia 1958, en nombre de la paz, permitieron a sus científicos intercambiar información: algo inconcebible si alguno hubiera sentido estar cerca de algún resultado tangible.

Descubrieron que todos estaban más o menos en la misma página, pues sin ponerse de acuerdo, se habían enfocado

en mecanismos en forma de dona (“toroides”, técnicamente) en cuyo interior circulan plasmas de hidrógeno, confinados mediante mecanismos magnéticos para fluir sin tocar las paredes. Hallaron también que ninguno estaba cerca de lo que se necesita para un reactor funcional: que genere más energía de la que recibe.

Como la Tierra no cuenta con la presión ni el volumen de hidrógeno que hay en una estrella, la apuesta es calentar un gas a la mayor temperatura posible, más que en el sol. El ITER, un reactor toroidal construido en el sur de Francia con la participación de 27 países, busca calentar su plasma a 150 millones de grados Celsius. Espera comenzar su operación a fines de 2025. Pero este experimento, en el mejor de los casos, sólo logrará demostrar en principio que la fusión nuclear controlada es posible; la primera maqueta de un reactor de fusión comercial estaría lista, si todo saliera bien, hasta 2040.

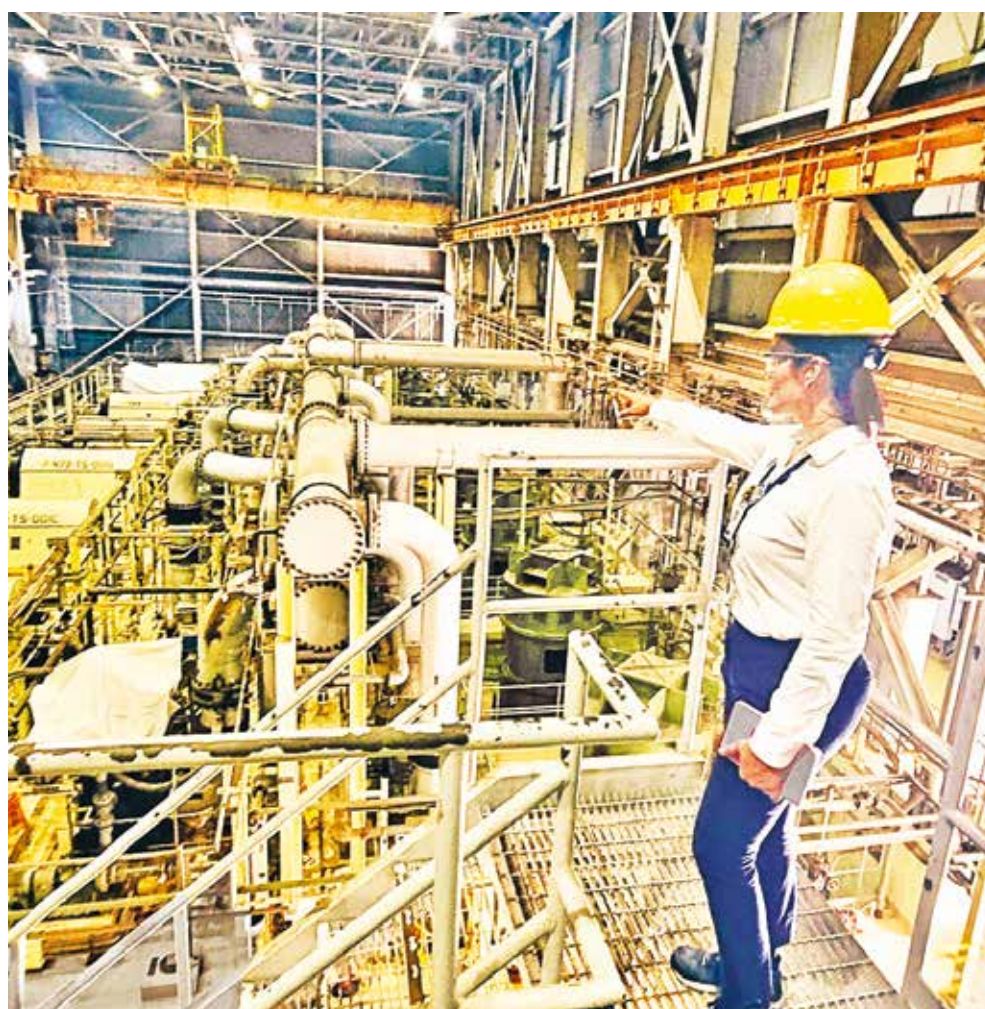
Hay alternativas a los reactores de confinamiento magnético. Una de ellas, la de confinamiento inercial, dispara un láser de alto poder a una pequeña cápsula con hidrógeno, para que la energía del láser se transfiera a sus protones y los fusione. El National Ignition Facility de Estados Unidos anunció en diciembre de 2022 que por primera vez pudo, en un experimento, generar más energía de la inyectada... pero sigue siendo sólo un primer paso, sin que quede clara su aplicación en un reactor comercial capaz de operar con eficiencia y continuidad.

Los resultados de 80 años de experimentos han sido pocos para la cantidad de esfuerzo y recursos dedicados a estudiar la fusión nuclear. Para sus detractores es un sueño inalcanzable, un desperdicio de dinero y esfuerzo; pero los intentos continúan porque si algún día consiguen su meta van a producir la energía más barata, firme y limpia que ha existido jamás.

Y entonces, todavía en 2023, la fusión nuclear permanece como una ilusión. Sólo el tiempo dirá si era alcanzable. Por ahora, su principal combustible es el optimismo y la fe en la capacidad de la técnica e ingeniería humanas para resolver cualquier problema. ¿Si deseamos construir una estrella, estará nuestra capacidad a la altura de nuestra ambición?

Para saber más

- Sharon Ann Holgate, Nuclear Fusion: The Race to Build a Mini Sun on Earth (2022)
- L. J. Reinders, The Fairy Tale of Nuclear Fusion (2021).



GENERACIÓN PARA TODO MÉXICO

CFE



HIDROELÉCTRICA

Es la energía más limpia y confiable: usa el movimiento del agua, sin contaminarla ni generar emisiones. La CFE tiene **60 hidroeléctricas** y se encuentra desarrollando 16 proyectos de modernización, 1 de construcción y 3 de equipamiento de presas, con una inversión de 1,495 MDD.

FOTOVOLTAICO

La energía solar es una fuente de energía renovable que se obtiene con ayuda de paneles solares: dispositivos diseñados para captar la energía de la fisión y convertirla en energía útil. Junto con el gobierno de Sonora, se construye el campo solar más grande de América. #OrgulloCFE



GEOTERMOELÉCTRICA

También es energía limpia que aprovecha el calor del subsuelo para generar vapor que mueve una turbina y crea electricidad. México ocupa el 6º lugar del mundo en el uso de esta tecnología.

NUCLEOELÉCTRICA

Laguna Verde es la única central nuclear de generación eléctrica de México. Aprovecha la energía de la fisión para mover las turbinas que generarán electricidad.



CICLO COMBINADO

Una turbina usa gas natural y otra el vapor que produce el calor de la primera. Son altamente eficientes y permiten generar electricidad con muy pocas emisiones.

CFE

La Generación eléctrica de la CFE es para todo México. Por sus características geográficas, México cuenta con un enorme potencial para la generación de energía eléctrica mediante diversas tecnologías. **¡Viva México y sus recursos naturales!**

