



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES**

**APLICACIÓN DE LA GESTIÓN TECNOLÓGICA A PROYECTOS  
HIDROMETEOROLÓGICOS: DETECCIÓN Y REGISTRO DE  
TORMENTAS ELÉCTRICAS**

**TESIS**

**Que para obtener el Grado de  
Maestro (a) en Política y Gestión del Cambio Tecnológico**

**Presenta**

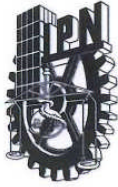
**Norma Labrada Hernández**

Directores de Tesis

Dr. Rolando V. Jiménez Domínguez

Dr. Jorge Javier Castro Hernández

México, D. F., Noviembre 2011



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 13:00 horas del día 10 del mes de noviembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIECAS para examinar la tesis titulada:  
"Aplicación de la Gestión Tecnológica a proyectos hidrometeorológicos: detección y registro de tormentas Eléctricas".

Presentada por el alumno:

<u>LABRADA</u>	<u>HERNÁNDEZ</u>	<u>NORMA</u>
Apellido paterno	Apellido materno	Nombre(s)
Con registro:		
B	0	9 1 1 6 1

aspirante de:

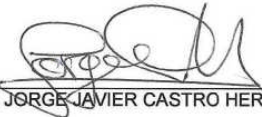

MAESTRÍA EN POLÍTICA Y GESTIÓN DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

### LA COMISIÓN REVISORA

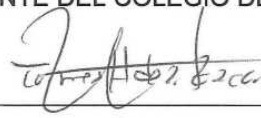
Directores de tesis

  
 Dr. ROLANDO VLADEMI JIMÉNEZ DOMÍNGUEZ  
 P. N.  
  
 Dr. JOSÉ LUIS GIL ESTRADA

  
 Dr. JORGE JAVIER CASTRO HERNÁNDEZ  
  
 Dr. MIGUEL ÁNGEL VITE PÉREZ

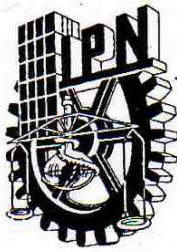
  
 Dr. HUMBERTO MERRITT TAPIA

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

  
 Dr. ZACARÍAS TORRES HERNÁNDEZ

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
 INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES  
 ECONÓMICAS ADMINISTRATIVAS  
 Y SOCIALES





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESIÓN DE DERECHOS*

En la **Ciudad de México Distrito Federal** el día **12 de Septiembre** de **2011**, la que suscribe **Norma Labrada Hernández** alumna del Programa de la **maestría en Política y Gestión del Cambio Tecnológico** con número de registro **B091161**, adscrito al Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de **Dr. Rolando Vlademí Jiménez Domínguez** y el **Dr. Jorge Javier Castro Hernández** y cede los derechos del trabajo intitulado **APLICACIÓN DE LA GESTIÓN TECNOLÓGICA A PROYECTOS HIDROMETEOROLÓGICOS: DETECCIÓN Y REGISTRO DE TORMENTAS ELÉCTRICAS**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **nlabrada@yahoo.com.mx**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Norma Labrada Hernández

Nombre y firma

## **DEDICATORIAS**

A mis hijas Laura Anahid y Leslie Itzel siendo uno de mis más grandes amores, lo mejor que me ha pasado en la vida.

A mis padres María de los Ángeles y Roberto quienes me dieron la vida, protección, cuidados y valores.

A mis hermanos esperando sea un aliciente para cumplir nuevas metas.

A mis compañeros de trabajo y amigos con quienes comparto gran parte de mi vida.

## **RECONOCIMIENTOS**

A la Comisión Federal de Electricidad por su apoyo e impulso para que sus trabajadores continúen desarrollándose profesionalmente.

Al CIECAS-IPN por haberme dado un voto de confianza y la oportunidad de seguir creciendo como persona y profesionalmente.

A todos los doctores del CIECAS quienes colaboraron en la formación académica de la generación 2009-2011.

A los honorables miembros del comité tutorial Dr. Humberto Merritt Tapia, Dr. Miguel Ángel Vite Pérez y el Dr. José Luis Gil Estrada por su paciencia, comentarios, dedicación, conocimientos y apoyo en la orientación y el buen término de este trabajo de tesis.

A mis directores de tesis el Dr. Rolando Vlademi Jiménez Domínguez y el Dr. Jorge Javier Castro Hernández por compartir parte de su experiencia y conocimientos en la dirección de este trabajo.

A la Dra. Georgina Isunza Vizuet por su valiosa orientación como profesora consejera, mostrando su honestidad y gran valor como persona, así como sus comentarios adicionales para enriquecer mi trabajo.

Al Meteorólogo Salvador Pérez Maravilla por su invaluable apoyo e impulso para que continúe mi preparación.

# Contenido

Tablas .....	8
Gráficas .....	8
Figuras.....	8
Siglas y Abreviaturas.....	10
Glosario .....	12
Resumen .....	15
Abstract .....	15
Introducción .....	16
Capítulo I. Marco Teórico .....	24
1.1 Gestión de la Tecnología.....	24
1.1.1 Modelos de Gestión Tecnológica.....	26
1.1.2 Vigilancia Tecnológica .....	31
1.1.3 Transferencia de Tecnología .....	37
1.1.4 Otras herramientas usadas en este trabajo. Definición de bases de datos.....	38
1.2 Gestión de la Innovación .....	40
1.2.1 Definición de Innovación.....	40
1.2.2 Tipos de Innovación .....	42
Capítulo II. La Comisión Federal de Electricidad .....	46
2.1 Antecedentes .....	46
2.2 Departamento de Hidrometeorología .....	49
2.3 Ficha de Identificación de la empresa .....	50
2.4 Plan estratégico.....	52
2.5 Innovación en el Departamento de Hidrometeorología .....	53
Capítulo III. Proyecto Hidrometeorológico .....	55
3.1 La Electricidad en la Atmósfera.....	56
3.1.1 Campo Eléctrico.....	56
3.1.2 Campo eléctrico terrestre .....	57
3.1.3 Proceso de ionización de una nube.....	58
3.1.4 Proceso de vida de una celda nebular.....	59
3.1.5 Distribución de las cargas en la nube.....	62

3.1.6	Cómo se produce la descarga atmosférica .....	64
3.1.7	Tipos de descargas .....	65
3.1.8	Consecuencias producidas por los Relámpagos .....	66
3.1.9	Información Disponible sobre Tormentas Eléctricas.....	70
3.2	Tecnologías para el Monitoreo de Tormentas Eléctricas .....	74
3.2.1	Análisis Técnico de los Sensores de Tormentas Eléctricas .....	74
3.2.2	Análisis Económico de los Sensores de Tormentas Eléctricas .....	79
3.2.3	Análisis de la Información, Discusión y Resultados.....	81
Capítulo IV.	Propuesta del Sistema de Monitoreo Atmosférico .....	84
4.1	Aplicación del Modelo de Gestión Tecnológica al Proyecto Hidrometeorológico	84
4.2	Planeación de Soluciones para Satisfacer los Requerimientos de la CFE.....	86
4.3.	Implementación de una Red de Monitoreo de Tormentas Atmosféricas en el País en Áreas de la CFE. ....	90
4.3.1	Estimación de la Inversión Requerida.....	90
4.3.2	Logística de Implementación y su Transferencia Tecnológica.....	92
Conclusiones	.....	101
Recomendaciones	.....	103
Bibliografía	.....	104
Anexos	.....	109
Anexo 1	Unidades eléctricas .....	110
Anexo 2.	Cotizaciones de los sensores para ubicar y medir las descargas atmosféricas. ....	112
Anexo 3.	Incidencia de tormentas eléctricas.....	120
Anexo 4.	Salidas de líneas de Transmisión .....	127

## Tablas

Tabla I-1 Modelos de Vigilancia Tecnológica y sus Fases	36
Tabla III-1 Cuadro Comparativo entre los Detectores de Tormentas Eléctricas	81
Tabla IV-1 Usuarios de Comisión Federal de Electricidad por Sector en el 2009	95
Tabla A2-1 Cotización Disime S.A. de C.V.	113
Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.	114
Tabla A4-1 Salidas de líneas de Transmisión por falla propia	128

## Gráficas

Gráfica III-1 Número de decesos en México por alcance de rayos (1985-2006)	67
Gráfica III-2 Número anual de decesos en México por alcance de Rayos (1985-2006)	68
Gráfica III-3 Representación en porcentaje de las salidas de Líneas de Transmisión.	69

## Figuras

Figura I-1 Ubicación de la Gestión Tecnológica dentro de una Empresa	27
Figura I-2 Comparación entre el Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación y El Modelo de la Norma de Gestión Tecnológica	31
Figura II-1 Organigrama de la Comisión Federal de Electricidad	48
Figura II-2 Organigrama de la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada de la CFE	48
Figura II-3 Organigrama de la GEIC de la CFE	49
Figura II-4 Organigrama del DHM de la GEIC	50
Figura III-1 Nube <i>Cumulonimbo</i>	61
Figura III-2 Distribución de las Cargas en un <i>Cumulonimbo</i>	63



Figura III-3 Flujos de Corriente en un <i>Cumulonimbo</i>	63
Figura III-4 Localización de tormentas eléctricas en la Península de Yucatán	71
Figura III-5 Red de Sistemas de Monitoreo, Noroeste de México.	71
Figura III-6 Monitoreo de descargas atmosféricas en tiempo real en Google-Earth	72
Figura III-7 Red Mundial de Localización de Tormentas Atmosféricas (wwlln.net)	73
Figura III-8 Descargas atmosféricas (estación “Los Mochis”) en un SIG	73
Figura III-9 Detector de tormentas eléctricas DL-250	75
Figura III-10 <i>Modular Lightning Sensors</i> LS 7000 – 8000	76
Figura III-11 Sistema Avanzado de Detección y Ubicación De Descargas Atmosféricas.	79
Figura IV-1 Modelo de Gestión Tecnológica tomado como Base de la propuesta	85
Figura IV-2 Gestión de Tecnología y sus funciones principales	86
Figura IV-3 Máximo anual de días con tormentas eléctricas en México.	93
Figura IV-4 Monitoreo de 4 Sensores de Tormentas Eléctricas.	96
Figura A3-1 Número de días con tormentas eléctricas en Enero.	121
Figura A3-2 Número de días con tormentas eléctricas en Febrero.	121
Figura A3-3 Número de días con tormentas eléctricas en Marzo.	122
Figura A3-4 Número de días con tormentas eléctricas en Abril.	122
Figura A3-5 Número de días con tormentas eléctricas en Mayo.	123
Figura A3-6 Número de días con tormentas eléctricas en Junio.	123
Figura A3-7 Número de días con tormentas eléctricas en Julio.	124
Figura A3-8 Número de días con tormentas eléctricas en Agosto.	124
Figura A3-9 Número de días con tormentas eléctricas en Septiembre.	125
Figura A3-10 Número de días con tormentas eléctricas en Octubre.	125
Figura A3-11 Número de días con tormentas eléctricas en Noviembre.	126
Figura A3-12 Número de días con tormentas eléctricas en Diciembre.	126

## Siglas y Abreviaturas

AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación.
AEN/CTN	Comité Técnico de Normalización, España.
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua.
COPARMEX	Confederación Patronal de la República Mexicana.
DGM	Dirección General de Meteorología
DHM	Departamento de Hidrometeorología
Eurostat	Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas.
GEIC	Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil.
GT	Gestión Tecnológica.
I+D+i	Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación.
MCYT	Ministerio de Ciencia y Tecnología, España.
MNGTI	Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación
MOSATS	Monitoreo de Sistemas Atmosféricos de Tiempo Severo.
NOM	Norma Oficial Mexicana
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration.</i> Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.

OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OMM	Organización Meteorológica Mundial.
PNTi	Premio Nacional de Tecnología e Innovación
MNGdTi	Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIMYC®	Sistema de Información Meteorológica y Climatológica.
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
WWLLN	<i>World Wide Lightning Location Network</i> Red Mundial de Localización de Rayos

## Glosario

**Atmósfera:** es la capa gaseosa que envuelve a la tierra, está constituida por una mezcla de gases como el nitrógeno con un 78% del total, el oxígeno 20,95%, argón 0,93%, anhídrido carbónico 0,03% por último el otro 0,09% está comprendido por diversos gases como neón, helio, kriptón, dióxido de nitrógeno, xenón, ozono, etc., los gases de menor proporción que componen al aire dan origen a fenómenos atmosféricos importantes. Está dividida en Troposfera, Estratosfera, Mesosfera, Termosfera y Exosfera, estas dos últimas componen a la ionosfera que por las grandes temperaturas en esta capa se encuentran partículas ionizadas.

**Atmósfera Inestable:** Favorece el ascenso de humedad en el aire, existen corrientes ascendentes.

**Calidad del servicio o servicio de calidad:** Considerando que el servicio es proporcionar información meteorológica, los productos (pronóstico meteorológico, climatológico, avisos de huracán), deben certeros (certeza >80%), oportunos (hora de emisión), confiables (congruencia meteorológica entre redacción, mapas y sistemas meteorológicos principales), competitivos (servicio de atención a clientes oportuno) , de actualidad (incorporando software y nuevas tecnologías, por ejemplo: el pronóstico en un SIG, *Twitter*, móvil, Google-Earth, etc.).

**Calor latente:** Se define como la cantidad de calor que necesita una sustancia para pasar del estado sólido a líquido o de líquido a gas sin cambio de temperatura. En el caso del agua el calor latente de fusión del hielo se define como la cantidad de calor que necesita un gramo de hielo para pasar del estado sólido al líquido manteniendo la temperatura constante en el punto de fusión (273 °K).

**Campo eléctrico:** Es la región que rodea a cualquier cuerpo cargado eléctricamente, el cual ejerce una fuerza eléctrica sobre los otros cuerpos cargados situados en la misma región.

**Celdas convectivas:** Es el proceso de corrientes ascendentes y descendentes por calentamiento y enfriamiento respectivamente de una parcela de aire que al combinarse generan una circulación formando nubes de gran desarrollo vertical llamada *cumulonimbo*.

**Climatología:** es la variación a lo largo del año que sufren los elementos meteorológicos o factores del tiempo. La libre combinación de tales factores durante un largo periodo, al menos un año, de preferencia de 10 a 30 años por medio tiempo, esto conduciría a la caracterización de tipos de clima en una región.

**Convección:** la radiación solar que incide en la superficie terrestre provoca el calentamiento de una parcela de aire provocando un movimiento ascendente del mismo que da origen a la formación de nubes de tipo cúmulos hasta convertirse en *cumulonimbo* si la convección es muy fuerte.

**Cumulonimbo:** es una nube de fuerte crecimiento vertical, levantándose hasta el límite de la troposfera que es la tropopausa, con aspecto de montañas o torres, cuya parte superior es fibrosa y a veces despliega un yunque (nubes de tormenta).

**Disipación:** Etapa de la nube en debilitamiento perdiendo energía ocasionando lluvia hasta llegar a su fin.

**Electrometeoro:** se define como una manifestación visible o audible de la electricidad atmosférica.

**Información subjetiva:** es la información proporcionada por un individuo donde están involucrados estados de ánimo, sentimientos o juicios.

**Mapa isoceráunico:** es la representación del número de días con tormentas eléctricas en un mapa.

**Meteorología:** es la ciencia que estudia la atmósfera, comprende el estudio del tiempo y el clima y se ocupa del estudio físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre. (SMN, 2011).

**Nube:** es el conglomerado de partículas de hielo o gotitas de agua suspendidas en la atmósfera, es decir, son masas condensadas.

**Precipitación:** Partículas de agua ya sea en estado líquido o sólido que caen de las nubes hasta la superficie de la tierra.

**Radar Meteorológico:** Es un radar utilizado para detectar la presencia de agua en estado líquido o sólido en la atmósfera.

**Relámpago difuso:** destello luminoso poco brillante y borroso.

**Salida o Salida de línea:** evento en que se interrumpe la continuidad en el suministro de energía eléctrica en una línea de distribución o transmisión.

**Troposfera:** es la primer capa de la atmósfera, comprendida desde la superficie de la tierra hasta el límite con la estratosfera llamada tropopausa, la altura depende del calentamiento de los rayos del sol que entran a la superficie de la tierra, por tal razón la altura cercana en los polos es aproximadamente de 9 km, mientras que cercano al ecuador la altura es de 18 km aproximadamente, esto debido a que las moléculas inmersas en esta capa se expanden por dicho calentamiento, el caso contrario con los polos.

**Tropopausa:** Es la zona de transición entre las primeras dos capas de la atmósfera la troposfera y la estratosfera, en esa zona la temperatura se mantiene constante para luego ascender en la siguiente capa, la estratosfera.

**Tormenta eléctrica:** es un electrometeoro, siendo una o varias descargas bruscas de electricidad atmosférica, que se manifiestan por un destello breve e intenso (relámpago) y por un ruido seco o un retumbo sordo (trueno).

**Tornado:** Fenómeno atmosférico que se caracteriza por la presencia de vientos giratorios procedentes de una formación nubosa densa en forma de embudo.

**Tupla:** Conjunto de atributos que describen un objeto. Por ejemplo: el objeto *persona* está definido por sus atributos: nombre, apellidos, edad, nacionalidad, etc.

## **Resumen**

En el presente trabajo se analizan algunos modelos de gestión tecnológica y sus posibles aplicaciones a proyectos hidrometeorológicos en sus aspectos de desarrollo tecnológico. En el caso específico aquí abordado se plantea como objetivo la mejora del sistema de monitoreo en tiempo real de descargas atmosféricas en un sistema de información geográfica, proponiéndose la modernización de la infraestructura con que cuenta el Sistema Eléctrico Nacional. Se consideran principalmente las áreas de Generación, Transmisión y Distribución de Energía de la Comisión Federal de Electricidad. Se busca así cumplir con la normatividad de la empresa para crear valor en estas áreas mediante la planeación oportuna del suministro de energía eléctrica, a fin de reducir la afectación por daños producidos por tormentas eléctricas y así garantizar un servicio eficiente y de calidad en beneficio de los usuarios y clientes.

Se analizan técnica y económicamente los diversos tipos de tecnologías disponibles en el mercado para el monitoreo de descargas atmosféricas; se elige el modelo de mejores características para el caso en estudio y se elabora la propuesta de un sistema con cuatro estaciones detectoras como proyecto piloto, el análisis de los tipos de productos innovadores que se pueden generar, así como la forma y el tiempo de retorno de la inversión económica.

## **Abstract**

This thesis work presents the analysis of some technology management models and its possible applications to hydrometeorological projects in those issues related to the technological developments. In the specific case considered here the objective is the improvement of the monitoring system that carries out in real time the atmospheric discharges monitoring in a geographical information system, in order to modernize the technical infrastructure of the National Electric System. The areas under consideration are mainly those of Generation, Transmission and Distribution of Electricity belonging to the Mexican Comisión Federal de Electricidad, in compliance with the company's regulations aimed to increase the efficiency of these areas by the proper and opportune supply of the electric energy service. By reducing the damages caused by electric storms it is expected to assure an efficient and dependable service for all users and customers.

A technical and economical analysis of the various technologies available in the market for the monitoring of electrical discharges is presented in order to select the most convenient one for our case according with its characteristics. Then a proposal is made of a pilot project consisting of four detecting stations, along with the analysis of the innovative products to be generated and the ways and terms of investment recovery.

## Introducción

Actualmente los grandes cambios en los avances tecnológicos obligan a las diversas organizaciones a mantenerse bien informadas acerca de lo que ocurre en el entorno y estar continuamente capacitadas para adaptarse a ellos y aprovecharlos en su beneficio. Por ejemplo, una de las principales preocupaciones de las empresas es mantenerse en el mercado, ofertando nuevos productos y/o servicios; algunos empresarios y estudiosos citados en el presente trabajo han dedicado esfuerzos para el análisis y explicación del éxito y/o fracaso de las empresas con la finalidad de dirigirlos por el camino del éxito.

El esfuerzo de empresarios y estudiosos ha dado origen, por ejemplo, a la “gestión de la tecnología” como una serie de acciones a seguir para la creación de innovaciones. Tal es el caso del modelo del Premio Nacional de Tecnología e Innovación (PNTi), que procura que las empresas mexicanas alcancen un alto nivel de gestión tecnológica; las que adoptan el modelo y participan buscando obtener el premio, al ganarlo son consideradas como casos de éxito de Gestión Tecnológica.

Un modelo de gestión tecnológica, por lo general, no está restringido a un tipo de empresa, es decir, se puede aplicar a cualquier empresa independientemente de su giro, por lo que en el presente trabajo, enfocado a la aplicación de un modelo de gestión tecnológica a proyectos meteorológicos, se consideran los modelos generales de gestión de la tecnología.

El proyecto meteorológico de la Comisión Federal de Electricidad llamado MOSATS “Monitoreo de Sistemas Atmosféricos de Tiempo Severo”, dirigido a satisfacer los requerimientos de la Gerencia Divisional de Distribución Noroeste, es un proyecto piloto para el monitoreo de tormentas eléctricas en tiempo real que tiene la finalidad de ubicar la posición, en un sistema de información geográfica, de la presencia de tormentas y su posible afectación a la infraestructura eléctrica instalada, como líneas de distribución, transformadores, líneas y torres de transmisión. Permite, en principio,



implementar oportunamente el plan de rehabilitación del suministro de energía eléctrica interrumpido por tormentas eléctricas, con lo cual se reduce el tiempo de interrupción por usuario.

A fin de realizar el análisis de modelos y tecnologías y poder elaborar la propuesta de innovación, este documento está integrado por los siguientes capítulos:

El Capítulo I es el Marco Teórico, en el que se detallan conceptos como gestión de la tecnología, gestión de la innovación, los modelos y las Normas Oficiales de Gestión Tecnológica.

En el Capítulo II se hace una breve descripción de la Comisión Federal de Electricidad, partiendo de lo general a lo particular, hasta llegar al Departamento de Hidrometeorología, lugar donde se desarrolla el proyecto de monitoreo de descargas atmosféricas.

El Capítulo III presenta el Proyecto Hidrometeorológico en operación. Está dividido en dos secciones, la primera describe brevemente algunos conceptos físicos básicos relacionados con la física de las nubes, siendo estos la base para comprender la formación de las tormentas eléctricas, con la finalidad de tener más elementos en la elección del tipo de sensores de tormentas eléctricas y para poder realizar un monitoreo atmosférico de tormentas eléctricas más eficiente. En la segunda sección se hace un análisis de los sensores disponibles en el mercado que se utilizan para el monitoreo de las tormentas eléctricas, considerando sus costos para poder realizar una propuesta objetiva con miras a su posible adquisición e implementación.

Es importante conocer bien estos conceptos, así como los tipos de sensores de descargas atmosféricas, para poder seleccionar el equipo de medición más adecuado a fin de proporcionar un monitoreo de tormentas eléctricas eficiente que satisfaga los requerimientos y necesidades de las áreas de Comisión Federal de Electricidad. Esto permitirá disminuir los tiempos de interrupción por usuario en el suministro de la energía eléctrica del país.

Capítulo IV: en este capítulo se concluye el trabajo elaborándose una propuesta para la creación de una red de monitoreo atmosférico, con especial atención en las descargas atmosféricas.

Conclusiones. Se reconoce la importancia de la utilización adecuada de la gestión tecnológica como un elemento fundamental en la creación de proyectos de desarrollo tecnológico y su evolución para mantenerse a la vanguardia utilizando tecnología de punta.

### **Planteamiento del problema:**

La meteorología es la ciencia que estudia los fenómenos que ocurren en la atmósfera, y ha sido de gran importancia para el hombre estudiarla para prepararse y prevenir los efectos de dichos fenómenos y proteger a la sociedad; desde las civilizaciones más antiguas, como la griega, la romana, las de mayas y aztecas, etc. han quedado señales de que sus actividades dependían de sus observaciones del medio ambiente. Aunque en esas épocas principalmente se observaba y se efectuaban pocas y precarias mediciones, actualmente se cuenta con instrumentos que miden condiciones atmosféricas tales como la temperatura, la humedad, la lluvia, la dirección y velocidad del viento, la presión atmosférica, etc., siendo todo esto de gran utilidad para la construcción de modelos que permiten planear diversas actividades tales como la agricultura (las actividades agrícolas dependen principalmente de la lluvia, temperatura, viento), la aviación (un avión no puede despegar si no conoce las condiciones meteorológicas del momento, principalmente la intensidad y dirección del viento, neblina, tormentas, etc.), la marina (sus actividades dependen del monitoreo de las tormentas tropicales, huracanes, trombas que son “tornados en el mar”). Las actividades de las compañías de electricidad dependen de la información en tiempo real sobre temperaturas y estado del tiempo; la generación de energía es menos eficiente a mayor temperatura, además la demanda de energía aumenta por el uso del aire acondicionado cuando se presentan temperaturas extremas, tanto en la mínima como en la máxima; las tormentas

eléctricas, debido al campo magnético y al campo eléctrico que se generan a su alrededor, ocasionan que los transformadores se quemen, que las líneas de distribución y líneas de transmisión de energía eléctrica se rompan provocando interrupción en el suministro de energía.

En México para la Comisión Federal de Electricidad (CFE) sería de gran utilidad contar con un sistema de monitoreo de tormentas eléctricas capaz de localizar en tiempo real los sitios donde las tormentas afectan las líneas de transmisión y distribución del Sistema Eléctrico Nacional, para detectar la cercanía o afectación directa de una tormenta eléctrica y saber cuál línea, qué torre, qué transformador resultarán dañados, de forma tal que puedan implementarse oportunamente las actividades correspondientes a la rehabilitación de la falla, reduciendo así el tiempo de interrupción de la energía eléctrica. Así se benefician tanto los usuarios como la propia CFE, ya que estas interrupciones representan grandes pérdidas por el tiempo que se deja de suministrar energía y los daños causados a las instalaciones

En un primer intento de resolver este tipo de problemas, en 1983 el Departamento de Transmisión y Distribución del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) inició un proyecto que consistió en la operación de una red de 115 contadores de rayos distribuidos en todo el territorio nacional (Zabre y Rodríguez, 1996). El contador CIGRE 10-kHz opera sobre la radiación del campo que genera el rayo y el rango efectivo del contador es de cerca de 20 km (Zabre y Rodríguez, 1996). Es importante mencionar que este instrumento sólo proporciona la cantidad de rayos que ocurren en una determinada región, lo cual es mucho mejor que la información de número de días con tormentas eléctricas. Conociéndose la cantidad de rayos se pueden generar mapas con la densidad de descargas atmosféricas en una región. Sin embargo, para la CFE es importante conocer además de la cantidad de rayos que inciden en una región, la ubicación de la presencia de las tormentas eléctricas en relación con su infraestructura eléctrica.

### **Justificación del trabajo:**

- Para la CFE la interrupción en el suministro de la energía eléctrica a sus usuarios representa grandes pérdidas. Uno de sus indicadores de eficiencia se llama tiempo de interrupción por usuario (TIU), por lo que uno de sus objetivos es reducir el índice TIU.
- Dentro de las estadísticas de fallas en el Sistema Eléctrico Nacional se encuentran identificadas las fallas por fenómenos naturales, como huracanes, tornados, nortes (vientos intensos), tormentas eléctricas, etc.
- El presente trabajo está encaminado a proporcionar información en tiempo real a la CFE relativa al monitoreo de tormentas eléctricas, que sirva de apoyo a las actividades de rehabilitación oportuna de fallas en el suministro de energía eléctrica ocasionadas por tormentas eléctricas que afecten el Sistema Eléctrico Nacional.

### **Objetivo:**

Aplicar un modelo de gestión tecnológica que proporcione elementos para proponer mejoras en el sistema de monitoreo en tiempo real de descargas atmosféricas, en un sistema de información geográfica con la infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional, considerando prioritariamente las áreas de Generación, Transmisión y Distribución de la CFE, con el fin de elevar la eficiencia en la atención de emergencias.

### **Metodología:**

Primero se definió con claridad y precisión el problema; luego se construyó el marco teórico, donde se consideraron los diversos modelos de gestión tecnológica de posible aplicación con las características de la propia CFE. Se recopiló información sobre el tipo de sensores de tormentas eléctricas que se encuentran instalados en la

CFE, analizándose la eficiencia de los sensores, así como su funcionamiento y el cumplimiento de los requerimientos de la Gerencia Divisional de Distribución Noroeste (GDDNO) de la CFE, concluyendo esta parte con la evaluación de los sensores instalados en la GDDNO; posteriormente se realizó una búsqueda de los tipos de sensores para el monitoreo de tormentas eléctricas disponibles en el mercado, así como las diferentes opciones existentes en este tipo de monitoreo, haciéndose un análisis comparativo de las especificaciones técnicas, costos y productos que se pueden generar; esta fase concluyó con la elección de la mejor opción del equipo de monitoreo de tormentas eléctricas. Finalmente, utilizando el mejor equipo que se adapta o cumple con los requerimientos de la GDDNO, se propone como proyecto piloto la implementación de una nueva red de 4 estaciones meteorológicas con sensores de descargas atmosféricas instaladas estratégicamente en una zona altamente vulnerable ante la presencia de tormentas eléctricas, procurando maximizar los beneficios que se pueden obtener para la CFE. Como una visión hacia el futuro, una vez teniendo éxito en el monitoreo de las tormentas eléctricas, se contempla extender la red en todo el territorio nacional con la finalidad de proveer a todas las áreas de la CFE con este tipo de información, ya que este tipo de fenómenos meteorológicos atmosféricos afectan no sólo las líneas de distribución, sino también a las líneas y torres de transmisión, subestaciones y centrales de generación ubicadas en todo el país.

Tomando en cuenta que este tipo de información meteorológica también será de gran utilidad para otros sectores productivos, como la agricultura (daños como incendios forestales), las compañías de seguros (en la reclamación de primas por daños de tormentas eléctricas), las telecomunicaciones (daños en sus torres y el servicio de telefonía, televisoras, etc.), se vislumbra que será necesario proteger los desarrollos del proyecto MOSATS por medio de patentes y derechos de autor, y que la CFE podrá proporcionar servicios de meteorología para esos sectores, recuperando parte de su inversión y hasta obteniendo ganancias.

## **Antecedentes:**

Actualmente se tiene información disponible sobre el número de días con tormentas eléctricas en cada mes de las estaciones climatológicas de México; dicha información es proporcionada por un observador humano que escribe el número “1” si ocurrió al menos una tormenta eléctrica en un día dado y escribe “0” si no hubo tormentas. Esto se hace así debido a que no se cuenta en las estaciones climatológicas con un instrumento que mida la cantidad de tormentas eléctricas ni tampoco detecta la ubicación de las mismas.

Sin embargo, con esa información se han generado mapas isoceráunicos para detectar zonas vulnerables por afectación de tormentas eléctricas, como es el caso de la Península de Yucatán, donde personal de la CFE realiza reportes anuales en donde cuantifica y clasifica el número de “salidas de líneas” por diferentes causas, como por ejemplo, fallas en estructuras, herrajes, aisladores, etc., provocadas por fenómenos naturales (tormentas eléctricas, lluvia, vientos fuertes, etc. Con dicha información se puede observar que el mayor número de “salidas” es precisamente por tormentas eléctricas, siendo la región de mayor afectación (datos del año 2003) la Región Peninsular, es decir, la Península de Yucatán, con 77 salidas para líneas de 115 KV y 32 salidas para líneas de 230 KV en la Región Central; con ese mismo voltaje, 18 salidas en la Región Peninsular (Anexo 4, Tabla A4-1), siendo el mayor porcentaje de salidas de todos los voltajes por daños ocasionados por tormentas eléctricas: 42.95% para líneas de 400KV, 42.01% para líneas de 230KV y de 72% en las líneas de 161 y 115 KV, las cuales están expuestas a zonas de afectación por tormentas eléctricas (Gráfica III-3). Se concluye que las líneas más vulnerables son las de menor voltaje correspondientes a las líneas de distribución; de esta manera se puede decir que la Subdirección de Distribución es la de mayor vulnerabilidad ante la presencia de tormentas eléctricas.

Por entrevistas con personal de las áreas de Transmisión y Distribución de la CFE, nos hemos dado cuenta de que para ellos es importante proporcionarles la ubicación de las tormentas eléctricas en un sistema de información geográfica que muestre

también la infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional, como torres y líneas de Transmisión, así como líneas y postes de distribución.

Como resultado de entrevistas con el personal de Transmisión y Distribución se inician dos proyectos, uno en la Península de Yucatán por parte de Transmisión y otro en el Noroeste de México, Sonora y Sinaloa por parte de Distribución, que consisten en el monitoreo de las tormentas eléctricas con sensores que nos proporcionen la ubicación y el número de tormentas eléctricas que afecten una región.

Actualmente se tienen instalados 5 sensores en la Península de Yucatán en áreas de Transmisión y 8 sensores en la Región Noroeste en Zonas de Distribución, que detectan la ocurrencia de una tormenta eléctrica.

No se ha tenido el éxito esperado debido a que no se ha podido procesar digitalmente la información que proporcionan los sensores; los archivos que se guardan no se han podido leer para decodificarlos, por lo que se tiene una caja negra a la que no es posible acceder para poder interpretar los datos. Los sensores proporcionan la ubicación de la tormenta cuando ésta efectivamente se presenta; sin embargo, como no se tiene el manejo automatizado de la información no se ha podido sobreponerla en un mapa junto con la infraestructura eléctrica existente en dichas áreas de la CFE.

Se han hecho varios intentos de automatización y se han obtenido algunos resultados preliminares con los que los usuarios de ellos, que son las áreas de Transmisión y Distribución, han visto ciertos beneficios en su operación; sin embargo, el Grupo de Meteorología, dentro del que se realiza el presente trabajo, se ha propuesto mejorar estos resultados y lograr un procesamiento totalmente automatizado y digitalizado de la detección de tormentas y daños, por lo menos en las zonas de mayor frecuencia de interrupciones en una primera etapa. Con esto se estará en posición de proporcionar información en tiempo real. La propuesta, una vez probada y validada en una zona, podrá replicarse hasta cubrir todo el territorio nacional.

# Capítulo I. Marco Teórico

## 1.1 Gestión de la Tecnología

En ocasiones se considera que la gestión y la administración son sinónimos; sin embargo, no lo son. La administración implica vigilar la realización correcta de las actividades planeadas, mientras que la gestión tiene que ver con los niveles de creatividad, liderazgo, riesgo y desempeño futuro, aplicados a la acción (Gaynor, 1999).

Para poder definir y entender la gestión tecnológica primero se define la palabra *gestión* como el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización, es decir, gestionar es coordinar todos los recursos disponibles para conseguir determinados objetivos, involucrando amplias y fuertes interacciones fundamentales entre los actores, el entorno, las estructuras, el proceso y los productos que se deseen obtener. Además, *tecnología* es el conjunto de recursos y medios materiales (herramientas, materiales, instrumentos y equipos), conocimientos científicos, técnicos y empíricos (*know how*) para la mejora de nuevos productos y el empleo en la producción, comercialización y uso de bienes y servicios (Gaynor, 1999).

Ahora bien la Gestión Tecnológica (GT) en la empresa es la aplicación de un conjunto de prácticas que le permiten establecer una estrategia en materia de tecnología congruente con sus planes de negocios (Gaynor, 1999). También facilita la introducción de productos nuevos o mejorados, así como nuevas tecnologías para la innovación en procesos.



El término *gestión de la tecnología*, según explica La Fundación COTEC (España) para la innovación tecnológica (COTEC, 1998), es una práctica esencial para cualquier empresa, que le ayuda a gestionar sus operaciones existentes de forma más eficaz y a desarrollarse estratégicamente para fortalecer sus recursos, su “saber cómo” (*know-how*) y sus capacidades, apoyándole a prepararse para el futuro, reduciendo los riesgos comerciales y la incertidumbre, aumentando su flexibilidad y capacidad de respuesta.

La gestión de la tecnología también trata de la gestión de los negocios, en los que siempre se procura el éxito y para obtenerlo se requiere que los recursos internos y externos sean gestionados adecuadamente; por tanto, los recursos humanos, financieros y tecnológicos deben ser planificados, organizados y desarrollados en forma estratégica e integrada, para apoyar los objetivos empresariales.

La perspectiva de la empresa que implementa una gestión tecnológica es posicionarse por delante de su competencia, para lo que requiere trabajar con patrones de gestión de calidad y cumplir con los requisitos del entorno, haciendo un uso eficiente de los recursos financieros proporcionados y logrando la satisfacción de sus clientes por medio de productos, procesos y servicios bien elaborados.

Una gestión tecnológica adecuada permite la creación de innovaciones de manera continua, no necesariamente de forma ocasional. Se trata de realizar innovaciones continuamente y para ello no sólo se requiere de creatividad, sino que toda la empresa se involucre como un todo, trabajando organizada y armónicamente como un verdadero sistema, siendo eficiente desde la planeación, ejecución y comercialización de nuevos productos y/o servicios (COTEC, 1998). Para ello es necesario realizar ciertas actividades sistemáticamente de manera ordenada, descritas en el Modelo Nacional de Gestión Tecnológica (MNGT) con la finalidad de impulsar el desarrollo de las empresas mexicanas de cualquier giro o tamaño, para proyectarlas de manera ordenada a niveles competitivos mediante una gestión de tecnología explícita, sostenida y sistemática.

### **1.1.1 Modelos de Gestión Tecnológica**

En México existen principalmente dos modelos de Gestión Tecnológica que proporcionan guías que son instrumentos útiles para las empresas comprometidas con el desarrollo e innovación tecnológica: Las Normas de Gestión Tecnológica y El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación.

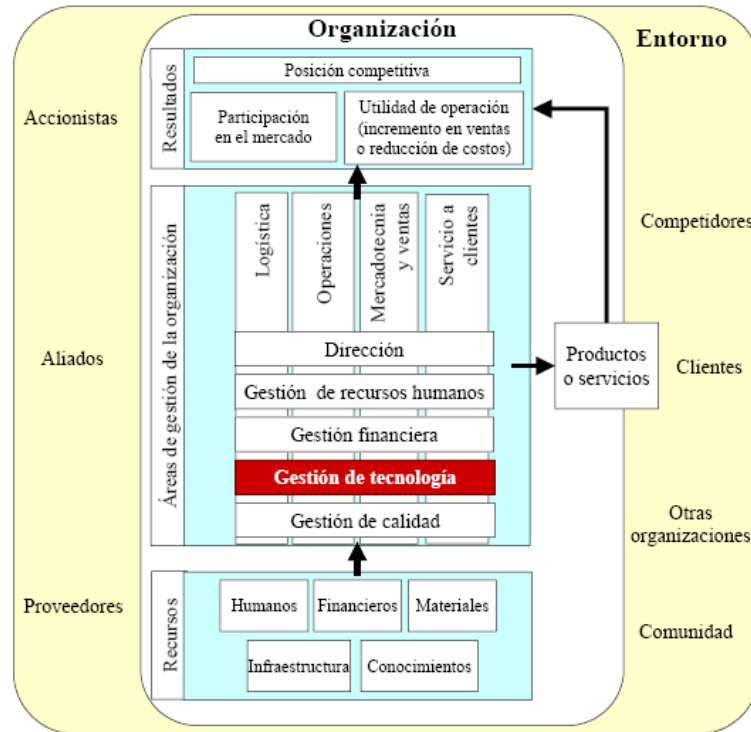
#### **a) Modelo Nacional de Gestión Tecnológica**

El modelo de gestión tecnológica más aplicado en México es El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación (MNGTI), el cual proporciona información que puede apoyar a las organizaciones en el trabajo administrativo o gerencial orientado al desarrollo y la innovación tecnológica.

En el MNGTI se indica que las empresas con gestión de tecnología maximizan sus ventajas competitivas con base en su capacidad de desarrollo tecnológico e innovación, así como en la obtención y uso sistemático de los medios tecnológicos y organizacionales necesarios para ello. La gestión de la tecnología les da congruencia organizacional y método a los esfuerzos de desarrollo tecnológico, para la incorporación de tecnologías distintivas y de innovación tecnológica diseñadas para crear, transformar y entregar valor a los clientes y consumidores (MNGdTi, 2010).

El área de gestión de tecnología se ubica dentro de las áreas de gestión de la organización al mismo nivel que las áreas de gestión de recursos humanos, gestión financiera y gestión de calidad, en interacción directa con la Dirección y a su vez también con las áreas de logística, operaciones, mercadotecnia y ventas, servicio a clientes. Todas estas áreas cuentan como recursos los humanos, financieros, materiales, de infraestructura y los conocimientos del personal participante. Las áreas de gestión de la organización favorecen la competitividad de la empresa mediante sus productos o servicios, y por consiguiente amplían su participación en el mercado y en la utilidad de operación con incrementos en ventas o reducción de costos de operación (MNGdTi, 2010) (Figura I-1).

**Figura I-1** Ubicación de la Gestión Tecnológica dentro de una Empresa



*Fuente: (MNGdTi, 2010)*

Por lo anterior puede decirse que la gestión de tecnología es el conjunto de procesos, métodos y técnicas que utiliza una organización para conocer, planear, desarrollar, controlar e integrar sus recursos y actividades tecnológicas de forma organizada, de forma tal que apoyen el logro de sus objetivos estratégicos y operacionales.

En este modelo se consideran cinco funciones básicas: vigilar, planear, habilitar, proteger e implantar.

### **Funciones del Modelo Nacional de Gestión Tecnológica**

Es un modelo de gestión tecnológica cuyas funciones deben estar articuladas entre sí, y se describen a continuación:

- **Vigilar:** Es explorar y realizar la búsqueda en el entorno de señales que permitan identificar amenazas y oportunidades de desarrollo e innovación tecnológica que impacten en sus actividades.

- **Planear:** Es el desarrollo de un marco estratégico tecnológico que le permite a la organización seleccionar líneas de acción que deriven en ventajas competitivas. Implica la elaboración de un plan tecnológico que se concreta en una cartera de proyectos.
- **Habilitar:** Es la obtención, dentro y fuera de la organización, de tecnologías y recursos necesarios para la ejecución de los proyectos incluidos en la cartera.
- **Proteger:** Es la salvaguarda y cuidado del patrimonio tecnológico de la organización, generalmente mediante la obtención de títulos de propiedad intelectual.
- **Implantar:** Es la realización de los proyectos de innovación hasta el lanzamiento final de un producto nuevo o mejorado en el mercado, o la adopción de un proceso nuevo o sustancialmente mejorado dentro de la organización. Incluye la explotación comercial de dichas innovaciones y las expresiones organizacionales que se desarrollan para ello, es decir, se encarga de seguir las distintas fases de desarrollo, escalamiento, ingeniería, etc.

## b) Las Normas de Gestión Tecnológica

Estas normas se crearon para garantizar que las empresas que cumplan con todos los requisitos son merecedoras de la certificación que garantiza la confiabilidad de sus productos o servicios, los cuales cumplen con los requisitos tecnológicos.

Las Normas Mexicanas de Gestión Tecnológica, de acuerdo al Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C., son las siguientes:

- **NMX-GT-001-IMNC-2007** Sistema de Gestión de Tecnología – Terminología.
- **NMX-GT-002-IMNC-2008** Sistema de Gestión de la Tecnología - Proyectos tecnológicos – Requisitos.
- **NMX-GT-003-IMNC-2008** Sistema de Gestión de la Tecnología – Requisitos.
- **NMX-GT-005-IMNC-2008** Gestión de la tecnología - Directrices para la Auditoría.

La norma **NMX-GT-001-IMNC-2007** no contiene requisitos, sólo define términos relacionados a la gestión tecnológica, innovación, desarrollo tecnológico, etc., mientras que las normas **NMX-GT-002-IMNC-2008** y la **NMX-GT-003-IMNC-2008** enlistan los requisitos que deben cumplirse para ser candidatos a la certificación de las normas de gestión tecnológica; finalmente la norma **NMX-GT-005-IMNC-2008** orienta sobre cuáles son los lineamientos a ser verificados mediante auditorías que los auditores facultados por estas mismas normas, y sólo ellos, pueden realizar. Las empresas que satisfagan todos los requisitos de las normas podrán adquirir la certificación avalada por las normas de gestión tecnológica.

Las Normas Mexicanas de Gestión Tecnológica contribuyen a planear, proveer, proteger y vigilar.

### c) Analogías y Diferencias entre El Modelo de La Norma Mexicana de Gestión Tecnológica y El Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación.

Para realizar el análisis comparativo del Premio Nacional de Tecnología, se consideró el Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación aludido en las bases del Premio. En el caso de la Norma Mexicana NMX-GT-003-IMNC-2008, se consultó la norma PROY-NMX-R-052-SCFI-2006, Terminología en Gestión de la Tecnología.

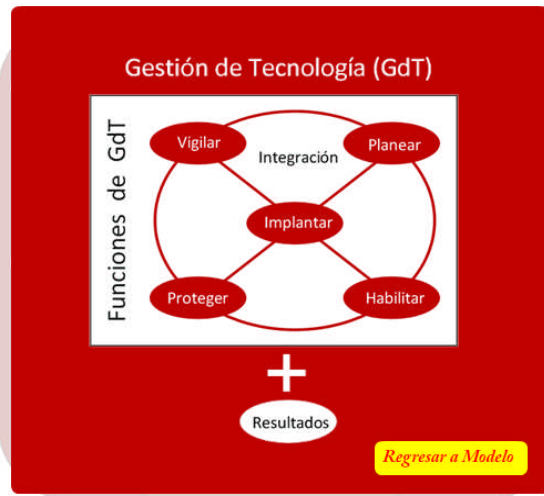
En las siguientes imágenes se ilustran las fases de ambos modelos como un ciclo permanente para llevar a cabo la gestión tecnológica. Sólo se puede apreciar una diferencia en estos modelos: en el caso del Premio Nacional de Tecnología e Innovación, implantar es el centro de la gestión tecnológica, es decir, las actividades de vigilancia, planeación, habilitación y protección se pueden implantar en cualquier tiempo, mientras que en las Normas Nacionales la implantación está después del proceso de proteger, para posteriormente vigilar, planear, proveer y nuevamente proteger.

El Premio Nacional de Tecnología es un reconocimiento a nivel nacional que se celebra cada año y reconoce a las organizaciones que participan y aplican un modelo de gestión tecnológica para generar productos o procesos innovadores con ventajas competitivas. Las organizaciones ganadoras del premio deben difundir públicamente sus sistemas de gestión de los recursos tecnológicos y sus logros, para que sirvan como ejemplo a otras organizaciones interesadas en implantar un modelo similar de gestión tecnológica. Las organizaciones que desean obtener una certificación de calidad, deben de cumplir con cada uno de los requisitos que señala la NOM; en caso de que no apliquen algún punto deben justificar el porqué no aplican la norma. Para obtener la certificación además deben aprobar las auditorías realizadas por los auditores que designe el organismo encargado de la norma en el área de trabajo, donde se muestran evidencias y el procedimiento de cómo se llevan a cabo las actividades para generar el producto o proceso a certificar, y para conservar la certificación es necesario que antes de que termine su vigencia se realicen las gestiones correspondientes para que se practiquen las auditorias antes de que caduque la certificación anterior. Mientras que el Premio Nacional de Tecnología es un estímulo para los trabajadores de la organización ganadora, la Certificación de una norma es una distinción para la organización, y los trabajadores son reconocidos como confiables por trabajar con calidad.

En la NOM PROY-NMX-R-052-SCFI-2006 se definen términos como capital intelectual, gestión tecnológica y del conocimiento, Innovación, así como los tipos de investigación, qué es un plan tecnológico, qué es la propiedad intelectual y qué es la transferencia de Tecnología, etc. (Figura I-2).

**Figura I-2** Comparación entre el Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación y El Modelo de la Norma Oficial Mexicana de Gestión Tecnológica

Modelo Nacional de Gestión de Tecnología e Innovación



Fuente: (MNGdT, 2010)

Modelo de la Norma Mexicana de Gestión Tecnológica



Fuente: (NOM, 2008)

### 1.1.2 Vigilancia Tecnológica

En una empresa puede considerarse que cierta vigilancia tecnológica se ha realizado históricamente al mantener contacto y diálogo con los clientes, asistir a ferias, congresos, conocer a los competidores y sus productos, recabar información de revistas técnicas, etc. Esto es lo que ahora se conoce como vigilancia tradicional (Escorsa y Maspons, 2001).

Lo que hacen en Japón cuando tienen un proyecto nuevo, antes de llevarlo a cabo se preguntan ¿Qué se ha hecho ya?, ¿Qué han hecho los competidores?, ¿Qué documentación y publicaciones existen?, ¿Qué patentes hay?; de esta manera ya se tiene una primera fase de vigilancia tecnológica y comercial antes de iniciar un proyecto nuevo; después se darán a la tarea de asimilar las tecnologías ya existentes

para mejorar el producto, crearán uno nuevo y posteriormente lo comercializarán. Así, en la cultura y práctica japonesa se tiene bien asumido que primero hay que vigilar y saber lo que ya se ha hecho, antes de embarcarse en un proyecto que bien podría ser una repetición de algo anterior, lo que se ve como algo de mucho sentido común.

a) Los objetivos de la vigilancia tecnológica pueden resumirse en tres:

Primero, es importante para la empresa identificar qué tecnologías son aplicables a aquello en lo que se está. Saber cuáles son las líneas de investigación, cuáles son las tecnologías de nuestro interés, para después conocer las tecnologías que van surgiendo en el mundo y las que se van quedando obsoletas.

En segundo lugar nos interesa saber qué están haciendo los competidores, en qué investigan, si patentan y en qué, por dónde se mueven, para intentar seguirles o adelantarlos.

Tercero, a las empresas les interesa saber quién es el líder en el campo, con qué universidad o grupos de respaldo trabaja para intentar contactarlos e intentar ponerse en ventaja.

b) Definición de Vigilancia Tecnológica:

Se enuncian algunas definiciones de vigilancia tecnológica provenientes de diversos autores y que pueden ser de utilidad para este trabajo.

- La vigilancia tecnológica es aquello que permite a la empresa determinar los sectores de donde vendrán las mayores innovaciones, tanto para los procesos como para los productos que son de interés para la organización (Martinet y Marti, 1995, citado por Escorsa y Maspons, 2001:15).



- La vigilancia tecnológica consiste en la observación y el análisis del entorno científico-tecnológico y de los impactos económicos presentes y futuros, para identificar las amenazas y las oportunidades de desarrollo (Jakobiak, 1992, citado por Escorsa y Maspons, 2001:15).
- La vigilancia tecnológica está constituida por el conjunto de técnicas que permiten organizar de manera sistemática la información acopiada, el análisis de todo lo que posibilite la supervivencia y crecimiento de la empresa. Tiene la misión de alertar a los responsables de la empresa de toda innovación científica o técnica capaz de modificar su entorno (Wheelwright, n. d., citado por Escorsa y Maspons, 2001:15).
- La vigilancia tecnológica es el medio que permite hacer emerger los elementos estratégicos para la empresa de entre la masa de información disponible (Werner y Degoul, 1994, citado por Escorsa y Maspons, 2001:15).
- La vigilancia tecnológica es el arte de descubrir, recolectar, tratar, almacenar informaciones y señales pertinentes, débiles y fuertes, que permitirán orientar el futuro y proteger el presente y el futuro de los ataques de la competencia. Transfiere conocimientos del exterior al interior de la empresa (Rouach, 1996, citado por Escorsa y Maspons, 2001:16).

- La vigilancia tecnológica es el esfuerzo sistemático y organizado por la empresa de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, principales para la misma a fin de poder detectar una oportunidad o amenaza, con objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios (Palop y Vicente, 1999, citado por Escorsa y Maspons, 2001:16).

c) Vigilancia tecnológica o inteligencia competitiva

La palabra vigilancia viene de la palabra vigilar (observar, percatarse de lo que ocurre en el entorno, (Escorsa y Maspons, 2001)), aplicándose a las bases de datos de patentes y de artículos científicos; algunas personas pueden asociarla con el espionaje, como algo ilícito, lo cual no es, de ninguna manera. En cambio, inteligencia es algo más que vigilar, puesto que la inteligencia tiene un carácter más activo; la vigilancia consiste en observar, patentes, artículos, libros, revistas, etc., y sólo presenta lo observado, pero no más allá, mientras que la inteligencia se refiere a algo más activo, donde existe la iniciativa de hacer, proponer algo más, mostrando resultados, es decir que la inteligencia tiene un alcance más amplio que la vigilancia tecnológica, por lo que a veces también se le llama inteligencia competitiva.

Lo que explica La Fundación COTEC (España) sobre vigilancia tecnológica (COTEC, 1999), es que la inteligencia tecnológica o inteligencia competitiva en esencia es un sistema organizado de observación y análisis del entorno, seguido de una correcta circulación interna de la información para utilizarla en la empresa, ahí donde se necesita para la toma de cualquier decisión; la inteligencia es una herramienta de gestión que permite a la empresa reducir el riesgo en sus decisiones.

Las tareas básicas de la vigilancia son la vigilancia, la observación o captación de información, el análisis y síntesis, y la utilización de la información pública existente, mientras que la inteligencia incluye como tareas básicas la correcta interpretación y

difusión, que impulsan la capacidad de claridad y anticipación de la empresa, sin la necesidad de prácticas poco éticas de obtención de información sobre competidores, estrategias, etc.

#### d) Diferentes Modelos de Vigilancia Tecnológica y sus Fases

En esta sección se analizan las semejanzas y diferencias entre tres modelos de vigilancia tecnológica: el de Ashton y Klavans (1997), el Modelo de Rodríguez (1999) y el Modelo de Vargas y Castellanos (2005).

En la fase I de los dos últimos modelos mencionados anteriormente sólo se considera la planeación sin especificar más detalles de la misma, mientras que en el primer modelo también se identifican necesidades y se especifica que la planeación se lleva a cabo en sus actividades; además se consideran las fuentes y los métodos para llevar a cabo la fase I.

En la fase II de identificación, búsqueda y captación de información, el modelo de Ashton y Klavans sólo comprende la consulta de fuentes de información y en el modelo de Rodríguez primero se seleccionan las fuentes y posteriormente se hace el acopio de información; y finalmente, el modelo de Vargas y Castellanos realiza una preparación de la búsqueda y posteriormente lleva a cabo la búsqueda en las bases de datos.

En la fase III se llevan a cabo la organización, depuración y análisis de la información. Los dos primeros modelos realizan un análisis de la información obtenida, mientras que en el modelo de Vargas y Castellanos primero se hace una depuración y convalidación de los registros para procesarlos y por último se analizan e interpretan los resultados.

Por último, la fase IV consiste en los procesos de comunicación y toma de decisiones/uso de resultados. El modelo de Ashton y Klavans entrega el análisis de la información, la evaluación de los resultados y su uso; el modelo de Rodríguez

realiza la difusión del análisis de los resultados y también lleva a cabo los procesos de decisión y sus acciones; finalmente el modelo de Vargas y Castellanos elabora el diseño de estrategias y sus impactos (véase lo anterior resumido en la Tabla I-1).

**Tabla I-1** Modelos de Vigilancia Tecnológica y sus Fases

<b>Fases del ciclo de VT</b>	<b>Modelo de Ashton y Klavans (1997)</b>	<b>Modelo de Rodríguez (1999)</b>	<b>Modelo de Vargas y Castellanos (2005)</b>
FASE I Planeación e identificación de necesidades	Necesidades Planeación de actividades Fuentes y métodos	Planeación	Planeación
FASE II Identificación, búsqueda y captación de información	Recolección de fuentes de información	Selección de las fuentes de información y acopio	Preparación de la búsqueda. Búsqueda en bases de datos
FASE III Organización, Depuración y Análisis de la información	Análisis de datos	Análisis	Depuración y convalidación de registros Procesamiento de registros Análisis e interpretación de los resultados
Fase IV Procesos de Comunicación y Toma de decisiones / Uso de resultados	Entrega de información Evaluación de los resultados Uso de los resultados	Difusión de resultados Procesos de decisión Acciones	Diseño de estrategias Impactos

*Fuente: León, A., Castellanos O., Montañez V. (n.d.).*

e) Herramientas de la vigilancia tecnológica

Algunas herramientas para realizar la exploración y búsqueda en el entorno para identificar amenazas y oportunidades de innovación tecnológica son:

- El *Benchmarking* o posicionamiento competitivo: es el proceso de evaluación de productos o servicios, formas de operaciones y métodos de la organización con

relación a los de los competidores y organizaciones líderes en el mismo campo, utilizable para la elevación del desempeño propio (conceptos NMX R 052, 2006).

- Estudios de mercado y clientes: producen información para la identificación de segmentos de mercados actuales y futuros, la detección de necesidades que muestran oportunidades de mejora de productos o servicios, ubicación de expectativas no satisfechas para desarrollar nuevos productos, entre otros aspectos (PNTi, 2010).
- Estudios de competitividad: permiten evaluar y dar seguimiento al comportamiento productivo y comercial de la organización respecto a sus competidores (PNTi, 2010).
- Monitoreo tecnológico: incluye procedimientos para obtener información sobre tecnologías que se están desarrollando o patentando en una cierta área, normas técnicas y regulaciones relevantes para la organización, tecnologías emergentes que están apareciendo, análisis de tendencias tecnológicas, entre otras cuestiones (PNTi, 2010).

### **1.1.3 Transferencia de Tecnología**

La definición que proporciona la NOM de Gestión Tecnológica es: el proceso de transmisión de la información tecnológica, del conocimiento, de los medios y de los derechos de explotación, hacia terceras partes para la fabricación de un producto, el desarrollo de un proceso o la prestación de un servicio, contribuyendo al desarrollo de sus capacidades (PROY-NMX-R-052-SCFI, 2006)

La transferencia de tecnología es el flujo ordenado y sistemático de tecnologías de una organización (sea interno o externo) a otra organización. En el segundo caso (externo) normalmente es resultado de un acuerdo comercial que implica una remuneración económica (PNTi, 2010).

#### **1.1.4 Otras herramientas usadas en este trabajo. Definición de bases de datos**

Para comprender mejor el concepto de “base de datos” se darán algunas definiciones:

Son colecciones completas de informaciones que permiten la manipulación y la extracción de los datos almacenados, los cuales pueden usarse en un amplio abanico de aplicaciones (OCDE, 1993, citado por Escorsa y Maspons, 2001).

Entendemos como base de datos el conjunto de textos, cifras, imágenes o la combinación de todos ellos registrados de tal manera que puedan ser leídos por un ordenador y organizados según un programa que permita su localización y recuperación (Amat, 1994, citado por Escorsa y Maspons, 2001). Es un sistema de datos homogéneos, ordenados de una forma determinada, que se presenta normalmente en forma legible mediante ordenador (en cinta magnética u otro soporte) y se refieren a una organización, materia o problema determinado. (Federación Internacional de Documentación FID, n. d., citado por Escorsa y Maspons, 2001).

El modelo de una base de datos relacional está fundamentado en la relación, es decir, una tabla bidimensional constituida por filas (tuplas) y columnas (atributos). Estas relaciones representan las entidades que se consideran interesantes en la base de datos; cada instancia de la entidad encontrará sitio en una tupla de la relación, mientras que los atributos de la relación representan las propiedades de la entidad. Por ejemplo, si en una base de datos se tienen que representar personas, podría definirse una relación llamada “Personas”, cuyos atributos describen las características de la persona como: Personas (RFC, nombre, apellido, sexo, estado civil, fecha de nacimiento). Es apenas una definición de la estructura de la tabla y si se almacenan datos entonces tendremos una lista de valores individuales para cada tupla, atributo por atributo, lo que hace potente este tipo de almacenamiento de datos porque al realizar las consultas se consumen pocos recursos informáticos y todo se hace más rápido (INEGI, 2010).

Sabido esto, ya podemos hablar de bases de datos; las de nuestro interés son las bases de datos científicas como:

*Science*, *Chemical Abstracts* (Química), *Medline* (Medicina), *Compendex* (Ingeniería), *Inspec* (Física, Electricidad y electrónica), *Biosis* (Ciencias de la vida), *CINDOC/CSIC* (C y T), *ABI-Inform* (Gestión empresarial), *ISI*, *SCOPUS* (Ciencia y tecnología) y bases de datos de patentes.

➤ Definición de bibliometría y cienciometría

Los términos de bibliometría y cienciometría no deben confundirse. La bibliometría se puede entender como el tratamiento de los problemas de la gestión en las bibliotecas y centros de documentación, es decir, es la organización e integración de artículos, publicaciones y estudios detallados sobre una disciplina. Mientras que la cienciometría se refiere a la evaluación y cuantificación de la productividad y actividad científica y técnica mediante el análisis cuantitativo de las publicaciones y productos de investigación (Callon, n. d., citado por Escorsa y Maspons, 2001)

La bibliometría es la ciencia que estudia la naturaleza y avance de una disciplina mediante la estadística y el análisis de las diversas facetas de la comunicación escrita (Pritchard, n. d., citado por Escorsa y Maspons, 2001).

La cienciometría comprende el conjunto de trabajos dedicados al análisis cuantitativo de la investigación científica y técnica (Callón, n. d., citado por Escorsa y Maspons, 2001).

## **1.2 Gestión de la Innovación**

Conforme avanza el tiempo las empresas se van enfrentando con nuevos retos debido a la aparición de nuevas tecnologías y, en general, a una dinámica de cambios cada vez más acelerados en todos los aspectos de la sociedad. La tecnología juega un papel importante en el aumento de la competencia entre organizaciones, ya que posibilita la aparición de nuevos competidores, haciendo más difícil el mantenimiento de competitividad de las empresas. Sin embargo, existen formas de enfrentar dichos cambios, pero éstas plantean otro reto: “la empresa tiene que ser innovadora”, y esto significa que tiene que ser continuamente innovadora. Una innovación puede representar una ventaja transitoria para una empresa, pero ésta ventaja no durará para siempre. De modo que si la empresa desea permanecer en la competencia con otras, deberá incorporar a sus capacidades la de innovar permanentemente como una de sus actividades inherentes. No debe perderse de vista que no basta con la innovación; también se necesita ajustar todos los demás elementos de la empresa (ventas, producción, etc.) para mantener un sistema coherente y armónico a fin de maximizar los beneficios. Antes de discutir los pormenores de la gestión de la innovación, se proporcionarán algunos conceptos de innovación.

### **1.2.1 Definición de Innovación**

Se definirá el término de innovación de acuerdo a diferentes fuentes:

- Una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. (OCDE, 2005).
- Innovación: proceso mediante el cual se gestiona la interacción entre las necesidades de mercado, las oportunidades detectadas y las capacidades organizacionales de la empresa, para producir nuevos productos o servicios comercializables, o implantar nuevos métodos de producción y entrega, que se



traducen en mayor eficiencia, mayor calidad o mejor desempeño (NMX-R-052-SCFI, 2006).

- Innovación: consiste en la aplicación comercial de una idea. Se trata de un hecho fundamentalmente económico, pero apoyado siempre en una estructura tecnológica, que incrementa la capacidad de creación de riqueza de la empresa y tiene, además, fuertes implicaciones sociales (OCDE, 2005). La innovación a veces surge en el terreno tecnológico, en el campo de la organización y los procesos administrativos, pero aún en estos casos se depende de una formidable infraestructura tecnológica no siempre reconocida cabalmente porque se da por sentada. Una empresa moderna no puede, para ser competitiva, prescindir de los modernos sistemas de telecomunicación y manejo digitalizado de la información, sólo para mencionar algunos aspectos de esa infraestructura tecnológica.

En las definiciones de innovación comúnmente se incluyen dos conceptos, como su novedad y su aplicación, de tal forma que novedad se relaciona con una idea creativa, o bien una invención, la cual no se convierte en innovación hasta que no se utiliza para cubrir una necesidad específica. Dicha aplicación implica todo un proceso de cambio que se puede considerar microeconómico; sin embargo, cuando se busca convertir esa idea nueva en mejoras o cambios globales que impacten a la sociedad resulta con frecuencia una importante componente macroeconómica; para ello se necesita difundir la innovación.

Concluyendo, se pueden distinguir tres etapas del proceso de cambio, siendo la primera la invención como creación de una idea nueva que puede generar beneficios comerciales; la segunda etapa ocurre cuando la invención es llevada al mercado y se convierte en innovación, es decir, cuando una idea nueva se convierte en un producto, proceso o servicio nuevos o mejorados y estos son aceptados en el mercado. Y por último, la tercera etapa es la difusión, una vez que se han realizado satisfactoriamente las dos anteriores; es el proceso mediante el cual se da a conocer a la sociedad la utilidad de una innovación, por lo que en esta etapa se perciben los impactos o beneficios reales de la innovación.

## 1.2.2 Tipos de Innovación

La innovación se puede incorporar a una empresa en diferentes formas; por ejemplo, incrementando la calidad de los productos o servicios, ofreciendo una mayor diversidad de productos, siendo los primeros en la introducción de productos o servicios al mercado, disminuyendo costos, etc.; lo más importante es establecer cambios dentro de la empresa.

Debido a la gran diversidad de cambios que se pueden generar dentro de una organización, se han hecho dos clasificaciones importantes dentro de la innovación. La primera es por su “grado de innovación”, es decir, qué tan novedoso es el cambio, y la segunda es de acuerdo a su naturaleza, o bien, en dónde se realiza la innovación: en la tecnología, en el proceso, en la comercialización o en la forma de organizarse. En seguida se explica con detalle cada una de ellas.

### ➤ **Grado de novedad de la innovación.**

- **Innovación incremental.** Se trata de pequeños cambios dirigidos a incrementar la funcionalidad y las prestaciones de la empresa que, si bien aisladamente son poco significativas, cuando suceden continuamente de forma acumulativa pueden constituir una base permanente de proceso (OCDE, 2005).
- **Innovación radical.** Implica una ruptura con lo ya establecido. Crean nuevos productos o procesos que no pueden entenderse como una evolución natural de los ya existentes. Son situaciones donde la utilización de un principio científico nuevo provoca la ruptura real con las tecnologías anteriores. Por ejemplo en el caso de los televisores, los transistores sustituyeron a los bulbos, aunque para efectos reales, desde el punto de vista del usuario, se tiene la misma funcionalidad; sin embargo, para ver un programa de televisión, la tecnología es totalmente radical, pues proporciona beneficios como encendido rápido, mayor nitidez en las imágenes, etcétera. Otro ejemplo es el del disco de audio digital que reemplaza a los discos de acetato; las tecnologías difieren en muchos aspectos.

## ➤ **Naturaleza de la innovación**

- Innovación de producto. Corresponde a la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina. Esta definición incluye la mejora significativa de las características técnicas, de los componentes y los materiales, de la informática integrada, de la facilidad de su uso u otras características funcionales (OCDE, 2005). Las innovaciones de producto son aquellas donde se emplea nuevo conocimiento para desarrollar una nueva tecnología; por ejemplo, la evolución de la radio: los primeros aparatos eran de tamaño grande y utilizaban bulbos; posteriormente se utilizaron los de estado sólido, compactos y portátiles; luego salieron los de circuitos integrados, más compactos aún y con más funciones, hasta llegar ahora a los aparatos muy pequeños y totalmente digitales, con enorme versatilidad y capacidad de funciones.

También asociadas a las innovaciones de producto están el diseño propiamente del producto, o bien, el diseño que no implica cambios en el producto mismo pero sí en su presentación o envoltura, como por ejemplo los envases usados para la leche, que sin cambiar el producto que es la leche la vuelven más atractiva a los ojos del cliente; en este caso se trata de una innovación en mercadotecnia, pues para ser innovación de producto tendría que producirse un cambio en el producto mismo, como las leches *light* o deslactosadas en relación con la tradicional leche entera.

Las innovaciones en los servicios pueden incluir mejoras significativas en la manera en que estos servicios se prestan (en términos de eficiencia o rapidez), la adición de nuevas funciones o características a servicios existentes, o la introducción de servicios enteramente nuevos. Como un ejemplo de innovaciones en servicios: actualmente las aseguradoras de autos están proporcionando la renta de un auto con costos especiales, cuando sufren un percance sus asegurados, proporcionando seguridad y comodidad a sus clientes.

- Innovación de proceso es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado proceso de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos en las técnicas, los materiales, y/o los programas informáticos utilizados. (OCDE, 2005). Este tipo de innovaciones puede tener como objetivo disminuir el tiempo y los costos de producción, como por ejemplo la introducción de procesos automatizados, por medio de maquinaria y/o equipos mejorados.

En el caso de servicios pueden ser los procesos automatizados, en donde se disminuye el error humano y el tiempo de ejecución del proceso. Tómese, por ejemplo, el caso de los servicios de pronóstico meteorológico: antes las cartas sinópticas que utilizaban los meteorólogos para hacer su análisis y poder emitir un pronóstico se realizaban a mano; ahora ya se tienen digitalizadas automáticamente; sólo las revisan por si llegaron a tener algún error, lo cual reduce tiempo. Además, se puede incluir mayor cantidad de información, lo que favorece la precisión de los pronósticos meteorológicos.

- Innovación de mercadotecnia es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos del diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, su promoción o su tarificación.

Los nuevos métodos de comercialización pueden ser los nuevos medios de promoción de ventas, nuevas combinaciones de estética y funcionalidad, nuevos sistemas de distribución, o bien nuevas formas de comercialización de bienes y servicios.

En este tipo de innovaciones es muy importante el diseño, pero principalmente en relación a los cambios de forma y de aspecto físico, sin realizar cambios en las características físicas, químicas o funcionalidades de los productos. Lo que se busca es llamar la atención de los consumidores con la misma calidad de los productos. Por ejemplo, cuando una empresa realiza promociones de sus productos, agregando productos en un empaque especial, o bien, incrementando un 10% más del producto por el mismo precio, etcétera.

Otro ejemplo es el sistema de franquicias, el comercio electrónico por medio de Internet (transferencias bancarias, compras en Internet, publicidad), y otras modalidades de comercialización.

- La innovación de organización es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa. (OCDE, 2005).

En cuanto a la organización del lugar de trabajo, se pueden mencionar las actividades que son orientadas a mejorar el trabajo en equipo, a la incorporación de una política de calidad, mejorando el clima laboral, incorporando un sistema de incentivos como premios de puntualidad, la evaluación del desempeño laboral, implementación de la gestión del conocimiento, nuevos conceptos de estructuración del personal, asignación de distintas actividades (asignación de roles de trabajo), etc. Por ejemplo, el sistema de producción “justo a tiempo”, o la producción sobre pedido, donde se integran las ventas y la producción.

Las nociones y conceptos revisados brevemente en este capítulo se aplicarán para los planteamientos y propuestas que se presentan en los siguientes.

## **Capítulo II. La Comisión Federal de Electricidad**

El tema de la gestión tecnológica descrito en el Capítulo I es básico para la formación de las capacidades que deben tener las empresas para ser competitivas, incorporando innovaciones en organización, en productos y procesos, sin olvidar la gestión del conocimiento que se debe llevar a cabo dentro de la empresa. Para los fines de este trabajo la empresa es la Comisión Federal de Electricidad (CFE), por lo que en este capítulo se describe ésta para entender algunas de las condicionantes del problema a resolver y las razones de la solución propuesta. Es necesario conocer la empresa y ubicar las áreas donde se ejecutará el proyecto de monitoreo de tormentas eléctricas en tiempo real aplicando la gestión tecnológica. De esta manera se podrá alinear la propuesta que se haga con los objetivos estratégicos de la empresa, así como con su misión y visión.

### **2.1 Antecedentes**

La Comisión Federal de Electricidad es una empresa del Estado mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para cerca de 34.2 millones de clientes, lo que representa servir a más de 100 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de beneficiarios nuevos.

La infraestructura nacional para generar energía eléctrica está compuesta por 178 centrales generadoras, con una capacidad instalada de 51,571 Megawatts (MW) a fines del 2010. Actualmente el 23.9% de la capacidad instalada corresponde a 22 centrales construidas con capital privado por Productores Independientes de Energía (PIE). Por lo tanto, no toda la electricidad que en el presente se genera depende de la CFE, aunque este organismo sigue siendo el organismo rector del sector eléctrico del país.

En la CFE se produce la energía eléctrica utilizando diferentes tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, de ciclo combinado, eoloeléctricas y una nucleoelectrica.

Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio de cada uno de sus clientes, la CFE tiene cerca de 745 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución. El suministro de energía eléctrica llega a cerca de 137 mil localidades (133,390 rurales y 3,356 urbanas) y el 96.85% de la población utiliza la electricidad.

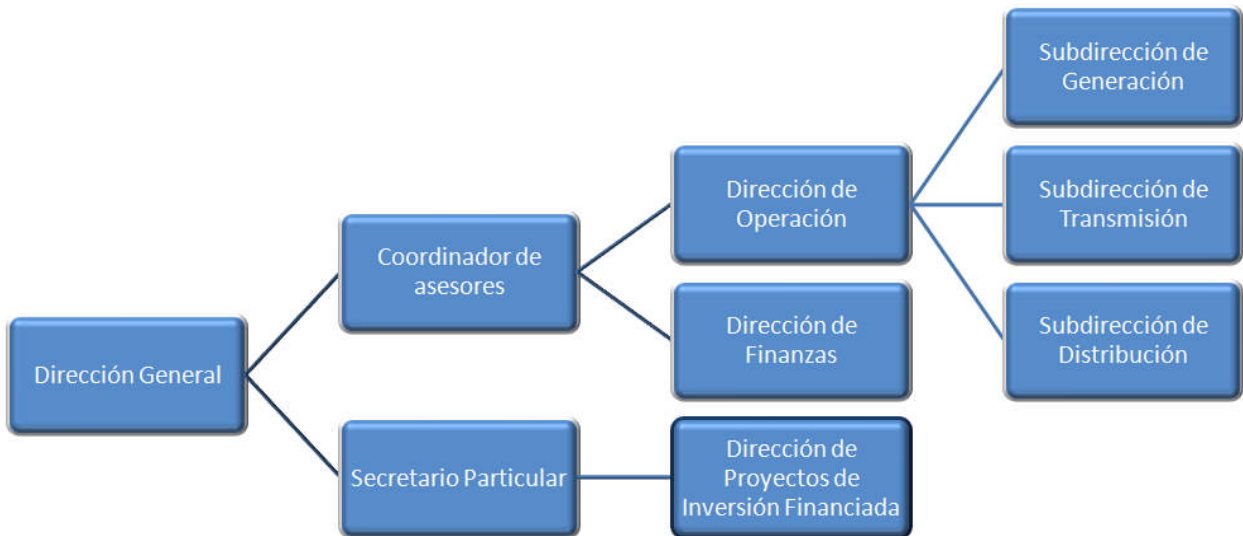
También, en los últimos diez años se han instalado 42 mil módulos solares en pequeñas comunidades muy alejadas de los grandes centros de población. Esta será la tecnología de mayor aplicación en el futuro para aquellas comunidades que aún no cuentan con electricidad.

En cuanto al volumen de ventas totales, 99% lo constituyen las ventas directas al público y el 1.0% restante se exporta.

CFE es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

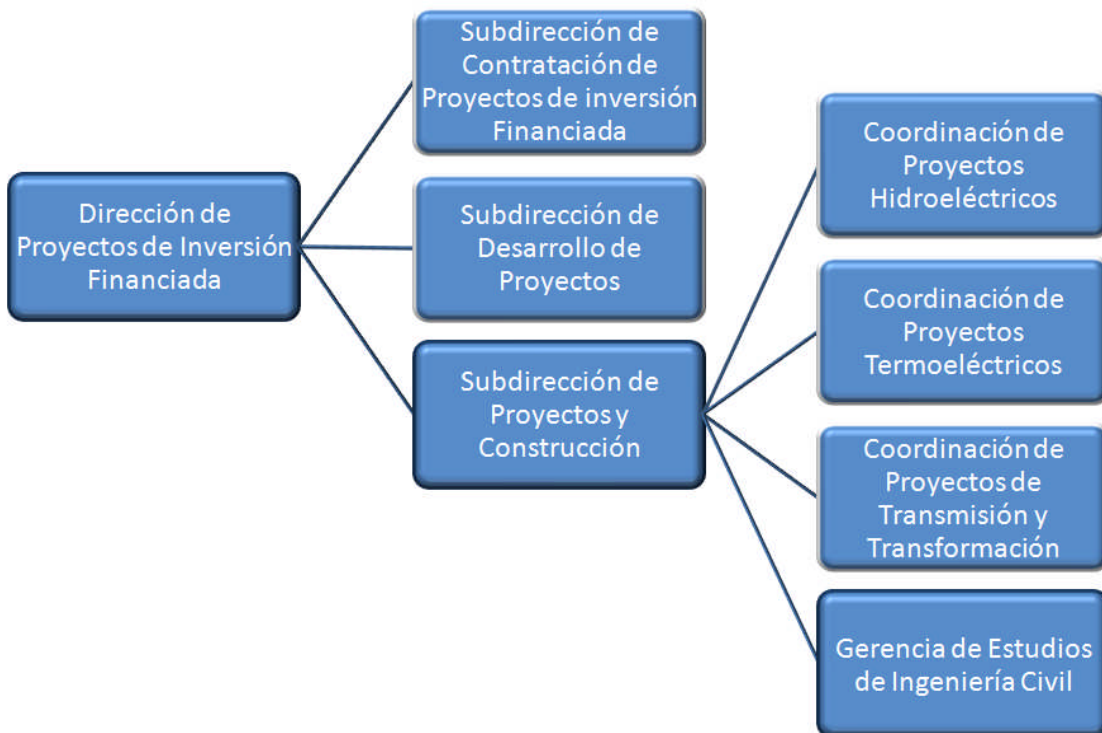
Parte de la estructura organizacional de la CFE se ilustra en las Figuras II-1, II-2 y II-3 con la finalidad de conocer y ubicar Las Subdirecciones de Transmisión y Distribución, así como La Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC), y el Departamento de Hidrometeorología, que será el usuario directo de los resultados del presente trabajo.

**Figura II-1** Organigrama de la Comisión Federal de Electricidad



Fuente: (CFE, 2011).

**Figura II-2** Organigrama de la Dirección de Proyectos de Inversión Financiada de la CFE



Fuente: (CFE, 2011).



**Figura II-3** Organigrama de la GEIC de la CFE



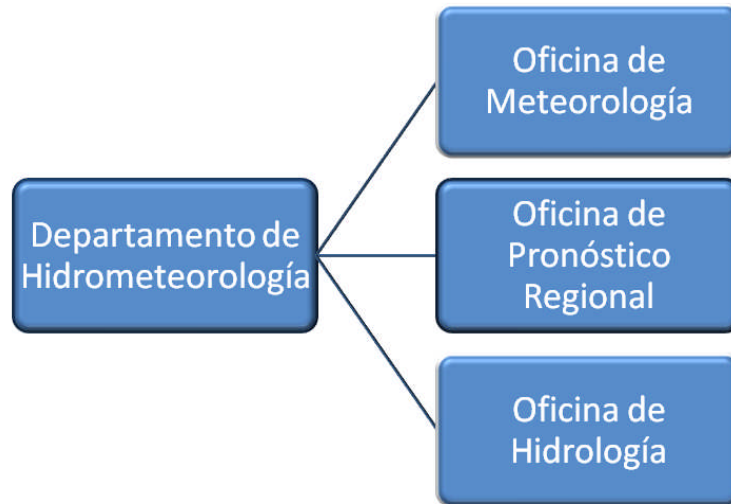
*Fuente: (CFE, 2011).*

## ***2.2 Departamento de Hidrometeorología***

En el Departamento de Hidrometeorología (DHM) de La Comisión Federal de Electricidad se realizan diversas actividades enfocadas a proporcionar servicios meteorológicos, como pronóstico del tiempo, emisión de avisos o alertas de huracán que puedan afectar el territorio mexicano, atención permanente a clientes y usuarios los 365 días del año, estudios Hidrometeorológicos, estudios de cambio climático, pronósticos climatológicos y monitoreo en tiempo real de condiciones climáticas, particularmente el monitoreo de tormentas eléctricas. Para ello es importante implementar una metodología organizada sistemáticamente para vigilar el estado y entorno de los instrumentos para la detección de tormentas eléctricas, y recabar información que ayude a la toma de decisiones para adquirir nuevas tecnologías e implementarlas para el buen desarrollo de los proyectos hidrometeorológicos.

El DHM está integrado por tres oficinas. La Oficina de Pronóstico Regional es donde se desarrolla el proyecto del monitoreo de tormentas eléctricas en tiempo real, (Figura II-4).

**Figura II-4** Organigrama del DHM de la GEIC



*Fuente: Elaborada a partir de datos proporcionados por la CFE, (2011).*

### **2.3 Ficha de Identificación de la empresa**

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

#### **MISIÓN**

Prestar el servicio público de energía eléctrica con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad, comprometidos con la satisfacción de los clientes, con el desarrollo del país y con la preservación del medio ambiente. (CFE, 2011).

## VISIÓN AL 2030

Ser una empresa de energía, de las mejores en el sector eléctrico a nivel mundial, con presencia internacional, fortaleza financiera e ingresos adicionales por servicios relacionados con su capital intelectual e infraestructura física y comercial.

Una empresa reconocida por su atención al cliente, competitividad, transparencia, calidad en el servicio, capacidad de su personal, vanguardia tecnológica y aplicación de criterios de desarrollo sustentable. (CFE, 2011).

Los Objetivos de CFE son:

- Mantenerse como la empresa de energía eléctrica más importante a nivel nacional.
- Operar sobre las bases de indicadores internacionales en materia de productividad, competitividad y tecnología
- Ser reconocida por lo usuarios como una empresa de excelencia que se preocupa por el medio ambiente, y está orientada al servicio al cliente.
- Elevar la productividad y optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores. (CFE, 2011)

La Filosofía de la empresa se basa en los siguientes puntos:

- El Código de Ética de la Administración Pública Federal. Este código indica lo que los servidores públicos deben y no deben hacer; además demanda que cada entidad deba elaborar su propio código de conducta.
- El código de conducta de la CFE determina cuáles son los valores de la organización, expresados en cualidades que favorecen el desempeño de su personal y mejoran su imagen, que se traducen en compromisos de conducta.

- Los preceptos de la Gerencia representan lo que la empresa espera de sus trabajadores, que es trabajo en equipo y una actitud de servicio. El trabajo en equipo es una condición que implica trabajar en cooperación con otros de una manera coordinada, armónica y enfocada a resultados, aprovechando las fortalezas de cada uno y potencializándolas a favor del grupo mediante la sinergia; y la actitud de servicio se traduce en la búsqueda constante de contribución de valor a los procesos de los clientes.
- La contribución de valor a los procesos de los clientes es parte importante de la cultura organizacional, aspirando a que todas las actividades tengan este enfoque; es por ello que se fomenta en el personal una mentalidad innovadora y de mejora continua de sus procesos. En otras palabras, la contribución de valor consiste en proporcionar a los clientes una mejora tangible en el servicio, algo que la competencia no otorga porque para ella la prioridad es la maximización de la renta aún por encima de la satisfacción de los clientes.

## **2.4 Plan estratégico**

### **Objetivo estratégico de la CFE**

Elevar la productividad y optimizar los recursos para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la empresa, así como promover la alta calificación y el desarrollo profesional de los trabajadores.

### **Objetivo tecnológico del Departamento de Hidrometeorología**

Operar con información en tiempo real proporcionada por los sensores de detección de tormentas eléctricas.

## **Políticas para la gestión tecnológica en la CFE**

Para cumplir con el plan estratégico es necesario alinearse con las políticas para la gestión tecnológica de la empresa. La Gestión Tecnológica debe utilizarse sistemáticamente como estrategia para impulsar la competitividad, rentabilidad y eficiencia de los procesos.

Es política de la empresa que los proyectos de desarrollo tecnológico e innovación se identifiquen, impulsen y ejecuten de forma tal que coadyuven al mejoramiento de la competitividad y de los objetivos, metas e indicadores de desempeño de la organización.

### **2.5 Innovación en el Departamento de Hidrometeorología**

Para la CFE es sumamente importante contar con información en tiempo real de las condiciones atmosféricas que se están presentando para la planeación de sus actividades de mantenimiento y conducción de la energía eléctrica, ya que continuamente se presentan fallas en el suministro de la energía eléctrica por la afectación de tormentas eléctricas.

Para dar atención oportuna en el restablecimiento de la energía eléctrica ante la afectación por tormentas eléctricas es importante contar con un sistema de monitoreo de fenómenos atmosféricos de tiempo severo, eficiente y con alto grado de precisión, en el cual se tenga información en tiempo real de la ubicación de la caída y daño en las líneas tanto de transmisión como de distribución de la energía eléctrica, con la finalidad de planear oportunamente las actividades de seguridad, como la de interrumpir la energía eléctrica donde se detectan deterioros para evitar daños colaterales, así como para la planeación de la pronta rehabilitación de la energía eléctrica, ya que esta interrupción de la energía eléctrica ocasiona pérdidas económicas importantes y en ocasiones daño también a las personas cuando su seguridad o salud personal dependen de la disponibilidad de energía eléctrica (hospitales, elevadores).

El proyecto de monitoreo y registro de tormentas eléctricas que se propone en el Capítulo IV de este trabajo estará alineado con la política y los objetivos de la empresa, ya que se pretende una mejora en los servicios meteorológicos prestados a los clientes del DHM, que son todas las áreas de CFE, con la incorporación de tecnología de punta que dé valor a sus procesos para la planeación de la rehabilitación o restitución del servicio eléctrico ante la afectación de tormentas eléctricas a líneas, torres, transformadores, postes, subestaciones, etc., buscando siempre incrementar la eficiencia de la empresa.

La Oficina de Pronóstico Regional del Departamento de Hidrometeorología, al implementar con éxito el proyecto de desarrollo tecnológico que se espera de este trabajo, se convertirá en el primer grupo meteorológico de México en el monitoreo en tiempo real de tormentas atmosféricas, teniendo la capacidad de generar mapas en los que se señale la intensidad de las descargas atmosféricas, detectando las zonas de mayor vulnerabilidad con información cuantitativa. Así contribuirá al fortalecimiento de la Comisión Federal de Electricidad como una empresa de clase mundial.

## **Capítulo III. Proyecto Hidrometeorológico**

En este capítulo se presentan y discuten los aspectos científico-técnicos del proyecto, sobre los que se basarán los argumentos y criterios utilizados para elaborar la propuesta de las cuatro estaciones detectoras que constituirían la primera fase del sistema nacional de monitoreo de tormentas eléctricas. Algunos detalles complementarios se presentan en Anexo 2 y Anexo 3.

La meteorología proporciona información valiosa para la planeación de actividades que permiten estar preparados ante emergencias por afectación de fenómenos atmosféricos severos, evitando desastres naturales, protegiendo infraestructura y vidas humanas. En cualquier proyecto meteorológico es indispensable tener al menos datos de las principales variables meteorológicas, como temperatura, presión, humedad, precipitación pluvial, intensidad y dirección del viento, a fin de conocer el comportamiento de los fenómenos atmosféricos. La meteorología utiliza instrumentos esenciales, como el barómetro, el termómetro y el higrómetro, para determinar los valores absolutos, medios y extremos de los factores climáticos. Para el trazado de mapas y la elaboración de predicciones es fundamental la colección coordinada de datos en extensas zonas, y en esta tarea una herramienta muy importante es el satélite meteorológico.

Cuantas más mediciones se tengan en una determinada zona, tanto mejor se conocerán las condiciones reales del tiempo, obteniéndose pronósticos meteorológicos más certeros. Esos datos también son de gran utilidad en la elaboración de estudios para caracterizar el clima en una región, conocer la distribución anual de la lluvia, la oscilación de la temperatura, etc. La incorporación de nuevas tecnologías aplicadas en la medición de parámetros meteorológicos favorecerá el desarrollo de innovaciones y la generación de nuevos proyectos meteorológicos de desarrollo tecnológico.

Este capítulo está dividido en dos secciones; en la primera se describirán brevemente algunos conceptos básicos relacionados con la electricidad en la atmósfera, siendo estos la base para comprender la formación de las tormentas eléctricas y tener elementos para la elección del tipo de sensores para la detección de estos fenómenos eléctricos. En la segunda sección se hace un análisis de las tecnologías disponibles para el monitoreo de las tormentas eléctricas, considerando sus características técnicas y costos a fin de poder realizar una propuesta objetiva encaminada a adquisición e instalación.

### **3.1 La Electricidad en la Atmósfera**

#### **3.1.1 Campo Eléctrico**

En condiciones de buen tiempo, la superficie de la tierra contiene cargas eléctricas negativas y el aire cargas positivas, creándose entre ambas un campo eléctrico producido por las fuerzas entre cargas de distinto signo. Este campo eléctrico a su vez ejercerá fuerzas sobre cualquier carga presente.

La diferencia de potencial entre dos puntos es el trabajo realizado para mover una carga de 1 *Coulomb* de un punto A al punto B, representada por:

$$V_{AB} = W_{AB}/q \quad (1)$$

Donde:  $V_{AB}$ : Diferencia de potencial entre los dos puntos A y B, medida en *Volts* (V).

$W_{AB}$ : Trabajo realizado al mover una carga  $q$  del punto A hasta el B, medido en *Joules* (J).

$q$ : Carga a desplazarse del punto A hasta el B, medida en *Coulomb* (C).

Ver Anexo 1. Unidades eléctricas



Cuando se tiene una superficie equipotencial el campo eléctrico es perpendicular a ella, por lo que el trabajo realizado en desplazar una carga entre dos puntos cualesquiera de esa superficie es nulo: el campo y el desplazamiento de la carga son perpendiculares, por lo que su producto escalar, que da el trabajo, se anula.

Si el campo eléctrico es constante, la diferencia de potencial entre dos puntos también se expresa como:

$$V = \bar{E} d \quad (2)$$

Donde:  $V$ : Diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera, en *Volts* (V).

$\bar{E}$ : Intensidad del campo eléctrico, en *Volts* por metro (V/m).

$d$ : Distancia entre los puntos en la misma dirección de  $\bar{E}$ , en metros (m).

Despejando  $\bar{E}$  de (2) se tiene

$$\bar{E} = V/d \text{ (Volt/m)} \quad (3)$$

La ecuación (3) nos indica que la intensidad de un campo eléctrico constante se puede calcular si se conocen la diferencia de potencial y la distancia entre dos puntos dados.

### 3.1.2 Campo eléctrico terrestre

Con buen tiempo (cielo despejado y soleado) la atmósfera posee una carga total de electricidad positiva, lo que implica que al suelo le corresponda una carga eléctrica negativa. Generalmente se considera que el potencial eléctrico del suelo es igual a cero, ya que se toma como punto de referencia (recuérdese que cuando se habla de potencial de un punto siempre se debe especificar con respecto a cuál otro se mide). En las proximidades del suelo y con buen tiempo el campo eléctrico es del orden de 100 *volts* por metro (Feynman, 1964), o lo que es equivalente, la diferencia de potencial entre dos puntos sobre una misma vertical distantes entre sí un metro es de 100 *volts*. Pero este valor varía frecuentemente en función del momento del día y la época del año (OMM, 1973).

Al medir el campo eléctrico de la atmósfera se observa que crece con la altura y cerca de los 50 km se vuelve más débil; entonces no es de extrañar que el valor aproximado de la diferencia de potencial eléctrico entre la superficie de la tierra (nivel del mar) y una altura de 50 km sea de unos 400,000 *volts* (Feynman, 1964) y no del valor tan alto que tendría si se mantuviese un crecimiento de 100 *volts* por cada metro de elevación.

A la variación del potencial con la altura (referido a la superficie de la tierra) se le llama “gradiente de potencial”. El gradiente de potencial con buen tiempo explica la diferencia de potencial del orden de cientos de miles de *volts* que existe entre la Tierra y el punto medio de la troposfera (OMM, 1973).

El gradiente de potencial aumenta con la niebla, neblina o las nubes. Con niebla puede alcanzar 2 000 *volts/m* en las proximidades del suelo (OMM, 1973). Estas diferencias de potencial son las que originan las descargas de electricidad estática que pueden observarse en los extremos de los conductores metálicos unidos a la Tierra.

Las mediciones de la intensidad máxima de campo eléctrico en un caso observado de 9 tormentas fue, en promedio, de 130 000 V/m, y al momento del impacto de un rayo en un avión fue de 340 000 V/m (Mason, 1972). Estos son valores comunes para los campos eléctricos (y por consiguiente, las correspondientes diferencias de potencial) entre la Tierra y las nubes. No es extraño entonces que se produzcan grandes descargas eléctricas (rayos) cuando la humedad del aire aumenta durante una tormenta.

### **3.1.3 Proceso de ionización de una nube**

Cuando se desplazan los electrones de un punto a otro en un medio conductor se genera una corriente eléctrica, y esto también ocurre en la atmósfera cuando ésta se vuelve conductora en cierto grado.

Los rayos cósmicos hacen que algunos átomos de la atmósfera pierdan electrones, produciendo átomos ionizados, es decir, con una carga eléctrica positiva. Debido al

campo eléctrico terrestre estos iones no se encuentran como simples moléculas suspendidas en el aire, presentan movimientos ascendentes y descendentes dentro del campo eléctrico.

Además de los iones formados por los rayos cósmicos existe otra clase de iones, los formados por partículas de polvo o sales marinas. Son mayores que los átomos y se les llama núcleos gigantes; se mueven más lentos que las cargas pequeñas. Cuando son muchos toman cargas de los más pequeños al chocar con ellos (Feynman, 1964).

La ionización de una parcela de aire aumenta con la altura, por el movimiento de los iones; además, por la alimentación de los rayos cósmicos y por la densidad del aire que disminuye con la altura; entonces el camino es libre y viajan más lejos en el campo eléctrico. A una altura cercana a los 50 km el aire se vuelve buen conductor y a partir de ahí las corrientes van hacia abajo (Feynman, 1964).

### **3.1.4 Proceso de vida de una celda nebular**

Una nube puede estar formada por una o varias celdas. Una tormenta eléctrica se puede producir por diversas situaciones atmosféricas, como la interacción entre dos masas de aire de diferente temperatura. A la zona de transición entre esas masas se le llama “línea frontal” y puede ser un frente frío, cálido o estacionario. También ocurre la formación de “celdas convectivas” que dan lugar a la formación de nubes *cumulonimbos*. Las condiciones básicas iniciales para su formación son:

- Humedad en el aire en un gran espesor de la atmósfera.
- Atmósfera inestable desde la superficie de la Tierra hasta grandes alturas, hasta la tropopausa (el aumento de temperatura provoca aire menos denso y más ligero, lo que favorece su ascenso).
- Un potente mecanismo que fuerce el aire a elevarse a grandes alturas (energía solar).

Una tormenta presenta un ciclo de vida en tres fases:

La primera es la etapa de desarrollo, donde todas las corrientes son ascendentes y la nube crece rápidamente; la velocidad ascendente va en aumento y alcanza velocidades hasta de 30 m/s, el desplazamiento constante de calor latente aporta de forma continua energía calorífica, favoreciendo la aceleración del movimiento ascendente sin permitirle debilitarse; en esta etapa también se incluye el crecimiento de los elementos de precipitación.

La segunda fase es la de madurez, cuando parte del aire de la nube inicia el descenso por ser los elementos de precipitación lo suficientemente grandes como para vencer el movimiento ascendente, provocándose una corriente descendente, lo que se conoce como *precipitación*, la cual se enfría por evaporación con lo que adquiere mayor densidad y peso que el exterior de la nube. En esta etapa tanto los movimientos ascendentes como los descendentes son muy violentos; ambos movimientos presentan grandes velocidades, dando lugar a una *celda*; una tormenta se identifica por su máxima precipitación, ya sea por lluvia, granizo, nieve, descargas eléctricas, truenos, vientos intensos y rachas de viento; en la medida en que aumentan las corrientes descendentes disminuye el aporte de energía por la corriente ascendente que alimenta a la nube.

Por último, la fase de *disipación* ocurre cuando toda la nube está constituida por corrientes descendentes; en estas condiciones no existe ningún indicio de condensación. Bajo condiciones de lluvia y corrientes descendentes la temperatura dentro de la celda es menor que la del aire que la rodea, y cuando las temperaturas se igualan la disipación llega a su fin (García, O., et. al. 2007).

Las precipitaciones también ejercen influencia en el campo eléctrico de la atmósfera, por las corrientes ascendentes y descendentes tan violentas que se producen dentro de una nube de tipo *cumulonimbo* (Figura III-1), las cuales producen chubascos o lluvias fuertes. Estas corrientes generan grandes fuerzas eléctricas en el interior y alrededor de estas nubes; el gradiente de potencial puede alcanzar un valor tal que se produzca una descarga disruptiva o relámpago. Por el contrario, la llovizna y la

lluvia débil persistente pueden suponer un aumento o una disminución del gradiente de potencial con buen tiempo, lo cual no es así, ya que este tipo de lluvias son provocadas por otro tipo de nube que no tienen desarrollo vertical tan grande como la *cumulonimbo*, por lo que no se producen fuerzas eléctricas importantes en el interior o exterior de las nubes que puedan provocar una descarga eléctrica.

Así, las tormentas proporcionan las condiciones más favorables para el desarrollo de los procesos eléctricos en la atmósfera; sin embargo, algunas tormentas eléctricas se presentan sin lluvia que toque el suelo, las cuales se llaman tormentas eléctricas secas, ocasionando incendios forestales y ocurren en la presencia de una gran capa de aire seco entre la base de la nube y el suelo, razón por la cual las gotas de lluvia se evaporan antes y los rayos sí pueden llegar al suelo, (García, O., et. al. 2007).

Las nubes del tipo *cumulonimbos* (Figura III-1) están constituidas en su base, la parte más baja, por gotitas de agua y en su parte superior, por cristales de hielo debido a su cercanía con la tropopausa, donde se alcanzan temperaturas cercanas a los -80 °C; es la única donde se producen violentas corrientes ascendentes y descendentes dentro de la nube, lo que se llama “celdas convectivas”.

**Figura III-1** Nube *Cumulonimbo*



Fuente: (Strickland, 2008)

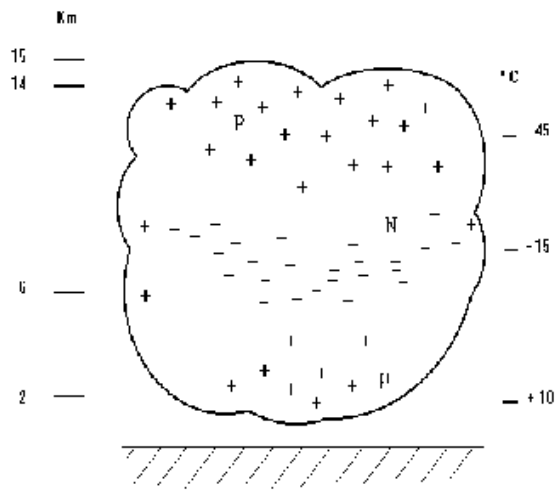
### 3.1.5 Distribución de las cargas en la nube

La gran mayoría de las nubes se forman por el ascenso del aire cálido y húmedo. En el caso de los *cumulonimbos* sus extensiones verticales pueden ocupar grandes porciones de la troposfera, entre 12 y 16 km de altura.

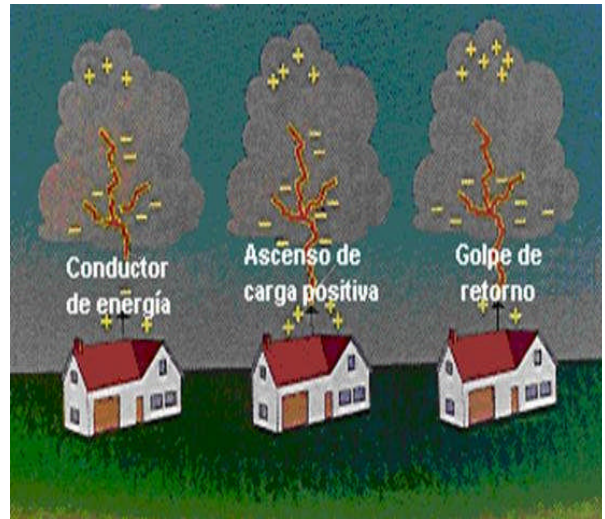
Desde antes de la Segunda Guerra Mundial se realizaron mediciones de la magnitud y dirección del campo eléctrico realizadas a diferentes alturas dentro de las nubes, con globos y aparatos instalados en los aviones por medio de diferentes investigadores como: Wilson, George Simpson y otros. Obtuvieron que las cargas positivas predominan arriba de los 7 km, y las negativas entre 2 y 7 km, otras positivas en regiones de la nube más bajas debajo de los 2 km, (Mason, 1972). Un trabajo más reciente reafirma la distribución de las cargas dentro de la nube, en la parte superior se acumulan las cargas positivas en su base cargas negativas y alguna porción de su base cargas positivas (ver Figura III-2) y finalmente en la superficie de la tierra se acumulan cargas negativas en condiciones de buen tiempo, (Erickson, 1991).

En la Figura III-2 se representan las cargas positivas superiores asociadas a temperaturas inferiores a los  $-20^{\circ}\text{C}$ , y las positivas inferiores generalmente se ubican por arriba de los  $0^{\circ}\text{C}$ , mientras que las cargas negativas se ubican debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$  hasta antes de los  $-20^{\circ}\text{C}$  (Mason, 1972).

**Figura III-2** Distribución de las Cargas en un Cumulonimbo



Fuente: La Moderna Visión Científica del Rayo, (n. d.)



Fuente: (Guía de la NOAA, 1994 citado por Pereira, M., n. d.)

La Figura III-3 ilustra la corriente de convección que alimenta de energía a la nube, mientras que la corriente de precipitación va en sentido opuesto y origina la liberación de energía. Además, la corriente de conducción es dirigida hacia arriba.

**Figura III-3** Flujos de Corriente en un Cumulonimbo



Fuente: DGM, (2005)

Este tipo de nubes a menudo se ha asociado con la ocurrencia de tormentas eléctricas, ya que generalmente son desarrolladas por *cumulonimbos* maduras, que son indicadores de condiciones meteorológicas extremas (OMM, 1973).

### **3.1.6 Cómo se produce la descarga atmosférica**

Cuando la nube presenta una base de cargas negativas, su potencial es mucho más negativo que el de la Tierra, generando una diferencia de potencial que hace que los electrones se aceleren hacia la tierra; en estas condiciones en la superficie de la tierra se van acumulando cargas positivas por inducción, formándose más fuerte a medida que la carga negativa de la nube aumenta, (Erickson, 1991). Sólo se puede producir una descarga después de producirse un canal ionizado llamado “paso líder” en su recorrido a la tierra, siendo menos brillante que el rayo y progresa hacia abajo aproximadamente a la sexta parte de la velocidad de la luz; llega aproximadamente a 50 m y se detiene por unos 50 microsegundos, se repite nuevamente y se detiene y así sucesivamente hasta que logra llegar a la superficie de la Tierra. Su desplazamiento es de forma irregular, aleatoriamente. En el paso líder se forma una columna de cargas negativas de la nube; el aire que lo rodea se va ionizando debido a los movimientos de las cargas, convirtiéndose esa columna de aire en un buen conductor en el momento que el líder toca tierra; a partir de ese momento se completa un camino conductor entre la nube y el suelo y una oleada de corriente (cargas positivas alcanzan la nube), llamada “recorrido de retorno” o “golpe de retorno”, apareciendo los rayos de forma muy brillante.

Después de un tiempo, pocos segundos, el paso líder se debilita, aparece un nuevo líder llamado “líder oscuro”, que busca el mismo camino pero ahora de un solo golpe, generándose otro rayo. El proceso puede repetirse hasta 42 veces de manera continua. También se presentan pasos líderes con diferentes ramificaciones y direcciones diferentes; en ocasiones las ramas no llegan hasta el suelo, enviando la carga negativa hacia fuera.



Cuando el paso líder llega a unos cien metros de la superficie de la Tierra, si existe un objeto puntiagudo, como una torre de transmisión de energía eléctrica, entonces el líder se reduce y el rayo tiende a embestir ese punto.

Cuando se produce el relámpago, la atmósfera se calienta brusca e intensamente a lo largo de su recorrido hasta los 30,000°C, cinco veces la temperatura del Sol; la energía liberada es suficiente para tener encendidos cinco focos de 100 watts en forma continua durante un mes; este dato fue proporcionado por un investigador (Castro, entrevista personal, 21 de septiembre de 2011). Este calentamiento se produce por una expansión brusca y por la producción de ondas sonoras que constituyen el trueno. La velocidad del sonido en las proximidades de la superficie terrestre es de 320 m/s aproximadamente.

### **3.1.7 Tipos de descargas**

Ante la presencia de una tormenta se pueden observar destellos luminosos y un ruido estruendoso; a estos fenómenos generalmente se les conoce como relámpagos, y cuando tocan tierra, rayos (Castro, entrevista personal, 21 de septiembre de 2011), los cuales están ligados a una violenta actividad eléctrica. A continuación se mencionan algunos conceptos adicionales para describir los procesos eléctricos que se producen en la atmósfera.

El relámpago es un ejemplo de descarga eléctrica a gran escala. Esta descarga de electricidad estática puede producirse entre una nube y el suelo, entre dos nubes, entre dos partes de una misma nube y también entre nube y el aire que la rodea.

Si se ve que la descarga eléctrica se desplaza según una trayectoria luminosa muy brillante y ruidosa, se dice que es un relámpago ramificado, pero algunas veces sucede que la descarga está oculta por la nube o una precipitación, de forma que únicamente se observa un resplandor difuso que se llama relámpago difuso. En algunos casos es posible ver los relámpagos a más de 150 km de distancia si no hay obstáculos entre la tormenta y el observador, y su extensión puede ser de

aproximadamente unos 10 kilómetros recorrida en un tiempo de menos de medio segundo (Castro, entrevista personal, 21 de septiembre de 2011).

La luz del relámpago atraviesa la atmósfera a una velocidad de  $3 \times 10^8$  m/s, siendo casi un millón de veces más grande que la del sonido, por lo que llega al observador casi al mismo instante en que se produce. Esto explica el tiempo que transcurre entre el momento en que el observador ve el relámpago y el momento en que oye el trueno.

### **3.1.8 Consecuencias producidas por los Relámpagos**

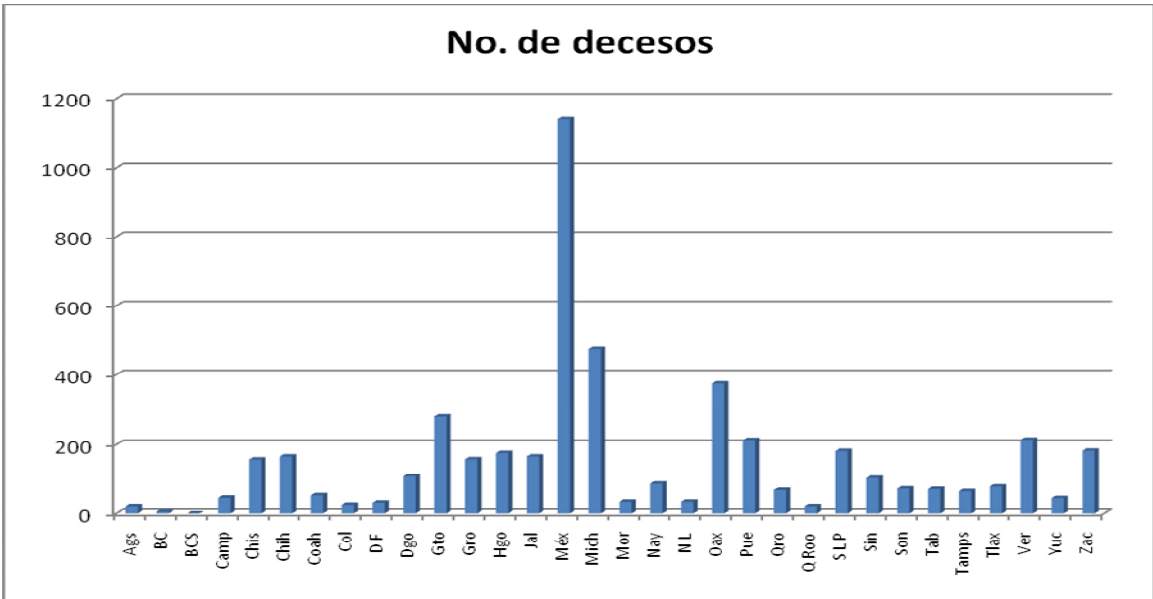
Los efectos causados por las tormentas eléctricas son muy diversos; los daños infligidos a la población van desde heridas leves hasta heridas y daños graves que pueden causar la muerte en forma directa o indirecta; pero también hay daños en la infraestructura, como aparatos domésticos (equipos de sonido, televisión, computadoras, celulares, refrigeradores, etc.), sin olvidar la interrupción del suministro de energía eléctrica.

Las aeronaves que han sido golpeadas por los relámpagos son numerosas, pero los aviones metálicos no corren serios peligros. Además, las normas de fabricación de las aeronaves son tales que las descargas eléctricas que los impactan no pueden propagarse al interior. Por el contrario, los relámpagos pueden ser peligrosos si deslumbran al piloto y lo hacen perder el control, aunado a los efectos que desconciertan al piloto producidos por la turbulencia asociada a las tormentas (OMM, 1979).

Estados Unidos de América, Canadá y el Reino Unido, entre otros países, se han dedicado a estudiar los efectos ocasionados por los rayos a las personas durante una tormenta eléctrica, y sus consecuencias, las cuales pueden ser parálisis, quemaduras, intensos dolores de cabeza, pérdida de audición y de la memoria, hasta llegar a la muerte (Mill, et. al., 2008; Shearman y Ojala, 1999) citados por (Prieto, et. al., 2010).

En México se tienen registros desde 1985 sobre el número de decesos generados por el alcance de rayos (Secretaría de Salud, 2007) citado por (Prieto, et. al. 2010). En los últimos 22 años se reportaron 4,848 defunciones en 31 estados del país; en promedio, al año se llegan a presentar 220 pérdidas humanas por tormentas eléctricas. El único estado que no ha registrado muertes es Baja California Sur, mientras que en el Estado de México se localiza el mayor número de casos, con 1,140, (Gráfica III-1). Sin embargo, estas cifras resultan extremas debido a que a nivel mundial se estima que los rayos dejan cada año 24,000 muertes y 240,000 heridos, que la mayoría quedan lisiados de por vida, con esta información se tiene una razón de heridos a muertos por rayos de 10 heridos por 1 fallecido, (Castro, entrevista personal, 21 de septiembre de 2011). Esto se menciona para resaltar la importancia de implementar un sistema de monitoreo atmosférico en la detección de tormentas eléctricas en la ubicación de zonas vulnerables que ayuden en la planeación de actividades tanto sociales (deportivas, culturales), económicas (incendios forestales), y por tanto, ambientales, así como para que la CFE ubique oportunamente el lugar de la caída de un rayo en transformadores para su rápida reparación o remplazo y proveer de energía eléctrica de manera continua a sus consumidores.

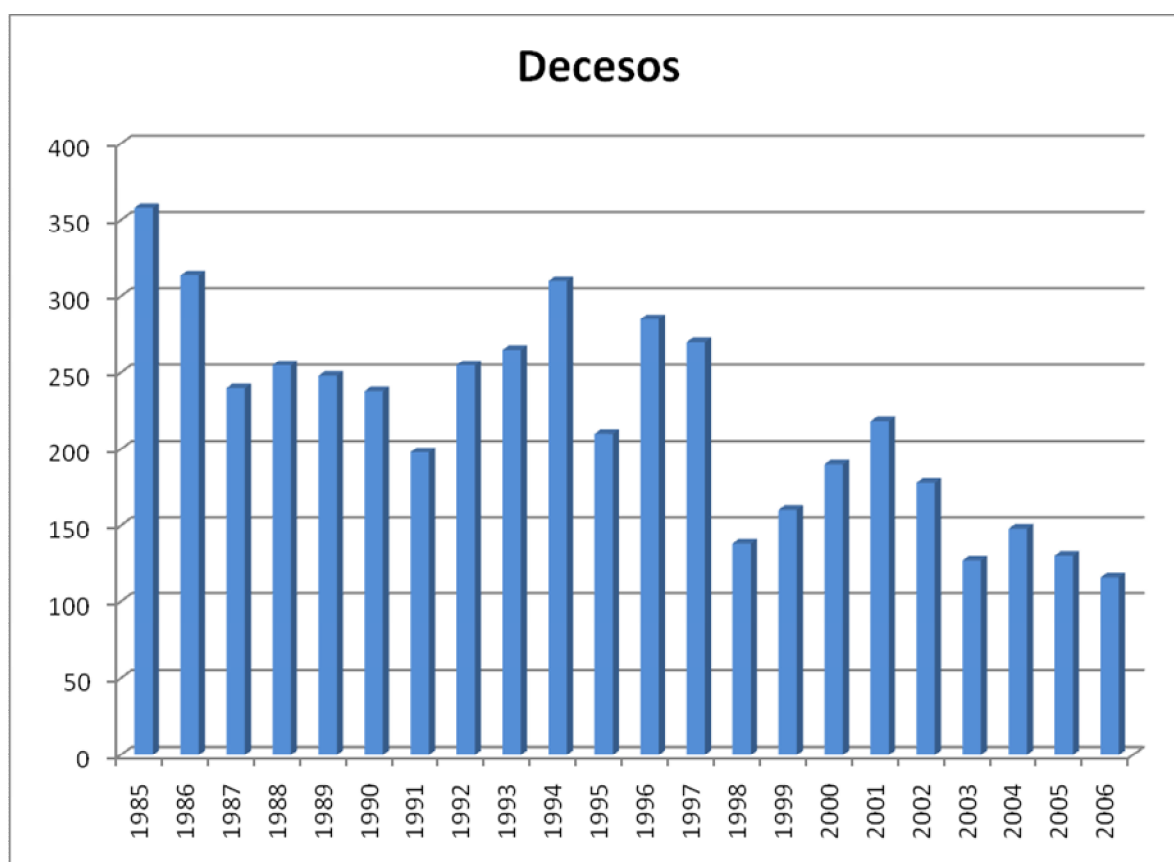
**Gráfica III-1** Número de decesos en México por alcance de rayos (1985-2006)



Fuente: Elaborada con datos de Prieto, et. al. (2010).

Asimismo, en 1985 se presentó el mayor número de pérdidas humanas, 358, mientras que en 2006 fueron sólo 116, es decir, hubo una disminución de más del 50% (Gráfica III-2). Probablemente este decremento se debió a que las personas conocen mejor este fenómeno y sus consecuencias, así como las medidas de protección.

**Gráfica III-2** Número anual de decesos en México por alcance de rayos (1985-2006)



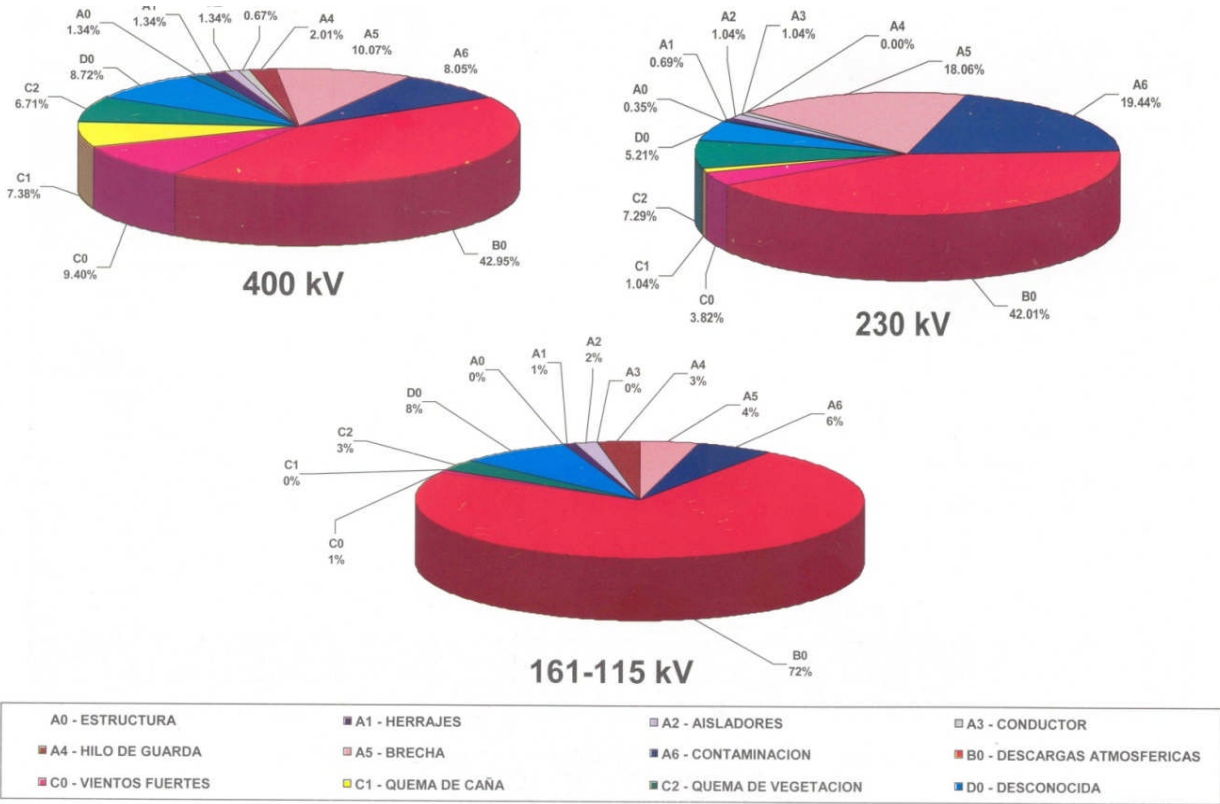
*Fuente: Elaborada con datos de Prieto, et. al. (2010).*

Otros efectos importantes que dañan a México, debido a tormentas eléctricas, son los incendios forestales. Como evidencia de cita la declaración del titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en el *Sol de*

México, quien declaró frente al director de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), y el presidente nacional de la Confederación Patronal de la República Mexicana (COPARMEX), entre otros asistentes, que en el estado de Coahuila, donde se perdieron cientos de miles de hectáreas principalmente de matorrales y pastizales y del uno al tres por ciento de áreas arboladas, fue causado por rayos y descargas eléctricas, que son causas naturales; asegurando también que el gasto para combatir el incendio de Coahuila fue superior a los 155 millones de pesos (García, 2011).

En la CFE las descargas atmosféricas representan un alto porcentaje en la interrupción de la energía eléctrica, como se puede observar en la Gráfica III-3, por lo que es importante contar con un sistema de monitoreo para la detección de descargas atmosféricas y así planear oportunamente los trabajos de rehabilitación del servicio eléctrico.

**Gráfica III-3** Representación en porcentaje de las salidas de líneas de Transmisión.



Fuente: (CFE, 2003)

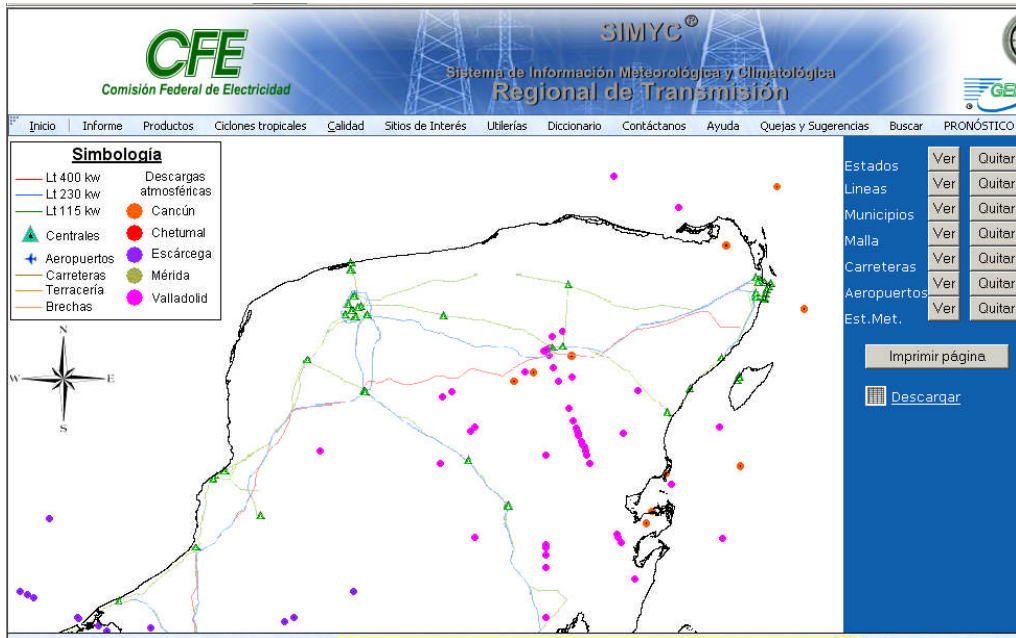
### **3.1.9 Información Disponible sobre Tormentas Eléctricas**

La información disponible hasta hoy sobre las tormentas eléctricas es subjetiva (información proporcionada por una persona, donde están involucrados estados de ánimo, sentimientos o juicios personales), pues en la base de datos se representa la información proporcionada por un observador humano acerca de si se presentó al menos una descarga atmosférica en el día; el observador escribe uno si hubo al menos una descarga, en caso contrario escribe cero. Así, registrando el número de días en que hubo tormentas eléctricas se han generado, hasta hoy, los mapas isoceráunicos.

Actualmente se están monitoreando en la CFE como proyecto piloto los estados de Sonora y Sinaloa, en el noroeste de México, y en la Península de Yucatán los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, con sensores que detectan las tormentas eléctricas. Lo que se pretende es explotar la información cuantitativa que proporcionan dichos sensores, con la finalidad de crear una base de datos donde se ubique y cuantifique la cantidad de tormentas eléctricas que afectan a una determinada región del país.

La Figura III-4 representa la localización de tormentas eléctricas ubicadas por cinco sensores instalados en la Península de Yucatán: en Mérida, Valladolid, Cancún, Escárcega y Chetumal. Como se puede observar en la Figura III-4, los puntos de colores están alineados radialmente, lo cual representa un error en la ubicación de dichas tormentas eléctricas, los datos que proporciona el sensor sólo indica la distancia y entre que rumbos se localiza por ejemplo el rayo cayó entre el sur y sur-sureste a una distancia de 2 km alineándolo ya sea en el sur o en el sur-sureste.

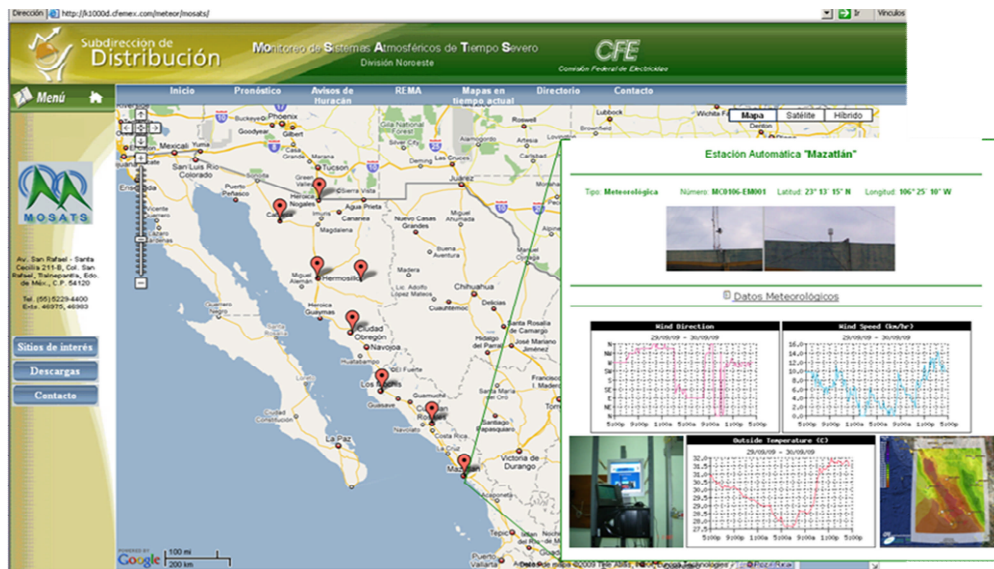
**Figura III-4** Localización de tormentas eléctricas en la Península de Yucatán



Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

En la Figura III-5 se tiene representada la localización de los sensores instalados en el Noroeste del país para cubrir dicha región.

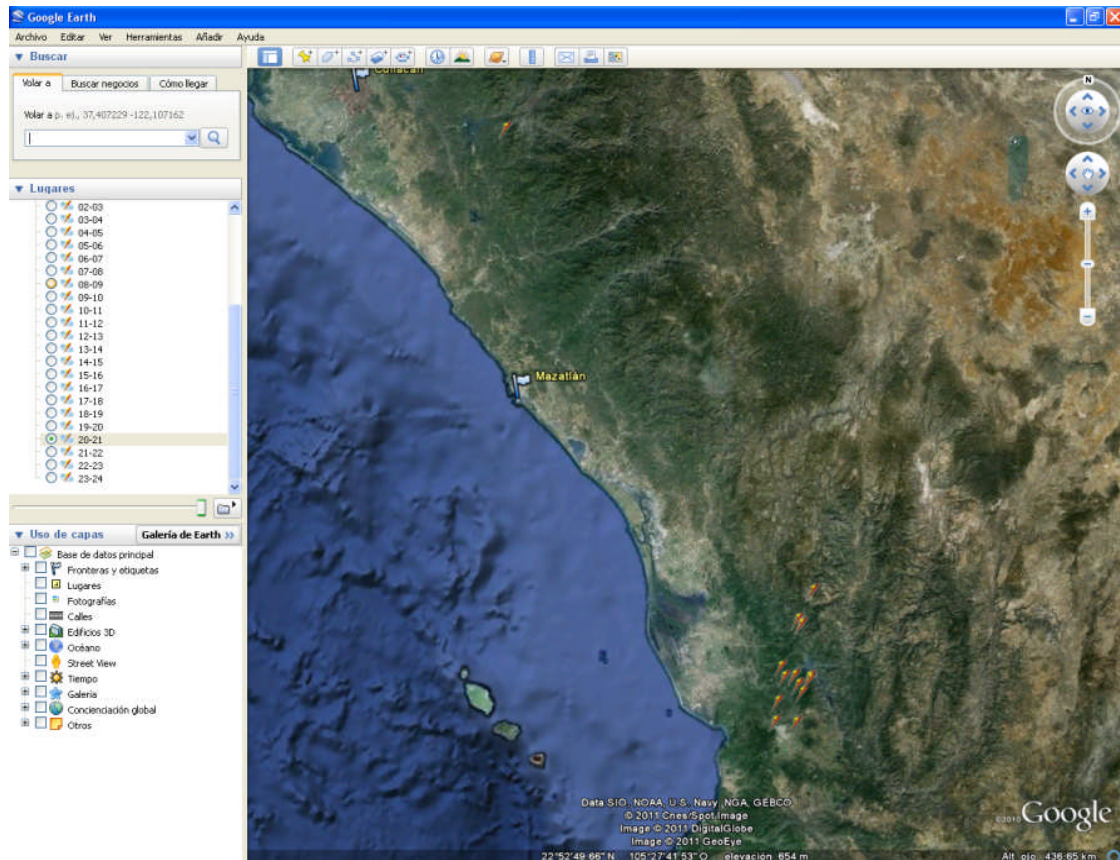
**Figura III-5** Red de Sistemas de Monitoreo, Noroeste de México.



Fuente: (CFE-MOSATS, 2011)

En la Figura III-6 se representa la localización de las tormentas eléctricas en el Noroeste del país, en color rojo.

**Figura III-6** Monitoreo de descargas atmosféricas en tiempo real en Google-Earth

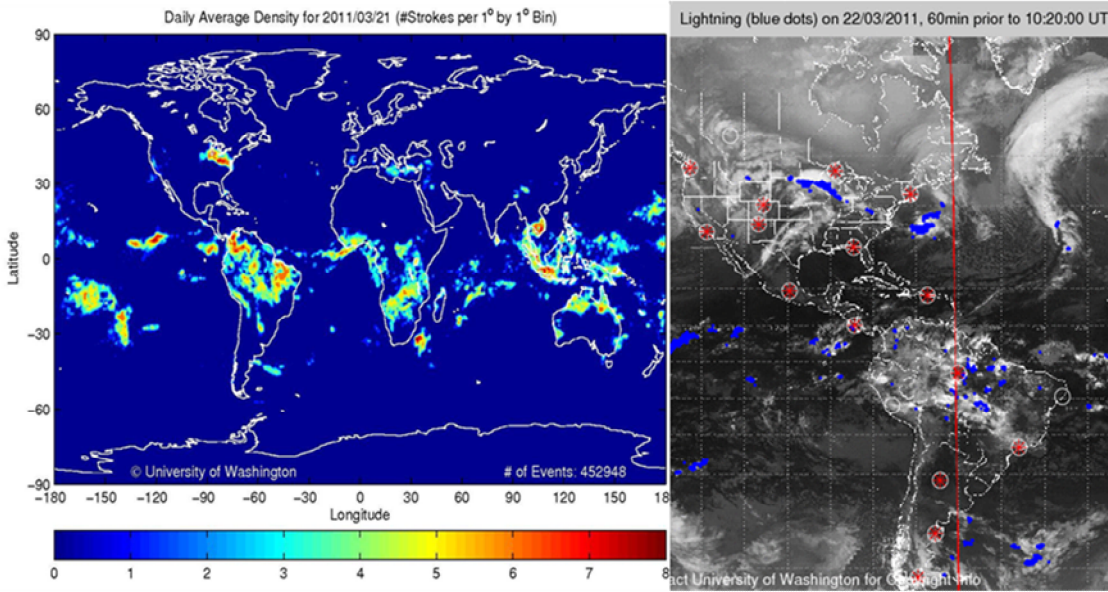


*Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)*

A mediados del año 2010 se implementó la representación de las tormentas eléctricas con visualización en Google Earth, mediante la información de imágenes de satélite y con base en la información proporcionada por La Red Mundial de Localización de Rayos “*World Wide Lightning Location Network*”, Figura III-7, disponible en el portal del SIMYC® en la intranet de CFE para sus clientes (transmisión a nivel nacional).



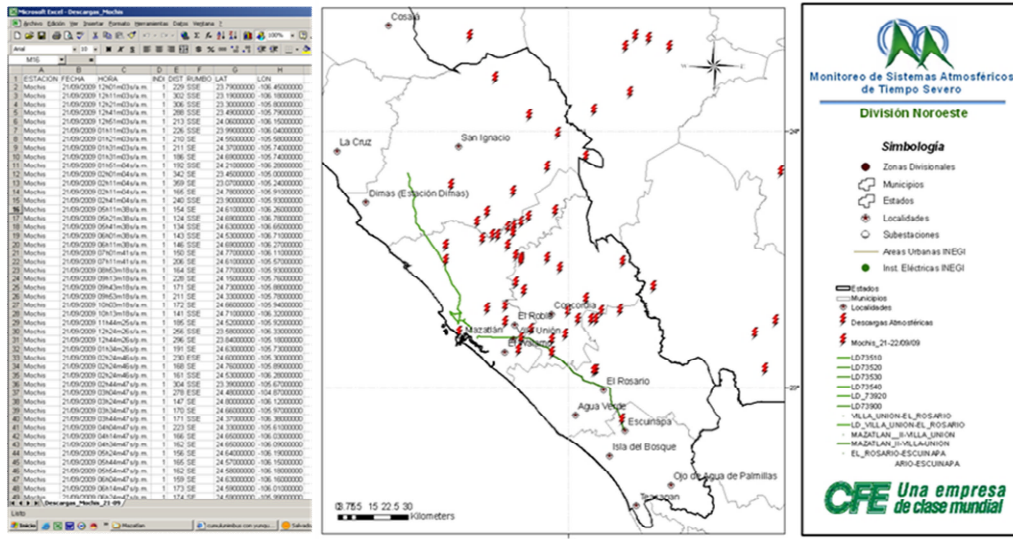
**Figura III-7 Red Mundial de Localización de Tormentas Atmosféricas (wwlln.net)**



Fuente: (WVLLN, 2011)

En la Figura III-8 se representan en color rojo los *flashes* detectados por el sensor “BOLTEK” (http://www.boltek.com), instalado en la estación “Los Mochis”, en un GIS (Sistema de Información Geográfica).

**Figura III-8 Descargas atmosféricas (estación “Los Mochis”) en un SIG**



Fuente: (CFE-MOSATS, 2011)

La red mundial de localización de rayos “World Wide Lightning Location Network”, menciona que la localización de una descarga es más exacta cuando los “sensores” están más lejos de ella, que cuando están más cerca, debido a la interferencia que produce el mal tiempo. Por lo cual se recomienda una distribución uniforme de “sensores” alrededor del área de interés. Figura III-8.

## **3.2 Tecnologías para el Monitoreo de Tormentas Eléctricas**

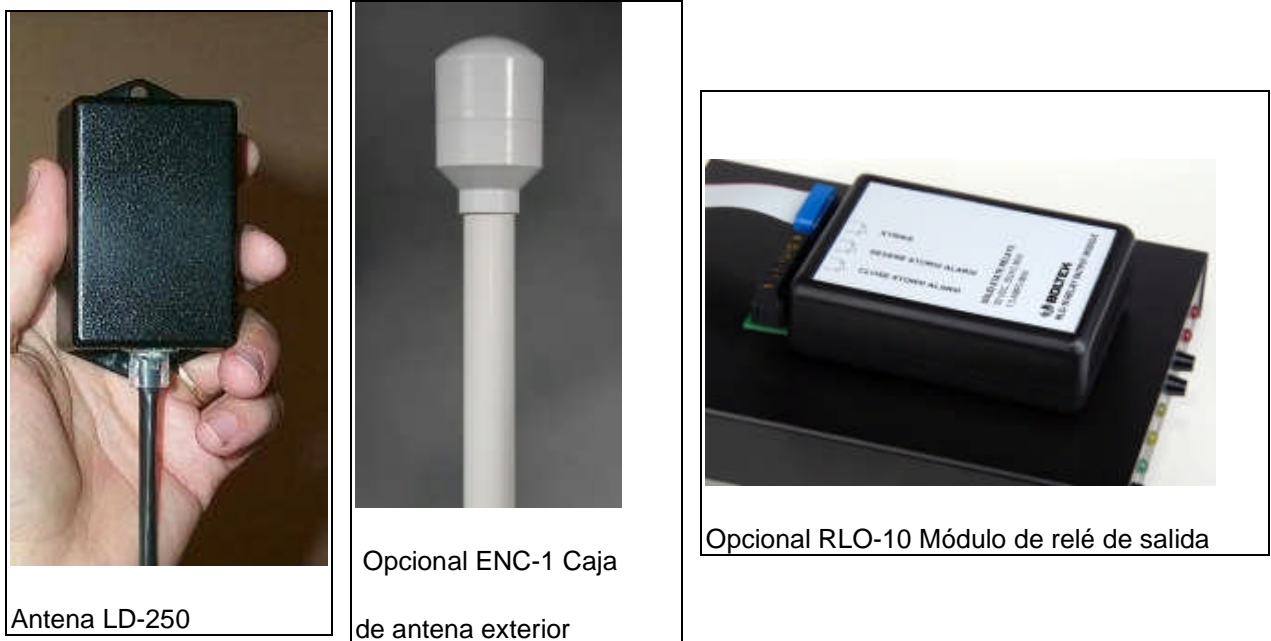
### **3.2.1 Análisis Técnico de los Sensores de Tormentas Eléctricas**

#### **a) Detector de tormentas eléctricas LD-250**

El detector de tormentas eléctricas LD-250 (Figura III-9) utiliza una antena pequeña para recibir las señales de radio desde la caída de los rayos. Estas señales son las interferencias que se oyen en una radio AM durante una tormenta. La antena es capaz de identificar en qué dirección viene la señal. El *software* mide la intensidad de las señales recibidas para calcular la distancia. El procesamiento de señales especiales en el *software* reduce los efectos de las variaciones de energía del rayo y proporciona información sobre la distancia más precisa.

El detector de tormentas eléctricas LD-250 ha incorporado dos alarmas: una señal de alerta de tormenta y una señal de alarma de tormenta. La señal de alerta de tormenta se activará si se detecta una tormenta eléctrica a menos de una distancia predefinida. La señal de alarma de tormenta se activa si el número de rayos por minuto excede un límite preestablecido.

**Figura III-9** Detector de tormentas eléctricas LD-250



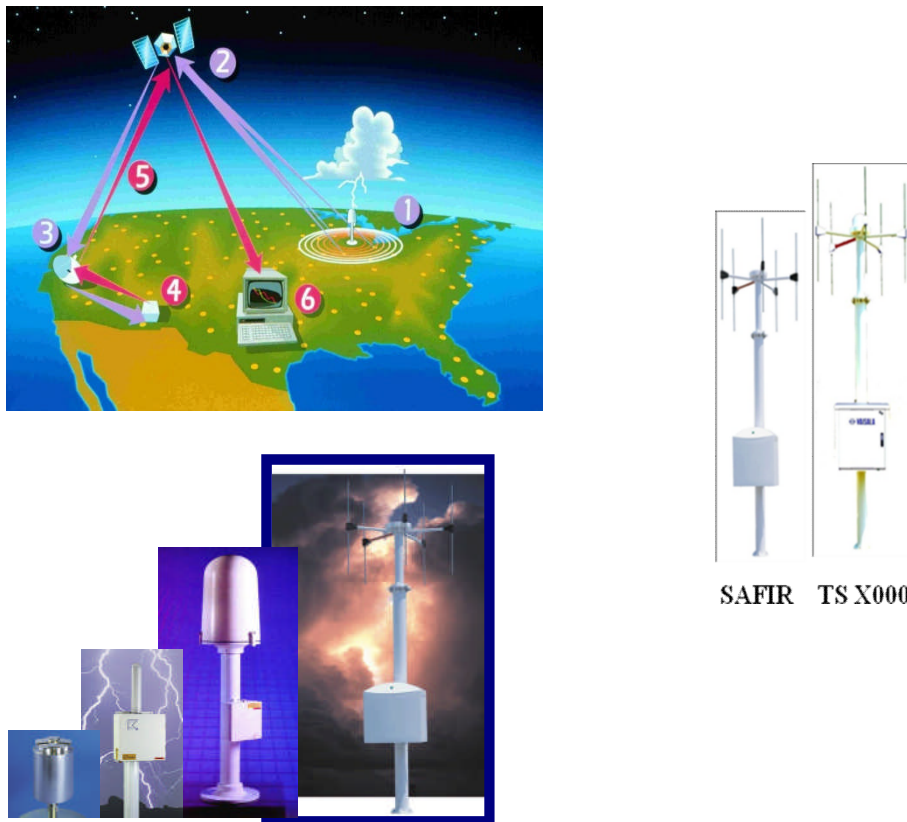
Fuente: (DISIME S. A. de C.V., n.d.)

b) El sensor de detección de descargas eléctricas atmosféricas LS7000-120CG

El sensor de detección de descargas eléctricas atmosféricas nube-tierra marca Vaisala modelo LS7000-120CG (Figura III-10) consta de un sensor de detección de descargas eléctricas con transmisión de datos vía módem, un Centro de Control de Red (NCC), un Sistema de Distribución, Análisis y Archivo de Datos. Proporciona detección LF (*Low Frequency*) de descargas eléctricas atmosféricas de nube a la tierra utilizando la combinación de localización de dirección magnética (MDF) y tiempo de llegada (TOA). Gran precisión en la detección de descargas eléctricas atmosféricas nube-tierra. El sensor LS7000 es una de las dos principales configuraciones de sensores ofrecidas en el sistema de información de tormentas eléctricas de Vaisala. Esta configuración de sensor emplea la combinación de tecnología de localización de dirección magnética y tiempo de llegada de baja

frecuencia (LF), que ofrece la más alta eficiencia en detección, así como la localización más precisa para descargas eléctricas atmosféricas nube a tierra. Estas características habrán de ser determinantes en la propuesta elaborada dentro de este trabajo.

**Figura III-10** Modular Lightning Sensors LS 7000 - 8000



Modular Lightning Sensors LS 7000 – 8000

*Fuente: (Roszbach de México S. A. de C.V., 2006)*

La tecnología modular del sensor permite al LS7000 ser mejorado a un sensor Total de detección de descargas eléctricas modelo LS8000.

Características y beneficios del sensor LS7000

- Detección de descargas eléctricas atmosféricas para la localización más precisa de descargas eléctricas y parámetros calibrados.

- Parámetros calibrados para descargas eléctricas atmosféricas nube a tierra, incluyendo: hora, localización, amplitud y polaridad.
- Eficiencia de la red mínima de 90% para descargas eléctricas nube-tierra.
- Precisión de localización media de 500 m para descargas eléctricas nube-tierra.
- Detecta descargas entre nubes a nivel de estudio (5-30%).
- Puede ser mejorado a un sensor Total de descargas eléctricas atmosféricas LS8000.
- El sensor modular se puede integrar con todos los otros sensores de descargas eléctricas serie LS.
- Es compatible con los sensores anteriores tales como SAFIR, IMPACT Y LPA, IMPACT Y LPATS.

#### Información técnica operacional

Tipo de descarga eléctrica:	Rayos nube tierra (CG), y rayos de nubes a nivel de estudio
Eficiencia de detección de red:	>90% para (CG); 5-30% para nubes
Precisión de localización media de red:	500 m rayos CG
Línea base nominal entre sensores:	de 15 a 350 km
Banda LF:	1 KHz a 350 KHz
Monitoreo de funcionamiento:	Calibración y auto pruebas completas del sistema tanto automáticas como manuales.
Configuración remota:	Los parámetros operacionales son configurables remotamente.

La tecnología modular del sensor permite al LS7000 ser mejorado a un Sensor Total de Detección de Descargas Eléctricas modelo LS8000, el cual no varía mucho en costo en relación al LS7000.

Vaisala Falls® (*Fault Analysis and Lightning Location System*) 5.0 es un *software* utilizado por empresas eléctricas para consultar información histórica de una descarga atmosférica (rayo) en un entorno SIG (Sistema de Información Geográfica), generando mapas, gráficas y tablas estadísticas para analizar su impacto en la infraestructura de la empresa. La nueva versión ofrece una plataforma fácil de usar para cuantificar, priorizar y recomendar inversiones en protección a la infraestructura eléctrica, así como evaluar los daños que una descarga atmosférica provocó a una línea, una torre o poste para la planeación al establecimiento de prioridades de rehabilitación.

Vaisala ofrece un servicio para todas las instalaciones de nuevas redes, que permite que el rendimiento de las mismas sea optimizado, utilizando datos realmente registrados para realizar ajustes por error tanto en los sitios como en su medio circundante. Después de la instalación y de varios meses de recolección de datos sobre tormentas eléctricas, Vaisala se compromete a realizar un programa total de evaluación del rendimiento de la red.

### c) Sistema avanzado de detección y ubicación de descargas atmosféricas

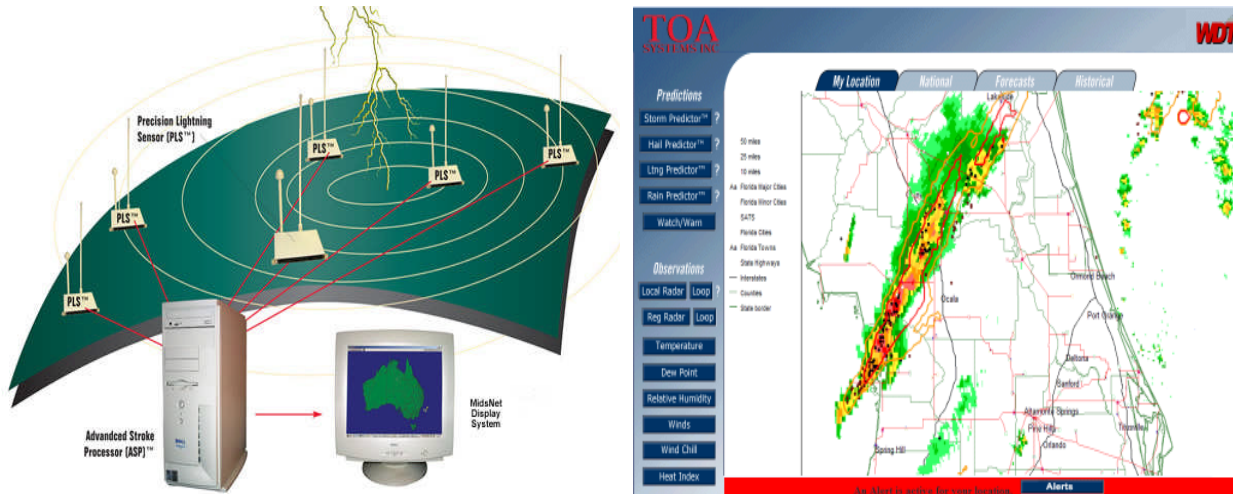
Sistema Avanzado de Detección y Ubicación de Descargas Atmosféricas (ALPS - Advanced Lightning Position System (TOA Systems, Inc., Melbourne, FL) (Figura III-11.)

Características del sistema:

- Utilizan la tecnología TOA (Time-Of-Arrival).
- Tienen una cobertura cuantitativa de 300 km de radio y cualitativamente hasta 500 km.
- Cada sistema está integrado por un sensor y un GPS.
- Su funcionamiento está basado en señales de radiofrecuencia, por lo que fácilmente se eliminan las interferencias

- Detectan únicamente la posición de las descargas atmosféricas, aseguran una precisión entre 200 y 250 metros.
- La información la concentran en sus servidores de Florida, EUA y Monterrey, N.L., México.
- El acceso a los datos es mediante Internet.

**Figuras III-11** Sistema Avanzado de Detección y Ubicación de Descargas Atmosféricas.



Fuente: <http://www.toasystems.com/>

### 3.2.2 Análisis Económico de los Sensores de Tormentas Eléctricas

Para garantizar el óptimo funcionamiento de los sensores, es necesario tener instalados al menos tres de ellos, puesto que trabajan por el método de triangulación para su calibración, y ubicar con más precisión la descarga eléctrica producida de nube a tierra.

a) Detector de tormentas eléctricas **DL-250** marca Boltek.

La cotización está incluida en la sección Anexo 2 (Tabla A2-1 Cotización Disime S.A. de C.V.); contiene tres sensores para la detección de tormentas eléctricas, lo cual no incluye instalación, ya que CFE cuenta con personal capacitado para instalar este tipo de equipos. Los costos están en Dólares Americanos.

b) Sensor de detección de descargas eléctricas atmosféricas nube-tierra marca Vaisala modelo LS7000-120CG

La cotización está incluida en la sección Anexo 2 (Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.), contemplando una red de cuatro sensores para la detección de tormentas eléctricas. Los costos son aproximadamente de \$1, 500,000.00 USD.

c) Sistema Avanzado de Detección y Ubicación de Descargas Atmosféricas

Como la empresa **Boulder Weather Science** es la que proporciona el servicio:

- BWS instalaría 20 detectores de rayos.
- La información puede incorporarse a la intranet de CFE, de tal forma que la ubicación de las descargas atmosféricas será en mapas georreferidos; similar a los productos ya disponibles en CFE, en los cuales se incluye la cartografía de Transmisión - CFE.
- Al final de un año será posible generar mapas de densidad de descargas atmosféricas para la República Mexicana, con lo cual se actualizarán los mapas isoceráunicos (información disponible: número de días con descargas atmosféricas, “sí hubo o no hubo en el día”) del país.

Presupuesto.

El costo anual por la adquisición de datos de “Descargas Atmosféricas” a la Compañía BWS, es de \$252,000 dólares de EUA (aproximadamente \$3, 000,000.00 pesos M.N.), por instalar 20 sensores en todo el país.

- Por instalar 4 sensores el costo sería aproximadamente de \$50,400.00 USD. (aproximadamente \$605,000 MN).

No se tiene cotización, los costos se obtuvieron de la presentación expuesta al DHM-CFE por parte del proveedor.



### 3.2.3 Análisis de la Información, Discusión y Resultados.

Se elaboró un cuadro comparativo de los tres sensores analizados con la finalidad de realizar un análisis objetivo (Tabla III-1).

**Tabla III-1** Cuadro Comparativo entre los Detectores de Tormentas Eléctricas

Elementos	Detectores de tormentas eléctricas		
	DL-250 marca Boltek	BWS	LS-7000 marca Vaisala
Instalación	Fácil, su instalación es sencilla	Incluido en los costos y depende de BWS	Costoso Necesita una obra civil propia
Mantenimiento	Anual Sus refacciones son accesibles	Incluido en los costos y depende de BWS	Después de varios meses Vaisala realizará un programa total de evaluación del rendimiento de la red
Cobertura	aproximadamente 100 km de radio	300 km de radio y cualitativamente hasta 500 km	Máxima de 350 km de radio
Mide	Ubica la posición aproximada de la descarga atmosférica	Ubican la posición aproximada de las descargas atmosféricas	Calcula la intensidad de la descarga eléctrica atmosférica. Detecta la ubicación de descarga atmosférica.
Precisión	Poco confiable	200 y 250 metros	500 m rayos de nube a tierra; 5-30% rayos de nube a nube
Concentración de información	Elección del cliente	Servidores de Florida, EUA y Monterrey, N.L., México	Centro de control de red (NCC). Elección del cliente.
Costo aproximado por 4 sensores	\$42,268.34 MN	\$50,400.00 USD	\$375,000.00 USD
Tecnología	medición por radio frecuencias	señales de radiofrecuencia	medición por campo magnético
Acceso a los datos	Sólo a un archivo de texto con baja calidad	Internet	En un Sistema de Información Geográfica
Nuevo producto	Mapas de densidad de descargas atmosféricas, para la República Mexicana	Mapas de densidad de descargas atmosféricas, para la República Mexicana	Mapas georreferidos de densidad de descargas atmosféricas, para la República Mexicana

Técnicamente los sensores Vaisala pueden satisfacer los requerimientos de la CFE, por proporcionar la información en un sistema de información geográfica, además garantizan una cobertura superior a los otros dos. Mientras que Vaisala avala una precisión de 500 m, Boltek es poco confiable (validados por CFE) y los de BWS garantizan una precisión menor, entre 200 y 250 metros, pero no miden la intensidad de los rayos, en cambio Vaisala sí lo calcula, además de proporcionar su ubicación; además Vaisala también asegura una eficiencia del 90% y los otros dos no mencionan su eficiencia.

Por otro lado, el servicio proporcionado por BWS, por sus características de operación, impide que la CFE sea autónoma en el manejo de la información, es decir, la empresa es la dueña de la información de los rayos, pero la CFE no puede proporcionar información sobre su infraestructura eléctrica (líneas y torres) a una empresa externa y más cuando es extranjera.

Desde el punto de vista económico, los sensores Boltek serían los más convenientes, pero no cumplen técnicamente. Mientras que el servicio proporcionado por BWS tampoco cumple técnica y económicamente, se tendría una renta anual, interminable de pagar, de aproximadamente \$12,600.00 USD (\$150,000.00 MN) por sensor. Indudablemente Boltek es el más accesible, con \$42,268.34 MN, lo contrario de Vaisala que tiene un costo de \$375,000.00 USD, aproximadamente \$4,500,000.00 MN, siendo esta última una inversión alta. Sin embargo es conveniente valorar la inversión con Vaisala, ya que los beneficios obtenidos son muy grandes en comparación con los demás sensores.

En conclusión, los sensores Vaisala son más confiables técnicamente y además económicamente se tendría un retorno de la inversión con el costo de 1 transformador que se proteja, ya que el costo de un transformador de transmisión monofásico está entre 13 y 18 millones de pesos mexicanos (CONDUMEX, 2011), y el costo de los 4 sensores Vaisala es aproximadamente de \$5,000,000.00 MN, tomando en cuenta que entre más sensores se adquieran con Vaisala el costo por sensor se reduce más, ya que no se vuelve a invertir en *software*, centros de control, etcétera.

Otros países cuentan con este tipo de monitoreo atmosférico, evitando así apagones puesto que las centrales de distribución eléctrica pueden evitar sobrecargas y costos al advertir la cercanía de una tormenta, logrando el retorno de la inversión en 2 años.

## **Capítulo IV. Propuesta del Sistema de Monitoreo Atmosférico**

En este capítulo se presenta la propuesta del sistema de monitoreo atmosférico para la CFE, con base en los conceptos, datos y consideraciones presentadas en los capítulos anteriores.

### **4.1 Aplicación del Modelo de Gestión Tecnológica al Proyecto Hidrometeorológico**

Considerando que en la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE existe un área de Gestión Tecnológica, y también que los Departamentos que integran la Gerencia funcionan como centros de negocios, se puede proponer el siguiente modelo de estructura organizacional dentro del Departamento de Hidrometeorología, basado en el Modelo del Premio Nacional de Gestión de Tecnología.

Los recursos requeridos para la elaboración de productos meteorológicos son: humanos, financieros, de conocimientos, bases de datos, modelos de pronóstico numérico, tecnologías de información y comunicación, y de infraestructura, de los cuales se cuenta con todos.

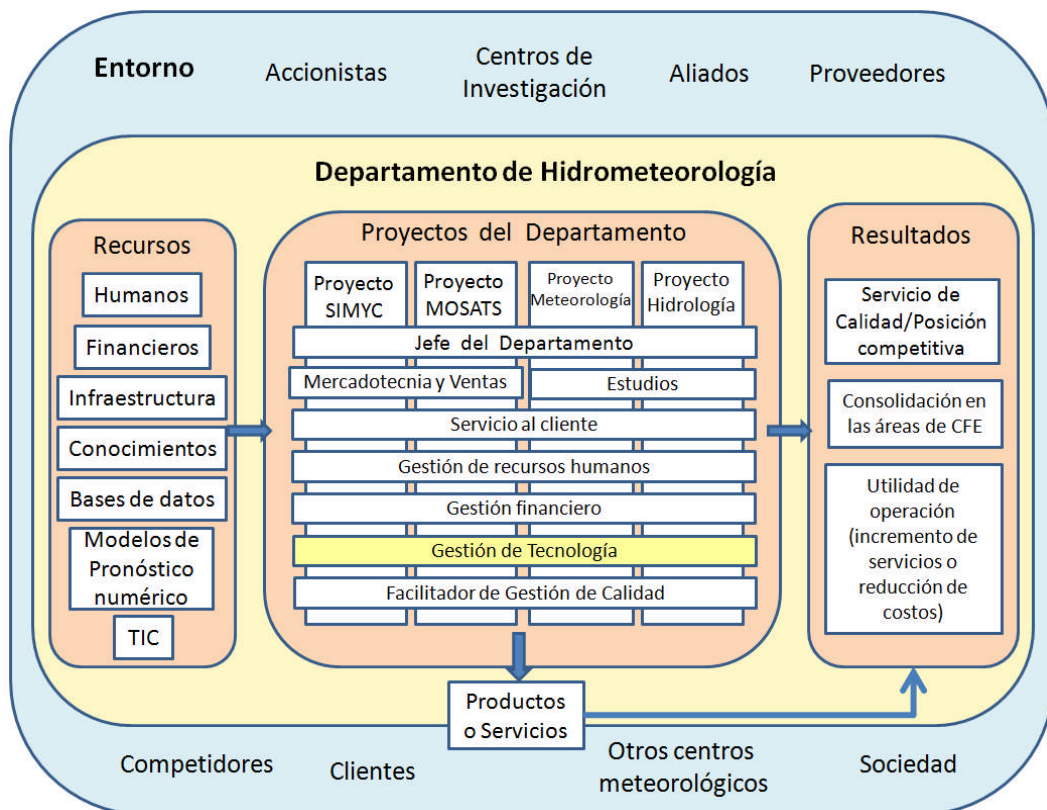
Los proyectos del Departamento son cuatro: a) Proyecto Sistema de Información Meteorológica y Climatológica (SIMYC®), b) Monitoreo de Sistemas Atmosféricos de Tiempo Severo (MOSATS), c) Meteorología y d) Hidrología. Todos cuentan con un facilitador de calidad con la finalidad de que se cumplan los lineamientos del Sistema de Calidad de la Gerencia. La gestión financiera se realiza por dos vías: el presupuesto de gasto corriente, gestionado por el Jefe de Departamento, y el ingreso de recursos por proyectos, mediante el jefe de proyecto, con una programación de ejecución de los recursos controlada por la Gerencia. La Gestión de Recursos Humanos entrega una propuesta por parte de los jefes de proyecto al Jefe de Departamento para aprobarlos o solicitar modificaciones, también controlada por la Gerencia.

Los servicios al cliente. Cada proyecto se preocupa por proporcionar un excelente servicio para satisfacer al cliente, dando cumplimiento a la política de calidad de la GEIC.

Los proyectos SIMYC® y MOSATS requieren de la práctica de mercadotecnia y ventas porque no cuentan con recursos de gasto corriente, viven de sus clientes, por lo que los productos y servicios que proporcionan deben ser más competitivos.

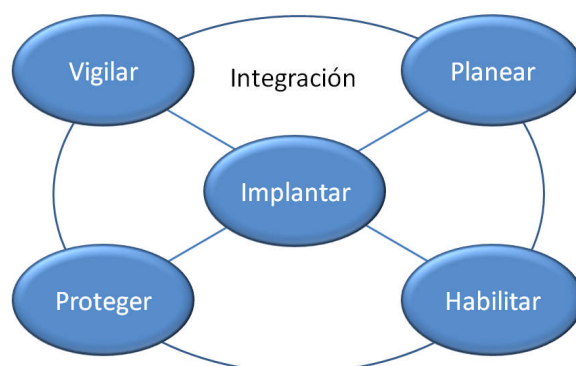
Se propone integrar la práctica de la Gestión Tecnológica a los cuatro proyectos del Departamento de Hidrometeorología de manera sistemática, para desarrollar capacidades de vigilancia del entorno a fin de obtener mejores resultados en los productos y servicios que se proporcionan, asegurando un servicio de calidad y alcanzando una posición competitiva. Específicamente, en los proyectos SIMYC® y MOSATS, consolidar las áreas de CFE para generar utilidad de operación, incrementando los servicios o reduciendo gastos (Figuras IV-1 y IV-2).

**Figura IV-1** Modelo de Gestión Tecnológica tomado como base de la propuesta



*Fuente: Elaboración Propia a partir del MNGTi, 2010*

**Figura IV-2** Gestión de Tecnología y sus funciones principales



*Fuente: MNGTi, 2010*

## **4.2 Planeación de Soluciones para Satisfacer los Requerimientos de la CFE.**

Los requerimientos del monitoreo de tormentas eléctricas que se han identificado en diversas áreas de CFE son los siguientes:

- a) Contar con información en tiempo real en la evolución de tormentas severas.
- b) Contar con información en tiempo real de la ubicación de las tormentas eléctricas, lo más precisa posible, en un sistema de información geográfica, en el cual se puede incorporar la infraestructura eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional con la finalidad de poder planear oportunamente la rápida rehabilitación del suministro de energía eléctrica ante la afectación por descargas atmosféricas.
- c) Identificar oportunamente incendios en instalaciones eléctricas (subestaciones eléctricas, líneas y torres de transmisión; postes, líneas y transformadores de distribución, etc.).
- d) Planeación en la incorporación de tierras físicas, como una protección de las tormentas eléctricas en zonas de mayor vulnerabilidad.

- e) Protección en la distribución, suministro y almacenamiento de combustibles de centrales termoeléctricas (barcos, pipas, poliductos, etc.).
- f) Contar con datos meteorológicos para la justificación de daños hidrometeorológicos en dictámenes técnicos presentados con la solicitud de reclamos de seguros.
- g) Identificar zonas vulnerables de tormentas eléctricas en el territorio mexicano para la planeación de la construcción de nuevas infraestructuras eléctricas, tales como nuevas líneas y torres, centrales de generación eléctrica, subestaciones eléctricas, etc.

La planeación para dar solución a los requerimientos de las áreas de la Comisión Federal de Electricidad considera las siguientes etapas, que van creciendo en función de los esquemas de financiamiento para la buena ejecución del proyecto.

#### **A. Solución inmediata.**

Mediante los sensores instalados en las áreas de CFE descritas en el Capítulo III de este trabajo, así como las imágenes de satélite meteorológico disponibles en internet, se realizó el monitoreo en tiempo real en todo el país, visualizado en Google Earth.

Complementando la información disponible actualmente en Google Earth, se pueden incorporar dos productos:

- Una animación de imágenes de satélite en la cual se puede observar el crecimiento de las nubes y con esto la probabilidad de la presencia de tormentas eléctricas. Esta información representa lo ocurrido en las últimas 10 o 15 horas.
- Al pronóstico horario a 24 horas que se tiene actualmente disponible en la intranet de CFE, se puede agregar ahora el acumulado, donde también se vería el acumulado de la lluvia, identificando también la probabilidad de la presencia de tormentas eléctricas. Esta información representa lo que puede ocurrir en las próximas 24 horas.

Como se puede observar, estos dos puntos descritos arriba son complementarios; en el primero se tiene información actual y lo que ocurrió unas horas antes, y en el segundo se ven las condiciones futuras, lo cual ayudará a las áreas de CFE para planear sus actividades.

Con esta solución no se tiene información medible, cuantificable; sólo ayuda a la planeación de actividades. Meteorológicamente se puede defender la póliza de seguros.

## **B. Implementación de sensores marca Vaisala en una región del país**

Para satisfacer los requerimientos de las áreas de CFE ante la afectación de tormentas eléctricas a su infraestructura eléctrica, es necesario el monitoreo de manera cuantitativa en tiempo real de las tormentas eléctricas, por lo que se propone la implementación de sensores para su medición.

De acuerdo al análisis de los sensores para el monitoreo de tormentas eléctricas realizado en el Capítulo III, se determinó que los marca Vaisala son los más eficientes.

Como un proyecto piloto para la valoración de los sensores que provee Vaisala, se propone crear una Red de cuatro sensores de Detección de Descargas Atmosféricas nube-tierra de la marca Vaisala, que incluya lo siguiente:

- 4 sensores de detección de descargas eléctricas atmosférica (nube-tierra) marca Vaisala modelo LS7000-120 CG
- 4 *módems*
- 1 centro de control de red (NCC)
- 1 Sistema de distribución, análisis y archivo de datos.
- 4 computadoras de *display* con licencias de *software Display* en Tiempo Real y licencias de *software FALLS*.
- Estudio de sitio para el emplazamiento de los sensores.
- Servicios de instalación, puesta en operación y capacitación del personal.
- 1 Lote de refacciones
- Pruebas de aceptación de fábrica
- Pruebas de aceptación de sitio.



Los sensores propuestos, LS700 o bien el LS800, son los mismos que se tienen instalados en territorio de los Estados Unidos, por lo que el intercambio de información entre los dos países se verá favorecido ya que estarán referidos a los mismo parámetros de medición.

### **C. Implementación de sensores marca Vaisala en todo el país**

Una vez probados los cuatro sensores puestos en operación en el proyecto piloto y convencidos de que los sensores proporcionan la información con mayor precisión, y que dicha información se pueda incorporar a los productos propios de la CFE, se procederá a proponer su implementación a nivel nacional con la finalidad de cubrir todo el territorio mexicano, porque se tiene afectación por tormentas eléctricas en la mayor parte del país (ver Figura IV-3).

Como un proyecto integral, en una segunda fase, se propone crear una Red en todo el territorio mexicano de 33 sensores de Detección de Descargas Atmosféricas nube-tierra marca Vaisala, para que en forma confiable y precisa detecte, localice, analice y distribuya información sobre descargas eléctricas atmosféricas en tiempo real en un Sistema de Información de Descargas Atmosféricas, que incluya lo siguiente:

- a) 33 sensores de detección de descargas eléctricas atmosférica (nube-tierra) marca Vaisala modelo LS7000-120 CG
- b) 1 centro de control de red (NCC)
- c) 1 Sistema de distribución, análisis y archivo de datos.
- d) 33 computadoras de *display* con licencias de *software Display* en Tiempo Real y licencias de *software FALLS*.
- e) Estudio de sitio para el emplazamiento de los sensores.
- f) Servicios de instalación, puesta en operación y capacitación del personal.
- g) 1 Lote de refacciones
- h) Pruebas de aceptación de fábrica
- i) Pruebas de aceptación de sitio.

### **4.3. Implementación de una Red de Monitoreo de Tormentas Atmosféricas en el País en Áreas de la CFE.**

#### **4.3.1 Estimación de la Inversión Requerida**

En esta sección se dará una estimación de la inversión requerida de acuerdo a la planeación para solucionar los requerimientos de las áreas de la Comisión Federal de Electricidad explicados en la sección anterior.

##### **A. Solución inmediata**

Como se describe en la sección anterior de este capítulo, en la forma actual de “satisfacer” los requerimientos de las áreas de CFE no se requiere de inversión puesto que no se planea ninguna instalación para la medición de las tormentas eléctricas; esta solución es cualitativa, no cuantitativa.

##### **B. Implementación de sensores marca Vaisala en una región del país**

Particularmente la propuesta está dirigida a las áreas de Distribución y/o Transmisión de la Comisión Federal de Electricidad, debido a que han sido y son clientes del Departamento de Hidrometeorología, por lo que conocemos sus requerimientos y sus aplicaciones.

Los costos son aproximadamente de \$975,000.00 USD incluyendo cuatro sensores de descargas atmosféricas, así como la capacitación por expertos de Vaisala provenientes de los Estados Unidos de América y un lote de refacciones a utilizar para mantenimiento. Para más detalles véase la cotización en la sección Anexo 2.

##### **C. Implementación de sensores marca Vaisala en todo el país**

El costo de inversión es aproximadamente de \$6, 500,000.00 USD, (aproximadamente \$90, 000,000.00 MN) incluyendo 33 sensores de descargas atmosféricas, así como la capacitación por expertos de Vaisala provenientes de los Estados Unidos de América y un lote de refacciones a utilizar para mantenimiento. Retornando la inversión con un solo evento de tormentas eléctricas de 7 a 10 transformadores dañados. Más detalles sobre la cotización, en la sección Anexo 2.

Para obtener el financiamiento del costo de inversión se contemplan los siguientes esquemas:

- En una primera instancia la red de monitoreo de las descargas atmosféricas estará a cargo de la Comisión Federal de Electricidad, tanto en su implementación como en sus respectivos mantenimientos, con la finalidad de mantenerla en operación permanentemente. Esto es factible considerando que el monitoreo de las tormentas eléctricas será útil a las áreas de Operación y Construcción de la CFE, por ejemplo:
  - Construcción: le será de gran utilidad en la planeación de nuevas líneas y torres, tanto de Distribución como de Transmisión, así como para la protección con tierras físicas de la infraestructura existente.
  - Generación: le será de utilidad para identificar las zonas de afectación por tormentas eléctricas en tiempo real y dejar de suministrar energía por los conductores que han sido dañados y así evitar incendios o daños mayores.
  - Transmisión y Distribución: será de gran utilidad para la rehabilitación oportuna de las líneas, torres y transformadores por daños ocasionados por tormentas eléctricas.
- Como una segunda opción se puede realizar una alianza entre CFE y CONAGUA, debido a que existe un Acuerdo Marco entre ambas instituciones, compartiendo los gastos de la inversión inicial y los gastos de mantenimiento anuales; de esta manera en caso necesario se replantearía la ubicación de los sensores para su instalación, teniendo un Centro de Control de Red (NCC) CP7000 instalado en cada institución donde ella lo decida y operado por ella, en donde se almacenarán los datos para que cada quien genere los productos que requiera.

- Otra alternativa para el financiamiento: se pueden incluir otras instituciones además de CONAGUA. Por ejemplo, PEMEX, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes por medio de Caminos y Puentes Federales (CAPUFE), Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM), Telecomunicaciones, etc. Dichas instituciones estarán favorecidas con productos derivados del monitoreo en tiempo real, así como información histórica de descargas atmosféricas en un sistema de información geográfica, sobreponiendo las capas de su infraestructura en los mapas. En el caso de CONAGUA, las presas, cuencas, subcuencas, ríos, cuerpos de agua, etc.; para PEMEX, sus ductos distribuidos en todo el país, sus plataformas para la extracción del petróleo, etc.; para CAPUFE se puede incorporar la cartografía de carreteras, calles, etc.; para SENEAM, se pueden incorporar los aeropuertos de México y otros, bajo el mismo concepto descrito en el párrafo anterior, es decir, cada institución participará en los gastos de inversión inicial, así como de la capacitación y del lote de refacciones para el mantenimiento anual, teniendo también cada institución como centro de respaldo un Centro de Control de Red (NCC) CP7000 instalado en el lugar que se acuerde y operado por ellos mismos, en donde se almacenarán los datos para que cada quien pueda generar sus propios productos.

#### **4.3.2 Logística de Implementación y su Transferencia Tecnológica**

Considerando la Planeación de Soluciones descritas en secciones anteriores de este capítulo se tiene lo siguiente:

##### **A. Solución inmediata**

Como se ha mencionado, en esta solución no se requiere de implementación de sensores para el monitoreo de tormentas eléctricas.

##### **B. Implementación de sensores marca Vaisala en una región del país**

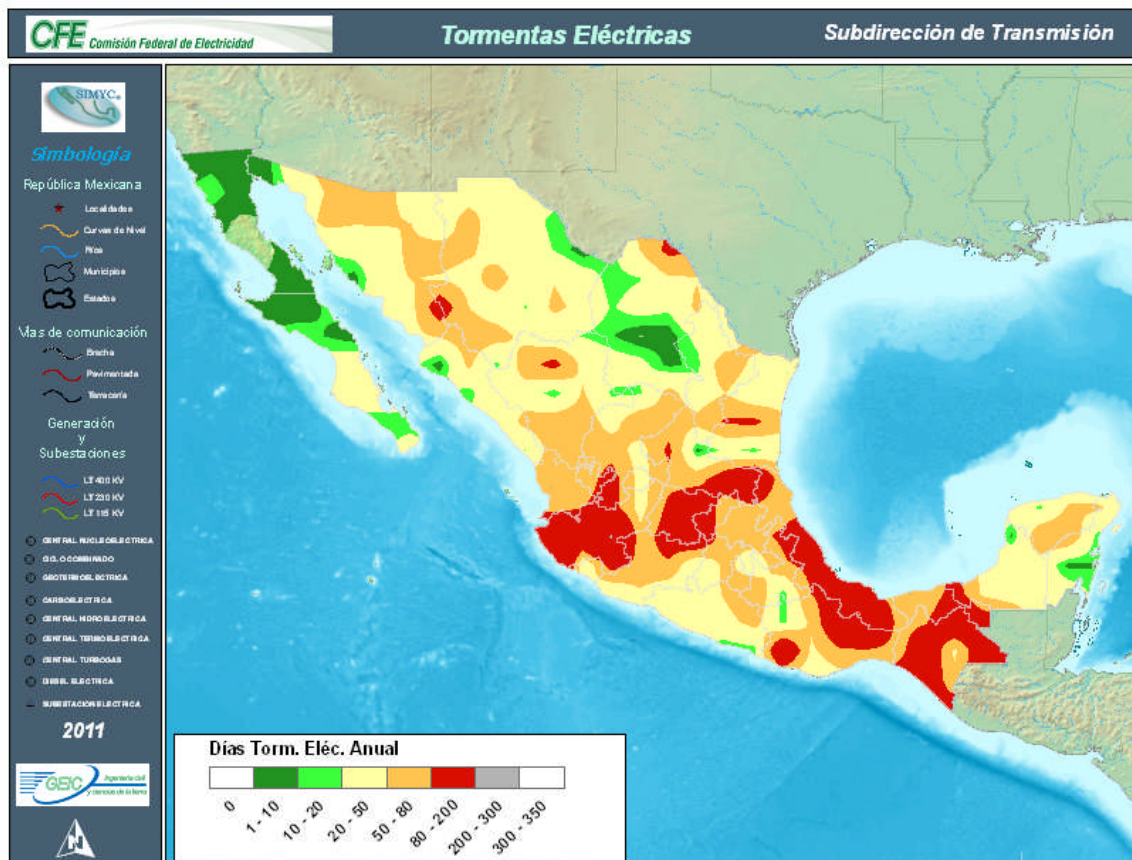
La logística de implementación contempla tres etapas, en la primera se realiza un plan de instalación, en la segunda, las políticas de operación y en la tercera los nuevos productos.

## 1) Plan de instalación

Para determinar el área donde se instalarán los sensores de tormentas eléctricas se consideraron los mapas isoceráunicos del país y la cantidad de usuarios de la Comisión Federal de Electricidad que se verán beneficiados por la habilitación oportuna de la energía eléctrica.

Los mapas isoceráunicos considerados fueron elaborados con información de las estaciones climatológicas del país con datos desde 1950 hasta el 2010. En la Figura IV-3 está representada la distribución del máximo anual de días con tormentas eléctricas en México, observándose la mayor actividad en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Oaxaca, Tabasco y Chiapas, pues presentan mayor actividad de tormentas eléctricas.

**Figura IV-3** Máximo anual de días con tormentas eléctricas en México.



Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

En los mapas isoceráunicos mensuales de enero a diciembre incluidos en la sección Anexo 3, se puede observar que en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril la distribución de las tormentas eléctricas es similar, y la mayor actividad se presenta en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz y Oaxaca, mientras que en los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre, las tormentas eléctricas se extienden a la mayor parte del territorio mexicano; sin embargo, la mayor actividad se sigue concentrando en los estados antes mencionados, agregándose a la lista Michoacán, México, Distrito Federal, Morelos, Puebla, Tlaxcala, Guerrero, Tabasco y Chiapas. Los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Zacatecas y Nayarit también presentan actividad de tormentas eléctricas importante; sin embargo, resulta difícil incluirlos en esta primera etapa por su lejanía con los estados del centro del país que presentan actividad la mayor parte del año.

Por tanto, los estados que pueden quedar cubiertos con cinco sensores son: Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Considerando estos estados seleccionados se obtuvo la cantidad de usuarios de la Comisión Federal de Electricidad que serán beneficiados, y los datos más recientes fueron del 2009, los cuales se muestran en la Tabla IV-1; el porcentaje de usuarios beneficiados es del 59 % con respecto al total en el país.

**Tabla IV-1** Usuarios de Comisión Federal de Electricidad por Sector en el 2009

	Doméstico	Comercial	Servicios	Agrícola	Mediana Industria	Gran Industria	Total
Distrito Federal	2,586,297	375,654	1,243	16	7,004	14	2,970,228
Guanajuato	1,405,310	174,552	22,164	14,914	12,451	36	1,629,427
Guerrero	809,294	88,077	4,446	1,008	3,528	5	906,358
Hidalgo	653,890	81,481	1,934	618	2,099	7	740,029
Jalisco	2,018,057	296,077	13,595	9,180	18,101	60	2,355,070
México	2,749,028	292,308	4,256	1,508	8,797	47	3,055,944
Michoacán	1,265,547	190,417	11,932	6,088	6,129	14	1,480,127
Morelos	527,578	68,479	2,247	693	2,365	4	601,366
Oaxaca	1,001,852	121,007	4,372	9,055	2,773	9	1,139,068
Puebla	1,460,787	196,372	4,499	3,979	6,253	21	1,671,911
Querétaro	465,444	58,697	7,183	1,480	4,549	30	537,383
Tlaxcala	282,664	39,520	990	468	1,261	12	324,915
Veracruz	2,037,389	226,951	7,575	1,506	10,894	49	2,284,364
<b>Total Región por sector</b>	<b>17,263,137</b>	<b>2,209,592</b>	<b>86,436</b>	<b>50,513</b>	<b>86,204</b>	<b>308</b>	<b>19,696,190</b>
<b>Total en CFE</b>	<b>29,455,336</b>	<b>3,419,504</b>	<b>174,287</b>	<b>117,084</b>	<b>236,065</b>	<b>805</b>	<b>33,403,081</b>
Porcentaje de usuarios (%) en la Región Seleccionada	<b>59</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>59</b>

Fuente: <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/EstVtas/Default.aspx>

Una vez identificados los estados probables donde se pueden instalar los sensores, se consideraron los siguientes criterios para su ubicación:

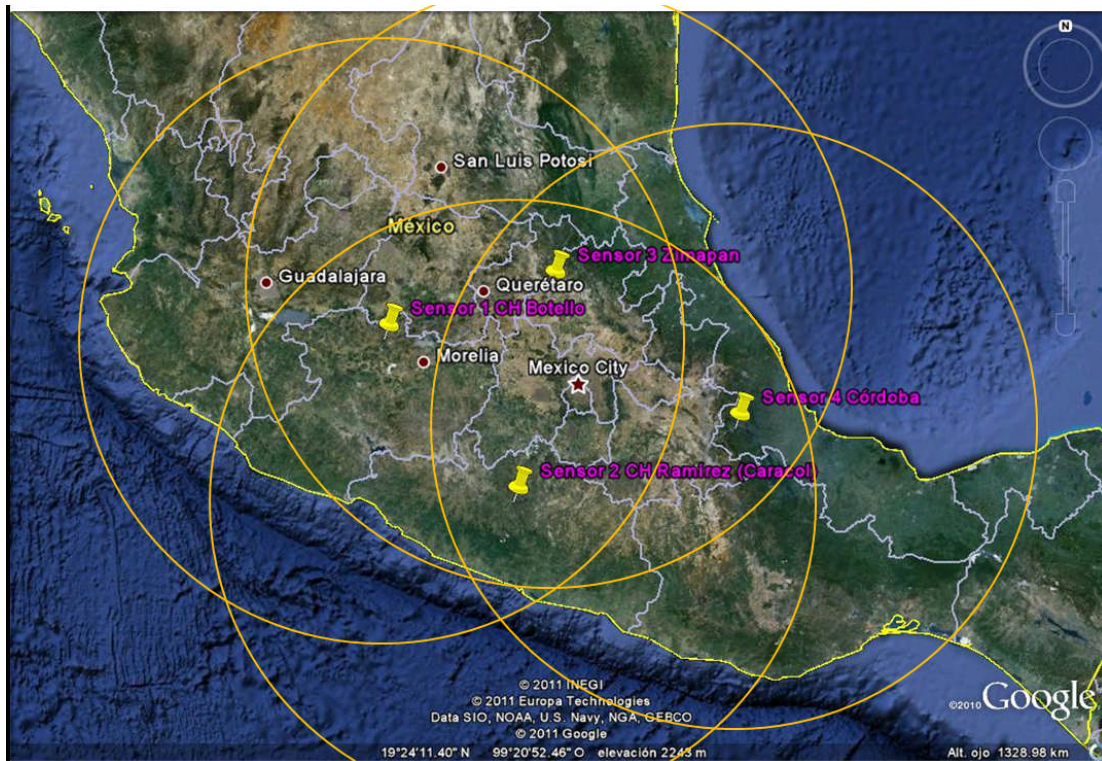
- Que sea un área de la Comisión Federal de Electricidad.
- El área debe estar libre de estática en el mayor grado posible.
  - La distancia máxima entre los sensores no debe exceder de 350 km. (recomendación técnica de Vaisala para asegurar la eficiencia del 90% y precisión de 500 metros).

Para determinar la ubicación de instalación de los sensores de descargas atmosféricas sólo se consideró el caso en que la CFE fuese la única institución a cargo del gasto de inversión inicial, debido a que no se cuenta con información adicional por el momento sobre la posible participación de los otros organismos mencionados.

En la Figura IV-4, están ubicados los sitios probables de la instalación de cinco sensores; los círculos amarillos representan la cobertura de los sensores con eficiencias del 90% o mayores, la cual está dada por una zona circular de 500 km de diámetro de acuerdo a la recomendación de Vaisala, así como un mínimo de cuatro sensores.

La distancia aproximada entre los sensores 1 y 5 será de 288 km, entre 5 y 4 será de 326 km, entre 3 y 4 de 324 km, entre los sensores 1 y 3 será de 244 km, entre los sensores 1 y 2 será de 265 km: por último, entre los sensores 2 y 3 será aproximadamente de 230 km de distancia.

**Figura IV-4** Monitoreo, mediante 4 Sensores, de Tormentas Eléctricas.



Fuente: Elaboración propia sobre un mapa tomado de Google Earth 2011



Se puede observar que los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guadalajara, Guanajuato, Colima, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, México, Distrito Federal, Morelos, Guerrero, Oaxaca y Veracruz, así como también gran parte de Nayarit, Zacatecas y sur de Tamaulipas estarán cubiertos con la eficiencia del 90 % o mayor y con una precisión de 500 metros.

La capacitación estará incluida en los costos de inversión, debido a que aquella ya ha sido considerada dentro de la cotización. Personal de Vaisala, de los Estados Unidos, vendrá a México para instalar los equipos, supervisar la operación de arranque y capacitar al personal operativo. Será necesario capacitar un mínimo de tres personas (uno por cada turno, considerando tres turnos) para cada sitio donde se instale un sensor y se mantenga operando ininterrumpidamente; tres personas que estarán operando el centro de control y tres personas más en el centro de control de respaldo; es decir, se deberá capacitar a un mínimo a 21 personas.

Dentro de la cotización enviada se contempla de manera opcional un lote de refacciones para LS7000, lo cual es conveniente adquirir para poder proporcionar mantenimiento y considerarlo como gasto de inversión inicial.

## 2) Políticas de operación

También en la cotización se incluye de manera opcional un procesador central CP7000 de respaldo que comprende:

Una estación de trabajo *Sun* (ultra 25)

Reloj GPS *SyncServer S200* de respaldo

Cable de respaldo

Amplificador en línea de respaldo

Antena GPS de respaldo.

De acuerdo con la política de Calidad de la CFE, se debe contar en una unidad de respaldo, por lo que es muy importante considerar este costo como gasto de inversión inicial.

Considerando que la Comisión Federal de Electricidad es el único organismo que aporta para el gasto de inversión inicial, entonces la red de monitoreo de descargas atmosféricas será administrada por la misma CFE; así, la transmisión de datos de los sensores al centro de control de red será mediante su intranet.

El Centro de Control de Red (NCC) CP7000 será instalado y operado por el área de Hidrometeorología en el Centro de Trabajo Tenayuca.

### 3) Productos

Contando con la red de monitoreo de tormentas eléctricas se pueden elaborar los siguientes productos:

- Mapas georreferidos y datos meteorológicos con información en tiempo real de la evolución de tormentas eléctricas, con la infraestructura eléctrica de la CFE para:
  - la atención oportuna de fallas por este fenómeno atmosférico.
  - para identificar oportunamente incendios en instalaciones eléctricas (subestaciones eléctricas, líneas y torres de transmisión; postes, líneas y transformadores de distribución, etc.).
  - La protección en la distribución, suministro y almacenamiento de combustibles de centrales termoeléctricas (barcos, picas, poliductos, etc.).

- Mapas georreferidos y datos meteorológicos con la densidad de descargas atmosféricas con la infraestructura eléctrica de la CFE para:
  - La planeación de la incorporación de tierras físicas, como una protección de las tormentas eléctricas en zonas de mayor vulnerabilidad.
  - La justificación de daños hidrometeorológicos en dictámenes técnicos en la solicitud de reclamos de seguros.
  - Identificar zonas vulnerables de tormentas eléctricas en el territorio mexicano para la planeación de la construcción de nuevas infraestructuras eléctricas, tales como nuevas líneas y torres, centrales de generación eléctrica, subestaciones eléctricas, etc.

#### C. Implementación de sensores marca Vaisala en todo el país

Será la misma logística de implementación que para el caso de cuatro sensores en una región del país, cuando CFE asuma todo el gasto de inversión para los 33 sensores. Sin embargo, aquí sólo se considerará cuando intervenga otra Institución en el gasto de inversión.

##### 1) Plan de instalación

Al ser instalados los 33 sensores a lo largo del país, no se tiene preferencia para cubrir una zona de mayor afectación para el monitoreo de tormentas eléctricas. Los sitios en donde se instalarán los sensores también serán en instalaciones de la CFE debido a que se aprovechará la fibra óptica de la CFE para el envío de los datos y concentrarlos en el centro de control; a partir de ahí ya se pueden compartir con cualquier otra Institución.

## 2) Políticas de Operación

En el caso de que otra institución de México colabore con el gasto de inversión inicial para la adquisición de la red de monitoreo [El Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA), Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM-SCT), PEMEX], tendrá cada uno instalado un centro de control de red (NCC) CP 7000 en sus instalaciones, donde ellos lo indiquen; de esta manera cada Institución podrá generar sus productos de acuerdo a sus necesidades.

## 3) Productos

Los productos nuevos descritos en la implementación de cuatro sensores, al estar en un Sistema de Información Geográfica (SIG), sólo requieren reemplazar la capa de la infraestructura eléctrica de México por la infraestructura de CONAGUA (presas, cuerpos de agua, cuencas, ríos) o de la Institución de que se trate; así, se realizará de manera similar para la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, incorporando la infraestructura como puertos, carreteras, aeropuertos, torres de telecomunicaciones (líneas telefónicas fijas y móviles, televisoras, internet, etc.); en el caso de PEMEX sus ductos, pozos petroleros, etc. Se tienen productos específicos para cada sector, con sus aplicaciones muy particulares y similares a los de Comisión Federal de Electricidad, como contar con un sistema que les permita planear sus actividades antes de que les ocurra un siniestro causado por descargas atmosféricas.

Queda entonces completa la propuesta, con diferentes opciones de realización.

## Conclusiones

En los últimos meses la autora de este trabajo ha percibido que la tecnología ha estado avanzando rápidamente, mientras que los procesos administrativos y las estrategias o procesos para el buen funcionamiento o utilización de la tecnología avanza pero a menor velocidad. Aún así considera que todavía estamos a tiempo para unir esfuerzos y avanzar al mismo tiempo en la adecuada gestión tecnológica de estos sistemas de monitoreo atmosférico. Vemos y nos preocupa que los cuerpos de policía del país, por poner un ejemplo, están implementando medidas de seguridad con menor rapidez que los delincuentes obtienen nuevas tecnologías, rebasando las medidas de seguridad para el país que se están tomando; esto, que nos afecta a todos, puede servir para hacernos pensar y valorar la importancia de una adecuada gestión tecnológica a fin de estar por delante de los retos y amenazas. Es necesario acelerar el cambio tecnológico e implementar planes estratégicos utilizando los avances de la tecnología para aplicarlos en beneficio de todos los sectores del país. El problema no es financiero, pues las inversiones necesarias son pequeñas para un país como México o una empresa como la CFE. Es un problema de prioridades y de visión de largo plazo, pues a la larga se paga un mayor costo (en dinero y en bienestar de la población) por no contarse con los sistemas de alerta y previsión adecuados.

La aplicación de la gestión tecnológica en áreas técnicas, específicamente en el Departamento de Hidrometeorología de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, es una pieza fundamental para la creación de proyectos de desarrollo tecnológico, obteniéndose mayor capacidad de respuesta ante las demandas de los clientes.

Ejecutar una gestión tecnológica adecuada a los proyectos hidrometeorológicos proporciona elementos para dar un servicio competitivo y de calidad, creando valor y condiciones para satisfacer lo que demandan los usuarios y clientes.

También, la aplicación de la gestión tecnológica de forma sistemática a proyectos multidisciplinarios proporciona herramientas que ayudan a optimizar los recursos empleados, así como a incrementar la utilidad.

Con la ayuda de la gestión tecnológica se crea un ambiente de buena negociación, en donde todos ganan; los clientes resultan satisfechos con lo que adquieren (productos o servicios), los proveedores reciben utilidades y los desarrolladores cumplen con su trabajo, lo conservan, adquieren conocimientos y experiencia, por consiguiente crecen.

El proyecto de implementar un sistema de monitoreo de descargas atmosféricas con tecnología de punta es viable, aunque la inversión sea relativa o aparentemente grande; también los beneficios lo serán, por lo siguiente:

1. El objetivo principal se cumplirá, garantizar el suministro de energía eléctrica de calidad, alineado con la política de la empresa.
2. La CFE puede hacerse de recursos a través del Gobierno Federal, proporcionando información confiable, eficiente y con alta precisión de productos de descargas atmosféricas ya sea en tiempo real, como pronóstico climatológico para la planeación del crecimiento de cualquier infraestructura, o bien como capacidad de proporcionar el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de tormentas eléctricas, evaluación de riesgos potenciales en:
  - a. Turismo
  - b. Agricultura (Incendios forestales)
  - c. Aeropuertos
  - d. Compañías de seguros
  - e. Organizaciones deportivas (beisbol, futbol, golf, etc.)
  - f. Bien social
  - g. Etc.

3. En caso de que no se tengan recursos a través del Gobierno Federal, se pueden realizar productos para la iniciativa privada.

Con los puntos anteriores se garantiza el retorno de la inversión en el menor tiempo.

El monitoreo de tormentas eléctricas con tecnología de punta también está dirigido a tener una cultura de la prevención, pues cuesta más remediar los daños que prevenirlos. Además, la CFE cuenta con personal capacitado para usar estas tecnologías.

## **Recomendaciones**

Como específicamente en el Departamento de Hidrometeorología se proporcionan servicios de meteorología, se recomienda como trabajo futuro analizar e implementar un modelo de innovación en servicios.

La labor que hacen los meteorólogos en México ya empieza a ser reconocida; sin embargo, los profesionistas dedicados a transmitir información al público en general a través de los medios masivos de comunicación no están preparados en la ciencia de la meteorología, y en la mayoría de las ocasiones mal informan a los ciudadanos porque probablemente no se fijan en la hora de emisión de los pronósticos y por alguna razón, informática u otra, no se toma el último reporte disponible sino que por ganar la noticia toman información atrasada, lo cual causa confusiones cuando se tienen que tomar decisiones importantes como en la CFE. En este sentido nuestros clientes (Transmisión y Distribución de CFE) confían en nosotros y ya no hacen mucho caso a los medios de comunicación. Sin embargo, considero importante realizar un trabajo en donde se analice la problemática de México al no tener una carrera oficial para la preparación profesional de meteorólogos reconocidos que tengan su registro en la OMM. Las carreras afines son los licenciados en ciencias de la atmósfera de la Universidad Veracruzana de Jalapa, Ver., y del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, pero éstos no tienen su registro de la OMM.

En consecuencia, es importante actualizar la legislación sobre la práctica de la meteorología en México, también como un trabajo futuro.

## Bibliografía

Castro, J., (2011). Diversas comunicaciones personales: 20 y 27 de abril de 2011, 6 y 11 de mayo de 2011. Investigador del Departamento de Física del Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN. México, D. F.

CFE, (2003). Comisión Federal de Electricidad. Revista de la Subdirección de Transmisión. Edición 2003. México, D. F.

CFE, (2011). Comisión Federal de Electricidad. [En línea]. México, D. F. Recuperado el 30 de abril de 2011 de:

<http://aplicaciones.cfe.gob.mx/Aplicaciones/QCFE/Organigramadigital/organigramacfe.aspx>

CFE-MOSATS, (2011). Departamento de Hidrometeorología. Proyecto Monitoreo de Sistemas Atmosféricos de Tiempo Severo. México.

CFE-SIMYC®, (2011). Departamento de Hidrometeorología. Proyecto Sistema de Información Meteorológica y Climatológica. México.

CONDUMEX, (2011). Referencia [En línea]. México, D. F. Recuperado el 16 de agosto de 2011 de:

<http://www.iem.com.mx/ES/Paginas/default.aspx>

COTEC, (1998). *“Para la innovación tecnológica”, Pautas metodológicas en gestión de la tecnología y de la innovación para empresas.* Tomo I. [En línea]. Madrid, España. Recuperado el 19 de mayo de 2010, de:

<http://www.cotec.es/index.php/pagina/publicaciones/buscar-por-temas/show/id/159/titulo/gestion-de-la-tecnologia>



COTEC, (1999). *“Vigilancia Tecnológica”. Sobre oportunidades tecnológicas*. Primera edición. [En línea] Madrid, España. Recuperado el 19 de mayo de 2010, de:

<http://www.cotec.es/index.php/pagina/publicaciones/buscar-por-temas/show/id/160/titulo/vigilancia-tecnologica>

DGM, (2005). “Tormentas Eléctricas”. [En línea]. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Dirección de Aplicaciones a la Meteorología. Managua, Nicaragua. Recuperado el 22 de noviembre de 2011 de:

<http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/Desastres/Tormantas/tormentas.htm>

DISIME S. A. de C.V. Distribuidor en México de instrumentos en meteorología, topografía e hidrología. En el sector de la meteorología es el representante de Davis, Spectrum (Technologies, Inc.), CAMPBELL SCIENTIFIC, INC., Weather Hawk, BOLTEK, TFA, JDO (Electronics), Enviro Tech, VAISALA, Kip & Zinen. [En línea]. Recuperado el 20 de octubre de 2010 de: <http://www.disime.com.mx/>

Erickson, J., (1991). *Las Tormentas. De las Antiguas creencias a la moderna meteorología. Tormentas Eléctricas*, pp. 200-206. Ed. McGraw-Hill. Primera edición en español. Madrid, España.

Escorsa, P., Maspons, R., (2001). *De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva*. Ed. Prentice Hall. Madrid, España.

Feynman, L. S., (1964). *The Feynman Lectures on Physics*: [Capítulo “Electricity in the Atmosphere”], vol. II. California Institute of Technology. United States of America.

García, J., (2011). “Estiman controlar en 15 días incendio forestal de Coahuila”. *El Sol de México*. 16 de abril de 2011. [En línea]. México, D. F. Recuperado el 18 de abril de 2011 de:

<http://www.oem.com.mx/elsoldecuautla/notas/n2044127.htm>

García, O., et. al., (2007). Fundamentos de Meteorología y Climatología. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías.

Gaynor, G., (1999). *Manual de Gestión en Tecnología. Una estrategia para la competitividad de las empresas*. Ed. Mc Graw Hill Interamericana, S.A. Bogotá, Colombia.

IMNC, (2011). Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. *Catálogo de Normas Mexicanas*. [En línea]. Recuperado el 12 de noviembre de 2011 de: <http://web.imnc.info/archivos/catalogo-de-normas2011.pdf>

INEGI, (2010). "El modelo relacional de bases de datos". [En línea]. Recuperado el 25 de mayo de 2010 de: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/Articulos/tecnologia/relacional.pdf>

La Moderna Visión Científica del Rayo, (n. d.). "Distribución de Cargas Eléctricas en Nubes de Tormenta". [En línea]. Recuperado el 22 de noviembre de 2011 de: [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:cQIIWAd7NBMJ:www.paas.unal.edu.co/investigacion/documentos/EI%2520rayo%2520para%2520pagina%2520web.doc+distribuci%C3%B3n+de+cargas+electricas+en+la+nube&hl=es&gl=mx&pid=bl&srcid=ADGEESjT15WWL7eNqw2rdjeTUEbzYTQN9GYdkeBUcOgNUW-bIZQL\\_LstHa5PVZU1XBFosxPmpFaBw0NTkebkk5DLKR1cbTcViIJKSEMjvXbQKio6Uw02AfH1EENXCcQ7zUnjqyfMo4hs&sig=AHIEtbSUSUcAZEAWsTSSbm3soNYfNoUIWg](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:cQIIWAd7NBMJ:www.paas.unal.edu.co/investigacion/documentos/EI%2520rayo%2520para%2520pagina%2520web.doc+distribuci%C3%B3n+de+cargas+electricas+en+la+nube&hl=es&gl=mx&pid=bl&srcid=ADGEESjT15WWL7eNqw2rdjeTUEbzYTQN9GYdkeBUcOgNUW-bIZQL_LstHa5PVZU1XBFosxPmpFaBw0NTkebkk5DLKR1cbTcViIJKSEMjvXbQKio6Uw02AfH1EENXCcQ7zUnjqyfMo4hs&sig=AHIEtbSUSUcAZEAWsTSSbm3soNYfNoUIWg)

León, A., Castellanos O., Montañez V., (n. d.). "Tendencias Actuales en el Entendimiento de la Vigilancia Tecnológica como Instrumento de Inteligencia en la Organización". [En línea]. Instituto Colombiano para el fomento de la Ciencia y la Tecnología y la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Recuperado el 25 de marzo de 2010 de:

<http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/index/assoc/HASH49bb.dir/doc.pdf>

Mason, B. J., (1972). *Nubes, Lluvia y Lluvia Artificial. La Electrificación de las Nubes de Tormenta*; pp 113-137. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina.

MNGdTí, (2010). Fundación Premio Nacional de Tecnología e Innovación A.C. 2010; [En línea]. México, D. F. Recuperado el 13 de noviembre de 2010 de:

[http://www.pnt.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=18](http://www.pnt.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=18)

OCDE, (2005). *Manual de Oslo. Guía para la Recogida e Interpretación de Datos sobre Innovación*. OECD/ European Communities. [Traducido del Francés]. Madrid, España, 2006. 3ª Edición. [En línea]. Recuperado el 1 de febrero de 2010 de:

[http://www.tragsa.es/SiteCollectionDocuments/Relaciones%20Institucionales%20\(Prensa\)/Publicaciones/Manual de Oslo.pdf](http://www.tragsa.es/SiteCollectionDocuments/Relaciones%20Institucionales%20(Prensa)/Publicaciones/Manual de Oslo.pdf)

OMM, (1973). *Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase III Organización Meteorológica Mundial*, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.

OMM, (1979). *Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase III. Meteorología*. Organización Meteorológica Mundial, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.

Pereira, M., (n. d.). "Tormentas Eléctricas". [En línea]. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. Recuperado el 22 de noviembre de 2011 de: <http://www.imn.ac.cr/educacion/tormentas.html>

PNTi, (2010). Fundación Premio Nacional de Tecnología e Innovación A.C. 2010; [En línea]. México, D. F. Recuperado el 6 de noviembre de 2010 de: <http://www.pnt.org.mx/>

Prieto R., Avendaño M., Matías L., (2010). *Tormentas Severas. Centro Nacional de Prevención de Desastre*. 1ª. Edición, agosto de 2010. Serie Fascículos. Secretaría de Gobernación. México, D.F.

PROY-NMX-R-052-SCFI, (2006). "Terminología en Gestión de la Tecnología". [En línea]. Recuperado el 2 de febrero de 2010 de: <http://200.77.231.100/work/normas/nmx/2006/proy-nmx-r-052-scfi-2006.pdf>

Rosbach de México S. A. de C.V., (2006). "División de Meteorología e Hidrometeorología". Detección de Descargas Atmosféricas. Distribuidor de VAISALA en México. [En línea]. Recuperado el 19 de octubre de 2010 de: <http://www.rossbach.com.mx/productos.htm>

Strickland, Y., (2008). "Atlas de las Nubes". Orlando, Florida, EUA. 8 de mayo de 2008. [En línea]. Recuperado el 12 de noviembre 2011 de: [http://www.clouds-online.com/cloud\\_atlas/cumulonimbus/images/cumulonimbus\\_pileus\\_5.htm](http://www.clouds-online.com/cloud_atlas/cumulonimbus/images/cumulonimbus_pileus_5.htm)

WWLLN, (2011). "Red Mundial de Localización de Rayos". [En línea]. Recuperado el 22 de marzo de 2011, de: [wwlln.net](http://wwlln.net)

Zabre, E., Rodríguez, C. (1996). "Sistema de análisis y monitoreo remoto de descargas atmosféricas". [En línea]. Cali-Colombia. Recuperado el 14 de mayo de 2011 de: <http://www.iie.org.mx/publica/boljul96/arttec2.htm>

# Anexos

## **Anexo 1 Unidades eléctricas**

La unidad de intensidad de corriente eléctrica es el ampere

El *coulomb* es la unidad de carga eléctrica (o de cantidad de electricidad). Es la cantidad de electricidad que pasa por una sección de un conductor en un segundo cuando por él circula una corriente constante de un ampere.

$$Q = It \quad (5)$$

Donde:

Q cantidad de electricidad en *Coulomb*

I intensidad de la corriente en ampere

T tiempo en segundos.

*Volt*: es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B en un campo eléctrico constante, cuando el trabajo realizado para mover una carga positiva unitaria de un punto al otro es de un *Joule*. Movemos una carga de prueba  $q_0$  de A hacia B, manteniéndola siempre en equilibrio y medimos el trabajo  $W_{AB}$  que debe hacer el agente que mueve la carga  $q_0$ . Entonces la diferencia de potencial es

$$V = V_B - V_A = W_{AB}/q_0 \quad (6)$$

Por lo que  $1 \text{ Volt} = 1 \text{ Joule/Coulomb}$

Donde:

$W_{AB}$  trabajo realizado en *Joule*

V diferencia de potencial en *Volts*

$q_0$  cantidad de electricidad en *Coulomb*

**Anexo 2. Cotizaciones de los sensores para ubicar y medir las descargas atmosféricas.**



**Tabla A2-1 Cotización Disime S.A. de C.V.**



**Disime S.A. de C.V.**  
 Plaza Guardiola 94 Tel.: (55) 1999 6229  
 Col. Alfonso Ortiz Tirado Fax.: (55) 5115 2585  
 09020 México, DF E-mail: ventas@disime.com.mx  
 www.disime.com.mx

**Cotización**

<b>No.:</b>	<b>B398</b>		
<b>Fecha:</b>	24/02/2010		
<b>Fecha de Validez:</b>	26/03/2010		
<b>Termino de flete:</b>	LAB Cd. de México		
<b>Moneda:</b>	Dolares (USD)		
<b>Hoja:</b>	1/1		
<b>Cliente:</b>	<b>COMISION FEDERAL ELECTRICIDAD</b>		
<b>Contacto:</b>	Met. Salvador Pérez Maravilla	<b>Tel.:</b>	52294900 <b>Ext.:</b> 64201/64291
<b>Puesto:</b>	Jefe de Oficina de Hidrometeorología	<b>Fax:</b>	Cel. 0445512951759
<b>Tipo cliente:</b>	Gobierno	<b>E-mail</b>	asesor_meteor@yahoo.com
<b>Dirección:</b>			
<b>Calle y No.:</b>	Av. San Rafael - Santa Cecilia No. 211-B		<b>Col.:</b> Tenayuca
<b>C.P.:</b>	54120	<b>Ciudad:</b> Tlalnepantla	<b>Estado:</b> Edo. de México <b>Pais:</b> México

Partida	Cantidad	Modelo	Descripción	P.U.	Desc.	Total
1	3	6162	Estación Meteorológica Inalambrica Vantage Pro 2 Plus Marca Davis. Incluye: Arreglo prearmado de sensores UV y radiación solar, velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, lluvia consola con sensores integrados de temperatura, humedad y presión barométrica, pantalla LCD, con teclado para visualizar valores instantaneos, maximos, minimos y acumulados, grafica en pantalla, Alcance hasta 300 mts. Vista libre. Adaptador AC abrazadera en U para fijación y manual en Ingles.	\$ 995.00		\$ 2,985.00
2	3	6555	Software WeatherLink IP, marca Davis.	\$ 295.00		\$ 885.00
3	6		Paquete de Pila Tamaño C.	\$ 3.50		\$ 21.00
4	2	LD-250-120	Detector de Rayos, marca Boltek	\$ 1,038.20		\$ 2,076.40
5	2	L2K	Aninoquisis Lightning/2000, marca Boltek.	\$ 276.60		\$ 553.20
6	2	ECN-1	Caja para antena Exterior, marca Boltek.	\$ 136.50		\$ 273.00
7	2	LDGPS-1	Receptor GPS para LD-250, marca Boltek.	\$ 296.63		\$ 593.26
8	3	H200	PC, Disco Duro 160Gb, Moniitor plano de 15", Windows XP con licencia, marca Lenovo.	\$ 1,331.00		\$ 3,993.00
9	1		Gastos de envío	\$ 10.00		\$ 10.00

<b>Tiempo de entrega est.:</b>	<b>6 semanas a partir de su pago o pedido en firme</b>		<b>Suma</b>	\$ 11,389.86
<b>Forma de pago:</b>	<b>100% anticipado</b>		<b>IVA 16%</b>	\$ 1,822.38
<b>Cuentas de depósito:</b>	<b>Pesos</b>		<b>Total</b>	\$ 13,212.24
<b>Asesor de ventas:</b>	BBVA Bancomer Cta. 0452765373, Clabe 012180004527653734 Santander Cta. 92000564546, Clabe 014180920005645469 HSBC Cta. 04038468542, Clabe 021180040384685424 <b>Dólares</b> BBVA Bancomer Cta. 0163175170, Clabe 012180001631751703 HSBC Cta. 7002286813, Clabe 021180070022868133		<b>Garantía</b> El periodo de garantía puede ser diferente para cada partida, va desde 3 meses para servicios hasta 3 años para ciertos productos, por favor consulte el periodo de garantía para cada partida.	
<b>Oscar Doniz</b>				

Fuente: (DISIME S. A. de C.V., n.d.)

Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.



**OFICINAS GENERALES**  
 1a. Cerrada de Xola No. 30  
 Col. del Valle, México, D.F. 03100  
 E-mail: ventas@rossbach.com.mx

Tel.: 5147-0547  
 5685-1121  
 Fax: 5686-2934

Primera Fabrica de Instrumentos de Precisión en América Latino

Rossbach de México, SA de CV

**PROPUESTA TECNICO- ECONOMICA**

**No. 277**

At'n: <b>Ing. Jorge Castro</b> CINVESTAV Departamento de Fisica Av. IPN 2508, Col. San Pedro Zacatenco México D.F. 07360 Tel: (55) 5747 3798, (55) 5747 33 86; Fax: (55) 5747 33 86 E-Mail: jjcastro@fis.cinvestav.mx	México, D. F. a 8 de Mayo de 2008
	Red de Detección de Descargas Eléctricas Atmosféricas con 4 sensores

PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNITARIO USD	P. TOTAL USD
01	1 Red de 4 sensores	<p><b>RED REGIONAL DE DETECCIÓN DE DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS NUBE-TIERRA MARCA VAISALA, QUE INCLUYE LO SIGUIENTE:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4 Sensores de Detección de descargas eléctricas atmosféricas (nube-tierra) marca Vaisala modelo LS7001-A CG</li> <li>5 Módulos TCP/IP para transmisión de datos de los sensores al Centro de Control de Red</li> <li>1 Centro de Control de Red (NCC)</li> <li>Sistema de Distribución, Análisis y Archivo de Datos</li> <li>5 Computadoras de Display con licencias de software de Display en Tiempo Real y licencias de software FALLS</li> <li>Estudio de sitio para el emplazamiento de los sensores</li> <li>Servicios de Instalación, puesta en operación y capacitación</li> <li>Pruebas de Aceptación de Fábrica</li> <li>Pruebas de Aceptación de Sitio</li> </ol> <p>NOTA IMPORTANTE: No está incluido el medio de transmisión de datos de los sensores hasta el Centro de Control de Red, ni la alimentación eléctrica, los cuales deberán ser proporcionados por el CINVESTAV. Esta propuesta considera la transmisión de datos vía TCP/IP.</p> <p>DESCRIPCION:</p> <p>1).- 4 SENSORES DE DETECCIÓN DE DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS MARCA VAISALA MODELO LS7001-A.</p> <p>Proporcionan detección LF (Low Frequency) de descargas eléctricas atmosféricas de las nubes a tierra utilizando la combinación de localización de dirección magnética (MDF) y Tiempo de Llegada (TOA). El Hardware incluye para cada sensor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kit de CDs con documentos de usuario del sensor</li> <li>CD SMT (Sensor Management Tool)</li> <li>Mástil de 2 metros para montaje de sensor</li> <li>Kit de montaje para mástil (se considera instalación estándar en suelo)</li> <li>Cable de Control LFIA</li> <li>Cable GPS LFIA</li> </ul>	\$ 973,050.00	\$ 973,050.00  (Novecientos setenta y tres mil cincuenta 00/100 USD)

*22*

Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.



**OFICINAS GENERALES**  
 1a. Cerrada de Xola No. 30  
 Col. del Valle, México, D.F. 03100  
 E-mail: ventas@rossbach.com.mx

Tel.: 5147-0547  
 5685-1121  
 Fax: 5686-2934

Primera Fabrica de Instrumentos de Precisión en América Latina

	<p><b>GRAN PRECISIÓN EN LA DETECCIÓN DE DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS NUBE-TIERRA.</b>                  El sensor LS7001 es una de las dos principales configuraciones de sensores ofrecidas en el Sistema de Información de Tormentas Eléctricas de Vaisala. Esta configuración de sensor emplea la combinación de tecnología de localización de dirección magnética y tiempo de llegada de baja frecuencia (LF), que ofrece la más alta eficiencia en detección así como la localización más precisa para descargas eléctricas atmosféricas nube a tierra.</p> <p>La tecnología modular del sensor permite al LS7001 ser mejorado a un Sensor Total de Detección de Descargas Eléctricas modelo LS8000.</p> <p><b>APLICACIÓN ENFOCADA EN EL SEGUIMIENTO DE DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS.</b>                  El Sensor LS7001 es recomendado para operaciones enfocadas en el seguimiento de amenazas de descargas eléctricas atmosféricas nube a tierra sobre activos con riesgo ubicados en tierra, como por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Compañías de Electricidad</li> <li>- Agencias Forestales</li> <li>- Aeropuertos</li> <li>- Meteorología/Climatología</li> <li>- Telecomunicaciones</li> </ul> <p><b>CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS DEL SENSOR LS7001</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de descargas eléctricas atmosféricas para la localización más precisa de descargas eléctricas y parámetros calibrados.</li> <li>- Parámetros calibrados para descargas eléctricas atmosféricas nube a tierra, incluyendo: hora, localización, amplitud y polaridad.</li> <li>- Eficiencia de detección de la red mínima de 90% para descargas eléctricas nube-tierra.</li> <li>- Precisión de localización media de 500 metros para descargas eléctricas nube-tierra.</li> <li>- Detecta descargas entre nubes a nivel de estudio (5-30%)</li> <li>- Puede ser mejorado a un sensor Total de descargas eléctricas atmosféricas LS8000</li> <li>- El sensor modular se puede integrar con todos los otros sensores de descargas eléctricas atmosféricas serie LS.</li> <li>- Es compatible con los sensores anteriores tales como SAFIR, IMPACT y LPATS.</li> </ul> <p><b>INFORMACIÓN TÉCNICA</b>                  Operacional                  Tipo de descargas eléctricas: Rayos nube-tierra (CG), y rayos de nubes a nivel de estudio                  Eficiencia de detección de red: &gt; 90% para CG; 5-30% para nubes                  Precisión de localización media de red: 500 m rayos CG                  Línea base nominal entre sensores: De 15 a 350 km                  Banda LF: 1 KHz a 350 KHz                  Monitoreo de Funcionamiento: Calibración y autopruebas completas del sistema tanto automáticas como manual                  Configuración Remota: Los parámetros operacionales son configurables remotamente.</p>		<p>24</p>
--	--	--	-----------

Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.



**OFICINAS GENERALES**

1a. Carretera de Xola No. 30  
Col. del Valle, México, D.F. 03100  
E-mail: ventas@rossbach.com.mx

Tel.: 5147-0547  
5685-1121  
Fax: 5686-2934

Primera Fabrica de Instrumentos de Precisión en América Latino

	<p><b>SINCRONIZACIÓN</b> Fuente: Receptor GPS Precisión: 100 nanosegundos a UTC</p> <p><b>DIMENSIONES DEL SENSOR</b> Altura: 2.2 metros</p> <p><b>MONTAJE:</b> Base de concreto Se tienen disponibles otras opciones de montaje</p> <p><b>REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA:</b> Alimentación: 100-240 VAC; 50-60 Hz Alimentación DC: 48 VDC, 1 A max</p> <p><b>INTERFASES DE COMUNICACIÓN</b> Asíncrona RS232 TCP/IP</p> <p><b>CONDICIONES AMBIENTALES</b> Temperatura: -40 °C a +55°C Humedad Relativa: De 0 a 100% Velocidad del viento: 0 a 240 km/hr Altitud: Hasta 5500 metros Granizo: 2.0 cm de diámetro Hielo: 8 cm Lluvia: 8 cm/h a una velocidad de viento de 65 km/h</p> <p><b>CONFIABILIDAD OPERACIONAL</b> Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF): &gt;30,000 horas Tiempo Medio para Reparación (MTTR): &lt;2 horas</p> <p><b>2).- 5 MODULOS TCP/IP PARA TRANSMISIÓN DE DATOS DE LOS SENSORES AL CENTRO DE CONTROL DE RED. NOTA:</b> Esta propuesta considera la transmisión de datos vía TCP/IP, por lo que se requieren nodos de red y direcciones IP entre los sensores y el Centro de Control de Red, los cuales deben ser proporcionados por el usuario; en caso de ser diferente el medio de comunicación de datos (Satélite, red u otro), se deberá indicar dicho medio para considerar el precio de los equipos de transmisión de datos que se requieran para cada caso.</p> <p><b>3).- CENTRO DE CONTROL DE RED (NCC) CP7000:</b> El Procesador Central CP7000 para LF se encarga de procesar los datos crudos de las antenas LF e incluye lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Procesador Central CP7000 para LF</li> <li>• 1 Estación de Trabajo Sun Ultra 25 con las siguientes características: CPU de 1.34 GHz, RAM DDR1 de 1 GB, disco interno SATA de 4 x 80 GB, monitor TFT LCD de 19", DVD/ROM, DVD dual. NOTA: Especificaciones sujetas a cambio por avances tecnológicos.</li> <li>• Licencia de Software CP7000 v3.1. Colecta y archiva los datos</li> </ul>	
--	--	--

22

Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.



**OFICINAS GENERALES**  
 1a. Cerrada de Xola No. 30  
 Col. del Valle, México, D.F. 03100  
 E-mail: ventas@rossbach.com.mx

Tel.: 5147-0547  
 5685-1121  
 Fax: 5686-2934

Primera Fabrica de Instrumentos de Precisión en América Latino

		<p>crudos de los sensores Vaisala, Configura y controla los sensores, calcula soluciones y características de localización de rayos.                  Incluye switch ethernet de 16 puertos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digiterm Server-16 port Internacional</li> <li>• Reloj GPS Syncserver S200</li> <li>• Cable de extensión con amplificador en línea</li> <li>• UPS de 110 VAC, 60 Hz, 1000 VA</li> </ul> <p>NOTA: Especificaciones del Hardware están sujetas a cambio por avances tecnológicos; en caso de evolución de algún componente se proporcionaría un equivalente o su superior.</p> <p><b>4).- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN, ANÁLISIS Y ARCHIVO DE DATOS; INCLUYE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesador de Archivos AP5000</li> <li>• Estación de Trabajo Sun (Ultra) con las siguientes características: CPU de 1.34 GHz, RAM DDR1 de 1 GB, disco interno SATA de 4 x 80 GB, monitor TFT LCD de 19", DVD ROM, DVD dual.                  NOTA: Especificaciones sujetas a cambios por avances tecnológicos</li> <li>• Licencia de Software AP5000 v1.4 hasta para 8 usuarios</li> <li>• Licencia de software de servidor FALLS para Sun Solaris</li> <li>• Kit de software Cliente para Windows FALLS (incluye 3 licencias para 3 PCs)</li> <li>• 3 PCs Cliente de Display con las siguientes características: CPU de 2 GHz, RAM de 512 Mb, tarjeta de video de 256 RAM disco duro de 40 GB, monitor de pantalla plana de 17".                  NOTA: Especificaciones sujetas a cambio por avances tecnológicos.</li> </ul> <p><b>5).- HARDWARE DE DISPLAY CLIENTE; INCLUYE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software de Display en tiempo Real LTS</li> <li>• 4 licencias de software de display en tiempo real para 4 PCs</li> <li>• Producción de imágenes en tiempo real LTS; Opción de salvado automático de imágenes para LTS</li> <li>• Mapa de Área Local</li> <li>• Servicio de mapa incluyendo mapa base</li> <li>• Salida ASCII para LTS</li> <li>• PC para uso con LTS/FALLS, incluye procesador de 2GHz, RAM de 512, tarjeta de video con 256 de RAM, y sistema operativo WIN2000 o Windows XP profesional (Service Pack 1)</li> </ul> <p><b>6).- ESTUDIO DE SITIO PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LOS SENSORES.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye 4 estudios de sitio para ubicar los mejores lugares para la distribución e instalación de los 4 sensores LS7001-A en diferentes instalaciones propuestas por el CINVESTAV.</li> <li>• Incluye 4 Certificaciones de Sitio para los sitios de instalación seleccionados.</li> </ul> <p><b>7).- SERVICIOS DE INSTALACION, PUESTA EN MARCHA Y CAPACITACIÓN; INCLUYEN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 estudios de sitio</li> </ul>	<p>24</p>
--	--	---	-----------

Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.



**OFICINAS GENERALES**  
 1a. Cerrada de Xola No. 30  
 Col. del Valle, México, D.F. 03100  
 E-mail: ventas@rossbach.com.mx

Tel.: 5147-0547  
 5685-1121  
 Fax: 5686-2934

Primera Fabrica de Instrumentos de Precisión en América Latino

	A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 instalaciones de sensores y comisionamiento</li> <li>• Instalación del Procesador Central</li> <li>• Entrenamiento en el software de display LTS</li> <li>• Instalación del sistema/software AP5000</li> <li>• Instalación del software FALLS</li> <li>• Entrenamiento del sensor LS7001</li> <li>• Entrenamiento en el software del Procesador Central</li> <li>• Entrenamiento en el sistema/software AP5000</li> <li>• Entrenamiento en el software FALLS</li> <li>• Puesta en marcha y pruebas del sistema</li> <li>• 12 días de viaje</li> <li>• Un máximo de 4 tarifas aéreas</li> <li>• Evaluación del funcionamiento de la red incluyendo reporte comprensible</li> <li>• Soporte local por Ingenieros de Rossbach de México para los estudios de sitio, instalaciones y obra civil, así como para el entrenamiento y puesta en operación del sistema.</li> </ul> <p><b>8)- PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE FÁBRICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluyen la inspección y pruebas de aceptación en fábrica de cada uno de los componentes de la red.</li> </ul> <p><b>9)- PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE SITIO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye la inspección y pruebas de aceptación en sitio de cada uno de los sensores posteriormente a la instalación de los mismos, así como de la central.</li> </ul>		
	1 Lote	<p><b>OPCIONAL</b></p> <p><b>1 LOTE DE REFACCIONES PARA LS7001</b>                  Incluye tres Unidades reemplazables en campo (FRU) y módulos consistentes de lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensamblaje de antena LFIA</li> <li>• Rack electrónico (FDP)</li> <li>• Tarjeta Digital principal (MDB)</li> <li>• Tarjeta de Procesamiento de señal (SPA)</li> <li>• Tarjeta de distribución de energía eléctrica ALM</li> <li>• Tarjeta de Comunicaciones (FPC)</li> <li>• Kit de Mantenimiento</li> </ul>	\$ 63,955.00	\$ 63,955.00
	B	<p><b>1 Sensor de Detección de descargas eléctricas atmosféricas (nube-tierra) marca Vaisala modelo LS7001-A CG (No incluye instalación ni obra civil)</b></p> <p><b>OBSERVACIONES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La presente propuesta no incluye el sistema de comunicación de datos, el cual debe ser proporcionado por el CINVESTAV para transmisión de datos TCP/IP; para la conexión de los sensores se requiere que en cada uno de los sitios de instalación el CINVESTAV proporcione un nodo y una dirección IP con conexión al Centro de Control de Red.</li> </ol>	\$ 93,415.00	\$ 93,415.00


Tabla A2-2 Cotización Rossbach de México S.A. de C.V.



**OFICINAS GENERALES**  
 1a. Avenida de Xola No. 30  
 Col. del Valle, México, D.F. 03100  
 E-mail: ventas@rossbach.com.mx

Tel.: 5147-0547  
 5685-1121  
 Fax: 5686-2934

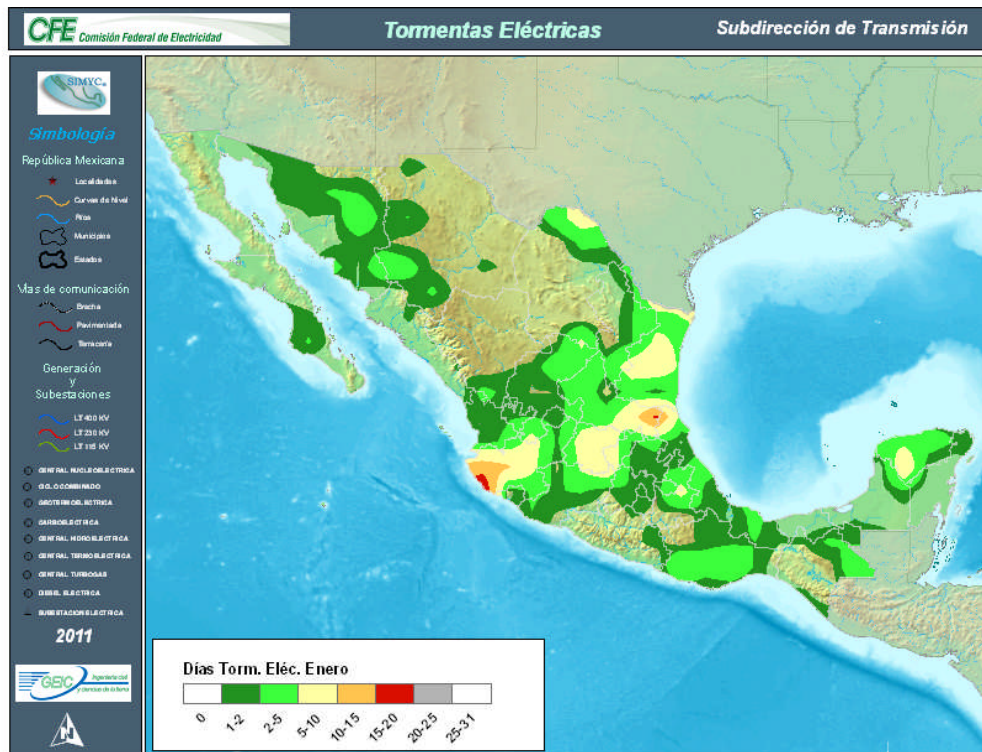
Primera Fabrica de Instrumentos de Precisión en América Latino

		<p>2. El suministro de energía eléctrica de 120 VAC para la alimentación de los sensores debe ser proporcionado por el CINVESTAV, incluyendo un contacto dúplex polarizado con derivados en el centro de carga hasta el contacto solicitado.</p> <p>3. Esta propuesta considera la instalación los sensores en nivel del suelo; en caso de que el estudio de sitio dé como resultado que no es posible la instalación en alguno de los casos considerados, se deberán reconsiderar los costos de obra civil y material y equipo de comunicación requeridos.</p> <p>4. La Administración y Operación de la Red es responsabilidad del CINVESTAV, por lo que deben considerar los gastos que esto implica y el personal requerido para ello.</p> <p><b>CONDICIONES GENERALES DE OPERACIÓN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los precios cotizados son en USD, y son más el 15 % del IVA</li> <li>- Lugar de entrega: FOB sitios de instalación propuestos por el CINVESTAV.</li> <li>- Tiempo de entrega: Embarque dentro de los 120 días posteriores a la confirmación del pedido en firme. Inicio de la instalación dentro de los 90 días posteriores a la finalización de los trabajos de obra civil.</li> <li>- Forma de Pago: 50% de anticipo con el original de su pedido; saldo contra entrega del sistema.</li> <li>- Vigencia de la Cotización: 45 días contados a partir de la fecha de la presente cotización.</li> <li>- Garantía: 12 meses después de la entrega de los bienes.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Atentamente                    Ing. Victor L. Hernández                  División Meteorología e Hidrometría                  Rossbach de México S. A. de C. V.</p>	
--	--	---	--

## **Anexo 3. Incidencia de tormentas eléctricas**

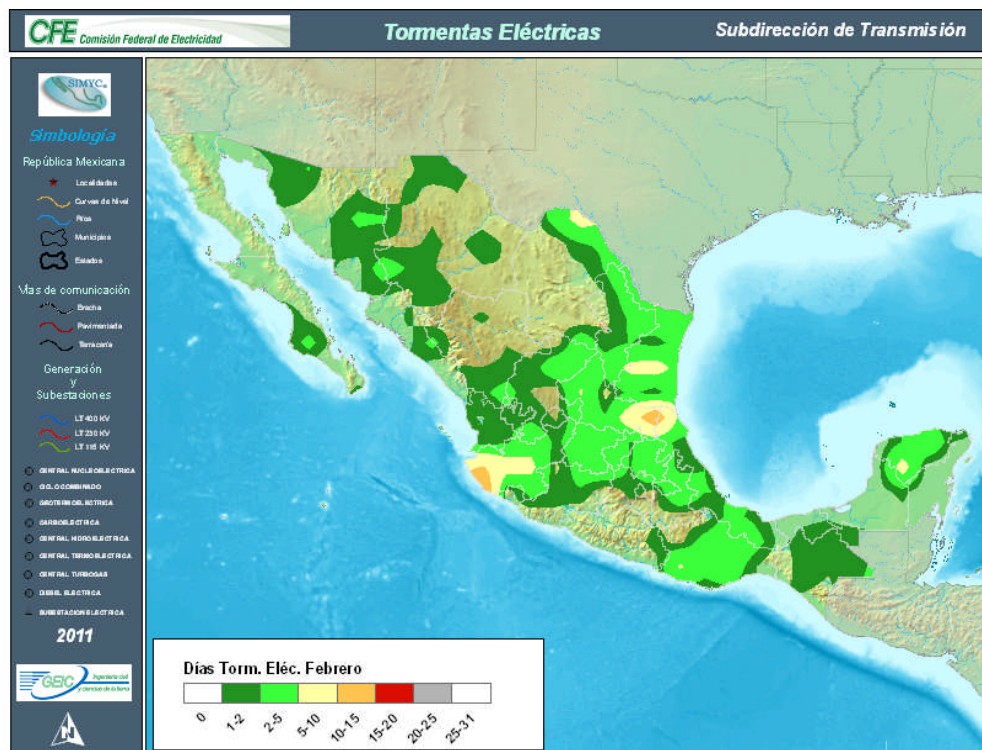


**Figura A3-1** Número de días con tormentas eléctricas en Enero.



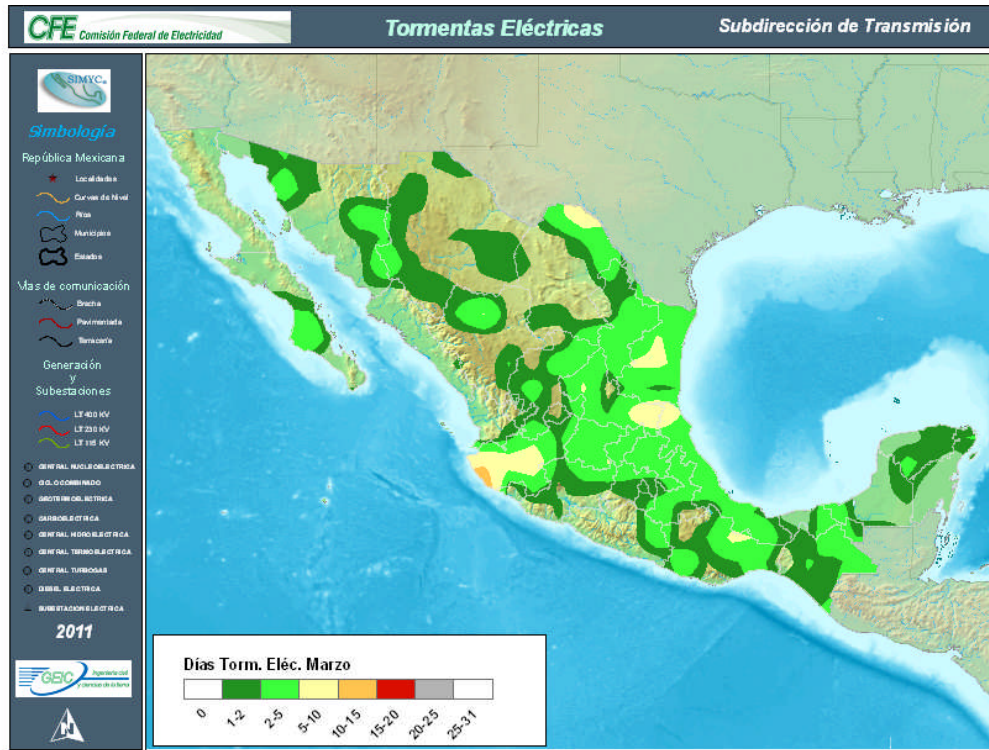
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-2** Número de días con tormentas eléctricas en Febrero.



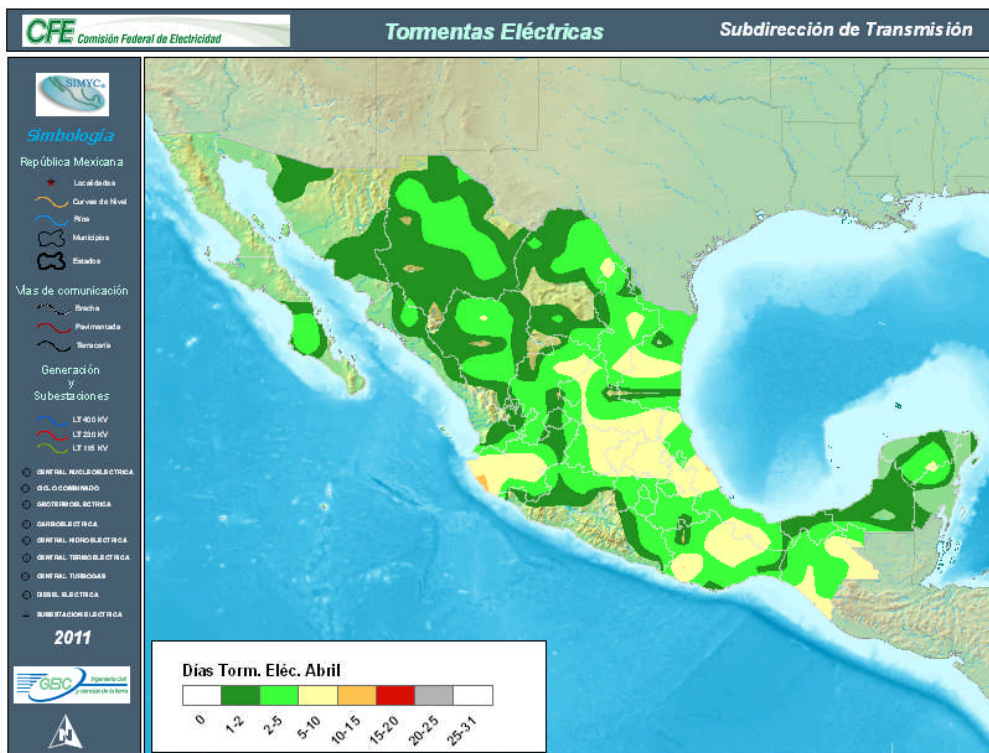
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-3** Número de días con tormentas eléctricas en Marzo.



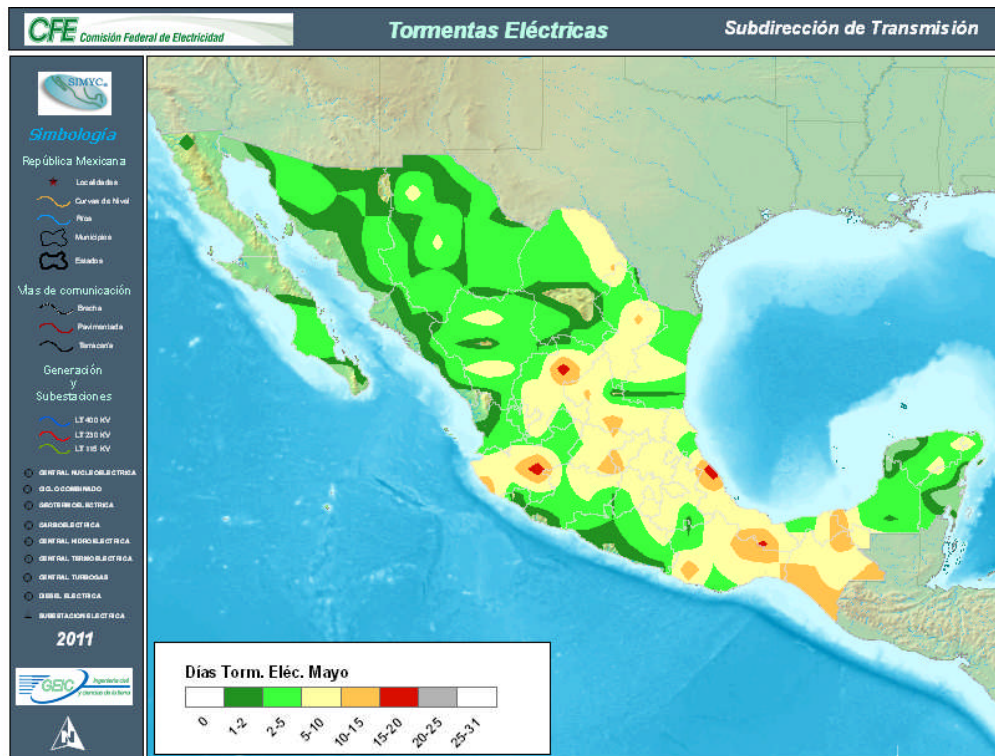
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-4** Número de días con tormentas eléctricas en Abril.



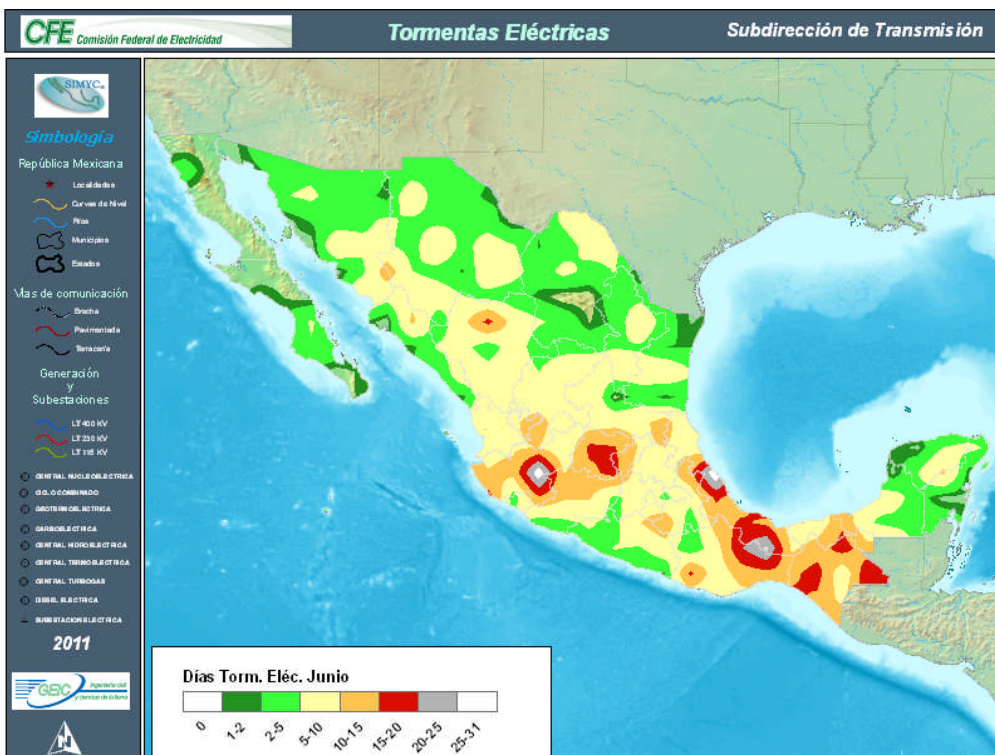
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

Figura A3-5 Número de días con tormentas eléctricas en Mayo.



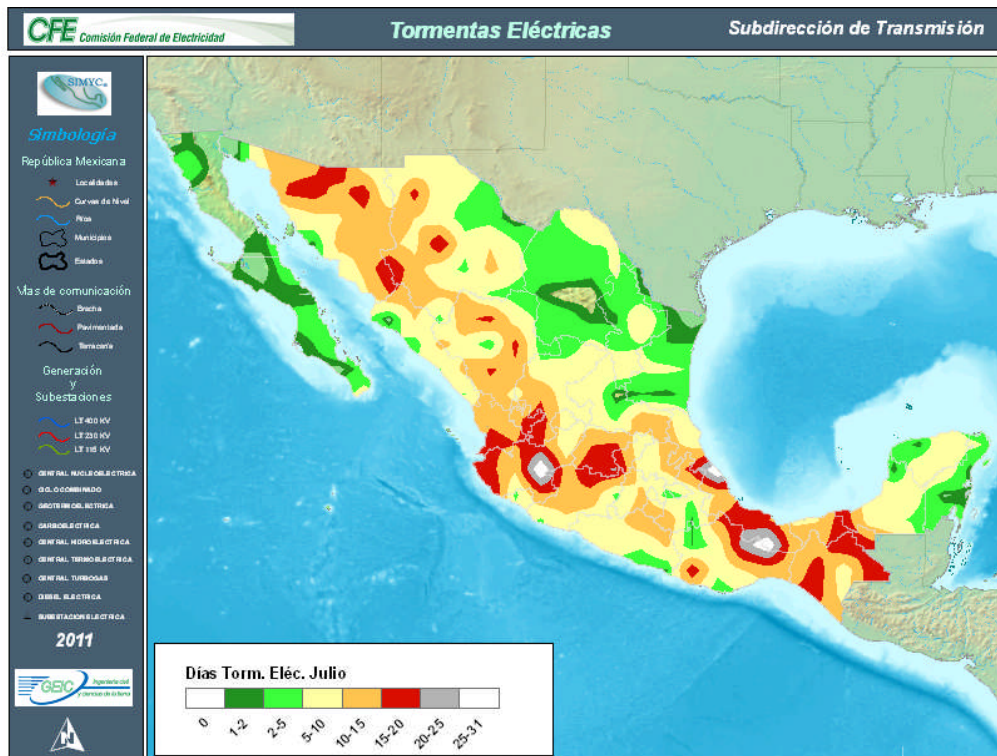
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

Figura A3-6 Número de días con tormentas eléctricas en Junio.



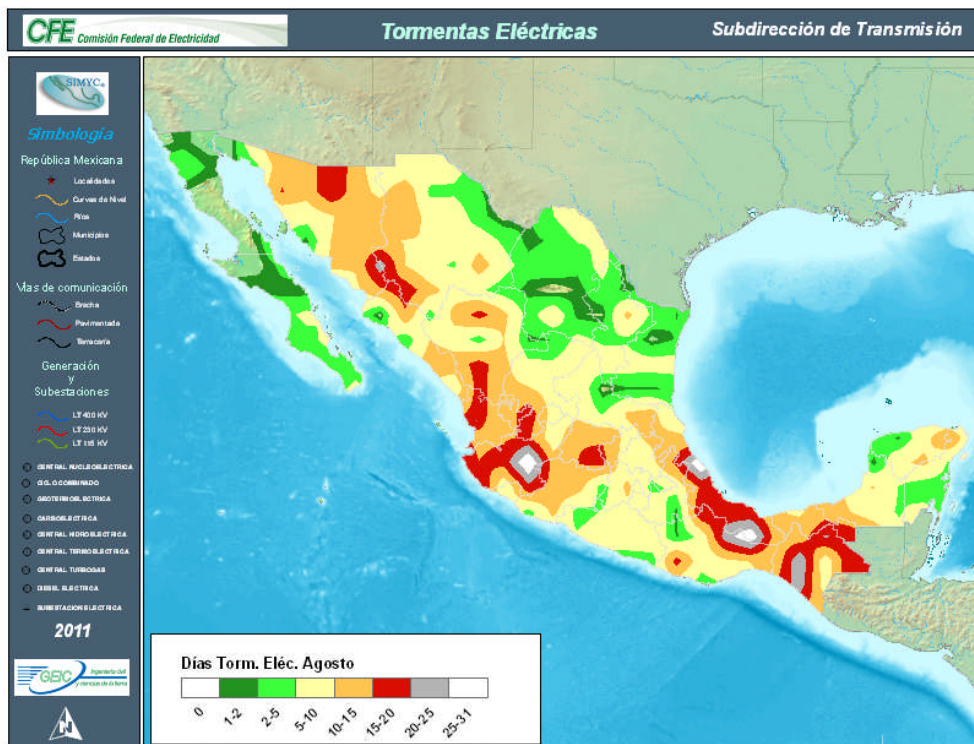
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

Figura A3-7 Número de días con tormentas eléctricas en Julio.



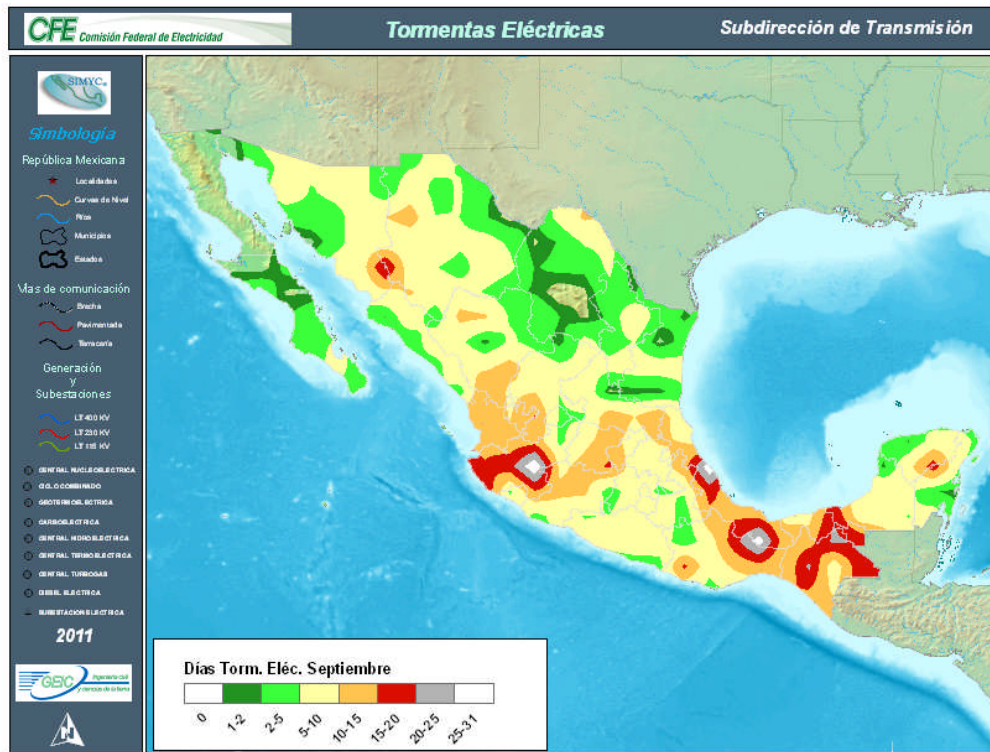
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

Figura A3-8 Número de días con tormentas eléctricas en Agosto.



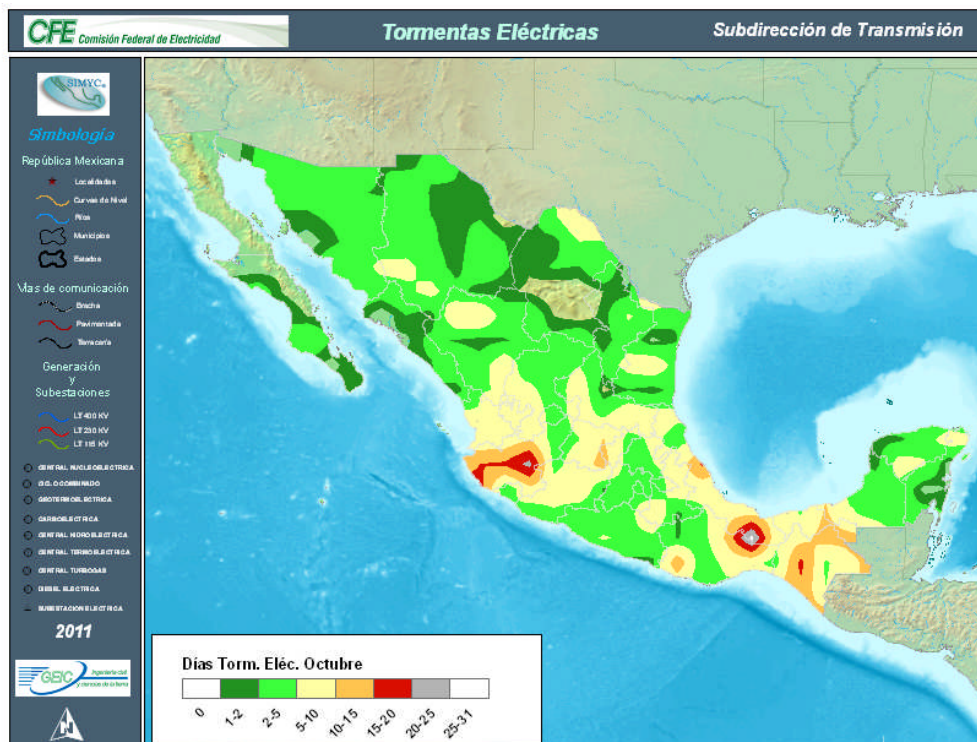
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-9** Número de días con tormentas eléctricas en Septiembre.



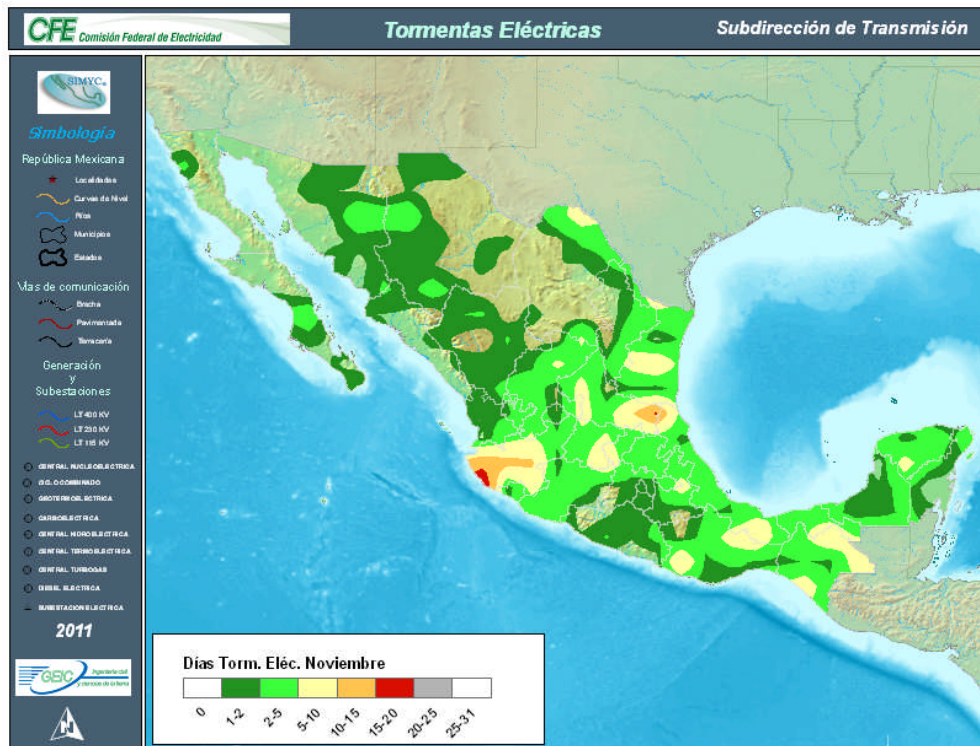
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-10** Número de días con tormentas eléctricas en Octubre.



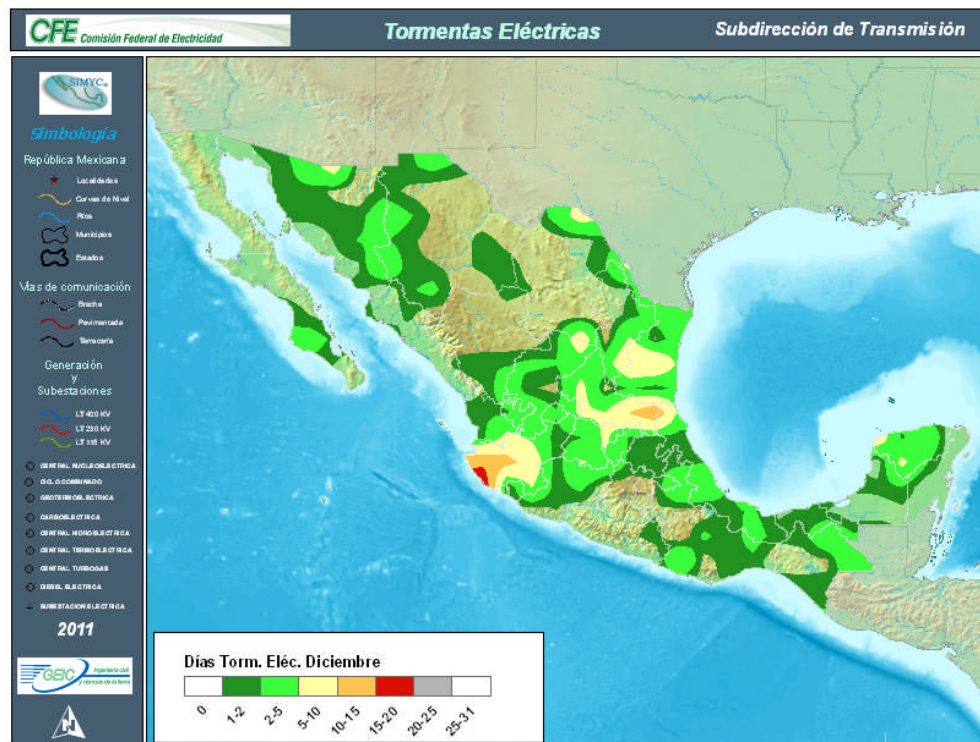
Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-11** Número de días con tormentas eléctricas en Noviembre.



Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

**Figura A3-12** Número de días con tormentas eléctricas en Diciembre.



Fuente: (CFE-SIMYC®, 2011)

## **Anexo 4. Salidas de líneas de Transmisión**

**Tabla A4-1 Salidas de líneas de Transmisión por falla propia**

SUBDIRECCION DE TRANSMISION, TRANSFORMACION Y CONTROL  
 COORDINADORA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION  
 GERENCIA DE SUBESTACIONES Y LINEAS  
**SALIDAS DE LINEAS DE TRANSMISION POR FALLA PROPIA 400 - 115 KV  
 2 0 0 3**

TABLA No. V

K V	AREA DE TRANSMISION	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B0	C0	C1	C2	D0	TOTAL	KM DE LINEA	INDICE DE SALIDAS POR FALLA
		ESTRUC TURAS	HERRAJES	AISLADORES	CONDUCTOR	HILO GUARDA	BRECHA	CONTAMINACION	DESCATMOSFERICA	VIENTOS FUERTES	QUEMA DE CAÑA	QUEMA DE VEGETAS	IGNORADAS			
400	NOROESTE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	126	0.79
	NORTE	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	400	0.25
	NORESTE	0	0	0	0	0	0	4	8	1	0	1	2	16	3,555	0.45
	OCCIDENTE	2	0	0	0	0	7	2	11	3	2	3	6	36	4,082	0.88
	CENTRAL	0	0	1	0	0	0	1	10	0	7	4	2	25	2,321	1.08
	ORIENTE	0	2	1	0	0	0	4	29	8	2	0	0	46	4,057	1.13
	SURESTE	0	0	0	1	3	8	1	4	2	0	2	3	24	1,457	1.65
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>64</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>149</b>	<b>15,998</b>	<b>0.93</b>	
230	B. CALIFORNIA	0	0	0	1	0	0	4	0	4	0	0	0	9	1,029	0.87
	NOROESTE	0	0	0	0	0	2	8	17	0	0	1	0	28	5,097	0.55
	NORTE	0	0	0	0	0	1	10	5	1	0	1	2	20	3,898	0.51
	NORESTE	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	1	13	1,874	0.69
	OCCIDENTE	0	1	1	1	0	37	13	17	1	0	4	4	79	3,708	2.13
	CENTRAL	0	0	0	1	0	6	8	32	2	1	4	1	55	3,541	1.55
	ORIENTE	0	1	2	0	0	1	4	10	3	2	0	1	24	1,502	1.60
	SURESTE	1	0	0	0	0	2	3	16	0	0	3	4	29	1,534	1.89
PENINSULAR	0	0	0	0	0	3	0	18	0	0	8	2	31	2,590	1.20	
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>52</b>	<b>56</b>	<b>121</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>288</b>	<b>24,773</b>	<b>1.16</b>	
161	B. CALIFORNIA	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	325	0.62
	OCCIDENTE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	145	1.38
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>470</b>	<b>0.85</b>
138	NORESTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	0.00
	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>59</b>	<b>0.00</b>
115	B. CALIFORNIA	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	5	1,601	0.31
	NOROESTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	0.00
	NORESTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0.00
	OCCIDENTE	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3	5	230	2.17
	CENTRAL	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	131	0.76
	ORIENTE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0.00
	SURESTE	0	0	0	0	0	1	0	7	0	0	1	3	12	411	2.92
PENINSULAR	0	1	2	0	3	4	6	77	0	0	3	2	98	2,447	4.00	
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>89</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>121</b>	<b>4,978</b>	<b>2.43</b>	
<b>TOTAL NACIONAL</b>		<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>72</b>	<b>75</b>	<b>276</b>	<b>26</b>	<b>14</b>	<b>35</b>	<b>38</b>	<b>562</b>	<b>46,278</b>	<b>1.21</b>

Fuente: (CFE, 2003)