



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**“Metodología para la optimización de
ventanas de tiempo para trabajos en
equipo eléctrico”**

Tesis

**Para Obtener el Grado de:
Licenciatura en Ingeniería**

Presenta: Adan Manuel Licona Espinoza

Asesor: M.I Adrian Gaona Martínez

PUEBLA, PUE.

Mayo 2023



BUAP

Oficio No. SAC/0873/2023

**C. Adan Manuel Licona Espinoza -201743837-
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería
Mecánica y Eléctrica
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE VENTANAS DE TIEMPO PARA TRABAJOS EN EQUIPO ELÉCTRICO”

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor de tema al Mtro. Adrián Gaona Martínez.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente
“Pensar bien para vivir mejor”
H. Puebla de Z. a 11 de mayo de 2023

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



M^oACGZ/M^oVGL/barv
C.c.p. Archivo

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Mtro. Adrián Gaona Martínez, asesor del tema de tesis:

“METODOLOGÍA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE VENTANAS DE TIEMPO PARA TRABAJOS EN EQUIPO ELÉCTRICO”

Presentada por el C. Adan Manuel Licon Espinoza -201743837-, pasante del Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. SAC/0873/2023 con fecha de emisión 11 de mayo de 2023, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z. a de 12 de mayo de 2023



Mtro. Adrián Gaona Martínez
Asesor de Tema

M'AGM/BARV
C.c.p. Archivo

Índice	
Capítulo I.- Protocolo de Investigación	7
Planteamiento del Problema	7
Justificación	9
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
Hipótesis	11
Capítulo II.- Marco de Referencia	12
Marco Histórico	12
Importancia del Equipo Eléctrico Primario	15
Gestión de Libranzas	16
Licencias en la Red	16
Gestión de Licencia Programada	17
Tipos de Mantenimientos	18
Mantenimiento Basado en Cálculo de Créditos de Mantenimiento	18
Mantenimiento Basado en Condición del Equipo	19
Capítulo III.- Marco Metodológico	20
Demanda Máxima y Mínima	20
Histórico; Demanda Máxima Zona de Operación Pachuca	20
Histórico; Demanda Mínimo Zona de Operación Pachuca	22
Trabajos en Líneas de Transmisión y Redes de Distribución	24
Detalle de Licencias Zona de Distribución Tulancingo (ZDTLG)	24
Detalle de Licencias Zona de Transmisión Centro Oriente (ZTCO)	27
Históricos de Generación	30
Histórico; Generadora de Necaxa (NEC)	30
Histórico; Comportamiento Líneas de Transmisión de Necaxa-El Salto/ Necaxa-Patla	31
Resultados de Estudios	36
Condiciones Climáticas de la Zona	37
Capítulo IV.- Análisis y Validación de los Resultados	39
Propuestas e Implementación	39
Propuesta de Épocas Preferentes para Programación de Trabajos (Clima)	39
Propuesta de Épocas Preferentes para Programación de Trabajos (Demanda)	40
Propuesta de Épocas Preferentes para Programación de Trabajos (Gen. Necaxa)	40

Propuesta Final	41
Impactos Logísticos de la Propuesta de Programación	42
Operación de la Red	42
Eficiencia y eficacia del Mantenimiento	42
Impactos Económicos de la Propuesta de Programación	44
Disminución de Costos Operativos.....	44
Costos de Energía Eléctrica.....	44
Conclusiones	46
Bibliografía	47

Índice de Figuras

Fig. 1 Mapa de Clientes ZOTP (Zona de Operación de Transmisión Pachuca, REZO, 2022).	13
Fig. 2 Diagrama Unifilar, Red Troncal ZOTP (Zona de Operación de Transmisión Pachuca, REZO, 2022).	14
Fig. 3 Fuentes de Diagnostico (CFE Transmisión, 2019).	19
Fig. 4 Aplicación en Equipo de Subestaciones (CFE Transmisión, 2019).....	19
Fig. 5 Ubicación SE NEC y LT	30
Fig. 6 Mapa de Condición Climática Promedio en Temporada de Lluvias	38
Fig. 7 Tarifas de Transmisión de Energía Eléctrica	44

Índice de Tablas

Tablas 1-2. Demanda Máxima 2021-2022	21
Tablas 3-4. Demanda Máxima 2019-2018	21
Tablas 5-6. Demanda Mínimas 2021-2020	22
Tablas 7-8. Demanda Mínimas 2019-2018	23
Tablas 9. Horas Hombre por Trabajo dentro de SE	43
Tablas 10. Horas Hombre por Trabajo fuera de SE	43
Tablas 11. Costo por fuera de Servicio LT.....	45
Tablas 12. Costo por fuera de Servicio banco de Generación.....	45

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Demandas Max 2017-2021	20
Gráfico 2. Demandas Min 2017-2021	22
Gráfico 3. Licencias Autorizadas ZDTLG (2021)	24
Gráfico 4. Licencias Expiradas ZDTLG (2021).....	25
Gráfico 5. Licencias Canceladas ZDTLG (2021).....	25
Gráfico 6. Licencias Autorizadas ZTCO (2021)	27
Gráfico 7. Licencias Expiradas ZTCO (2021)	28
Gráfico 8. Licencias Canceladas ZTCO (2021)	28
Gráfico 9. Generación Necaxa (2019-2022)	31
Gráfico 10. Línea Salto-Necaxa1 (2019-2022)	32
Gráfico 11. Línea Salto-Necaxa2 (2019-2022)	32
Gráfico 12. Línea Salto-Necaxa3 (2019-2022)	33
Gráfico 13. Línea Salto-Necaxa4 (2019-2022)	33
Gráfico 14. Línea Salto-Patla (2019-2022)	34
Gráfico 15. Línea Salto-Tepexi1 (2019-2022)	35
Gráfico 16. Línea Salto-Tepexi2 (2019-2022)	35
Gráfico 17. Calendario Actividades según Clima	39
Gráfico 18. Calendario Actividades según Demanda.....	40
Gráfico 19. Calendario Actividades según Generación.....	40
Gráfico 20. Calendario Actividades para Tipos de Trabajos.....	41

Capítulo I.- Protocolo de Investigación

Planteamiento del Problema

Comisión Federal de Electricidad (CFE), como empresa responsable de la operación física y del mantenimiento de la Red Nacional de Transporte, según lo establecido en el artículo 12 de la Ley de la Industria Eléctrica, debe asegurar las condiciones reguladas de confiabilidad y continuidad, con el objetivo de mantener una estabilidad entre la demanda de energía eléctrica y la generación.

Sin embargo, para asegurar estas condiciones reguladas, es necesario realizar actividades de mantenimiento con las cuales se asegure que cada uno de los componentes principales de la Red Nacional de Transmisión (RNT) operen dentro de sus regímenes normales.

La CFE, con la finalidad de obtener un marco cuantitativo referente a la efectividad obtenida en los mantenimientos realizados a la infraestructura eléctrica, realiza estudios estadísticos de forma anual. En estos se determinan las causas de fallos, retrasos, reprogramaciones e incluso cancelaciones de los trabajos de mantenimiento, además de establecer los lineamientos que sean acordes a las necesidades de transmisión de energía de las diferentes regiones, para así incrementar la efectividad del mantenimiento, evitando interrupciones en el servicio de suministro eléctrico y así mismo, daños en los equipos eléctricos que se someten a mantenimientos y/o a los equipos utilizados como soporte mientras otros se encuentran fuera debido a los trabajos de mantenimiento.

Dentro de las características descritas de cada evento o trabajo, suelen hacerse presentes diversas problemáticas e inconvenientes imprevistos, de diferentes índoles, los cuales dificultan y generan retrasos en el tiempo de respuesta y efectividad de la empresa y, por consecuencia, en la eficiencia del servicio eléctrico y/o en el uso de sus recursos materiales y humanos.

Con esta premisa y debido al estudio estadístico realizado” (Zona de Operación de Transmisión Pachuca, Informe Anual, 2022), se consiguió determinar que *“aproximadamente y entre un 10 a un 30 por ciento, lo que es igual a 1-20 de los trabajos programados por cada mes, son cancelados o se consideran expirados por el Centro de Operación de la Zona de Operación de Transmisión Pachuca (ZOTP)”* siendo una de las causas con mayor recurrencia las condiciones climatológicas adversas que suelen suscitarse. Es por ello que, es necesario encontrar y/o diseñar un proceso capaz de mejorar la eficiencia en la planeación y programación de libranzas de elementos de la red eléctrica, sin afectar la carga que soporta la red de la Zona de Transmisión Pachuca.

Es importante el considerar que dentro de la Red Nacional de Transmisión existe una interconexión con los Centros de Generación Regionales (CGR), los Centros de Control de Distribución (CCD) y las subestaciones particulares de clientes que demandan energía eléctrica a nivel de tensión diferentes al convencional otorgado a los clientes de tipo casa-habitación. Por ello, suele ser difícil coordinar y programar ventanas de tiempo (intervalos de tiempo en horas de libranza) adecuadas para realizar los trabajos necesarios para mantener de manera óptima los equipos y líneas destinados a la transmisión y suministro de energía eléctrica.

Como solución a la problemática existente en la programación de libranzas es diseñar un calendario de actividades, para así poder mejorar y optimizar el proceso de planeación de libranzas de los equipos, el cual consideraría las condiciones climatológicas de cada zona dependiente de la Zona de Operación de Transmisión Pachuca (ZOTP), la complejidad y tiempo necesario para la realización de cada trabajo.

Justificación

Para Comisión Federal de Electricidad (CFE), el tener fuera de servicio un equipo, ya sea por mantenimientos o por fallas, suele representar grandes sumas de dinero, sin embargo, es preferible para la empresa, tener fuera los equipos eléctricos por mantenimientos que por fallas, ya que estas, suelen representar gastos mayores, debido al tiempo que los equipos pueden estar fuera de servicio, ya sea por falta de insumos o equipo para sustituir, en caso de falla destructiva y en dados casos, los tiempos de puesta en marcha.

Por ello, es importante establecer un método capaz de organizar (según importancia y necesidades) los trabajos programados anualmente y poder atender con premura y sin dificultades los trabajos de emergencia que cada año se hacen presentes.

Para dicho método, se considerarán las condiciones ambientales presentes en la región geográfica bajo responsabilidad de la Zona de Operación de Transmisión Pachuca, además, de las condiciones que la red presente, con base en la demanda de energía a lo largo del año, ya que estas, suelen representar las mejores o peores condiciones de trabajo para ciertos tipos de áreas y equipos. Además, se debe tener en consideración, las fechas de consumos máximos, mínimos y nominales para así poder respaldar las cargas que lo requieran, dando así un servicio seguro y continuo a los consumidores.

Objetivo General

Desarrollar un método eficiente y capaz de eficientar los requerimientos de libranza en equipo primario, considerando la demanda existente en la red, además de las condiciones climatológicas. Optimizando así los tiempos de trabajos en equipo primario.

Objetivos Específicos

- Evaluar la efectividad del aprovechamiento de libranzas en equipos de la RNT bajo responsabilidad de la ZOT Pachuca
- Analizar los factores causales que impactan en la cancelación de libranzas de equipo primario.
- Clasificar los requerimientos de libranzas por tipo de equipo: líneas de transmisión, bancos de transformación, equipos auxiliares
- Establecer ventanas de tiempo favorables según la demanda en la red para la libranza de equipo primario de la ZOTP.
- Establecer ventanas de tiempo favorables según condiciones climáticas para la libranza de equipo primario de la ZOTP.
- Establecer una estrategia para la programación de libranzas, tomando en cuenta las ventanas de tiempo más favorables, con el objetivo de reducir el porcentaje de trabajos cancelados y/o expirados dentro de la ZOTP.

Hipótesis

La elaboración de un método capaz de organizar, priorizar y atender los trabajos programados y de emergencia es de suma importancia, ya que, basados en estudios estadísticos, mensualmente entre 1 y 20 (10%-30% aproximadamente) trabajos son cancelados, esto debido a que no se cuenta con las condiciones ideales para realizar los trabajos, ya sea por la demanda existente o por las condiciones climáticas de la temporada. Esto, no sólo mejoraría la eficacia de los trabajos realizados alrededor del año y el servicio eléctrico, sino que también, ayudaría con la reducción de costos de operación, ya que habría menos trabajos cancelados y/o expirados, además de la reducción en las pérdidas de tiempo y recursos empleados.

Capítulo II.- Marco de Referencia

Marco Histórico

La Zona de Operación de Transmisión Pachuca (ZOTP) perteneciente a la Gerencia Regional de Transmisión del Valle De México la cual se encarga de administrar y operar físicamente la Red Nacional de Transmisión en el ámbito geográfico correspondiente, para poder brindar el servicio de energía eléctrica bajo los estándares de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), *“con ello satisfacer la demanda de 1,519,995 usuarios pertenecientes a la División de Distribución Centro Oriente”* con tres zonas de distribución que son:

- Pachuca
- Tula
- Tulancingo

Además de la División de Distribución Valle de México Norte. En las que destacan los siguientes usuarios industriales y de servicios tales como:

- Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles
- Aceros Corsa
- Cementos Fortaleza
- Cementos Cruz Azul
- Cementos Tolteca
- PEMEX
- Essity
- Bombardier-Concarril
- ASF-Keystone
- P&G
- PRAXAIR
- Complejo Agroindustrial de Tizayuca (Caitsa)

“Así como la industria textilera de la zona y los corredores turísticos que incluyen Zonas montañosas, arqueológicas, ex-haciendas y balnearios, los cuales anualmente son visitados por un promedio de 1,800,000 turistas, con respecto a la División de Distribución Valle de México Norte se da atención a usuarios domésticos e industriales de los municipios de Cuautitlán, Ecatepec y Atizapán, donde destaca el cliente Cementos Apasco y WEG” (Zona de Operación de Transmisión Pachuca, REZO, 2022).

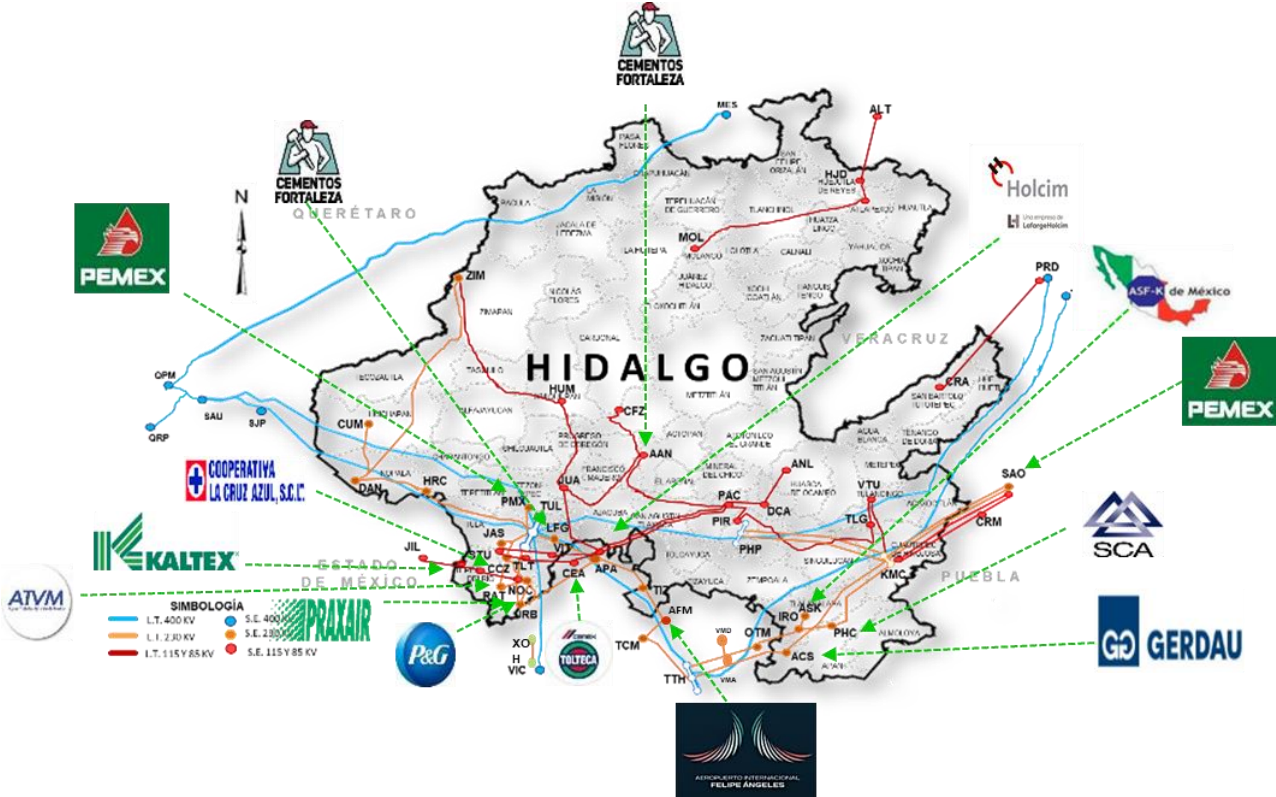


Fig. 1 Mapa de Clientes ZOTP (Zona de Operación de Transmisión Pachuca, REZO, 2022).

Importancia del Equipo Eléctrico Primario

El equipo eléctrico primario, como su nombre lo indica, es la parte más importante dentro de las subestaciones eléctricas y los circuitos que lo competen. Ya que de estos depende la calidad y el servicio de la energía eléctrica que será entregada al cliente.

Cada uno elabora un papel muy importante en el SEN, desde los transformadores, capaces de transformar los diferentes niveles de tensión y corriente, hasta los interruptores, que son muy utilizados para proteger y realizar maniobras para mantener los demás equipos en buen estado.

El equipo eléctrico primario, está dado por la siguiente lista:

- Transformadores.
- Interruptor de potencia.
- Restauradores.
- Cuchillas fusibles.
- Cuchillas desconectadoras y de prueba.
- Apartarrayos.
- Tableros de control.
- Bancos de Capacitores.
- Transformadores de instrumentos.

Gestión de Libranzas

Actualmente, con base en disposiciones establecidas en la Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento, así como en el Código de Red, se hace relevante garantizar la Continuidad del Suministro Eléctrico, garantizando la optimización de los recursos empleados que permita el Suministro Eléctrico bajo los estándares establecidos de Eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Seguridad y Sustentabilidad. Para realizar estas actividades y lograr el correcto funcionamiento, tanto el personal Operativo de Campo como los Centros de Control correspondientes, deberán de coordinarse a través de una Licencia, la cual permitirá llevar el control de disponibilidad y condición operativa del Sistema Eléctrico.

Licencias en la Red

Licencia: es la autorización que se concede a un trabajador para que éste y/o personal a sus órdenes se protejan, observen las Normas de Seguridad o ejecuten un trabajo en relación con un equipo o parte de él o en equipos cercanos,

Licencias Programadas: se conceden para ejecutar trabajos de supervisión, mantenimiento, modificaciones, ampliaciones o puesta en servicio de elementos en la red. Este tipo de licencias requiere el trámite de un registro ante el Centro de Control.

Licencias de Emergencia: se concede para realizar trabajos inmediatos en elementos, dispositivos o equipos que se encuentran en condiciones críticas de operación que al no atenderse de inmediato puede provocar una falla en cualquier momento. Así mismo, se consideran de emergencia los trabajos necesarios para el restablecimiento del suministro.

Gestión de Licencia Programada

Para poder realizar el registro y programación de una licencia, es necesario elaborar una solicitud con el Centro de Control encargado de la supervisión y control de los elementos, dispositivos o equipos en cuestión, para que, posteriormente, sea realizado un estudio de cargas y disponibilidad correspondiente al equipo solicitado, asegurando así el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

La toma de licencias requiere de un mínimo de diecisiete requisitos, de lo contrario, esta será denegada por el Centro de Control:

- División / Zona / Área a que pertenece.
- Proceso de Distribución/Transmisión al que pertenece.
- RPE, Nombre y teléfono del solicitante del Registro.
- RPE, Nombre del responsable de la ejecución de los trabajos.
- Fecha y hora de la solicitud del Registro.
- Fecha y hora de inicio y término de los trabajos.
- Tipo de licencia (vivo o muerto).
- Para trabajos que por su naturaleza se realicen en periodos de dos o más días, dentro de la solicitud de Registro se debe indicar si la licencia será diaria o continua.
- Proceso al cual pertenece la instalación (red aérea, red subterránea, líneas, subestaciones, protecciones, comunicaciones, control, trabajos a terceros, ISC, etc.).
- Identificación de las instalaciones en las cuales se desarrollarán los trabajos, indicando en su caso: línea, subestación, equipo, circuito, ramal, banco.
- Diagrama unifilar simplificado o plano señalando claramente la ubicación y secuencia de maniobras.
- Descripción detallada de los trabajos o actividad a ejecutar. En caso de tener un Registro del CENACE indicarlo en el mismo campo.

- Si los trabajos considerados implican la modificación de la topología de las Redes Generales de Distribución/Transmisión.
- Lugar o dirección de ejecución de los trabajos.
- Personal o grupos que intervendrán en la ejecución del trabajo (grupos de trabajo o contratistas).
- Secuencia de maniobras de inicio y restablecimiento.

Tipos de Mantenimientos

El mantenimiento del equipo eléctrico primario, consiste en realizar inspecciones en el equipo eléctrico de forma visual para así facilitar la detección de posibles problemas en su rendimiento. El mantenimiento puede ser de tipo correctivo (respuesta a incidencias puntuales), o bien preventivo (comprobaciones rutinarias con cierta periodicidad).

Respecto al mantenimiento preventivo, CFE, ha contado con dos métodos para poder realizar una evaluación y así determinar cuándo o cómo debe proceder el mantenimiento del equipo eléctrico.

Mantenimiento Basado en Cálculo de Créditos de Mantenimiento

El procedimiento del Mantenimiento Basado en Cálculo de Créditos consta de la realización de una evaluación de créditos de trabajo por tipo de mantenimiento, actividad, equipo, etc. Es decir, se otorga un valor en créditos a cada tipo de actividad y estos se acumulan según la cantidad de horas-hombre requeridas para realizar el trabajo. Con ello, se determina la cantidad de personal necesario para dar mantenimiento a una instalación.

Este método considera 1952hrs (244 días por 8hrs) menos tiempos por comidas, traslados, preparativos, dando un total de 1187hrs efectivas.

Mantenimiento Basado en Condición del Equipo

El procedimiento del Mantenimiento Basado en Condición (MBC) consta de realizar inspecciones visuales, mediciones, muestreos y pruebas periódicas, permitiendo así, determinar el estado operativo de los equipos, dando así, indicios de posibles fallas, permitiendo así prevenirlas antes de que ocurran.

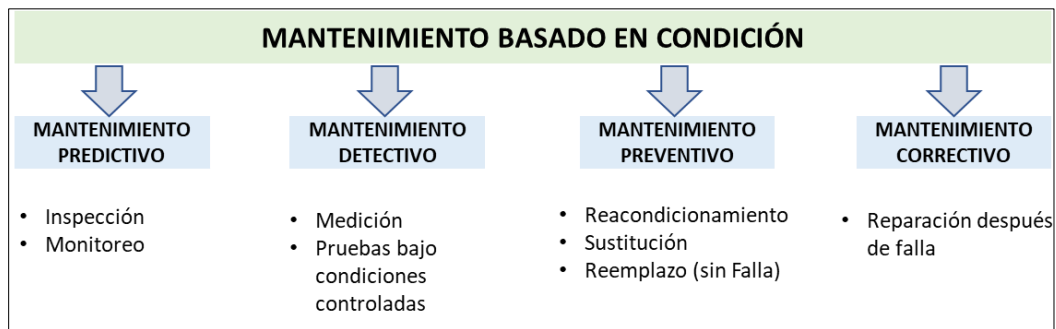


Fig. 3 Fuentes de Diagnostico (CFE Transmisión, 2019).

“La aplicación del MBC permite gestionar de manera más eficiente las actividades de mantenimiento preventivo, optimizando el reacondicionamiento, el reemplazo de componentes o la sustitución total del activo antes de que falle, minimizando los trabajos de mantenimiento correctivo.” (Procedimiento De Evaluación De Cargas De Trabajo Para El Mantenimiento De Los Equipos Eléctricos De Subestaciones, 2019).

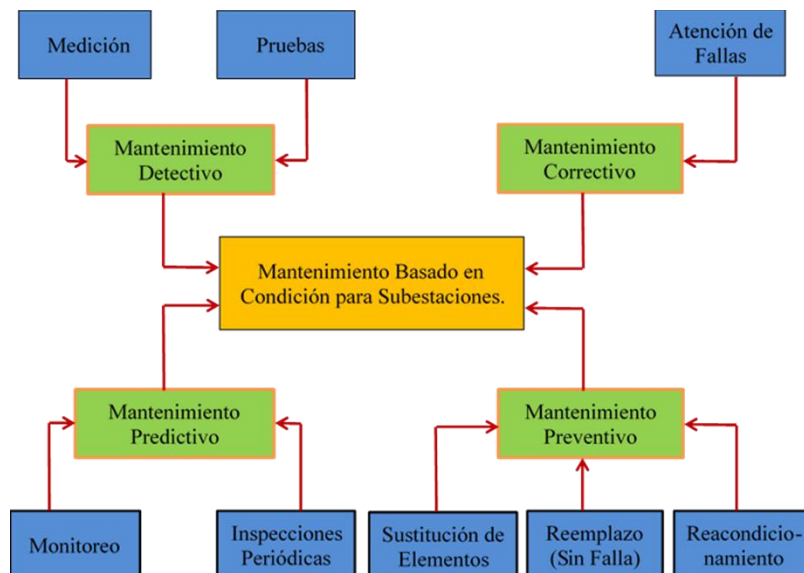


Fig. 4 Aplicación en Equipo de Subestaciones (CFE Transmisión, 2019).

Capitulo III.- Marco Metodológico

Demanda Máxima y Mínima

Histórico; Demanda Máxima Zona de Operación Pachuca

La Zona de Operación de Transmisión Pachuca cuenta con una demanda máxima promedio de 1249.796 MW en sus días más productivos, lo cual es posible visualizarse en el siguiente gráfico:

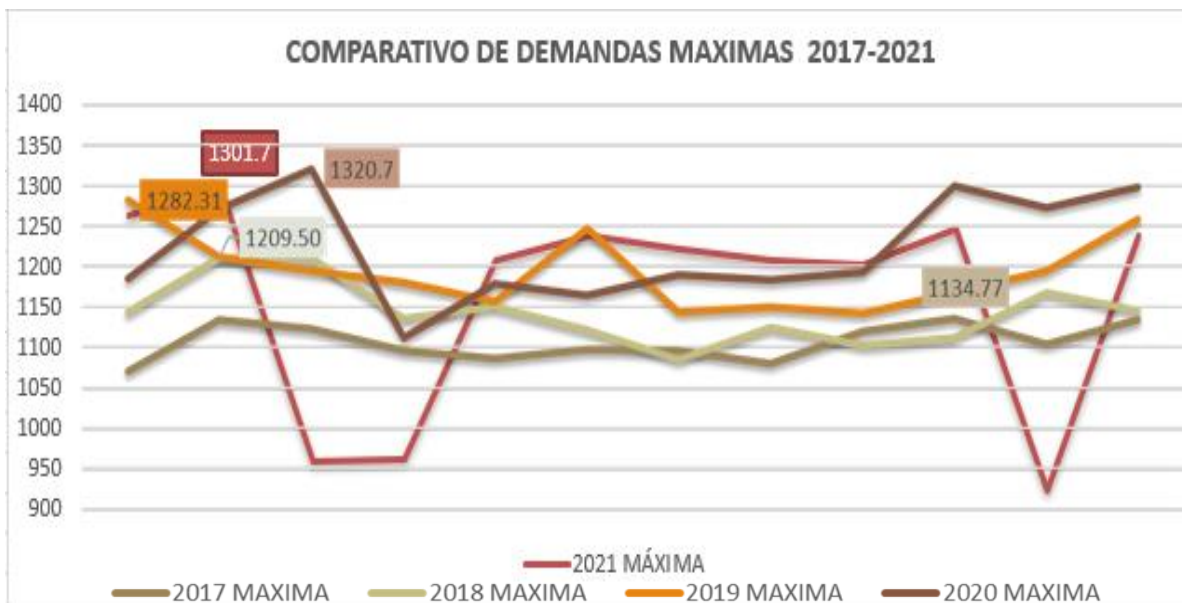


Gráfico 1. Demandas Max 2017-2021

Mes	Día	DemandaMax
ENERO	13	1265.1
FEBRERO	9	1301.7
MARZO	21	961.1
ABRIL	15	963.2
MAYO	11	1209.6
JUNIO	9	1239.6
JULIO	22	1224.3
AGOSTO	7	1209.6
SEPTIEMBRE	4	1204.3
OCTUBRE	27	1248.7
NOVIEMBRE	26	923.9
DICIEMBRE	8	1238.7

Mes	Día	DemandaMax
ENERO	26	1183.96
FEBRERO	24	1270.55
MARZO	4	1320.66
ABRIL	19	1111.06
MAYO	11	1179
JUNIO	23	1163.37
JULIO	18	1189.76
AGOSTO	29	1182.74
SEPTIEMBRE	26	1192.88
OCTUBRE	17	1298.96
NOVIEMBRE	17	1272.12
DICIEMBRE	20	1297.32

Tablas 1-2. Demanda Máxima 2021-2022

Mes	Día	DemandaMax
ENERO	20	1282.31
FEBRERO	12	1212.23
MARZO	16	1193.72
ABRIL	13	1180.35
MAYO	22	1155.68
JUNIO	13	1246.16
JULIO	10	1143.3
AGOSTO	6	1150.41
SEPTIEMBRE	12	1141.37
OCTUBRE	12	1166.78
NOVIEMBRE	27	1195
DICIEMBRE	10	1257.52

Mes	Día	DemandaMax
ENERO	13	1143.8
FEBRERO	7	1209.5
MARZO	7	1209.5
ABRIL	21	1135.04
MAYO	5	1148.94
JUNIO	13	1120.23
JULIO	7	1084.99
AGOSTO	18	1124.06
SEPTIEMBRE	8	1101.79
OCTUBRE	6	1111.97
NOVIEMBRE	26	1166.52
DICIEMBRE	9	1145.48

Tablas 3-4. Demanda Máxima 2019-2018

De acuerdo con la información otorgada por las gráficas y tablas generadas de los datos recabados, es posible destacar y verificar que cada año, las demandas máximas tienden a hacerse presentes al comienzo del año (entre los meses de enero-marzo), cuando los clientes grandes como las acereras, textileras, cementeras e inclusive, clientes como los aeropuertos, retoman actividades después de las épocas vacacionales de fin de año.

Histórico: Demanda Mínimo Zona de Operación Pachuca

La Zona de Operación de Transmisión Pachuca cuenta con una demanda mínima promedio de 523.884 MW en sus días menos productivos, lo cual es posible visualizarse en el siguiente gráfico:

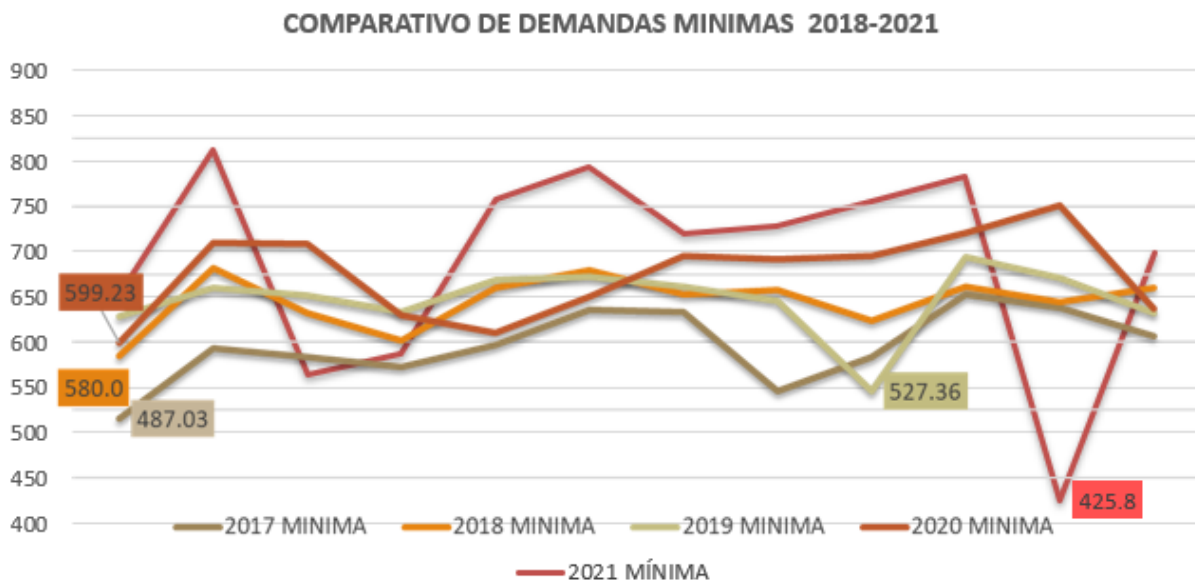


Gráfico 2. Demandas Min 2017-2021

Mes	Dia	DemandaMin
ENERO	1	650.6
FEBRERO	7	813.0
MARZO	28	564.2
ABRIL	5	587.5
MAYO	2	757.9
JUNIO	21	792.9
JULIO	22	720.0
AGOSTO	30	728.0
SEPTIEMBRE	13	756.2
OCTUBRE	10	783.5
NOVIEMBRE	7	425.8
DICIEMBRE	26	698.1

Mes	Dia	DemandaMin
ENERO	1	599.23
FEBRERO	3	747.11
MARZO	23	744.12
ABRIL	11	640.37
MAYO	11	613.36
JUNIO	1	667.72
JULIO	20	726.4
AGOSTO	10	721.52
SEPTIEMBRE	16	726.24
OCTUBRE	26	760.81
NOVIEMBRE	15	801.9
DICIEMBRE	28	649.7

Tablas 5-6. Demanda Mínimas 2021-2020

Mes	Dia	DemandaMin
ENERO	1	637.87
FEBRERO	4	680.39
MARZO	19	668.79
ABRIL	22	644.73
MAYO	6	691.93
JUNIO	3	696.21
JULIO	8	682.26
AGOSTO	26	659.89
SEPTIEMBRE	23	527.36
OCTUBRE	28	725.78
NOVIEMBRE	4	694.13
DICIEMBRE	25	642.99

Mes	Dia	DemandaMin
ENERO	1	579.97
FEBRERO	5	709.68
MARZO	31	642.85
ABRIL	2	602.45
MAYO	2	679.5
JUNIO	18	705.52
JULIO	2	669.8
AGOSTO	6	676.48
SEPTIEMBRE	17	630.68
OCTUBRE	22	681.41
NOVIEMBRE	20	658.82
DICIEMBRE	2	679.63

Tablas 7-8. Demanda Mínimas 2019-2018

Gracias a la información otorgada por estas gráficas, es posible destacar y verificar que cada año, las demandas mínimas tienden a hacerse presentes a los extremos del año, cuando ciertos clientes, comienzan a retoman actividades y por su contraparte, comienzan a reducir sus actividades cotidianas antes y después de las épocas vacacionales de fin de año.

Trabajos en Líneas de Transmisión y Redes de Distribución

Como casos de estudio, se optó por considerar solamente dos zonas, una de Distribución y una de Transmisión, para así poder comprobar que la propuesta es aplicable en diferentes departamentos y diferentes niveles de tensión. Las zonas consideradas son; la Zona de Distribución de Tulancingo (ZDTLG) y la Zona de Transmisión Centro Oriente (ZTCO). Sin embargo, los resultados se pueden extrapolar a toda el área de influencia de la ZOTP.

Detalle de Licencias Zona de Distribución Tulancingo (ZDTLG)

Al realizarse un estudio estadístico de las licencias para trabajos programados y de emergencia en la Zona de Distribución Tulancingo, que fueron otorgados y no otorgados a lo largo del año 2021, se obtuvieron los siguientes datos:

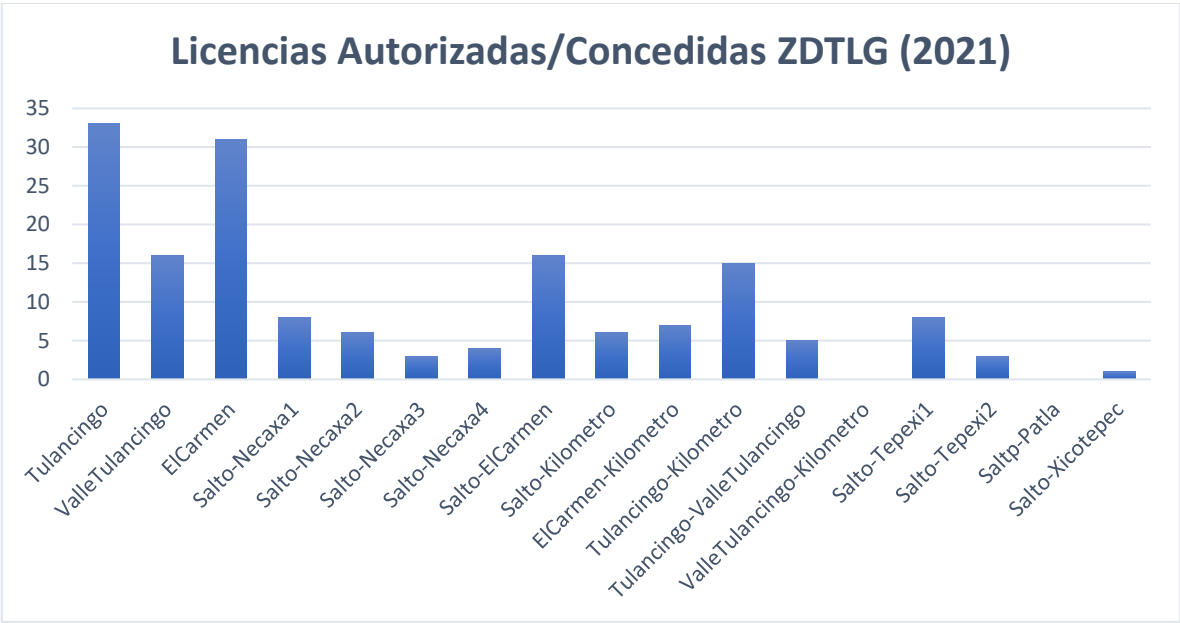


Gráfico 3. Licencias Autorizadas ZDTLG (2021)

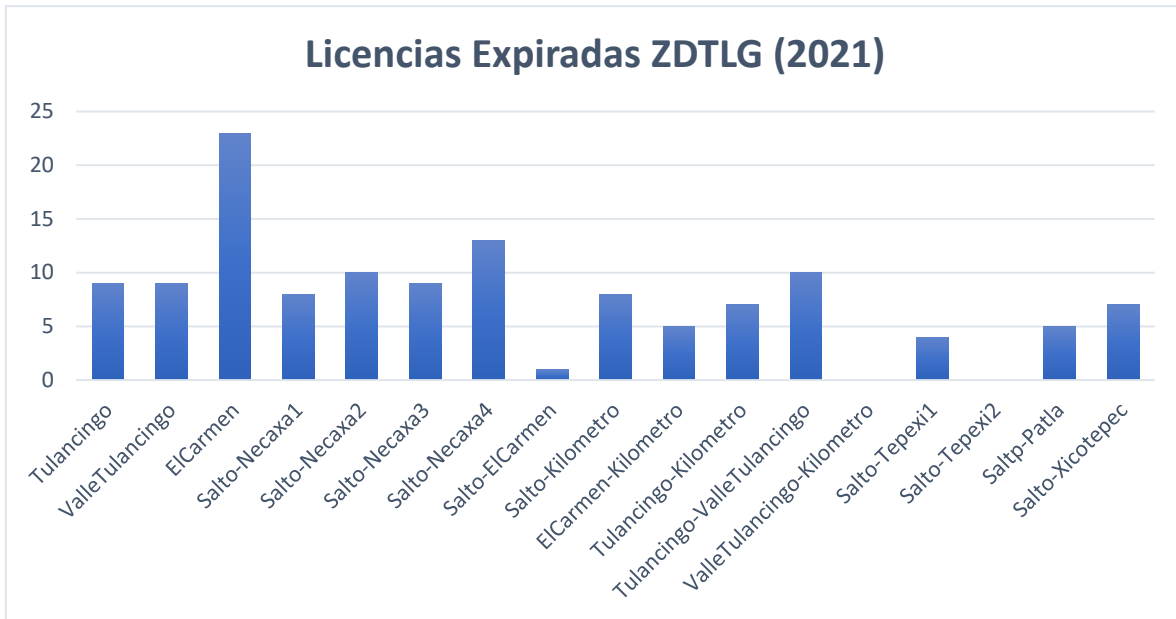


Gráfico 4. Licencias Expiradas ZDTLG (2021)



Gráfico 5. Licencias Canceladas ZDTLG (2021)

Una vez realizado el estudio en una red de Distribución es posible observar que en los trabajos programados y de emergencia en la Zona de Distribución Tulancingo, a lo largo del año 2021, fueron exactamente 321 solicitudes, de los cuales 31 fueron cancelados, 128 expiraron, y 162 fueron autorizados y realizados con normalidad.

Estos datos arrojan como valores:

- Autorizados 50.46%
- Cancelados 9.66%
- Expirados 39.87%

Detalle de Licencias Zona de Transmisión Centro Oriente (ZTCO)

Al realizarse un estudio estadístico de las licencias para trabajos programados y de emergencia en la Zona de Transmisión Centro Oriente, que fueron otorgados y no otorgados a lo largo del año 2021, se obtuvieron los siguientes datos:

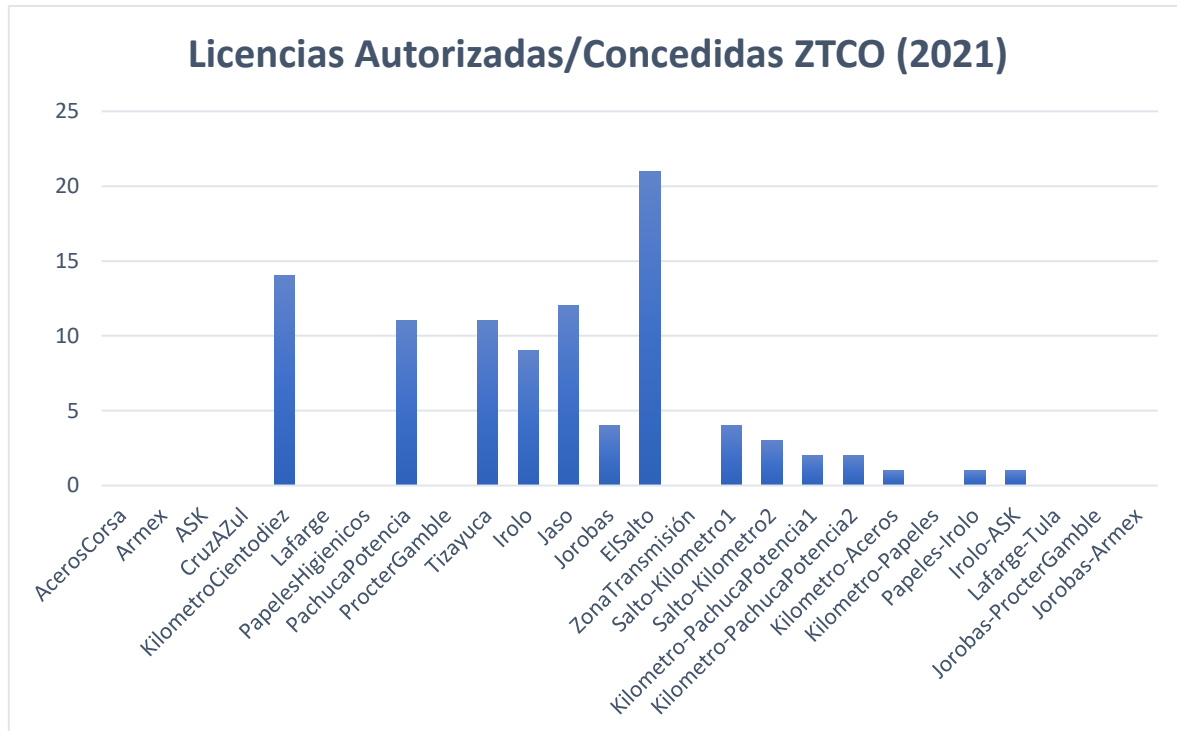


Gráfico 6. Licencias Autorizadas ZTCO (2021)



Gráfico 7. Licencias Expiradas ZTCO (2021)



Gráfico 8. Licencias Canceladas ZTCO (2021)

Una vez realizado el estudio en una red de Transmisión es posible observar que en los trabajos programados y de emergencia en la Zona de Transmisión Centro Oriente, a lo largo del año 2021, fueron exactamente 170 solicitudes, de los cuales 28 fue cancelada, hubo 46 licencias expiradas, y 96 fueron autorizados y realizados con normalidad.

Estos datos arrojan como valores:

- Autorizados 56.47%
- Cancelados 16.47%
- Expirados 27.1%

Históricos de Generación

Histórico: Generadora de Necaxa (NEC)

La hidrogenadora de Necaxa es una de las principales generadoras que alimenta la red troncal de la ZOTP, la cual cuenta con una tensión nominal de 85kV y una generación superior a 70 MW por día en su mejor temporada.

Para realizar el estudio, primero se hizo una inspección del diagrama unifilar de la troncal de Pachuca para ubicar la zona

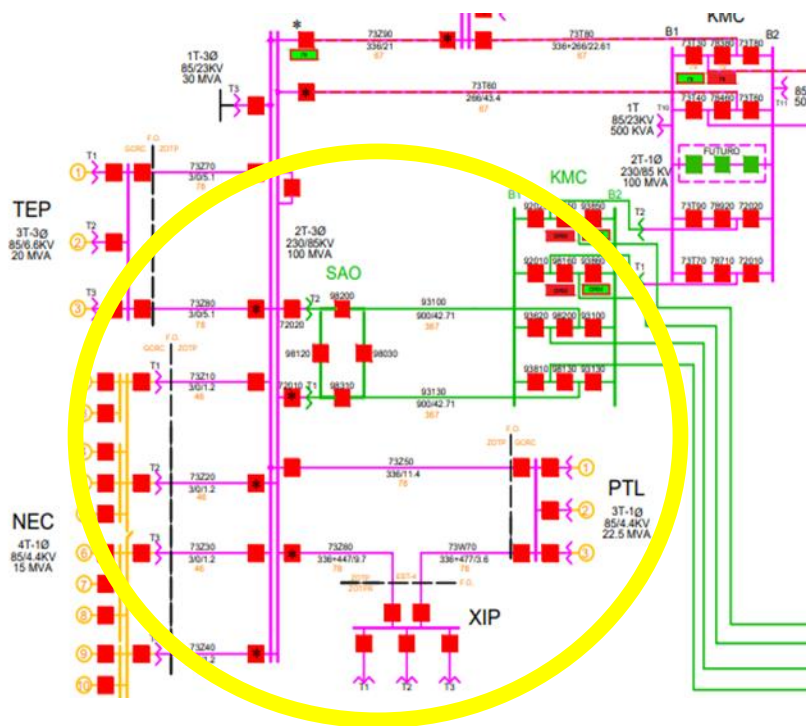


Fig. 5 Ubicación SE NEC y LT

Posteriormente, se realizó un filtrado con las fechas disponibles. Los datos obtenidos se separaron en Generación Total Anual, y Potencia por Línea.

Una vez hecho esto, se procedió a realizar las gráficas de la Generación Total y la Generación por cada Generador, para verificar que hubiese o no discrepancias en las mediciones registras.

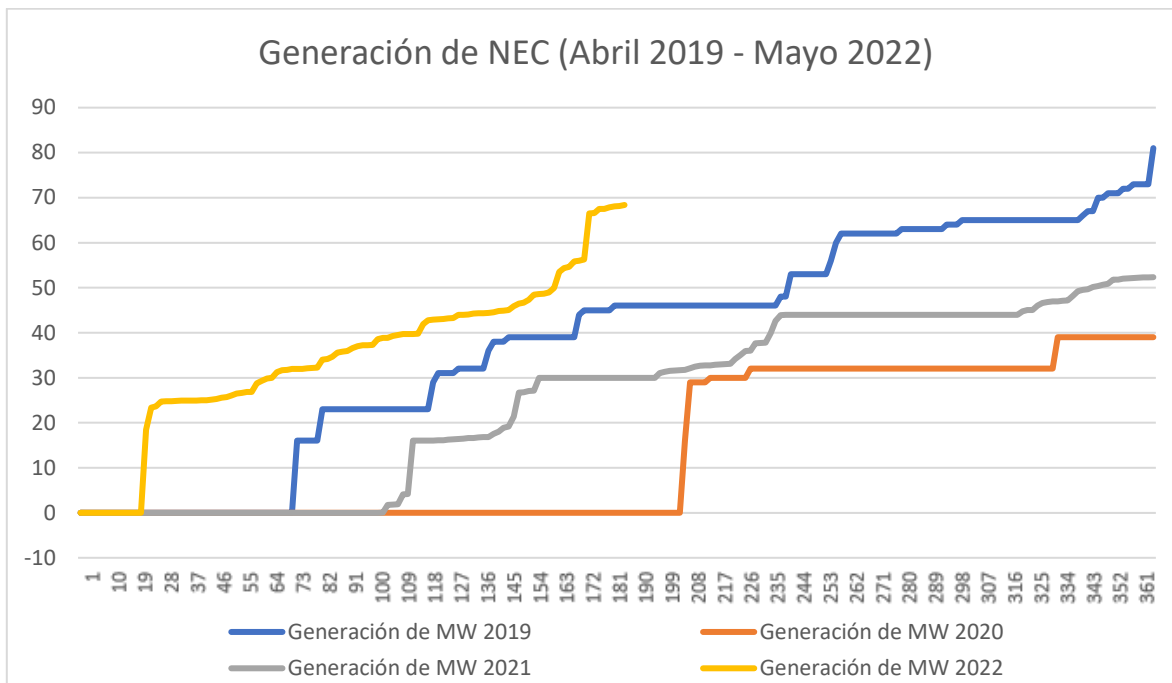


Gráfico 9. Generación Necaxa (2019-2022)

Histórico; Comportamiento Líneas de Transmisión de Necaxa-El Salto/ Necaxa-Patla

Las líneas de transmisión pertenecientes a la SE Necaxa (NEC) y Patla (PTL), se encuentran conectadas a las centrales hidroeléctricas de la zona, a una tensión nominal de 85kV, las características de las mismas, son las siguientes:

Línea	Tensión	Distancia en Km	Capacidad
Salto-Necaxa1	85kV	1.2	46MW
Salto-Necaxa2	85kV	1.2	46MW
Salto-Necaxa3	85kV	1.2	46MW
Salto-Necaxa4	85kV	1.2	46MW
Salto-Patla	85kV	11.4	46MW
Salto-Tepexi1	85kV	5.1	46MW
Salto-Tepexi2	85kV	5.1	46MW

Tabla. 9 Líneas de Transmisión de la Subestación Necaxa y Subestación Patla

De la misma forma que con los generadores, se procedió a realizar las gráficas comparativas de cada línea, considerando el periodo 2019-2022 y así poder establecer cuándo serían las fechas más adecuadas para programar licencias de trabajos de mantenimiento en esta zona y su equipo eléctrico.

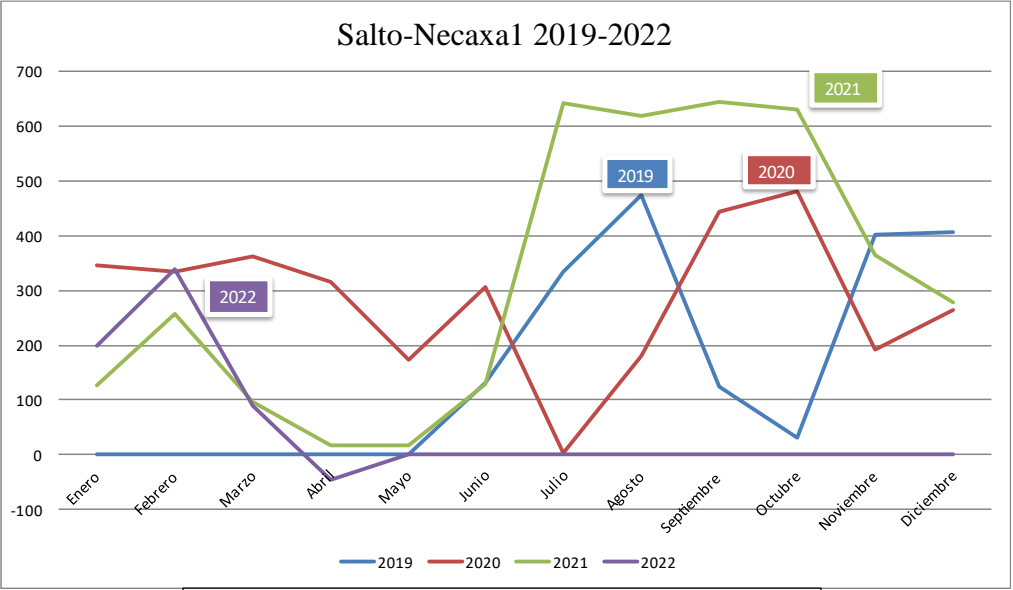


Gráfico 10. Línea Salto-Necaxa1 (2019-2022)

De enero a febrero, el tránsito de MW en la línea Salto-Necaxa1, según la estadística, suele ser menor a 400MW, sin embargo, de marzo a junio es prácticamente de 0 MW o cantidades de apenas 300MW, teniendo un repunte en los meses de julio a octubre con casi 700MW por mes.

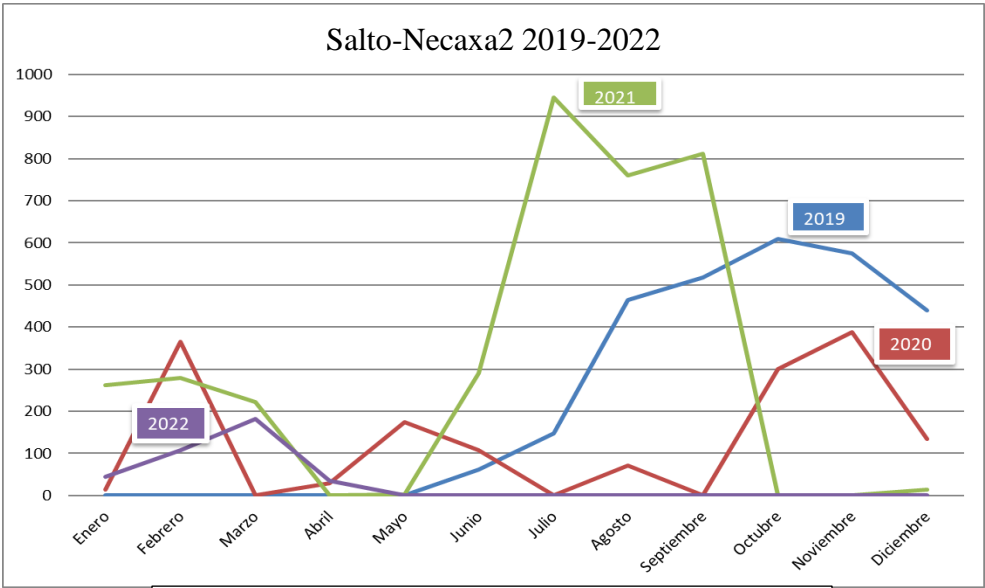


Gráfico 11. Línea Salto-Necaxa2 (2019-2022)

De enero a mayo, el tránsito de MW en la línea Salto-Necaxa2, según la estadística, suele ser menor a 400MW, sin embargo, iniciando junio tiene un repunte con mínimo 500 MW, manteniéndose así hasta el último trimestre del año, donde comienza a disminuir.

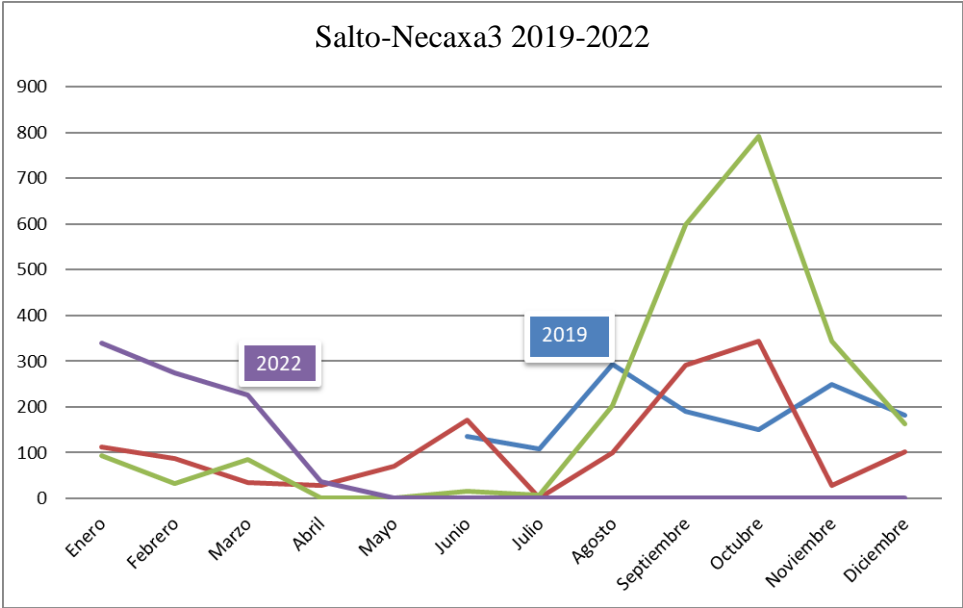


Gráfico 12. Línea Salto-Necaxa3 (2019-2022)

Las estadísticas de la Línea Salto-Necaxa3, muestran que los meses de enero-julio, el tránsito de MW es en promedio de 300MW, teniendo un repunte en el mes de agosto y volviendo a caer a menos de 400MW entre octubre y noviembre.

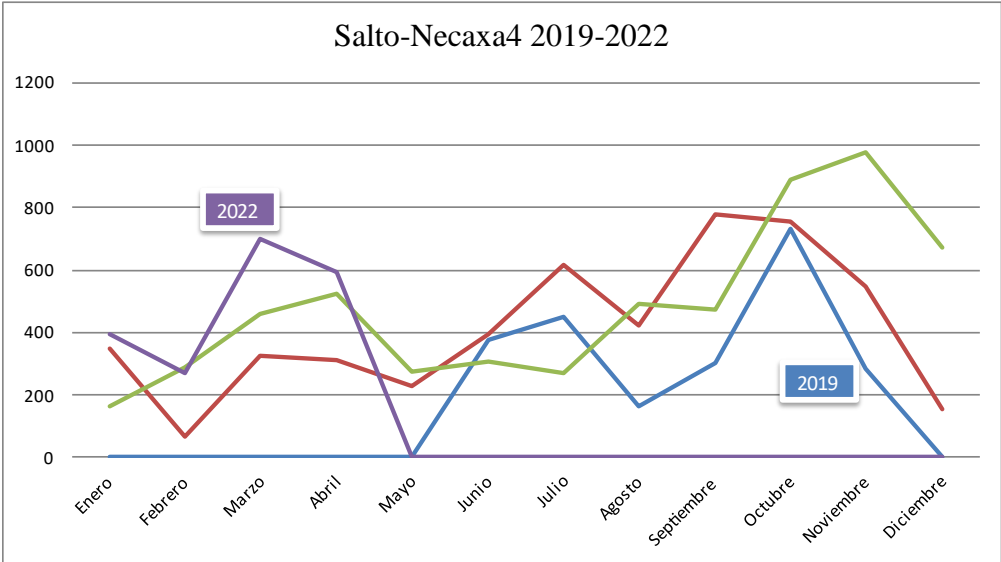


Gráfico 13. Línea Salto-Necaxa4 (2019-2022)

La línea Salto-Necaxa4, muestra un tránsito máximo cercano a los 1000MW en el último trimestre del año y un tránsito promedio cercano a los 800MW por mes, sin embargo, entre enero-febrero y mayo-junio es cuando desciende hasta casi 400MW.

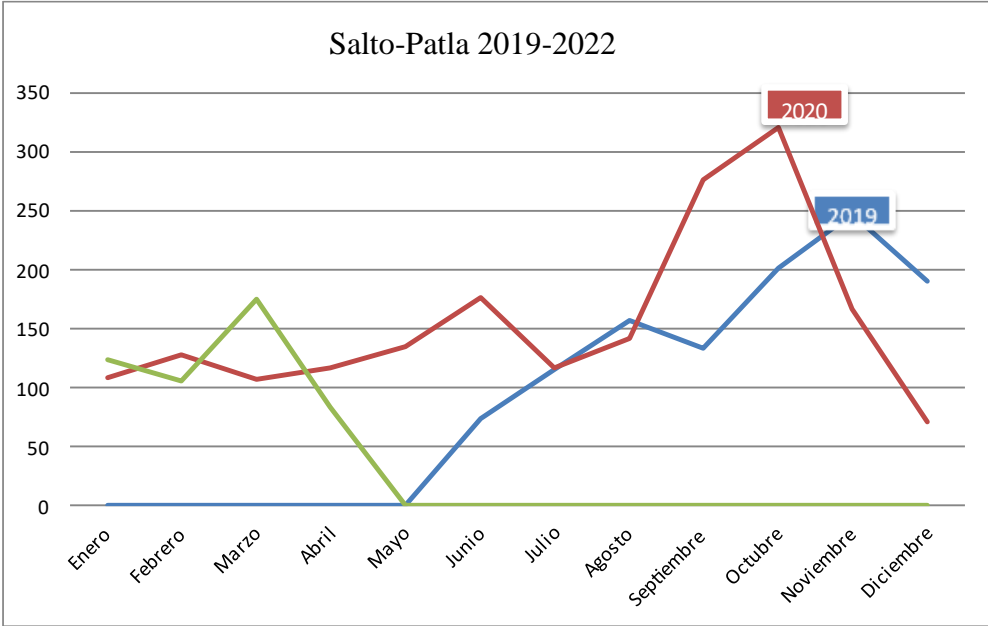


Gráfico 14. Línea Salto-Patla (2019-2022)

El comportamiento de la línea Salto-Patla, tiene un aumento notorio en el último cuatrimestre del año, llegando a aproximadamente 340MW en el mes de octubre, sin embargo, entre los meses enero-agosto, se ve un tránsito menor a los 200MW.

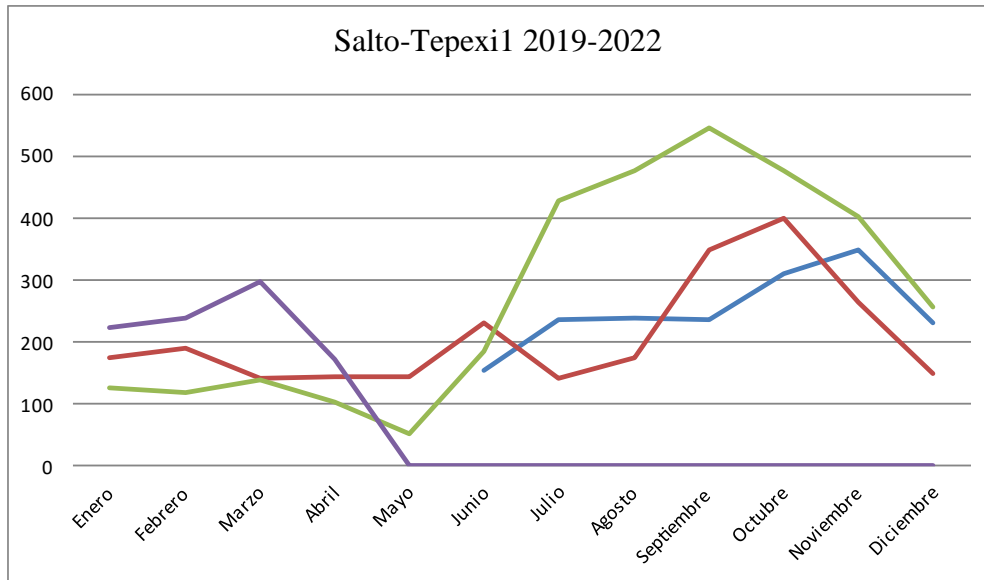


Gráfico 15. Línea Salto-Tepexi1 (2019-2022)

La línea Salto-Tepexi1 tiene un tránsito menor a 300MW en el primer semestre del año, haciendo énfasis en el mes de mayo, donde este, inclusive ha llegado a ser menor de 100MW. Por otra parte, entre los meses de junio-julio llega el repunte, con un tránsito mayor a los 500MW entre los meses de septiembre-octubre.

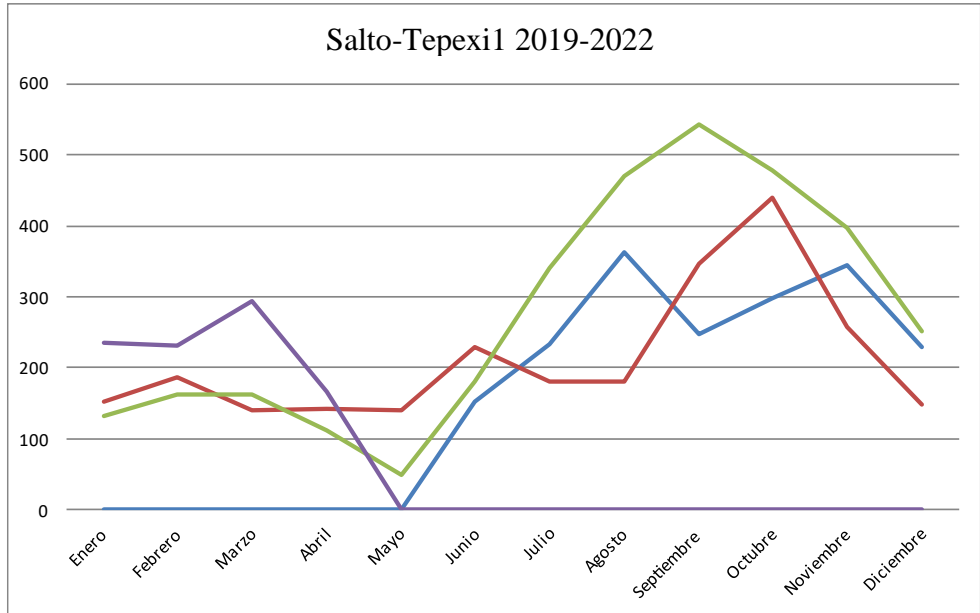


Gráfico 16. Línea Salto-Tepexi2 (2019-2022)

La línea Salto-Tepexi2 muestra un tránsito menor a 300MW en el primer trimestre del año, disminuyendo drásticamente en los meses de abril y mayo, repuntando en los meses de junio-julio y llegando al máximo tránsito entre los meses de septiembre-octubre.

Resultados de Estudios

Respecto a las demandas Máximas, se puede saber que los primeros meses del año, bajo horario laboral, es cuando se tienen los más altos picos de demanda en energía eléctrica. Por otro lado, en los últimos meses del año en horario laboral y al inicio del año, fuera del horario laboral, es cuando se tiene los picos más bajos en la demanda de energía eléctrica. Esto, según los datos arrojados en los análisis realizados de los periodos 2019-2022. Por ello, es posible saber que, al inicio de cada año, en horario laboral es cuando menos sería prudente programar trabajos en las Subestaciones y Líneas de Transmisión, por otro lado, en los extremos de los años, fuera de horario laboral, es cuando las demandas mínimas se hacen presentes, permitiendo así tener trabajos en Subestaciones y Líneas de Transmisión que comunican a los clientes con la RNT.

Como resultados del análisis, de la generación obtenida por parte de la hidrogeneradora de Necaxa, es posible saber que al inicio del año sostienen un nivel inferior a los 300 MW por mes, teniendo un desplome de casi 0 MW en los meses de abril, junio y mayo, siendo este el más idóneo para poder realizar trabajos en las Líneas de Transmisión que lo comunican con la RNT.

Respecto a los porcentajes obtenidos en la efectividad de la programación de trabajos, es notorio que, el no considerar, horarios, fechas y climatologías ideales, puede dar como resultado apenas un porcentaje mayor del 50% de eficiencia.

Condiciones Climáticas de la Zona

El estado de Hidalgo presenta una temperatura media anual de 16°C y sabiendo que el mes más frío, es enero con temperatura mínima alrededor de 4 °C, y los más cálidos son abril y mayo con temperatura máxima promedio de 27°C. Teniendo esto como marco de referencia, es importante determinar cuáles son las temperaturas y condiciones climáticas que suelen presentarse durante todo el año, en las diversas zonas que Comisión Federal, tiene bajo su jurisdicción.

Después de realizarse un estudio general y consulta de datos en sitios web del gobierno del estado, se obtuvo que las zonas templadas presentan temperaturas de entre 12 y 18°C y ocupan el 67.12% del territorio estatal, le siguen las zonas semicálidas, presentando temperaturas entre 18 y 22°C, ocupando el 30.74% del territorio, luego las zonas cálidas con una temperatura mínima de 22°C, siendo las menos preocupantes ya que ocupan el 1.21%, y finalmente las zonas semifrías, las cuales suelen tener entre 5 y 12°C que ocupan el restante 0.93%. del territorio hidalguense.

Las lluvias se presentan en verano, en los meses de junio a septiembre, salvo al noreste de la entidad, en la región de la Huasteca y de la Sierra de Tenango, donde las lluvias se presentan durante todo el año.

El 38.95% de la superficie del estado presenta clima subhúmedo, el 34.74% presenta clima semiseco, el 22.48% presenta clima húmedo y el 3.83% presenta clima seco.

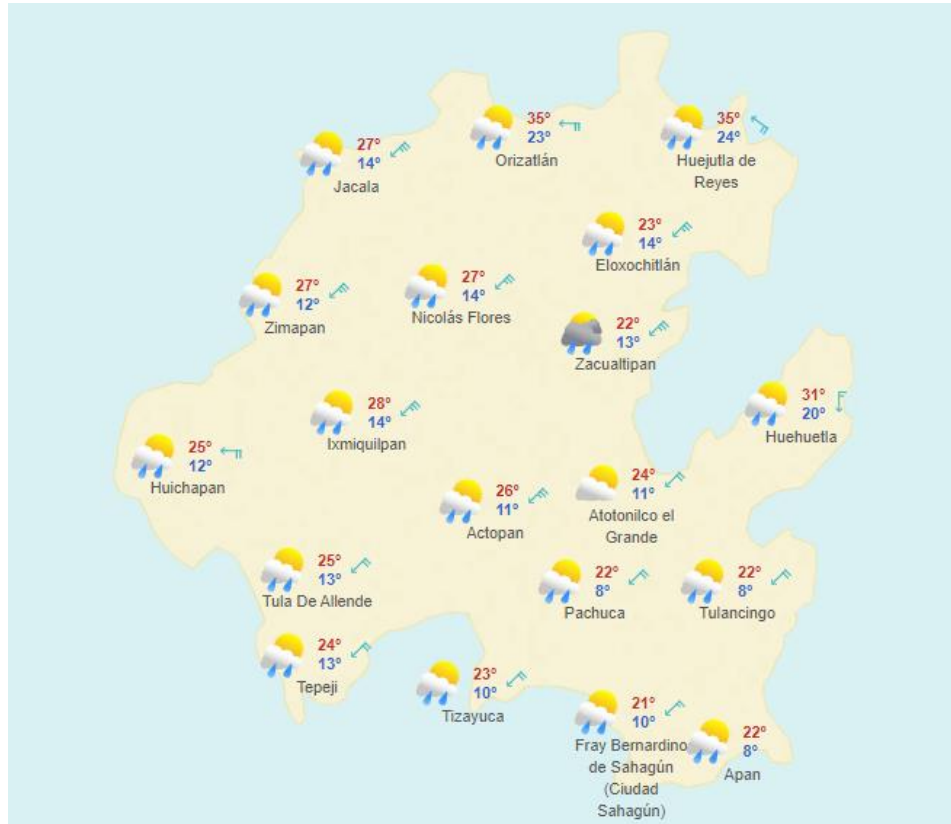


Fig. 6 Mapa de Condición Climática Promedio en Temporada de Lluvias

En términos generales los climas predominantes en el Estado de Hidalgo, son:

Templado Subhúmedo	31.42%
Templado Semiseco	29.65%
Semicálido Húmedo	16.23%
Templado Húmedo	6.05%
Semicálido Subhúmedo	5.76%
Semicálido Semiseco	4.92%
Semicálido Seco	3.83%
Semifrío Subhúmedo	0.93%
Cálido Sub Húmedo	0.84%
Cálido Húmedo	0.20%
Semiseco y Cálido	0.17%

Tabla. 10 Porcentajes de Condición Climática en Territorio Hidalguense

Capítulo IV.- Análisis y Validación de los Resultados

Propuestas e Implementación

Propuesta de Épocas Preferentes para Programación de Trabajos (Clima)

Las épocas ideales para la programación de trabajos largos y de gran complejidad, según las condiciones climáticas, son de enero-mayo, tomando en cuenta que los meses más favorables, debido a la falta de humedad en el ambiente, son abril y mayo.

Las épocas poco favorables para realizar trabajos de gran complejidad, son en los meses entre junio y septiembre, ya que, durante este periodo, es cuando se hacen presentes las lluvias y mayor humedad en el ambiente. Por esto mismo, es recomendable dejar este espacio de tiempo sólo y únicamente para los trabajos sencillos y/o de emergencia.

La época intermedia, la cual es razonable para destinar trabajos de mediana complejidad o de plazos medianos, es la que abarcan los meses de octubre a diciembre, pudiendo incluso hacer uso de las fechas festivas para realizar trabajos de mayor complejidad.

Por Clima:	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Preventivos												
Innovaciones/Renovaciones												
Correctivos												

Gráfico 17. Calendario Actividades según Clima

Propuesta de Épocas Preferentes para Programación de Trabajos (Demanda)

La época más favorable para realizar trabajos complejos en las redes de alta y media tensión, considerando las demandas Máximas y Mínimas en la red del estado de Hidalgo, son de noviembre-diciembre, ya que es cuando el consumo de muchos clientes industriales se ve disminuido.

Por otra parte, se cuenta con una ventana de tiempo lo suficientemente grande para realizar trabajos en niveles de tensión inferiores entre los meses de abril-octubre, para así poder tener la fuerza de trabajo necesaria en trabajos de alta y media tensión.

Por Demanda:												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	Demanda Max											
											Demanda Min	

Gráfico 18. Calendario Actividades según Demanda

Propuesta de Épocas Preferentes para Programación de Trabajos (Gen. Necaxa)

Las épocas ideales para la programación de trabajos largos y de gran complejidad, según la generación registrada en los últimos 4 años es entre los meses de enero-abril, con posibles holguras hasta el mes de mayo. Además que diciembre presenta las condiciones ideales para realizar inspecciones de equipo para así programar y estimar los trabajos para el próximo año, permitiendo así un uso a plena carga de los generadores y líneas de transmisión de los mismos.

Por Generación:												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Salto-Necaxa1												
Salto-Necaxa2												
Salto-Necaxa3												
Salto-Necaxa4												
Salto-Patla												
Salto-Tepexi1												
Salto-Tepexi2												

Gráfico 19. Calendario Actividades según Generación

Propuesta Final

Resultado del análisis que considera, demandas máximas y mínimas, condiciones climatológicas y la generación perteneciente a la red del estado de Hidalgo, se realizó la siguiente propuesta como resultado final, dividiendo así el año en 3 cuatrimestres:

- Trabajos en SE-Gen o de bajo recurso
- Trabajos en la red o de alto recurso
- Trabajos correctivos

Tipos de Trabajo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Trabajos en SE-Gen												
Trabajos en Red												
Trabajos Correctivos												

Gráfico 20. Calendario Actividades para Tipos de Trabajos

Los meses que priorizan los trabajos en subestaciones y generadoras, fueron denominados como de bajo recurso, ya que se trabaja dentro de las instalaciones de la empresa, donde es más sencillo trabajar y hacer llegar los materiales necesarios para realizar los trabajos. Además de servir como época de evaluaciones de equipos, supervisión de los mismos y programación de trabajos de alto recurso en la época más idónea.

Los trabajos en la red tienen asignado el cuatrimestre que compete los meses de febrero-mayo, ya que, según los estudios realizados, estos son los meses que mejores condiciones climatológicas y de demanda presentan, permitiendo así una holgura en las libranzas de equipos o transferencias de carga. Además, al contar con la fuerza de trabajo necesaria, los tiempos serían óptimos, permitiendo así un uso más efectivo de los recursos de la empresa.

Los meses que abarca el cuatrimestre junio-septiembre, se destinaron para priorizar trabajos correctivos, ya que, aunque la demanda del sistema eléctrico es

flexible para realizar ciertas libranzas o transferencias de carga, las condiciones climatológicas no permiten el libre trabajo en la red eléctrica o en instalaciones de la empresa. Por otra parte, las características de la red, indican que durante este cuatrimestre es cuando más activa se encuentra la generadora de Necaxa, la cual es una de las más importantes de la red en cuestión.

Impactos Logísticos de la Propuesta de Programación

Operación de la Red

Los beneficios esperados al implementarse y desarrollarse dicha propuesta, logísticamente hablando, competen la reducción de tiempos muertos al contar con una organización planificada y marcada según condiciones óptimas. Además, que al tener una correcta repartición y evaluación de trabajos, permite contar con la fuerza de trabajo necesaria para cumplir de manera eficiente, eficaz y sin retardos los trabajos programados, permitiendo así un restablecimiento de la red en los tiempos óptimos.

Eficiencia y eficacia del Mantenimiento

Al aprovecharse de manera correcta y eficaz las ventanas de tiempo para trabajos en equipo primario, es posible reducir de manera considerable el tiempo de trabajo y por consecuencia, la espera de puesta en servicio del equipo eléctrico primario, ya que al contar con las condiciones climatológicas y de demanda idóneos, se facilita el trabajo de campo y la coordinación con los centros de operación, permitiendo así realizar en tiempo y forma todos los requerimientos necesarios para el correcto funcionamiento del equipo, así mismo, asegurando que no se tendrá que solicitar una licencia para realizar trabajos correctivos bajo condiciones poco idóneas. Además de dar puntos de certeza y confiabilidad en el funcionamiento a largo y mediano plazo de los equipos eléctricos.

Trabajo	Tiempo	Personal	Preparación
Desconexión/Conexión de Equipo	1 hora	2 personas	1 hora
Limpieza de Aislamientos	1 hora y 30min	2 personas	1 hora

Tablas 9. Horas Hombre por Trabajo dentro de SE

La tabla anterior, muestra los tiempos estimados de trabajos que suelen darse con cierta periodicidad en los equipos de una subestación eléctrica, sin embargo, bajo las condiciones poco favorables, se puede llegar a la cancelación de la licencia otorgada, lo cual, mínimamente generaría 1 hora de tiempo muerto, ya que este lapso es en el cual el personal se prepara para llevar a cabo el trabajo asignado. Por otro lado, al contarse con una metodología capaz de evitar la mayor cantidad de situaciones poco favorables, sería muy poco probable que los trabajos tuvieran que ser cancelados.

Trabajo	Tiempo	Personal	Preparación	Traslado
Revisión/Limpieza gabinetes de Control	1 hora	1 persona	1 hora	1 hora
Mantenimiento de Sistema de Enfriamiento	6 horas	2 personas	1 hora	1 hora

Tablas 10. Horas Hombre por Trabajo fuera de SE

La tabla anterior muestra los tiempos estimados para trabajos que pueden ser dentro o fuera de una subestación. Por esto, se considera un aproximado de una hora de traslado, esto puede variar según la ubicación de la zona. En estos casos, de presentarse condiciones poco idóneas, podrían perderse mínimamente 3 horas.

Sin embargo, al programar este tipo de trabajos en las ventanas de tiempo idóneas, permitiría que estos se llevaran con normalidad y sin ningún tipo de problemas, evitando así mismo, futuros problemas por falta de mantenimiento.

Impactos Económicos de la Propuesta de Programación

Disminución de Costos Operativos

Al poderse realizar los trabajos necesarios en las correctas ventanas de tiempo, a lo largo del año, es posible reducir costos, ya que, al evitarse los trabajos correctivos, se cuenta sólo con los gastos de traslado del personal y equipo necesario, con un posible, pero mínimo, gasto de pérdidas por fuera de servicio. Sin embargo, al realizarse trabajos correctivos, se vuelve mucho más costoso, esto debido a que, en ciertas situaciones los trabajos deben posponerse una vez llegados al punto de trabajo e incluso por falta del equipo necesario para realizar los correctivos necesarios.

Costos de Energía Eléctrica

Tomando como base los costos de transmisión de energía eléctrica publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Se procedió a realizar las siguientes estimaciones.

Tarifas de transmisión de energía eléctrica aplicables del 1° de enero al 31 de diciembre del 2021. (pesos /kWh)		
Nivel de tensión	Generadores Generadores interconectados	Consumidores Servicio de suministro
Tensión \geq 220 kV	0.0578	0.0763
Tensión $<$ 220 kV	0.1047	0.1737

Fig. 7 Tarifas de Transmisión de Energía Eléctrica

Considerando la Línea Salto-Necaxa1, con una longitud de 1.2km, que cuenta con un tránsito promedio de 10.630MW diarios, tomando 365 días como valor neto, el costo de tener fuera de servicio esta línea es de aproximadamente 44,314.344 pesos mexicanos.

Línea	Longitud	MW diarios	Costo MXN
Salto-Necaxa1	1.2km	10.630MW	44,314.34

Tablas 11. Costo por fuera de Servicio LT

Por otro lado, el tener fuera de servicio el banco de generadores de la Subestación de Necaxa por aproximadamente 24hrs, con una generación promedio de 43.72MW al día, representa un costo aproximado de 109,859.616 pesos mexicanos.

Banco	MW diarios	Costo MXN
Generación NEC	43.72MW	109,860

Tablas 12. Costo por fuera de Servicio banco de Generación

Considerando un desarrollo optimo y correcta utilización de las ventanas de tiempo, dichos costos podrían verse considerablemente reducidos y en las condiciones ideales, eliminados.

Conclusiones

Este proyecto de tesis tuvo como objetivo demostrar y dar una posible solución a las problemáticas habidas en la gestión de libranzas y trabajos que se realizan a lo largo del año en la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el estado de Hidalgo. Considerando en ello que repercuten múltiples factores que no siempre son tomados en cuenta, tales como las condiciones climatológicas, las cuales, considerando su naturaleza y el ámbito de trabajo son primordiales para salvaguardar la integridad de la fuerza de trabajo de la empresa o la disponibilidad de la red eléctrica estudiada, esto, referente a la generadoras que se encuentran conectadas (e inclusive futuros proyectos), además del suministro eléctrico solicitado por ciertos clientes en niveles de alta y media tensión, inclusive, para poder asegurar el suministro eléctrico doméstico y demás clientes (plazas, hospitales, pequeñas empresas, etc.).

Por otra parte, este proyecto de tesis ha presentado una forma de esclarecer y fortalecer la organización de las ventanas de tiempo a lo largo del año, permitiendo así la optimización de los recursos de la empresa. Dicho de otro modo, los resultados arrojados por los estudios estadísticos han permitido desarrollar una metodología simple para la optimización de ventanas de tiempo para trabajos en equipo eléctrico.

Bibliografía

[1] CFE. (2021, diciembre). Detalle de Licencias 2021 ZOTP. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 10 de enero de 2022 de Licencias 2021 ZOTP.

[2] CFE. (2021, diciembre). Informe Anual 2021 ZOTP. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 12 de enero de 2022 de Informe Anual 2021 ZOTP.

[3] CFE. (2020, diciembre). Informe Anual 2020 ZOTP. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 13 de enero de 2022 de Informe Anual 2020 ZOTP.

[4] CFE. (2019, diciembre). Informe Anual 2019 ZOTP. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 14 de enero de 2022 de Informe Anual 2019 ZOTP.

[5] CFE. (2018, diciembre). Informe Anual 2018 ZOTP. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 17 de enero de 2022 de Informe Anual 2018 ZOTP.

[6] Zona de Operación de Transmisión Pachuca (2022, enero). Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 20 de enero de 2022 de <https://www.cfe.mx/REZO/.aspx>

[7] CENACE. (2021, diciembre). Solicitudes SIASAM 2021 ZOTP. Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 4 de febrero de 2022 de SIASAM 2021.

[8] CFE Transmisión. (2022, marzo). Comisión Federal de Electricidad. Recuperado 7 de marzo de 2022 de <https://www.cfe.mx/nuestraempresa/pages/historia.aspx>

[9] CFE Transmisión (2022, mayo). Histórico; Generadora de Necaxa (NEC). Recuperado 5 de mayo de 2022 de Histórico; Generadora de Necaxa

[10] *Ley de la Industria Eléctrica*. (2022, 22 mayo). Diario Oficial de la Federación. Recuperado 15 de junio de 2022, de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec.pdf>

[11] *Martínez, F.* (2019, 15 marzo). Clima de Hidalgo: mapa, temperatura y lluvias. paratodomexico.com. Recuperado 28 de julio de 2022, de <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-hidalgo/clima-hidalgo.html>

[12] INEGI. (2020, 16 enero). Clima. Hidalgo. Recuperado 31 de julio de 2022, de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/hgo/territorio/clima.aspx>

[13] Subgerencia de Operación y Mantenimiento. (2017, 13 Julio). Manual de Políticas, Criterios y Lineamientos para la Gestión de Licencias en SED. Recuperado 3 de octubre de 2022 de Manual de Gestión de Licencias en SED.

[14] Subdirección de Transmisión, Transformación y Control, Gerencia de Subestaciones y Líneas. (2002, 27 septiembre). Procedimiento de Valorización de Créditos de Trabajo de Subestaciones. Recuperado 10 de octubre de 2022.

[15] Subdirección de Transmisión, Transformación y Control, Gerencia de Subestaciones y Líneas. (2019, 29 marzo) Procedimiento de Evaluación de Cargas de Trabajo para el Mantenimiento de los Equipos Eléctricos de Subestaciones Recuperado 16 de octubre de 2022.

[16] *Tarifas de Transmisión de Energía Eléctrica.* (2021, 8 enero). Diario Oficial de la Federación. Recuperado 13 de febrero de 2023, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5610652&fecha=29/01/2021#gs.c.tab=0