

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**



**EFFECTOS DEL VIENTO EN EL MEDIO AMBIENTE Y  
SU IMPACTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE  
ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA:**

**MARCO ANTONIO ALVAREZ ARRIETA**

**ASESOR DE TESIS:**

**M. en I. MARTÍN ORTIZ LEÓN**



**NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



***Jurado asignado:***



*En memoria de mi abuela  
porque siempre serás una  
madre para mí y por estar  
siempre a mi lado.*

# **AGRADECIMIENTOS**

*A dios por permitirme terminar mis estudios.*

*A mi madre por apoyarme y brindarme su confianza y amor en todo momento.*

*A mi padre por darme la confianza y ánimo.*

*A mi abuela y abuelo por su apoyo e inculcarme buenos valores.*

*A mis tías, tíos y hermanos porque siempre han estado incondicionalmente conmigo.*

*A mis maestros, porque sus enseñanzas siempre fueron más allá del aula.*

*Y a todas las personas que me ayudaron en mi formación personal y profesional.*

*Por la ayuda brindada en la realización de este trabajo:*

*M. en I. Martín Ortiz León*

*Ing. Agustín Alcántara (CFE)*

*Ing. Miguel Navarro (CFE)*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I. EFECTOS DEL VIENTO.....	2
1.1 Definición y causas generales.....	3
1.2 Medición y evaluación.....	5
1.3 Efectos del viento sobre el ambiente y las estructuras de transmisión.....	6
CAPITULO II. DISEÑO POR VIENTO EN TORRES Y POSTES DE TRANSMISIÓN.....	10
2.1 Generalidades.....	11
2.2 Clasificación de la línea según su importancia.....	17
2.3 Determinación de la velocidad de diseño.....	19
2.4 Factor de topografía ( $F_T$ ).....	26
2.5 Factor de exposición ( $F_\alpha$ ).....	27
2.6 Calculo de la presión dinámica de base.....	29
2.7 Calculo del factor de corrección por temperatura y altitud con respecto al nivel del mar.....	30
2.8 Calculo de presiones equivalentes sobre las estructuras de Soporte.....	31
2.9 Factor de respuesta dinámica de estructuras de soporte.....	32
2.9.1 Calculo del factor de ráfaga, para convertir velocidades de un	

tiempo de pro mediación de 3 segundos a un tiempo de 10 minutos.  
.....33

2.9.2 Calculo del coeficiente de arrastre (Celosía de elementos con caras planas).....35

2.9.3 Calculo del coeficiente de arrastre (Postes troncocónicos).....36

### CAPITULO III. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS ACCIONES POR VIENTO.....37

3.1 Ejemplo de aplicación para torres.....38

3.2 Ejemplo de aplicación para postes.....45

3.3 Diseño de torres y postes con Excel.....51

### CAPITULO IV. LOS IMPACTOS AL AMBIENTE Y A LA SALUD GENERADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN.....53

4.1 Alta tensión y sus efectos a la salud y al ambiente.....54

Conclusiones.....59

Bibliografía.....61

# INTRODUCCIÓN

Hoy en día transportar la energía eléctrica a las grandes urbes es un reto ya que se requieren estructuras de gran magnitud como lo son los postes y torres de transmisión eléctrica.

Este trabajo requiere un grado de seguridad muy alto por ser obras que en caso de fallar causarían la pérdida de muchas vidas humanas y de otros seres vivos que se encuentren en el sitio en cuestión. Las pérdidas económicas también son un factor determinante a la hora de diseñar dichas estructuras, por ese motivo en este trabajo daremos a conocer las bases y fundamentos primordiales para diseñar por viento los postes y torres de transmisión eléctrica, ya que el viento es la carga climática más importante a la hora de diseñar estas estructuras.

Además, analizaremos el impacto ambiental que generan dichas estructuras de transmisión durante su planeación, construcción y ya cuando son afectadas por este evento climático (viento).

En este material nos centraremos principalmente en los impactos ambientales que el viento genera en este tipo de construcciones, y a su vez lo que estas generan en un ecosistema, y si bien en este trabajo analizaremos las bases para diseñar por viento estas estructuras, mi objetivo principal es estudiar al viento como un evento climático al que sin importar el tipo de construcción y lo bien diseñada que este va a generar daños o destrucción total, y mucho más en la actualidad con los cambios climáticos que ha habido en todo el planeta; a pesar de que hay estudios matemáticos y estadísticos que nos dan una idea del comportamiento de este fenómeno natural, la naturaleza no es predecible y por este motivo hoy en día se sigue investigando métodos más sofisticados que nos den una visión más favorable para la planeación de estas y otras construcciones.



# **CAPITULO I**

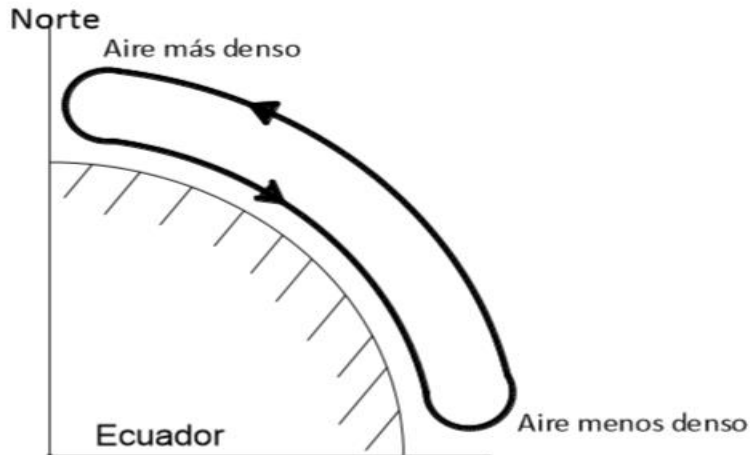
## **EFFECTOS DEL VIENTO**

## **DEFINICIÓN Y CAUSAS GENERALES**

El viento es generado por el desplazamiento de las masas de aire de un punto a otro, estos desplazamientos son causados por los desequilibrios que se producen en la atmósfera debido a que, por el movimiento de rotación del planeta, el Sol no calienta uniformemente la Tierra y la atmósfera.

Lo anterior se complementa al ver que por la forma esférica de la Tierra los rayos solares llegan a los polos con un ángulo de incidencia muy pequeño, de modo tal que en esas regiones la radiación que se recibe es mucho menor que la que se recibe en zonas más cercanas al ecuador, lo que se traduce en que la Tierra y en consecuencia la atmósfera son más calientes en el ecuador que en los polos.

Como el aire en las zonas del ecuador se calienta al recibir la radiación solar, éste se expande debido al aumento de temperatura, mientras que en los polos se contrae. Por lo tanto, el aire es menos denso en el ecuador que en los polos, de modo que la atmósfera tiene mayor espesor en las zonas calientes del planeta que en las frías. A una altitud determinada, la presión ejercida por el aire frío en los polos a esa altitud será menor que la existente en el ecuador a la misma altitud, y debido a que los fluidos se desplazan desde las zonas de alta presión a las de baja, de acuerdo a lo anterior y sin considerar otros efectos, a escala planetaria debería de existir una corriente desde los polos hacia el ecuador, como se muestra en la siguiente figura:



### **Corriente de aire del ecuador hacia el polo norte.**

Otra fuerza que mueve el viento o lo afectan son el efecto Coriolis. En un planeta sometido a rotación, este flujo de aire se verá influenciado, acelerado, elevado o transformado por el efecto de Coriolis en cualquier punto de la superficie terrestre.

El efecto Coriolis hace que un objeto que se mueve sobre el radio de un disco en rotación tienda a acelerarse con respecto a ese disco según si el movimiento es hacia el eje de giro o alejándose de éste. Por el mismo principio, en el caso de una esfera en rotación, el movimiento de un objeto sobre los meridianos también presenta este efecto, ya que dicho movimiento reduce o incrementa la distancia respecto al eje de giro de la esfera.

Debido a que el objeto sufre una aceleración desde el punto de vista del observador en rotación, es como si para éste existiera una fuerza sobre el objeto que lo acelera. A esta fuerza se le llama fuerza de Coriolis, y no es una fuerza real en el sentido de que no hay nada que la produzca.

## MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

La dirección del viento es el punto cardinal desde el que se origina éste y se mide con la veleta. Por ejemplo, el viento del norte viene, obviamente, desde el norte y se dirige hacia el sur. Las veletas tienen indicadas en la parte inferior las direcciones de los vientos con los puntos cardinales y los puntos intermedios, conformando así lo que se conoce como rosa de los vientos, que se emplean con una brújula en los mecanismos de navegación de las embarcaciones desde hace muchos siglos.

El anemómetro es el instrumento que se utiliza para medir la velocidad del viento. Es muy parecido a un molino de tres aspas separadas por un ángulo de  $120^\circ$  que son movidas alrededor de un eje vertical. Al ser golpeado por el viento enciende un contador que marca, con base al número de revoluciones, la velocidad del viento que hay.



# **EFFECTOS DEL VIENTO SOBRE EL AMBIENTE Y LAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN**

En la civilización humana, el viento ha inspirado la mitología, ha afectado a los acontecimientos históricos, ha extendido el alcance del transporte y la guerra, y ha proporcionado una fuente de energía para el trabajo mecánico, la electricidad y el ocio. El viento ha impulsado los viajes de los veleros a través de los océanos de la Tierra. Los globos aerostáticos utilizan el viento para viajes cortos, y el vuelo con motor lo utilizan para generar sustentación y reducir el consumo de combustible.

Las zonas con cizalladura del viento provocado por varios fenómenos meteorológicos pueden provocar situaciones peligrosas para las aeronaves. Cuando los vientos son fuertes, los árboles y las estructuras creadas por los seres humanos pueden llegar a resultar dañados o destruidos.

Los vientos pueden dar forma al relieve a través de una serie de procesos eólicos como la formación de suelos fértiles (por ejemplo, el loess) o la erosión. El polvo de desiertos grandes puede ser movido a grandes distancias desde su lugar de origen por los vientos dominantes, y los vientos que son acelerados por una topografía agreste y que están asociados con tormentas de polvo han recibido nombres regionales en diferentes partes del mundo debido a su efecto significativo sobre estas regiones.

El viento afecta la extensión de los incendios forestales. También dispersa las semillas de determinadas plantas, y hace posible la supervivencia y dispersión de estas especies vegetales, así como las poblaciones de insectos voladores. En combinación con las temperaturas frías, el viento tiene un efecto negativo sobre el ganado. El viento afecta las reservas de alimento de los animales y sus estrategias de caza y defensa.

También actúa como agente de sedimentación, ya que cuando el viento pierde velocidad, deposita los materiales que transporta. La arena forma acumulaciones llamadas dunas, que se desplazan en la dirección del viento a medida que los granos van siendo arrastrados desde la cara

enfrentada al viento (barlovento) hacia la cara opuesta al viento (sotavento).

El viento es también un agente destructivo importantísimo, en especial en el caso de los tornados y grandes huracanes. Esta destrucción puede ser directa, como sucedió en 1940 con la destrucción del puente colgante de Tacoma (Washington) o indirecta, como sucedió con los huracanes Huracán Katrina en Nueva Orleans (2005) y otras ciudades próximas y en Nueva York durante el Huracán Sandy. En estos dos últimos casos, la fuerza del viento ocasionó enormes inundaciones, al azotar las olas tierra adentro, lo cual represó las enormes crecidas de los grandes ríos Misisipi en Nueva Orleans y Hudson en Nueva York, así como las crecidas simultáneas de otros de menor caudal.

Las torres de soporte de líneas de transmisión pueden llegar a colapsarse debido, entre otras causas, a fenómenos naturales, como huracanes y tormentas severas. De acuerdo con estudios realizados, se ha llegado a la conclusión de que ambos fenómenos meteorológicos no presentan el mismo comportamiento.

En cuanto a las normas de diseño por viento vigentes en nuestro país, no se proporcionan especificaciones al respecto. En los mapas de isotacas del Manual de Diseño por Viento de la CFE únicamente se consideran las velocidades de diseño por viento probables, obtenidas de registros en observatorios de primera.



## TABLA 1.- ESCALA DE BEAUFORT

ESCALA	VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/h)	DENOMINACIÓN	ASPECTO DE LA MAR	EFFECTOS EN LA TIERRA
0	0 a 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vitrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	Flojo (Brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondula
6	39 a 49	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y más	Temporal huracanado (Huracán)	El aire está lleno de espuma y rociones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total



# **CAPITULO II**

## **DISEÑO POR VIENTO EN TORRES DE TRANSMISIÓN**

# GENERALIDADES

Torres: Las torres son sistemas estructurales que se idealizan como un conjunto de barras o elementos finitos de sección constante y material elástico homogéneo e isótropo, nodos y apoyos o fronteras, o sea las barras están conectadas por nodos y se apoyan en diferentes tipos de fronteras.

La función básica de las torres es la de soportar los cables conductores de energía, así como el hilo de guarda que nos sirve para proteger los conductores contra descargas atmosféricas y en la actualidad también nos sirva para la transmisión de voz y datos por medio de la fibra óptica.

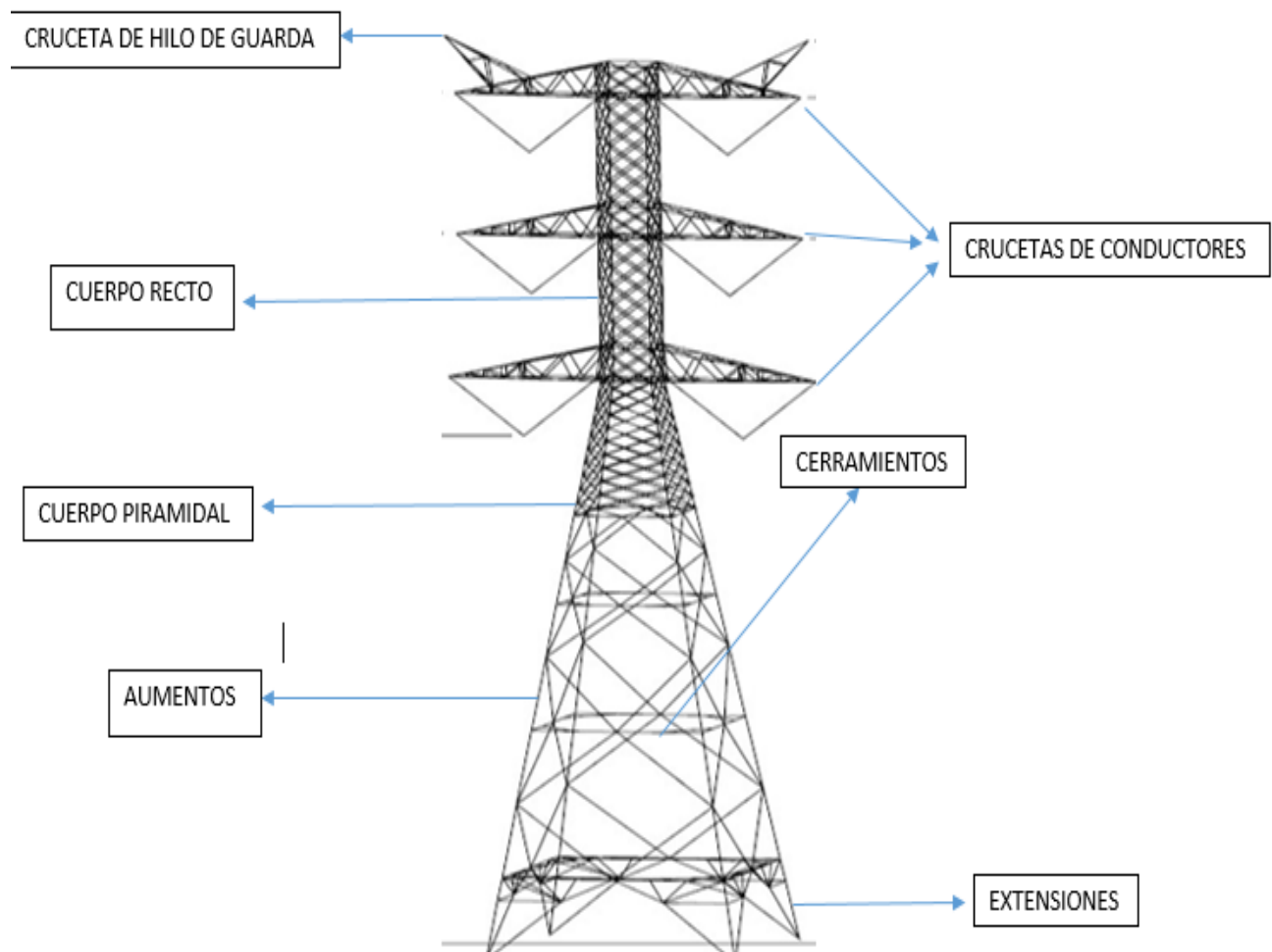
Existen diversos tipos de torres de acuerdo a la función que desempeñan en la línea de transmisión:

- **SUSPENSIÓN:** Las cuales soportan el peso de los cables, cadenas de aisladores y herrajes, además del viento transversal, siendo las tensiones longitudinales iguales a cero.
- **DEFLEXIÓN:** Se colocan en los puntos de inflexión a lo largo de la trayectoria de la línea.
- **REMATE:** Se colocan al inicio y al final de la línea de transmisión.

Las torres se componen de:

- hilo de guarda
- aisladores, herrajes y cables
- crucetas
- cuerpo recto
- cuerpo piramidal (para diferentes niveles)
- cerramientos
- extensiones (patas)
- stub

**PARTES QUE COMPONEN UNA TORRE DE TRANSMISION ELECTRICA.**



Los diferentes tipos de torres que se solicitan en cada línea de subtransmisión y transmisión, se indican en la memoria de cálculo en este caso y estas deben de tener clave de diseño normalizado como se indica a continuación:

A) Primer dígito

Indica la tensión de operación:

4 para 400 kV

2 para 230 kV

1 para 115 kV

B) Segundo dígito

Indica el uso de la estructura

A Suspensión claros cortos

B Suspensión claros medios

C Suspensión claros largos

X Deflexión hasta  $30^{\circ}$

Y Deflexión hasta  $90^{\circ}$

R Remate

T Transposición

S Transición

G =CT (Suspensión claros largos y transposición)

W =YR (Deflexión y remate)

Z =XYR (Deflexiones y remates)

C) Tercer dígito

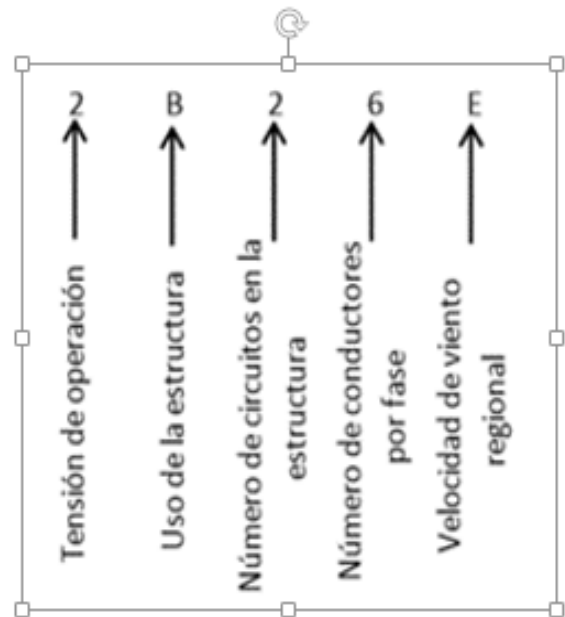
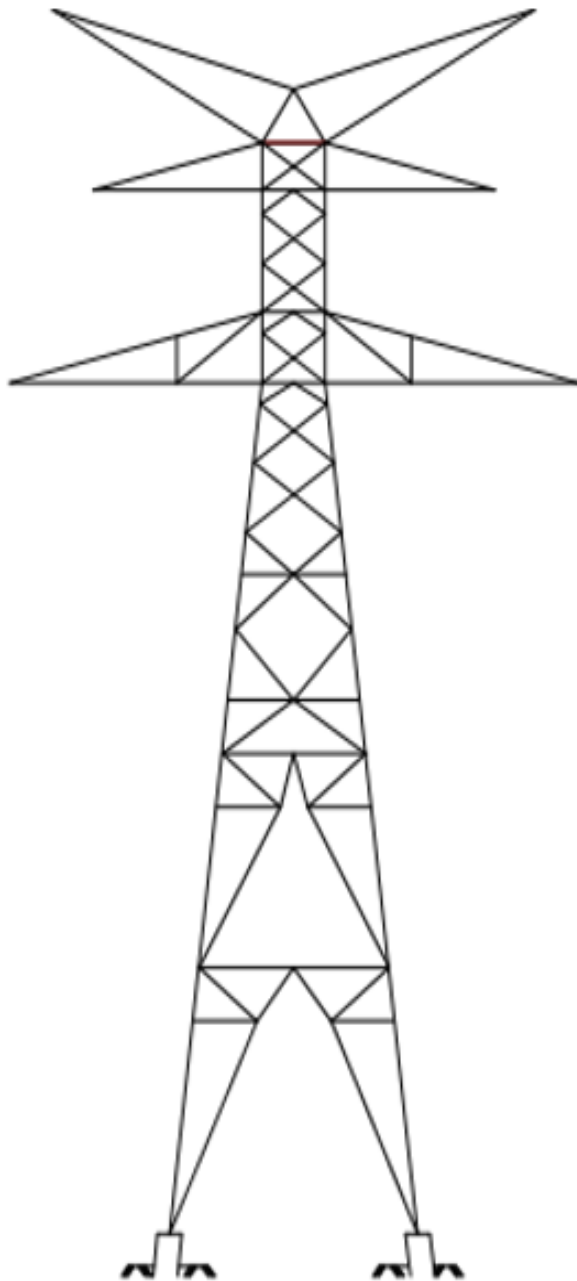
Indica el número de circuitos; para torres se selecciona el mayor.

D) Cuarto dígito

Indica el número de conductores por fase.

E) Hasta dos dígitos adicionales (opcional)

Son para identificar alguna característica opcional de la torre.



## POSTES TRONCOCONICOS

Para la elección de un determinado tipo de estructura es necesario como ya se ha visto, de diferentes factores como lo son la tensión a transmitir, los claros a librar, topografía existente, espacios disponibles por derecho de vía, y cuestiones estéticas; comúnmente cierto tipo de estructuras están restringidos a ciertas zonas, como lo son los postes troncocónicos destinados a áreas urbanas por los claros cortos que con ellos se libran, menor espacio a ocupar en su sección transversal.



Los postes se nombran e identifican por su nomenclatura la cual está constituida por caracteres alfanuméricos con forme a lo siguiente:

El primer carácter representa la tensión de operación de la línea de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>Carácter</b>	<b>Tensión eléctrica de operación (kV)</b>
6	69
8	85
1	115
2	230,161 y 138
4	400

Por el número de circuitos, el segundo carácter representa el número de circuitos del poste de la siguiente tabla:

Carácter	Número de circuitos
1	1
2	2
4	4
6	6

El tercer carácter representa el número de conductores por fase como se muestra en la siguiente tabla:

Carácter	Número de conductores
1	1
2	2
3	3
4	4

El cuarto carácter representa la deflexión máxima de diseño del poste:

- a) 0 para ( $0^{\circ}$ )
- b) 1 para ( $15^{\circ}$ )
- c) 3 para ( $30^{\circ}$ )
- d) 4 para ( $45^{\circ}$ )
- e) 6 para ( $60^{\circ}$ )
- f) 9 para ( $90^{\circ}$ )

El quinto carácter representa el uso del poste de acuerdo con la siguiente lista:

- a) S = Suspensión
- b) D = Deflexión
- c) R = Remate
- d) T = Transición

## **CLASIFICACION DE LA LINEA SEGÚN SU IMPORTANCIA**

Para evaluar las presiones de viento sobre la estructura de soporte inicialmente se clasifica la línea según su importancia en nivel I, II y III para seleccionar el periodo de retorno asociado. Posteriormente se determina la velocidad de diseño, definiendo la velocidad regional con el periodo de retorno requerido, el factor de topografía, la categoría del terreno según su rugosidad y el factor de exposición.

Obtenida la velocidad de diseño se calcula el factor de corrección de densidad y poder cuantificar la presión dinámica de base, para que finalmente se calculen las presiones y fuerzas que actúan tanto en la estructura de soporte como sobre los cables conductores e hilos de guarda.

**Alta tensión.** Se emplea para transportar altas tensiones a grandes distancias, desde las centrales generadoras hasta las subestaciones de transformadores. Su transportación se efectúa utilizando gruesos cables que cuelgan de grandes aisladores sujetos a altas torres metálicas. Las altas tensiones son aquellas que superan los 25 kV (kilovolt).

**Media tensión.** Son tensiones mayores de 1 kV y menores de 25 kV. Se emplea para transportar tensiones medias desde las subestaciones



hasta las subestaciones o bancos de transformadores de baja tensión, a partir de los cuales se suministra la corriente eléctrica a las ciudades. Los cables de media tensión pueden ir colgados en torres metálicas, soportados en postes de madera o cemento, o encontrarse soterrados, como ocurre en la mayoría de las grandes ciudades.

**Baja tensión.** Tensiones inferiores a 1 kV que se reducen todavía más para que se puedan emplear en la industria, el alumbrado público y el hogar. Las tensiones más utilizadas en la industria son 220, 380 y 440 volt de corriente alterna y en los hogares entre 110 y 120 volt para la mayoría de los países de América y 220 volt para Europa.

NIVELES DE IMPORTANCIA	I	II	III
T periodo de retorno de las Cargas de diseño en años	50	100	200
Probabilidad de falla anual (%) 1/2T a 1/T	1.00 a 2.00	0.50 a 1.0	0.25 a 0.50
VOLTAJE	$\geq 115$ KV	115 - 230 KV	400 KV

“En CFE se utiliza un periodo de retorno de 50 años para el diseño de estructuras de soporte de líneas de transmisión”

## DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño,  $V_D$  es la velocidad a partir de la cual se calculan los efectos del viento sobre las estructuras de soporte, cables y aisladores.

La velocidad de diseño, en Km/h se obtiene de acuerdo con la ecuación:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

Donde:

$F_T$  es el factor que depende de la topografía del sitio (adimensional).

$F_\alpha$  es el factor que toma en cuenta el efecto combinado de las características de exposición local y de la variación de la velocidad con la altura adimensional.

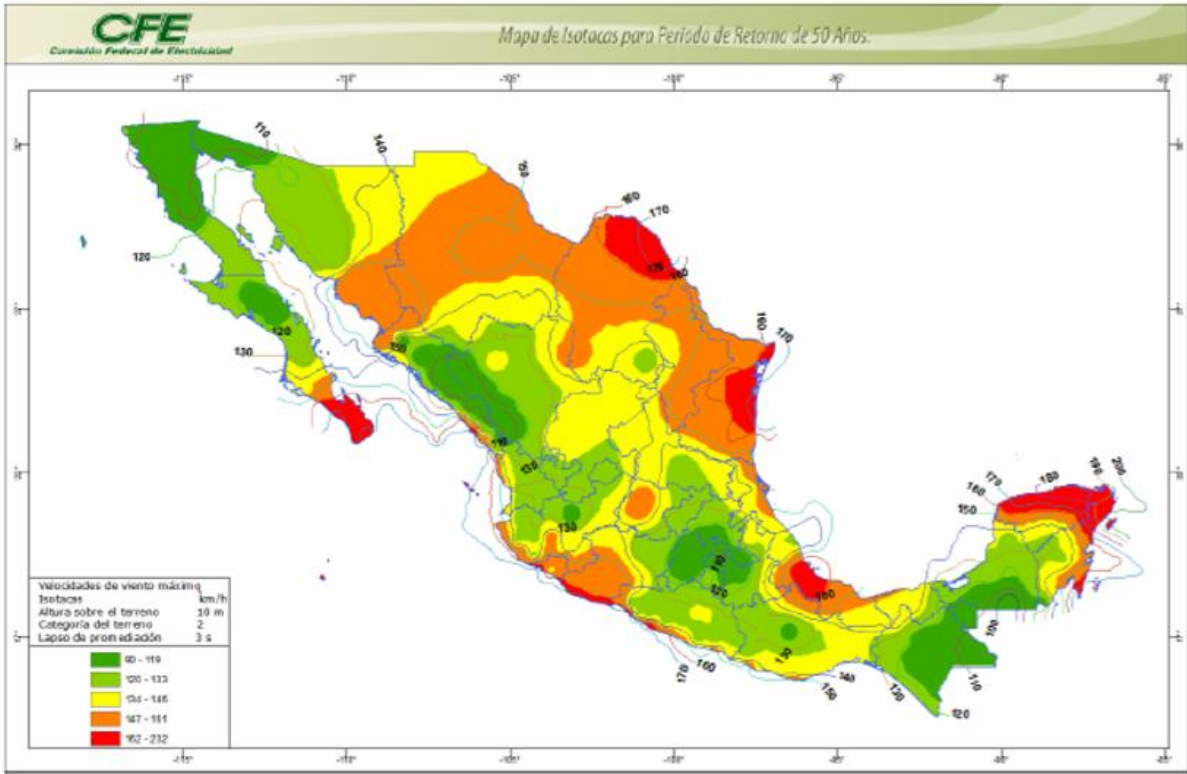
$V_R$  es la velocidad regional que le corresponde el tramo de la línea en estudio en Km/h.

## **DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD REGIONAL**

La velocidad regional del viento  $V_R$ , es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto periodo de recurrencia en una zona o región determinada del país.

## **MAPAS DE ISOTACAS**

En los mapas de isotacas se presentan las velocidades máximas para diferentes periodos de retorno la velocidad se refiere a condiciones que correspondan a una altura de 10 metros sobre la superficie del suelo en terreno plano, es decir, no considera las características de rugosidad locales del terreno ni la topografía específica del sitio. La velocidad regional  $V_R$  se determina tomando en consideración tanto la localización geográfica del tramo de la línea como su importancia. Si existen tramos que crucen diferentes isotacas se deberá tomar el más desfavorable.



**TABLA 2.- VELOCIDADES REGIONALES DE LAS CIUDADES MÁS IMPORTANTES**

CIUDAD	Num.	VELOCIDADES (km/h)					
		Obs:	V <sub>10</sub>	V <sub>50</sub>	V <sub>100</sub>	V <sub>200</sub>	V <sub>2000</sub>
Acapulco, Gro.	12002		129	162	172	181	209
Aguascalientes Ags.	1001		118	141	151	160	189
Campeche Camp.	4003		98	132	146	159	195
Cd. Guzmán Jal.	14030		101	120	126	132	155
Cd. Juárez Chih.			116	144	152	158	171
Cd. Obregón Son.	26020		147	169	177	186	211
Cd. Victoria Tamps.	28165		135	170	184	197	235
Coatzacoalcos Ver.	30027		117	130	137	145	180
Colima Col.	6006		105	128	138	147	174
Colotlan Jal.	14032		131	148	155	161	178
Comitán Chis.	7025		72	99	112	124	160
Cozumel Q Roo.	23005		124	158	173	185	213
Cuernavaca Mor.	17726		93	108	114	120	139
Culiacán Sin.	25014		94	118	128	140	165
Chapingo Edo. Mex.	15021		91	110	118	126	150
Chetumal Q Roo.	23006		119	150	161	180	220
Chihuahua Chih	8040		122	136	142	147	165
Chilpancingo Gro.	12033		109	120	127	131	144
Durango Dgo.	10017		106	117	122	126	140
Ensenada B.C.	2025		100	148	170	190	247
Guadalajara Jal.	14065		135	149	155	160	174
Guanajuato Gto.	11024		127	140	144	148	158
Guaymas Son.	26039		130	160	174	190	237
Hermosillo Son	26040		122	151	164	179	228
Jalapa Ver.	30075		118	137	145	152	180
La Paz B.C.	3026		135	171	182	200	227
Lagos de Moreno Jal.	14083		118	130	135	141	157
Leon Gto	11025		127	140	144	148	157
Manzanillo Col.	6018		110	158	177	195	240
Mazatlán Sin.	25062		145	213	225	240	277
Mérida Yuc.	31019		122	156	174	186	214
Mexicali B. C.			100	149	170	190	240
México D. F.	9048		98	115	120	129	150
Monclova Coah.	5019		123	145	151	159	184
Monterrey N. L.	1952		123	143	151	158	182
Morelia Mich.	16080		79	92	97	102	114
Nvo Casa Grandes Chih.	8107		117	134	141	148	169
Oaxaca Oxa.	20078		104	114	120	122	140
Orizaba Ver.	30120		126	153	163	172	198
Pachuca Hgo.	13022		117	128	133	137	148
Parral de Hgo Chih.			121	141	149	157	181
Piedras Negras Coah.	5025		137	155	161	168	188
Progreso Yuc.	31023		103	163	181	198	240
Puebla Pue.	21120		93	106	112	117	132
Puerto Cortes B. C.	3046		129	155	164	172	196
Querétaro Qro.	22013		103	118	124	131	147
Río Verde S. I. P.	24062		84	111	122	130	156

CIUDAD	Num.	VELOCIDADES (km/h)				
	Obs:	V <sub>10</sub>	V <sub>50</sub>	V <sub>100</sub>	V <sub>200</sub>	V <sub>2000</sub>
S. C. De las Casas Chis.	7144	75	92	100	105	126
San Luis Potosí S. L. P.	24070	126	141	147	153	169
S. La Marina Tamps.	28092	130	167	185	204	252
Tampico Tamps.	28110	129	160	177	193	238
Tamuin S. L. P.	24140	121	138	145	155	172
Tapachula Chis.	7184	90	111	121	132	167
Tepic Nay.	18039	84	102	108	115	134
Tlaxcala Tlax.	29031	87	102	108	113	131
Toluca Edo. Mex.	15128	81	93	97	102	115
Torreón Coah.	5040	136	168	180	193	229
Tulancingo Hgo	13041	92	106	110	116	130
Tuxpan Ver.	30190	122	151	161	172	204
Tuxtla Gutiérrez Chis.	7185	90	106	110	120	141
Valladolid Yuc.	31038	100	163	180	198	240
Veracruz Ver.	30192	150	175	185	194	222
Villahermosa Tab.	27083	114	127	132	138	151
Zacatecas Zac.	32031	110	122	127	131	143

**TABLA 3.- UBICACIÓN, ALTITUD Y TEMPERATURA MEDIA ANUAL DE LAS CIUDADES MÁS IMPORTANTES**

CIUDAD	Num.	DATOS			
	Obs:	LONGITUD	LATITUD	Asnm (M)	T. Med. Anual (°C")
Acapulco, Gro.	12002	99.93	16.83	28	27.50
Aguascalientes Ags.	1001	102.30	21.88	1908	18.20
Campeche Camp.	4003	90.55	19.83	5	26.10
Cd. Guzmán Jal.	14030	103.47	19.70	1507	21.50
Cd. Juárez Chih.		106.48	31.73	1144	17.10
Cd. Obregón Son.	26020	109.92	27.48	100	26.10
Cd. Victoria Tamps.	28165	98.77	23.77	380	24.10
Coatzacoalcos Ver.	30027	94.42	18.15	14	26.00
Colima Col.	6006	103.72	19.23	494	24.80
Colotlan Jal.	14032	103.27	22.12	1589	21.40
Comitán Chis.	7025	92.13	13.25	1530	18.20
Cozumel Q Roo.	23005	86.95	20.52	10	25.50
Cuernavaca Mor.	17726	99.23	18.90	1560	20.90
Culiacán Sin.	25014	107.40	24.82	84	24.90
Chapingo Edo. Mex.	15021	98.85	19.50	2250	15.00
Chetumal Q Roo.	23006	88.30	18.50	3	26.00
Chihuahua Chih	8040	106.08	28.63	14.23	18.70
Chilpancingo Gro.	12033	99.50	17.55	1369	20.00
Durango Dgo.	10017	104.67	24.03	1889	17.50
Ensenada B.C.	2025	116.53	31.85	13	16.70
Guadalajara Jal.	14065	103.38	20.67	1589	19.10
Guanajuato Gto.	11024	101.25	21.03	2050	17.90
Guaymas Son.	26039	110.90	27.92	44	24.90
Hermosillo Son	26040	110.97	29.07	237	25.20
Jalapa Ver.	30075	96.92	19.52	1427	17.90
La Paz B.C.	3026	110.30	24.17	10	24.00
Lagos de Moreno Jal.	14083	101.92	21.35	1942	18.10
Leon Gto	11025	101.07	21.12	1885	19.20
Manzanillo Col.	6018	104.28	19.05	8	26.60
Mazatlán Sin.	25062	106.42	23.20	8	24.10
Mérida Yuc.	31019	89.65	20.98	9	25.90
Mexicali B. C.		115	32.67	1	22.20
México D. F.	9048	99.20	19.40	2240	23.40
Monclova Coah.	5019	101.42	26.88	591	21.60
Monterrey N. L.	1952	100.30	25.67	538	22.10
Morelia Mich.	16080	101.18	19.70	1941	17.80
Nvo Casa Grandes Chih.	8107	107.95	30.42	155	17.80
Oaxaca Oxa.	20078	96.72	17.07	1550	20.80
Orizaba Ver.	30120	97.10	18.85	1284	19.00
Pachuca Hgo.	13022	98.73	20.13	2426	14.20
Parral de Hgo Chih.		105.67	26.93	1661	17.70
Piedras Negras Coah.	5025	100.52	28.70	220	21.60
Progreso Yuc.	31023	89.65	21.30	8	25.40
Puebla Pue.	21120	98.20	19.03	2150	17.30
Puerto Cortes B. C.	3046	111.87	24.43	5	21.40
Querétaro Gro.	22013	100.40	20.58	1842	18.70
Río Verde S. I. P.	24062	100.00	21.93	987	20.90



CIUDAD	Num.	DATOS			
	Obs:	LONGITUD	LATITUD	Asnm (M)	T. Med. Anual (°C)
Saltillo Coah.	5034	101.02	25.43	1609	17.70
S. C. De las Casas Chis.	7144	92.63	16.73	2276	14.80
San Luis Potosí S. L. P.	24070	100.98	22.15	1877	17.90
S. La Marina Tamps.	28092	98.20	23.77	25	24.10
Tampico Tamps.	28110	97.85	22.20	12	24.30
Tamuín S. L. P.	24140	98.77	22.00	140	24.70
Tapachula Chis.	7164	92.27	14.92	182	26.00
Tepic Nay.	18039	104.90	21.52	915	26.20
Tlaxcala Tlax.	29031	98.23	19.30	2252	16.20
Toluca Edo. Mex.	15126	99.67	19.28	2680	12.70
Torreón Coah.	5040	103.45	25.53	1013	20.50
Tulancingo Hgo	13041	98.37	20.10	2222	14.90
Tuxpan Ver.	30190	97.40	20.95	14	24.20
Tuxtla Gutiérrez Chis.	7165	93.12	16.75	528	24.70
Valladolid Yuc.	31036	89.65	21.30	8	26.00
Veracruz Ver.	30192	96.13	19.20	16	25.20
Villahermosa Tab.	27083	92.92	17.98	10	25.20
Zacatecas Zac.	32031	102.57	22.78	2612	13.50



# FACTOR DE TOPOGRAFÍA $F_T$

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio de desplante de la estructura de soporte, si la estructura se ubica en las laderas o cimas de colinas o montañas de altura importante con respecto al nivel general del terreno circundante, se generan aceleraciones del flujo del viento y por consiguiente deberá incrementarse la velocidad regional para obtener las presiones reales del viento. En la tabla 4 se muestran los valores que se recomiendan con base en la experiencia para el factor de topografía de acuerdo con las características topográficas del sitio:

**TABLA 4.- FACTOR TOPOGRÁFICO LOCAL**

SITIOS	TOPOGRAFÍA	$F_T$
Protegidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Base de promontorios y faldas de serranías del lado del sotavento.</li> </ul>	0.80
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valles serrados.</li> </ul>	0.90
Normales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valles cerrados prácticamente plano campo abierto ausencia de cambios topográficos importantes con pendientes menores de 5%.</li> </ul>	1.00
Expuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10 % valles abiertos y litorales planos.</li> </ul>	1.10
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cimas de promontorios colinas y montañas terrenos con pendientes mayores que 10% cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón isla.</li> </ul>	1.20

Es factible que existan sitios cuya topografía no pueda identificarse plenamente con las catalogadas anteriormente debido a la variedad de lugares con características intermedias entre las definidas en la tabla anterior o a sitios que presenten combinaciones complejas de promontorios y terraplenes. Para ellos podrá hacerse una interpolación entre los valores de la misma tabla, pero se recomienda que el valor del coeficiente resultante se encuentre dentro del intervalo  $0.80 \leq F_T \leq 1.20$ . El criterio y la experiencia de CFE determina que  $F_T \geq 1.0$ .

## FACTOR DE EXPOSICIÓN ( $F_{\alpha}$ )

El coeficiente  $F_{\alpha}$  refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura “z”, así mismo, considera las características de rugosidad que se presentan alrededor del tramo de la línea en estudio. En la tabla 5 se muestran cuatro categorías de terreno atendiendo el grado de dicha rugosidad. Si el tramo de la línea cruza diferentes tipos de terreno deberá seleccionarse la que ocasione los efectos más desfavorables.

**TABLA 5.- CATEGORÍAS DEL TERRENO SEGÚN SU RUGOSIDAD**

CAT	DESCRIPCION	EJEMPLOS	LIMITACIONES
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terreno abierto prácticamente plano y sin obstrucciones.</li> </ul>	Franjas costeras planas zonas pantanosas campos aéreos pastizales y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser 2000 m.
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones.</li> </ul>	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10 m. en una longitud mínima de 1500 m.
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas.</li> </ul>	Áreas urbanas suburbanas. o cualquier terreno con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de las casas y viviendas.	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5 m. la longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 500 m. o 10 veces la altura de la construcción la que sea mayor.
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terreno con numerosas obstrucciones largas altas y estrechamente espaciadas.</li> </ul>	Bosques centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50% de los edificios tienen una altura mayor que 20 m. las obstrucciones miden de 10 a 30 m. de altura la longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser la mayor de entre 400 m. y 10 veces la altura de la construcción

En la dirección del viento que se esté analizando el terreno inmediato a la estructura deberá presentar la misma rugosidad (categoría) cuando menos en una distancia denominada longitud mínima de desarrollo la cual se consigna en la tabla (categorías del terreno según su rugosidad) para cada categoría de terreno. Cuando no exista esta longitud mínima el factor de exposición  $F\alpha$  deberá modificarse para tomar en cuenta este hecho. En este caso, el diseñador podrá seleccionar entre las categorías de los terrenos que se encuentren en una dirección de análisis dada, la que provoque los efectos más adversos y determinar el factor de exposición para tal categoría.

El factor de exposición  $F\alpha$  se obtiene de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Si } z \leq 10\text{m} \quad F\alpha = 1.56\left[\frac{10}{\delta}\right]^\alpha$$

$$\text{Si } 10 < z < \delta \quad F\alpha = 1.56\left[\frac{z}{\delta}\right]^\alpha$$

$$\text{Si } z \geq \delta \quad F\alpha = 1.56$$

Donde:

$\delta$  = es la altura media a partir del nivel del terreno de desplante por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante a esta altura se le conoce como altura gradiente.

$\alpha$  = es el coeficiente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento y es adimensional.

$z$  = altura a la que se requiere determinar la presión, en metros. Normalmente para cables y estructura se define a 2/3 de la altura total de la estructura.

Los coeficientes  $\alpha$  y  $\delta$  están en función de la rugosidad del terreno y se presentan en la tabla 6.

**TABLA 6.- VALORES DE LOS COEFICIENTES  $\alpha$  Y  $\delta$ , QUE ESTÁN EN FUNCIÓN DE LA RUGOSIDAD DEL TERRENO**

COEFICIENTES	CATEGORIAS DE TERRENO			
	1	2	3	4
$\alpha$	0.099	0.128	0.156	0.170
$\delta$	245	315	390	455

### **CALCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA DE BASE $q_z$**

Quando el viento actúa sobre un obstáculo genera presiones sobre su superficie que varían según su intensidad de velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana perpendicular al que se denomina comúnmente presión dinámica de base se determina con la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.0000471 * G * V_D^2$$

Donde:

**G** = es un factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, adimensional.

**V<sub>D</sub>** = velocidad de diseño en Km/h.

**q<sub>z</sub>** = es la presión dinámica de base a una altura z sobre el nivel del terreno en kPa.

El factor de 0.0000471 corresponde a un medio de densidad del aire ( $\rho = 1.2255 \text{ Kg/m}^3$  para  $15^\circ\text{C}$  y al nivel del mar)

## EL FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA Y ALTITUD CON RESPECTO AL NIVEL DEL MAR

El factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar se obtiene con la siguiente expresión:

$$G = \left[ \frac{2.94\Omega}{273 + \tau} \right]$$

Donde:

$\Omega$  = presión barométrica en kPa.

$\tau$  = temperatura ambiente en °C

**TABLA 7.- RELACIÓN ENTRE ALTITUD Y PRESIÓN BAROMÉTRICA**

<b>ALTITUD (m.s.n.m)</b>	<b>PRESIÓN BAROMÉTRICA <math>\Omega</math> (kPa)</b>
0	101.32
500	95.99
1000	89.92
1500	84.66
2000	79.99
2500	75.33
3000	70.66
3500	65.69

Para valores intermedios se puede se puede interpolar la altitud, así como la presión barométrica.

## CALCULO DE PRESIONES EQUIVALENTES SOBRE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Las presiones del viento sobre estructuras de soporte de transmisión, se obtienen considerando el efecto dinámico del viento. Estas presiones se pueden obtener a partir de presiones equivalentes que emplean factores de respuesta dinámica, los cuales dependen de las condiciones del flujo y de las propiedades dinámicas de los componentes.

La presión dinámica se calcula con la siguiente expresión:

$$P_z = F_g C_a q_z$$

Donde:

**$P_z$**  = Presión dinámica equivalente a la altura  $z$ , en kPa.

**$F_g$**  = Factor de respuesta dinámica, dependiendo si se trata de la estructura de soporte o de cable, es adimensional.

**$C_a$**  = Coeficiente de arrastre, si se trata de la estructura o de cable, es adimensional.

**$q_z$**  = Presión dinámica de la base a la altura  $z$  sobre el terreno, en metros.

# FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE (TORRES)

Este factor corrige el valor de la presión del viento y se obtiene con la siguiente expresión:

$$F_g = \frac{1}{g_z^2} \left[ 1 + 12.86\sqrt{k} \left( \frac{10}{h_0} \right)^{\alpha^1} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{h_0}{L_s}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Donde:

**$g_z$**  = Factor de ráfaga, variable según la altura z.

**$\alpha^1$**  = Factor de variación de potencia, es adimensional y se toma en función de la categoría del terreno de la tabla 8.

**$L_s$**  = Escala de turbulencia del viento, en metros y se toma en función de la categoría del terreno de la tabla 8.

**$k$**  = Factor de rugosidad del terreno, es adimensional y se toma en función de la categoría del terreno de la tabla 8.

**$h$**  = Altura total de la estructura sobre el nivel del terreno, en metros.

**$h_0$**  = Altura de referencia de la estructura en metros, debe tomarse como  $2/3 h$ .

**TABLA 8.- FACTOR DE VARIACIÓN DE POTENCIA, DE TURBULENCIA DEL VIENTO Y RUGOSIDAD DEL TERRENO**

TERRENO TIPO	K	L <sub>s</sub>	$\alpha^1$
1	0.0030	72.10	0.121
2	0.0065	63.70	0.164
3	0.0142	53.50	0.216
4	0.0318	44.50	0.262

### **CALCULO DEL FACTOR DE RÁFAGA, PARA CONVERTIR VELOCIDADES DE UN TIEMPO DE PROMEDIACIÓN DE 3 SEGUNDOS A UN TIEMPO DE 10 MINUTOS**

El factor de ráfaga  $g_z$ , es la relación entre la velocidad máxima promediada de un lapso de tiempo  $t_1$  y otra promediada sobre un lapso de tiempo mayor  $t_2$  el cual debe ser suficientemente largo para que las condiciones del flujo no afecten el valor promedio; se recomienda emplear el valor de una hora. Este factor puede obtenerse con la siguiente expresión:

$$g_z = \left\langle \frac{1 - \left\{ 0.6226 \left[ \mathcal{K} \left( \frac{z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{3}{3600} \right) \right\}}{1 - \left\{ 0.6226 \left[ \mathcal{K} \left( \frac{z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{600}{3600} \right) \right\}} \right\rangle$$



En donde  $K$ ,  $\eta$  y  $\xi$  son valores adimensionales, dependen de la turbulencia y rugosidad del sitio;  $\delta$  es la altura gradiente en metros.

**TABLA 9.- VALORES DE  $K$ ,  $\eta$ ,  $\xi$  y  $\delta$**

	CATEGORÍA DEL TERRENO.			
	1	2	3	4
$k$	0.391	0.382	0.369	0.363
$\eta$	-0.032	-0.054	-0.096	-0.151
$\xi$	0.295	0.265	0.227	0.195
$\delta$	245	315	390	455

## CALCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE (CELOSÍA DE ELEMENTOS CON CARAS PLANAS)

El valor del coeficiente de arrastre para cada sección de una estructura formada con celosía de elementos con caras planas se obtiene de la tabla 10 en función de su relación de solidez  $\Phi$ , definida como:

$$\Phi = \frac{A_s}{A_t}$$

Donde:

$A_s$  = Área solida total de la cara de la sección considerada de la estructura y expuesta a la acción del viento, en un plano vertical y perpendicular a la dirección del flujo del viento.

$A_t$  = Área bruta circunscrita por el perímetro de la sección correspondiente, proyectada sobre el plano misionado.

**Nota:** Dado que  $\Phi$  es adimensional, las unidades de las dos áreas tienen que ser consistentes.

**TABLA 10.- COEFICIENTE DE ARRASTRE  $C_a$  DE TORRES DE CELOSÍA CON ELEMENTOS PLANOS**

RELACIÓN	SECCIÓN.	
	CUADRADA	TRIANGULAR
$\phi < 0.025$	4.00	3.60
$0.025 \leq \phi \leq 0.44$	$4.10 - 5.20 \phi$	$3.70 - 4.50 \phi$
$0.45 \leq \phi \leq 0.69$	1.80	1.70
$0.70 \leq \phi \leq 1.00$	$1.30 + 0.70 \phi$	$1.00 + \phi$

## CALCULO DEL COEFICIENTE DE ARRASTRE (POSTES TRONCOCONICOS)

La Tabla 11 incluye factores de arrastre para secciones tubulares típicas utilizadas en postes de líneas de transmisión. Estos factores tienen en cuenta el efecto de la rugosidad superficial de los postes, según el material o el tipo de recubrimiento anticorrosivo (galvanizado, madera, acero pintado), y también los elementos que normalmente se adicionan a los postes, como escaleras, placas de amarre, peldaños, etc.

<b>TIPO DE POSTE</b>	<b>Ca</b>
CIRCULAR	0.9
POLIGONO: 16 LADOS	0.9
POLIGONO: 12 LADOS	1
POLIGONO: 8 LADOS	1.4
POLIGONO: 6 LADOS	1.4
CUADRADO, RECTANGULAR	2

# **CAPITULO III**

## **PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS ACCIONES POR VIENTO**

# EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA TORRES

## Ejemplo: Torre de Suspensión

La estructura de CFE seleccionada para desarrollar el ejemplo es una torre de tipo 2B23 con 67.53 metros de altura. Para las torres de transmisión, la velocidad regional de viento máxima (VM) se asocia con un periodo de retorno igual 50 años.

### Datos de partida

A continuación, se detallan los datos de partida para el diseño:

#### ***Datos climatológicos de la zona:***

Velocidad regional (km/h) = 135

Altura sobre el nivel del mar = 35 msnm

Temperatura ambiente °C = 27

Factor topográfico local = 1.1

Categoría del terreno = 2

Altura a 2/3 = 45.02 m

## 1) Determinar la velocidad de diseño

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

$$V_D = (1.1) * (F_\alpha) * (135 \text{ km/h})$$

El factor de exposición  $F_\alpha$  se obtiene de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Si } z \leq 10\text{m} \quad F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^\alpha$$

$$\text{Si } 10 < z < \delta \quad F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{z}{\delta} \right]^\alpha$$

$$\text{Si } z \geq \delta \quad F_\alpha = 1.56$$

Como la altura a  $2/3 = \text{m}$  es mayor a 10 m y menor a  $\delta$  que está en función de la rugosidad del terreno de la tabla 6; se toma la siguiente ecuación:

$$F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{z}{\delta} \right]^\alpha$$

$$F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{45.02}{315} \right]^{0.128}$$

$$F_\alpha = 1.216$$

Por lo tanto:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

$$V_D = (1.1) * (F_\alpha) * (135 \text{ km/h})$$

$$V_D = (1.1) * (1.216) * (135 \text{ km/h})$$

$$V_D = 180.576 \text{ km/h}$$

2) Calcular la presión dinámica de base  $q_z$

$$q_z = 0.0000471 * G * V_D^2$$

$$q_z = 0.0000471 * G * V_D^2$$

$$q_z = 0.0000471 * G * (180.576 \text{ km/h})^2$$

El factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar se obtiene con la siguiente expresión:

$$G = \left[ \frac{2.94\Omega}{273 + \tau} \right]$$

Donde  $\Omega$  es la presión barométrica en kPa, y se obtiene de la tabla 7 y para valores intermedios se hace una interpolación,  $\tau$  es la temperatura ambiente en  $^{\circ}\text{C}$  que es un dato de campo.

Entonces:

$$G = \left[ \frac{2.94 * 100.94 \text{ kPa}}{273 + 27} \right]$$

$$G = 0.9892$$

$$q_z = 0.0000471 * (0.9892) * (180.576 \text{ km/h})^2$$

$$q_z = 1.5192 \text{ kPa}$$

**3) Calcular la presión dinámica equivalente**

$$P_z = F_g C_a q_z$$

$$P_z = F_g C_a (1.5192 \text{ kPa})$$

Por lo tanto:

El factor de respuesta dinámica ( $F_g$ ) se obtiene

$$F_g = \frac{1}{g_z^2} \left[ 1 + 12.86 \sqrt{k} \left( \frac{10}{h_0} \right)^{\alpha^1} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{h_0}{L_s}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$



Entonces:

$$F_g = \frac{1}{g_z^2} \left[ 1 + 12.86\sqrt{0.0065} \left( \frac{10}{45.02} \right)^{0.164} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{45.02}{63.70}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Donde:

$g_z$  es el factor de ráfaga y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$g_z = \left\langle \frac{1 - \left\{ 0.6226 \left[ \mathcal{K} \left( \frac{Z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{3}{3600} \right) \right\}}{1 - \left\{ 0.6226 \left[ \mathcal{K} \left( \frac{Z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{600}{3600} \right) \right\}} \right\rangle$$

Por lo tanto:

$$g_z = \left\langle \frac{1 - \left\{ 0.6226 \left[ 0.382 \left( \frac{45.02}{315} \right)^{-0.054} - 0.265 \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{3}{3600} \right) \right\}}{1 - \left\{ 0.6226 \left[ 0.382 \left( \frac{45.02}{315} \right)^{-0.054} - 0.265 \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{600}{3600} \right) \right\}} \right\rangle$$

$$g_z = 1.2880$$

Entonces sustituyendo el factor de ráfaga en el factor de respuesta dinámica se obtiene:

$$F_g = \frac{1}{1.2880^2} \left[ 1 + 12.86\sqrt{0.0065} \left( \frac{10}{45.02} \right)^{0.164} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{45.02}{63.70}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$F_g = 1.0158$$

**Calcular el coeficiente de arrastre Ca:**

$$\Phi = \frac{A_s}{A_t}$$

$$\Phi = \frac{123.34}{577.46}$$

$$\Phi = 0.2135$$

RELACIÓN	SECCIÓN.	
	CUADRADA	TRIANGULAR
$\phi < 0.025$	4.00	3.60
$0.025 \leq \phi \leq 0.44$	$4.10 - 5.20 \phi$	$3.70 - 4.50 \phi$
$0.45 \leq \phi \leq 0.69$	1.80	1.70
$0.70 \leq \phi \leq 1.00$	$1.30 + 0.70 \phi$	$1.00 + \phi$

Como tengo una sección cuadrada y mi valor esta entre 0.025 y 0.44 tomo:

$$C_a = 4.10 - 5.20 \times (0.2135)$$

$$C_a = 2.9898$$

Para finalizar la presión del viento sobre la estructura es:

$$P_z = F_g C_a q_z$$

$$P_z = 1.0158 \times 2.9898 \times 1.5192 \text{ kPa}$$

$$P_z = 4.6138 \text{ kPa}$$

# EJEMPLO DE APLICACIÓN PARA POSTES

## Ejemplo: Poste de Suspensión

La estructura de CFE seleccionada para desarrollar el ejemplo es un poste troncocónico de tipo 1210S con 25.92 metros de altura, con una sección de 12 lados. La velocidad regional de viento máxima (VM) se asocia con un periodo de retorno igual 50 años.

### Datos de partida

A continuación se detallan los datos de partida para el diseño:

#### *Datos climatológicos de la zona:*

Velocidad regional (km/h) = 143

Altura sobre el nivel del mar = 538 msnm

Temperatura ambiente °C = 27

Factor topográfico local = 1

Categoría del terreno = 2

Altura a 2/3 = 17.28 m

## 1) Determinar la velocidad de diseño

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

$$V_D = (1) * (F_\alpha) * (143 \text{ km/h})$$

El factor de exposición  $F_\alpha$  se obtiene de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Si } z \leq 10\text{m} \quad F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^\alpha$$

$$\text{Si } 10 < z < \delta \quad F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{z}{\delta} \right]^\alpha$$

$$\text{Si } z \geq \delta \quad F_\alpha = 1.56$$

Como la altura a  $2/3 = \text{m}$  es mayor a 10 m y menor a  $\delta$  que está en función de la rugosidad del terreno de la tabla 6; se toma la siguiente ecuación:

$$F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{z}{\delta} \right]^\alpha$$

$$F_\alpha = 1.56 \left[ \frac{17.28}{315} \right]^{0.128}$$

$$F_\alpha = 1.075$$

Por lo tanto:

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

$$V_D = (1) * (F_\alpha) * (143 \text{ km/h})$$

$$V_D = (1) * (1.075) * (143 \text{ km/h})$$

$$V_D = 153.725 \text{ km/h}$$

**2) Calcular la presión dinámica de base qz**

$$qz = 0.0000471 * G * V_D^2$$

$$qz = 0.0000471 * G * V_D^2$$

$$qz = 0.0000471 * G * (153.725 \text{ km/h})^2$$

El factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar se obtiene con la siguiente expresión:

$$G = \left[ \frac{2.94\Omega}{273 + \tau} \right]$$

Donde  $\Omega$  es la presión barométrica en kPa, y se obtiene de la tabla 7 y para valores intermedios se hace una interpolación,  $\tau$  es la temperatura ambiente en  $^{\circ}\text{C}$  que es un dato de campo.

Entonces:

$$G = \left[ \frac{2.94 * 95.52 \text{ kPa}}{273 + 27} \right]$$

$$G = 0.9361$$

$$q_z = 0.0000471 * (0.9361) * (153.725 \text{ km/h})^2$$

$$q_z = 1.0419 \text{ kPa}$$

**3) Calcular la presión dinámica equivalente**

$$P_z = F_g C_a q_z$$

$$P_z = F_g C_a (1.0419 \text{ kPa})$$

Por lo tanto:

El factor de respuesta dinámica ( $F_g$ ) se obtiene

$$F_g = \frac{1}{g_z^2} \left[ 1 + 12.86 \sqrt{k} \left( \frac{10}{h_0} \right)^{\alpha_1} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{h_0}{L_s}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Entonces:

$$F_g = \frac{1}{g_z^2} \left[ 1 + 12.86\sqrt{0.0065} \left( \frac{10}{17.28} \right)^{0.164} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{17.28}{63.70}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

Donde:

$g_z$  es el factor de ráfaga y se obtiene con la siguiente ecuación:

$$g_z = \left\langle \frac{1 - \left\{ 0.6226 \left[ \mathcal{K} \left( \frac{z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{3}{3600} \right) \right\}}{1 - \left\{ 0.6226 \left[ \mathcal{K} \left( \frac{z}{\delta} \right)^n - \xi \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{600}{3600} \right) \right\}} \right\rangle$$

Por lo tanto:

$$g_z = \left\langle \frac{1 - \left\{ 0.6226 \left[ 0.382 \left( \frac{17.28}{315} \right)^{-0.054} - 0.265 \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{3}{3600} \right) \right\}}{1 - \left\{ 0.6226 \left[ 0.382 \left( \frac{17.28}{315} \right)^{-0.054} - 0.265 \right]^{1.2716} * \ln \left( \frac{600}{3600} \right) \right\}} \right\rangle$$

$$g_z = 1.3347$$



Entonces sustituyendo el factor de ráfaga en el factor de respuesta dinámica se obtiene:

$$F_g = \frac{1}{1.3347^2} \left[ 1 + 12.86 \sqrt{0.0065} \left( \frac{10}{17.28} \right)^{0.164} \left( \frac{1}{1 + 0.563 \frac{17.28}{63.70}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$F_g = 1.0569$$

**Calcular el coeficiente de arrastre  $C_a$ :**

Como tengo una sección de 12 lados el  $C_a$  es igual a 1 de acuerdo a la tabla 11.

$$C_a = 1$$

Para finalizar la presión del viento sobre la estructura es:

$$P_z = F_g C_a q_z$$

$$P_z = 1.0569 \times 1 \times 1.0419 \text{ kPa}$$

$$P_z = 1.1011 \text{ kPa}$$

# TORRE TIPO

# 2 B 2 3

## CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Tensión de operación	230 kV
Uso de la estructura	Suspensión claros medios
Número de cadenas por fase	2
Número de conductores por fase	3
Característica (opcional) de la torre	

## CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE DESPLANTE

Velocidad regional (km/h)	135
Altura sobre el nivel del mar (H)	35
Temperatura ambiente °C	27
Categoría del terreno	2
Factor topografico	1.1

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LA TORRE

Seccion transversal	Cuadrada
Altura total de la torre (m)	67.53
Altura a 2/3 de la torre (z)	45.02
Area solida total (AS)	123.34
Area bruta circunscrita (At)	577.43
Relacion de solidez ( $\phi$ ) adimensional	0.213601649
Coefficiente de arrastre (Ca) adimensional	2.989271427

## DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

$F\alpha =$	1.216120895	adimensional
$VD = FT * F\alpha * VR$	180.5939528	km/h

## CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA DE BASE

$qz =$	1.519659808	kPa
--------	-------------	-----

## CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA EQUIVALENTE

$gz =$	1.288024943	adimensional
$Fg =$	1.015772059	adimensional
$Pz =$	4.614322989	kPa

# POSTE TIPO

1 2 1 0 S

## CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Tensión de operación	115 kV
Número de circuitos	2
Número de conductores por fase	1
Deflexión máxima de diseño del poste	0°
Uso de la estructura	Suspensión

## CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE DESPLANTE

Velocidad regional (km/h)	143
Altura sobre el nivel del mar (H)	538
Temperatura ambiente °C	27
Categoría del terreno	2
Factor topografico	1

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL POSTE

Seccion transversal	POLIGONO: 12 LADOS	
Altura total del poste (m)	25.92	
Altura a 2/3 de la torre (z)	17.28	
Coefficiente de arrastre (Ca) adimensional	1	

## DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE DISEÑO

$F\alpha =$	1.075836925	adimensional
$VD = FT * F\alpha * VR$	153.8446802	km/h

## CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA DE BASE

$qz =$	1.043628009	kPa
--------	-------------	-----

## CÁLCULO DE LA PRESIÓN DINÁMICA EQUIVALENTE

$gz =$	1.334783153	adimensional
$Fg =$	1.056792804	adimensional
$Pz =$	1.102898571	kPa

# **CAPITULO IV**

## **LOS IMPACTOS AL AMBIENTE Y A LA SALUD GENERADOS POR LA CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN**

# **ALTA TENSIÓN Y SUS EFECTOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE**

La exposición a los campos electromagnéticos, generados por líneas de alta tensión y centros de transformación, es decir, de una frecuencia de 50 Hertzios (50 Hz), está generando cierta preocupación por los posibles efectos nocivos para la salud humana. Hay dos componentes de los campos electromagnéticos (CEM) - el campo eléctrico y el campo magnético. La controversia sobre los posibles efectos para la salud humana está centrada en el componente magnético, es decir, los campos magnéticos.

Los campos magnéticos se originan por el movimiento de cargas eléctricas. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de energía; cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético. Los campos magnéticos son más intensos en los puntos cercanos a su origen y su intensidad disminuye rápidamente conforme aumenta la distancia desde la fuente. Los materiales comunes, como las paredes de los edificios, no bloquean los campos magnéticos.

Una de las primeras llamadas de alerta sobre los efectos negativos para la salud de los campos electromagnéticos (CEM) data de 1972 cuando científicos de la antigua Unión Soviética comunican extrañas alteraciones en los trabajadores eléctricos expuestos habitualmente a altos niveles de campos electromagnéticos. Los trabajadores tenían un aumento de enfermedades cardíacas, alteraciones de la tensión arterial, cefaleas recurrentes, fatiga, estrés y depresión crónica.

Un estudio de la universidad del sur de california llevado a cabo por John Peters publicado en noviembre de 1991 confirmo que la leucemia infantil y la exposición a CEM refuerza la evidencia de que la proximidad a las líneas de alta tensión puede incrementar el riesgo a la leucemia.

Otro estudio sueco ha confirmado que la larga exposición a campos electromagnéticos fue un factor crítico en el desarrollo de enfermedades, entre ellas tumores malignos. **María Feychting**, científica del Instituto Karolinska de Estocolmo estudió a 127.000 niños que vivieron durante 25 años en la proximidad de líneas de AT encontrando que el riesgo de leucemia se multiplicaba por dos.

También un estudio de la Universidad de Carolina del Norte realizado por **Dana Loomis** y publicado el 15 de junio de 1994 en la revista del instituto nacional de cáncer, encontró que las mujeres relacionadas con trabajos eléctricos tenían un 38% más de probabilidades de morir por cáncer de mama que otras trabajadoras. El estudio encontró que la tasa de mortalidad por cáncer de mama era más del doble entre las instaladoras de teléfonos, técnicas de reparaciones y mantenedoras de línea cuando se comparaban con otro tipo de trabajadoras no relacionadas con ocupaciones eléctricas. Los resultados apoyan los de cuatro estudios previos que encontraron tasas elevadas de cáncer de mama entre los hombres vinculados a trabajos en contacto con la electricidad.

Investigadores neozelandeses también han encontrado una relación entre las líneas de alta tensión como desencadenantes de asma y depresión en adultos. Según lo publicado el 12 de mayo de 1997 en el **New Zealand Herald**, los que viven a menos de 20 metros de cables de alta tensión tienen 3 veces más posibilidades de padecer asma y 2 veces más de sufrir depresión que la población no expuesta. El estudio también indica que estos sujetos tienen mayores posibilidades de tener enfermedades relacionadas con el sistema inmunitario como alergia, dermatitis de contacto e incluso diabetes. Adopción de medidas de precaución en una franja de 30 mts a partir del eje de la línea de alta tensión de 132 Kv en zonas urbanas.

Los estudios de laboratorio también han mostrado efectos sobre la salud derivados de los CEM. **Cass Peterson**, redactor del **Washington Post** afirma: *"numerosos estudios en animales han demostrado alteraciones neurológicas y de la reproducción derivadas de los CEM. Los embriones de pollo muestran una tasa mayor de malformaciones cuando se exponen a CEM, los ratones sufren un mayor porcentaje de abortos y fetos malformados cuando se exponen*

*a frecuencias moderadamente elevadas, similares a las que emiten los monitores de video de los ordenadores".*

*Peterson también afirma: "en distintos experimentos, los científicos del Centro para el Tratamiento e Investigación del Cáncer en San Antonio descubrieron que células malignas humanas expuestas a campos de 60 Hz (la frecuencia de una línea de alta tensión) crecían hasta 24 veces más rápido que las no expuestas, mostrando además un aumento de la resistencia a la destrucción por las células del sistema inmunitario".*

La más reciente estrategia de la Industria y de parte de la Administración es argumentar que no se puede probar que exista un riesgo sobre la salud derivado de la exposición a CEM hasta que no se conozca exactamente el mecanismo de cómo los CEM producen cáncer, leucemia y otras enfermedades.

Lo que la Industria y la Administración no citan es que treinta años después de haber probado la Epidemiología que el amianto es un potente agente cancerígeno, los científicos todavía no saben el mecanismo a través del cual la inhalación de fibra de amianto produce cáncer de pulmón. Tampoco saben cómo el humo del tabaco reacciona en el tejido pulmonar para producir cáncer o cómo el pesticida DDT actúa en el tejido mamario para dar lugar al cáncer de mama. Si las autoridades sanitarias hubieran tenido que esperar hasta tener un conocimiento completo de los mecanismos carcinogénicos de estos agentes, no habría ninguna legislación sobre la exposición a estas sustancias, no existirían las advertencias sobre los peligros del tabaco y se seguiría utilizando el DDT como pesticida.

En Estados Unidos, los **Tribunales de Justicia** se han pronunciado sobre los efectos en la salud de las personas. *"Teniendo en cuenta la consistencia de los resultados de la mayoría de los estudios sobre cáncer infantil y de los más de dos docenas de estudios ocupacionales, el peso de la evidencia claramente muestra que las personas expuestas a CEM, tanto en casa como en el trabajo, están sometidas a un aumento del riesgo de padecer leucemia y tumores cerebrales. Hay estudios*

*recientes que señalan un aumento de cáncer de mama entre los varones expuestos a CEM durante su trabajo, estudios particularmente alarmantes si se demuestra que el cáncer de mama y otros cánceres del aparato reproductor femenino también se asocian con la exposición a CEM. En ese caso, las naciones se van a encontrar con un grave problema de salud pública. No hacer nada al respecto es inaceptable, porque estamos como hace 25 años cuando se empezó a hablar de los riesgos del tabaco".*

En resumen, los impactos ambientales y a la salud son:

Graves daños a la salud humana. Muchos estudios científicos relacionan los campos magnéticos de las MAT, con el desarrollo de leucemia (especialmente infantil), cáncer de mama, de pulmón y cerebral, inmunodepresión, problemas de corazón, depresión, cambios de conducta, Alzheimer, etc.

Ruidos constantes.

Pérdida de calidad de vida por el impacto visual y el deterioro del paisaje.

Fuerte impacto negativo sobre el desarrollo turístico. Afecta en zonas de gran valor medioambiental y paisajístico y a poblaciones con un rico patrimonio arquitectónico, comprometiendo el desarrollo de actividades turísticas en estas zonas.

Pérdida de usos y de valor de las propiedades cercanas.

Daños a la flora, la fauna y a los usos forestales. Apertura de pistas y deforestación entorno a las torres. La Sociedad Española de Ornitología afirma que mueren anualmente en España 1 millón de aves por impacto y electrocución.

Existen decenas de investigaciones e informes oficiales muestran los graves efectos sobre la salud de las líneas de alta tensión. Existen ya sentencias judiciales contra instalaciones generadoras de campos electromagnéticos que toman en consideración estos estudios.



El Informe Karolinska (Suecia 1992) afirma que vivir a menos de 100 metros de una línea de alta tensión multiplica por 4 las posibilidades de sufrir leucemia.

El Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental e Institutos Nacionales de Salud y Departamento de Energía de los Estados Unidos (EE.UU. 1999), constatan que la exposición a estos campos electromagnéticos es un “posible cancerígeno humano”, basándose en la evidencia del incremento del riesgo de sufrir leucemia infantil.

Investigadores de la Universidad de Oxford (Reino Unido 2005) relacionan un aumento significativo del riesgo de cáncer con la proximidad a líneas eléctricas.

En el Bioinitiative Report, 2007 y en el estudio realizado por M. Kabuto y colaboradores en 2006 (publicado en la International Journal of Cáncer) se demuestra la relación entre las líneas de alta tensión y la leucemia infantil.

Varios países consideran que el pasillo de seguridad de una línea de Alta Tensión tiene que ser, al menos, de un metro por cada kV, lo cual significa un mínimo de 400 metros por cada lado en las líneas de 400 kV. Así lo ha establecido, por ejemplo, el Ayuntamiento de Jumilla (Murcia). En Alemania, una nueva ley de 2007 impone las líneas eléctricas subterráneas en todos los trazados que estén a menos de 200 m de las casas unifamiliares y a 400 m de todas las zonas urbanas o protegidas.

## CONCLUSIONES

- Durante el desarrollo de este trabajo se aplicó una metodología que nos permite conocer el viento de una manera estadística, pero como aun es un campo en constante investigación se deben desarrollar métodos más precisos para hacer las estructuras más eficientes.
- En la actualidad existen softwares avanzados que nos permiten agilizar el diseño de dichas estructuras, pero debido a la falta de capacitación que hay en el país para desarrollar este tipo de trabajos, es recomendable que en las universidades se aborden estos temas para un mejor desarrollo académico y poder competir en este campo laboral.
- Cabe mencionar que hoy en día se está desarrollando un nuevo manual de diseño por viento donde se tienen consideraciones para diseñar torres y postes de transmisión por eventos climáticos como los tornados y huracanes, ya que en este manual que utilice para desarrollar este trabajo no se tienen considerados estos fenómenos meteorológicos y solo se diseña por la velocidad regional más fuerte en la región de desplante, y eso ha ocasionado problemas en dichas estructuras.
- En cuanto al impacto ambiental que generan dichas estructuras solo en algunos países se están haciendo estudios minuciosos sobre los problemas que generan estas obras en la salud y el medio ambiente por lo tanto hay que exigir a las instituciones pertinentes que se hagan estudios sobre los efectos que ocasionan este tipo de obras.
- Teniendo en cuenta los puntos anteriores, considero que lo más importante para poder llevar a cabo un proyecto es hacer un buen estudio de impacto ambiental pues en la actualidad los intereses

personales siempre van por delante del cuidado de la naturaleza y de las personas que menos tienen.

## BIBLIOGRAFIA

American society of civil engineers, minimum design loads for buildings and other structures, estados unidos, 2003.

Comisión federal de electricidad, torres para líneas de transmisión y subtransmisión especificación cfe j1000-50, méxico, 2011.

Computers and structures, inc., steel frame design manual aisc 360-05 / ibc 2006 for sap2000®, estados unidos, 2011.

Comisión de las comunidades europeas (2000): «comunicación de la comisión sobre el recurso al principio de precaución». bruselas, Bélgica.

Comisión de las comunidades europeas (2001): «opinión sobre los posibles efectos de los campos electromagnéticos (emf), campos de radio frecuencia (rf) y radiación de microondas sobre la salud humana». bruselas, Bélgica.

Conama rms (2002): «áreas verdes en el gran santiago», área ordenamiento territorial y recursos naturales. santiago, Chile.

Conama rms (2005): «plan verde», actualización del texto «áreas verdes en el gran santiago», versión 3. santiago, Chile.

Consejo de Europa (2000): «convención europea del paisaje». congress of local and regional authorities of Europe.

Consejo de la Unión Europea. (1999): «recomendación del consejo relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos (0 Hz a 300 GHz)». diario oficial de las comunidades europeas. 1999/519/CE. etc (1999): «estrategia territorial europea». reunión extraordinaria del consejo de ministros responsables del territorio. comisión europea. postdam.

*Departaments de geografia de la universitat de barcelona. salinas torres, m. (2006): «las torres de alta tensión y su impacto ambiental en santiago». tesis doctoral. universitat de barcelona.*

Hernández rosas a., morales padilla f., diseño de torres de transmisión eléctrica, tesis de licenciatura, ipn, 2005.

Holmes j.d., wind loading of structures, taylor & francis, segunda edición, estados unidos 2007.

Holmes, j.d., oliver, s.d. (1998), an empirical model of a downburst, dept. of mechanical engineering monash university, australia.

Instituto de investigaciones eléctricas, comisión federal de electricidad, manual de diseño de obras civiles – diseño por viento, cfe, méxico, 2008.

Lista de precios, acero consolidada, méxico, vigente a partir del 6 de agosto de 2013.

Morales hernández, roger, efectos dinámicos generados en torres de transmisión por ruptura de cables, tesis de maestría, unam, 2008.

*Morales oyarzún, i. (2008): «propuesta metodológica para evaluar áreas verdes en el diagnóstico local». universidad tecnológica metropolitana. santiago, chile.*

Oldani, j., la meteorología, editorial de vecchi, españa, 2007.

Oseguera r.m., bowles r.l, “a simple analytic 3-dimensional downburst model based on boundary layer stagnation flow”, nasa technical memorandum 100632, estados unidos, 1988.

*Ocaña ocaña, et al. (2004): las vistas como recurso territorial. ensayo de la evaluación del paisaje visual mediante un sig. departamento de geografía. universidad de Málaga.*

*Oñate, j. et al. (2002): evaluación ambiental estratégica. la evaluación ambiental de políticas, planes y programas. ediciones mundi-prensa. madrid.*

Priestley m.j.n., seible f., calvi g.m., seismic design and retrofit of bridges, john wiley & sons inc., estados unidos, 1996.

*Rubio romero, p. (1995): «los estudios del paisaje y la teoría general de sistemas». xiv congreso nacional de geografía. age. salamanca.*

*Real decreto 1066/2001 publicado en el boe núm. 234  
publicación 1999/519/ce del consejo de la unión europea  
monografo del centro internacional de investigación sobre el cáncer,  
2002*

Wei-lian qu, bai-feng ji, jin-wen wang, numerical analysis of factors influencing the downbursts wind profiles, the seventh asia-pacific conference on wind engineering, november 8-12, 2009, taipei, taiwan.

*Zoido naranjo, f. (2005): «desarrollo y aplicaciones de la convención europea del paisaje». revista el país. españa.*