

# Boletín 1

Resistencia y rigidez  
de canalizaciones  
eléctricas  
por sistemas de  
bandejas portacables  
en zonas sísmicas

Boletín técnico N°1  
PARTE 1  
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

## Resistencia y rigidez de canalizaciones eléctricas por sistemas de bandejas portacables en zonas sísmicas.

### PARTE 1

Por:

**Ing. Gregor Rojas**  
 GERENTE NACIONAL  
 MERCADEO Y VENTAS  
 División materiales eléctricos

El tema de estructuras sismorresistentes es muy común en nuestros días, amplio y aplica principalmente en el diseño de edificaciones. No obstante, realizar un proyecto de una edificación con características sismorresistente sin hacer lo mismo para el resto de las instalaciones de servicio que lo componen, tales como: canalizaciones de agua, desagües, canalizaciones eléctricas, gas, etc.

Podría en una eventualidad sísmica colapsar uno de estos servicios generando un daño que podría terminar en catástrofe. Es por ello que también se deben llevar al plano de las instalaciones de servicios las consideraciones necesarias para que sus estructuras puedan resistir ante eventuales terremotos.

De todos es conocido el efecto devastador de un movimiento sísmico que posea una determinada aceleración horizontal. El grado de destrucción será en función de una serie de parámetros siendo los más importantes la calidad de las construcciones, la distancia al epicentro y las aceleraciones producidas.

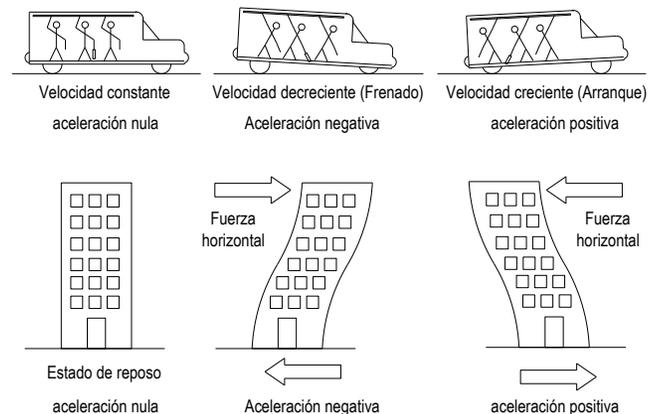
Podemos interpretar el efecto de un terremoto en las construcciones, como un movimiento brusco de sus fundaciones. Los parámetros que permiten estudiar las características de dicho movimiento y su efecto en las estructuras, son: el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la energía liberada, etc., todos en función del tiempo (pues es un efecto dinámico). Estos datos se obtienen del procesamiento de la información registrada por instrumental adecuado (sismógrafos, acelerógrafos, etc.).

A fin de interpretar intuitivamente el efecto que un sismo provoca en las construcciones, nos apoyaremos

en la figura 1 que representa los dos situaciones, observemos lo que sentimos cuando viajamos de pie en un colectivo; nosotros representaríamos el edificio, nuestros pies, las fundaciones, y el piso del vehículo, el terreno de fundación. Cada vez que el colectivo experimenta un cambio en la velocidad (esto es una aceleración), sentimos una fuerza horizontal que nos empuja hacia atrás o hacia adelante según sea que arranque (aceleración positiva) o frene (aceleración negativa).

El valor de dicha fuerza dependerá de la aceleración del vehículo (que representaría la intensidad del sismo), y de nuestro peso (que representa la masa del edificio). Resulta evidente que cuanto mayor sea la aceleración y el peso, mayor será la fuerza experimentada.

De esta manera, en forma muy simplificada podemos interpretar el efecto del sismo en las construcciones como "una fuerza horizontal" cuyo valor se determina en función de la aceleración del terreno (intensidad sísmica), y de la masa del edificio (o sea de su peso).



### Especificaciones de fabricación

#### (a) Resistencia y rigidez

Representación esquemática del efecto del sismo en las personas y en las construcciones

**Figura 1**

La aceleración provocada por el sismo en el terreno puede tener cualquier dirección y sentido, y se representa a través de tres componentes: dos horizontales perpendiculares entre sí (por ejemplo nortesur y este-oeste), y una vertical.

Las componentes horizontales provocan fuerzas sísmicas en esa dirección, y la vertical da lugar a fuerzas

verticales, que se suman o restan (según su sentido), a las fuerzas gravitatorias (peso) de los elementos afectados. Este último efecto es equivalente al que sentimos dentro de un ascensor cuando se pone en marcha o se detiene.

Las fuerzas horizontales son las principales responsables de los daños en las estructuras, y tienden a "volcar" los edificios; las verticales afectan fundamentalmente a partes estructurales en voladizo, tales como aleros y balcones.

### **Efectos sobre canalizaciones eléctricas**

Lo visto anteriormente es válido para cualquier elemento expuesto a la acción de un sismo. Es decir que un sistema de canalización eléctrica experimentará durante un sismo, fuerzas horizontales y verticales adicionales a su propio peso, las que serán proporcionales a la masa del mismo. Si bien el sismo constituye un fenómeno dinámico, cuyo estudio implica tener en cuenta innumerables variables, podemos, en forma simplificada, considerar su efecto a través de la acción de tres fuerzas adicionales al peso de la canalización, dos fuerzas horizontales con direcciones perpendiculares y una fuerza vertical, aplicadas en el centro de gravedad (lugar donde se puede considerar concentrado el peso) de la canalización.

La cuantificación de estas fuerzas es una tarea que necesita de la consideración de una serie de factores, tales como: las características del sismo, las condiciones del suelo, el tipo de estructura (sus características resistentes, estáticas y dinámicas), etc. No obstante, a los fines de evaluar este efecto en los elementos comunes de una canalización eléctrica, se pueden considerar dichas fuerzas con un valor igual al peso de la canalización. Es decir que una canalización de peso  $P$ , se encontrará sujeto a fuerzas horizontales y verticales, como consecuencia de un sismo, aplicadas en su centro de gravedad.

Este criterio debe utilizarse para realizar una revisión a conciencia de todos los elementos existentes en una canalización eléctrica a fin de evitar el posible colapso de los mismos ante la ocurrencia de un sismo.

### **CARGAS SISMICAS**

Las cargas sísmicas son cargas inerciales causadas por movimientos sísmicos, estas pueden ser calculadas teniendo en cuenta las características dinámicas del

terreno, de la estructura (amortiguamiento masa y rigidez) y las aceleraciones esperadas.

### **Cargas vivas y cargas muertas.**

Las cargas vivas son las causadas por la ocupación de los edificios, y las cargas de tránsito en las estructuras viales.

Las cargas muertas son todas las cargas de elementos permanentes de construcción incluyendo los muros, pisos, cubiertas, cielos rasos, escaleras, equipos permanentes, sistemas de canalizaciones eléctricas y todas las cargas que no sean de ocupación. También las fuerzas de preesfuerzo.

### **Cambio de Rigidez**

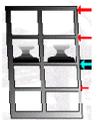
Al cambiar la rigidez se presentan cambios en el desplazamiento, al igual que en el período, los cambios en la masa son pequeños.



La deriva para pórticos de concreto, no debe ser mayor que 1,5% de la altura, este porcentaje tiene tendencia a bajar. Para controlar la deriva se incrementa la rigidez.

### **Cambio de Masa**

La presencia de grandes masas en las estructuras, produce un incremento en las fuerzas horizontales debidas a los sismos. Mientras más alto este la masa, su incidencia en el comportamiento de la estructura es mayor. El período se reduce y la amplitud aumenta



### **Vulnerabilidad Sísmica**

Es un término relacionado con un edificio o estructura propenso o susceptible de sufrir daño o colapso debido a un terremoto potencial.

Se determina que un edificio es sísmicamente vulnerable si no cumple con los reglamentos vigentes para construcciones sismorresistentes y con los criterios actuales de ingeniería sismorresistente, o si un análisis determina que el sistema estructural no es apto para resistir las acciones sísmicas y es susceptible de sufrir daño severo o aún de colapsar debido a un evento destructivo.

### **Disminución de la vulnerabilidad en zonas de alto peligro sísmico.**

Es indudable el importantísimo aporte realizado por la ingeniería sismorresistente a la disminución de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones. En la actualidad, el nivel de conocimiento del efecto sísmico en las estructuras, así como del comportamiento de los materiales, permite proyectar y ejecutar construcciones seguras ante la ocurrencia de terremotos.

No obstante lo antes indicado, el concepto actual de vulnerabilidad sísmica es mucho más amplio, e involucra a otras disciplinas entre las que se cuentan las canalizaciones eléctricas cuya participación resulta hoy indispensable para lograr el nivel de seguridad deseado.

Nuestro planeta se encuentra en una constante evolución, no sólo en la superficie, sino también en las cortezas interiores.

La deformación de los materiales rocosos que componen las capas internas de la Tierra, produce distintos tipos de ondas o vibraciones, las cuales originan a su vez tensiones internas que se transmiten hacia las diferentes capas rocosas y alcanzan intensidades tales que las masas continentales sometidas a sus efectos no las resisten, desplazándose acompañadas de rupturas.

Estas rupturas ocasionan un desprendimiento violento de energía acumulada, la cual es convertida en calor y ondas elásticas, con un efecto sobre la superficie terrestre que produce movimiento telúrico temblor o terremoto variando su intensidad en relación directa a la energía liberada.

**Zonificación sísmica de Venezuela**

Existen algunas formas de cuantificar y presentar los mapas de zonificación sísmica de una determinada región.

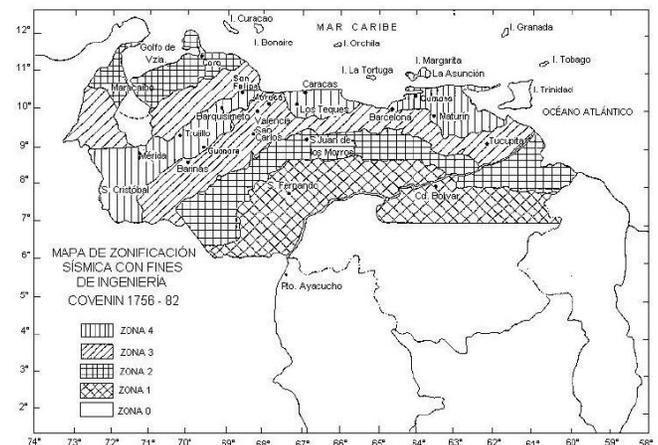
Una de ellas es en base al análisis de las curvas isosistas de eventos registrados en el pasado. Para ello, los daños o efectos, producidos por un sismo son evaluados en función de la Intensidad. Otra forma, de zonificar aunque un tanto más elaborada es a través de los mapas sismotectónicos, que incluyen: información tectónica, geológica, geofísica, geotécnica y sísmica.

Desde el punto de vista de ingeniería sismo resistente, esta zonificación no aporta parámetros con los cuales se

pueda determinar las fuerzas de diseño sísmico de la estructura.

La tercera forma y la más utilizada para zonificar sísmicamente es la de cálculo, se procede a evaluar la peligrosidad sísmica en términos probabilísticos. En esta corriente de evaluación, el ATC 3-06 plantea la construcción de espectros de aceleración elástica en base a la aceleración máxima del suelo en roca, la misma que se obtiene de mapas de regionalización sísmica originados en curvas de igual aceleración para una vida útil de la estructura de 50 años y con una probabilidad de excedencia del 10%.

Las zonificaciones sísmicas que se han realizado en Venezuela teniendo en cuenta la vida útil y probabilidad de excedencia indicados. En la figura 2 se muestra el primer mapa de zonificación sísmica de Venezuela, que fue publicado en la Norma COVENIN 1756-82. Este trabajo fue realizado en el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la U.C.V.



**Especificaciones de fabricación**

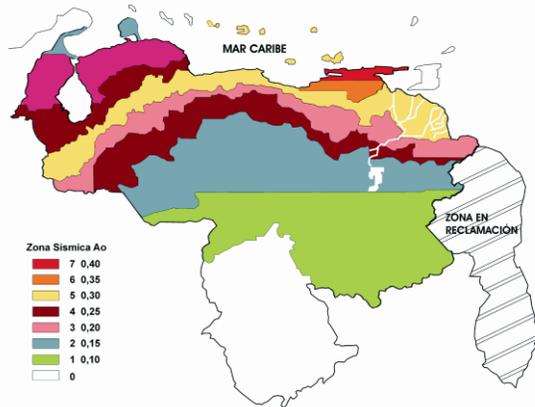
(a) Resistencia y rigidez

Zonificación Sísmica de Venezuela  
COVENIN 1756-82

**Figura 2**

Se destaca que se han definido cuatro zonas sísmicas, cuya aceleración máxima del suelo en roca, varía desde 0.08 g (8% de la aceleración de la gravedad) para la zona uno, hasta 0.30 g, para la zona cuatro. Las zonas dos y tres están caracterizadas por aceleraciones de 0.15 g y 0.22 g, respectivamente.

En 1998, se publica la norma Covenin 1756-98 y en ella se presenta la nueva zonificación sísmica de Venezuela, que podría considerarse como la última publicada a nivel de normativa para edificaciones sismo resistente, la misma que se indica en la figura 3.



**Especificaciones de fabricación**

(a) Resistencia y rigidez  
Zonificación Sísmica de Venezuela  
COVENIN 1756-98

**Figura 3**

El norte de Venezuela es uno de los bordes de la Placa del Caribe, por lo que sus terremotos son de origen tectónico, como se aprecia en el mapa de amenaza sísmica de la Norma COVENIN 1756. Esta Norma reconoce siete zonas de riesgo sísmico: Zonas 7 a la 5: de elevado riesgo; zonas 4 y 3: riesgo intermedio; zonas 1 y 2: bajo riesgo

En la Norma Venezolana de 1998, se clasifica el País, con fines de Ingeniería Sísmica, en siete zonas, que van desde 0.10 g en la Zona 1 hasta 0.40 g en la zona de mayor peligrosidad sísmica, que es la siete.

Los cambios más significativos que se han dado en los dos mapas, de las figuras 2 y 3, son que en la Norma Covenin 1756-98 la zona 1, está caracterizada por una aceleración máxima del suelo en roca de 0.35 g y 0.40 g en la norma de 1982 ambas zonas estaban definidas por una peligrosidad sísmica de 0.30g.

Otra diferencia entre las dos normas de 1982 y 1998, en cuanto se refiere a la determinación de la aceleración máxima del suelo en roca, es la incorporación en la del 1998 del factor de corrección, el cual modifica la aceleración, indicada en la figura 3, en función del tipo

de suelo. En efecto, en suelos donde hay menos probabilidad de amplificación de las ondas sísmicas, como se tiene en los suelos duros, se puede disminuir hasta en un 15%, la aceleración especificada en figura 3.

**Aceleraciones horizontales y verticales**

Las 8 zonas sísmicas están agrupadas en tres niveles de riesgo sísmico. Cada zona sísmica tiene un coeficiente de aceleración horizontal  $A_0$  según el siguiente cuadro:

TABLA N° 1 Zonas sísmicas y coeficientes de aceleración horizontal		
Zonas Sísmicas	Riesgo Sísmico	Coefficiente de Aceleración Horizontal $A_0$
7	Alto	0.40
6		0.35
5		0.30
4	Intermedio	0.25
3		0.20
2	Bajo	0.15
1		0.10
0		---

El coeficiente de aceleración vertical se define como 0.7 veces el correspondiente coeficiente de aceleración horizontal.

**Concepto de construcción sismorresistente.**

Se entiende por Construcción Sismorresistente, aquella que posee una estructura resistente, en cuyo proyecto y ejecución se han considerado, además de las cargas permanentes y las sobrecargas de servicio, las acciones provocadas por el sismo. Son en consecuencia, construcciones capaces de resistir adecuadamente los efectos provocados por un terremoto.

Se considera sismorresistente a toda construcción proyectada y construida de acuerdo con los reglamentos; esto no significa que la misma no vaya a sufrir daños ante sismos severos.

Debe considerarse que el comportamiento sísmico de las edificaciones mejora cuando se observan las siguientes condiciones:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como en la rigidez.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.

- Resistencia adecuada.
- Continuidad en la estructura, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad como requisito indispensable para un comportamiento satisfactorio.
- Deformación limitada ya que en caso contrario los daños en elementos no estructurales podrán ser desproporcionados.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia.
- Consideración de las condiciones locales de suelo en el proyecto.
- Buena práctica constructiva e inspección estructural rigurosa.

### Objetivos del diseño sismorresistente.

El propósito de la norma COVENIN 1756-98 revisada en el 2001 es asegurar que durante el evento de terremotos:

- Se protejan la vida humana
- Se reduzca el daño a las edificaciones
- Que las facilidades esenciales permanezcan en operación.

Cuando se refiere a facilidades, se esta tratando el tema de los servicios esenciales tales como: luz, agua, comunicaciones entre otras.

### Parámetros para la clasificación estructural Ocupación e Importancia.

Hay cuatro grupos con su correspondiente factor de importancia  $\alpha$  que se describen en la tabla siguiente:

TABLA N° 2		
Niveles de importancia y ocupación		
Grupo	Factor de importancia	Categoría de ocupación
A	1,30	Facilidades esenciales o de alto riesgo
B1	1,15	Edificaciones públicas o privadas densamente ocupadas
B2	1	Edificaciones públicas o privadas de ocupación normal
C	NA	Edificaciones no clasificadas como A, B1 o B2, que no están destinadas para vivienda o uso público. No se necesita hacer cumplir la Norma si los detalles constructivos adecuados son provistos.

### Tipo Estructural.

Cinco Tipos Estructurales:

- Tipo I: Estructuras de marco.
- Tipo II: Combinaciones de los Tipos I y III. Los marcos deben ser capaces de resistir al menos 25% de las fuerzas sísmicas.
- Tipo III: Marcos reforzados o muros estructurales capaces de resistir 100% de las fuerzas sísmicas. También, aquellas estructuras del Tipo II cuyos marcos no puedan resistir 25% de las fuerzas sísmicas.
- Tipo IIIa: Muros sismorresistentes acoplados de concreto y marcos reforzados excéntricos de acero.
- Tipo IV: Estructuras con diafragmas flexibles, con columnas en voladizo o con lozas planas.

### Niveles de diseño sismorresistente.

Desde 1982 las normas venezolanas COVENIN para la construcción contemplan el uso de Niveles de Diseño (ND) como definición de los estándares de calidad de las edificaciones en zonas sísmicas.

TABLA N° 3			
Determinación de los Niveles de Diseño (ND) según la Norma COVENIN 1756:2001 Edificaciones Sismorresistentes			
Importancia de la edificación	Zona sísmica		
	Bajo riesgo sísmico 1y2	Bajo intermedio 3y4	Riesgo elevado 5,6y7
<b>Grupos A y B1</b> De funcionamiento vital post-terremoto tales como hospitales, bomberos, etc o densamente ocupadas más de 3.000 personas	ND2 ND3	ND3	ND3
<b>Grupo B2</b> De baja ocupación, como viviendas	ND1 ND2 ND3	ND2 ND3	ND3 ND2

La Norma COVENIN 1756:2001 Edificaciones Sismorresistentes, cuantifica la amenaza sísmica y condiciona las características para el proyecto, construcción, inspección y rehabilitación de estructuras tanto de acero como de concreto. Como se observa en la tabla anexa, el Nivel de Diseño (ND) depende del uso o

importancia de la edificación, su altura y la zona sísmica donde se localiza.

El Nivel de Diseño condiciona el tipo o sistema estructural, así como los métodos de análisis y diseño que requieran, todo con el objetivo de minimizar la probabilidad de colapso o daños no reparables, y salvaguardar la vida.

Como se aprecia en la tabla, el Nivel de Diseño ND3 es el más exigente y por eso es el único permitido en las zonas de elevada amenaza sísmica. Es muy importante para la seguridad y la economía de las construcciones, que en los planos y especificaciones se indique el Nivel de Diseño.

### Diseño sismorresistente

Esta norma establece los requisitos mínimos para que las edificaciones tengan un adecuado comportamiento sísmico con el fin de reducir el riesgo de pérdidas de vidas y daños materiales, y posibilitar que las edificaciones esenciales puedan seguir funcionando durante y después de un sismo.

Esta norma se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, a la evaluación y reforzamiento de las edificaciones existentes y a la reparación de las edificaciones que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

### Fuerza sísmica total de diseño.

La fuerza sísmica total de diseño,  $F_h$  será determinada por la siguiente expresión:

$$F_h = A_o \alpha C_p W_p$$

Los valores de  $A_o$  y  $\alpha$  de la ecuación anterior deben ser los valores utilizados para el edificio, definidos en las Tablas 1 y 2 respectivamente. Para evaluar el coeficiente  $C_p$  se clasifican los elementos no estructurales como sigue:

- Elementos rígidos soportados rígidamente son aquellos que tienen un período fundamental de vibración menor o igual a 0.06 segundos.
- Elementos no rígidos o soportados flexiblemente son los que tienen un periodo fundamental de vibración mayor de 0.06 segundos.

El valor del coeficiente  $C_p$  para elementos rígidos soportados rígidamente está dado en la Tabla 4.

Las fuerzas laterales para elementos no rígidos o

soportados flexiblemente se determinarán considerando las propiedades dinámicas tanto del elemento como de los soportes, pero el valor no deberá ser menor que el dado por la Tabla 4.

En ausencia de un análisis, el valor de  $C_p$  se tomará como el doble del indicado en la Tabla 4, pero no necesita ser mayor de 2.0. Se exceptúan los sistemas de tuberías, ductos y canalizaciones construidos con materiales y conexiones dúctiles, en los cuales pueden utilizarse los valores de  $C_p$  de la Tabla 4.

<b>TABLA N° 4</b> <b>FACTORES DE FUERZA HORIZONTAL <math>C_p</math></b> <b>PARA COMPONENTES NO ESTRUCTURALES</b>	
<b>Elementos rígidos y no rígidos</b>	<b>Valor <math>C_p</math></b>
<b>I. Partes de una Estructura</b>	
1 Paredes, incluyendo lo siguiente:	
a. Parapetos no arriostrados (en voladizo)	2,00
b. Cualquier tipo de pared	0,75
2 Apéndices (penthouses), excepto cuando estén comprendidas dentro del marco del edificio	0,75
<b>II. Componentes No Estructurales</b>	
1 Tapiales	0,75
2 Ornamentos y apéndices exteriores e interiores	2,00
3 Antenas, Torres reticuladas, Tanques sobre miembros y Chimeneas	
a. Soportados o proyectados como voladizos no arriostrados arriba del techo en una longitud mayor que la mitad de su altura total	2,00
b. Otros, incluyendo aquellos soportados bajo el techo con proyección no arriostrada arriba del techo menor que la mitad de su altura, o arrios	0,75
4 Rótulos y carteleras	2,00
5 Estanterías de almacenamiento (incluyendo el contenido)	0,75
6 Anclajes para armarios permanentemente soportados por el piso y para libreros mayores de 1.50 m de altura (incluyendo su contenido)	0,75
7 Anclajes para cielos rasos y luminarias	0,75
8 Sistemas de pisos de acceso	0,75
<b>III. Equipos</b>	
1 Tanques y depósitos (incluyendo el contenido) junto con los sistemas de soporte y anclaje	0,75
2 Equipo eléctrico, mecánico y de plomería, incluyendo tuberías, bandejas portacables, maquinaria y obras relacionadas	0,75

Las fuerzas sísmicas laterales totales de diseño determinadas usando la expresión  $F_p = A_o \alpha C_p W_p$  serán distribuidas en proporción a las masas de los componentes

del elemento. Así mismo, esta fuerza se usará para diseñar los elementos o sus componentes y las uniones y anclajes a la estructura.

### **¿Qué es el refuerzo antisísmico?**

Antes comentamos sobre las fuerzas sísmicas que son ejercidas sobre un edificio y su contenido durante un terremoto. Estas fuerzas actúan horizontalmente tanto en la propia estructura, así como en las tuberías, las bandejas portacables, los conductos de aire y otros sistemas que se encuentren dentro de la edificación.

Los apoyos típicos para las tuberías, bandejas y otros equipos se diseñan para cargas verticales o por gravedad, pero no toman en cuenta las cargas horizontales causadas por los terremotos.

Los apuntalamientos sísmicos, es decir, los refuerzos resisten estas fuerzas horizontales y mantienen los sistemas de servicios en su lugar y afianzados. El propósito principal del refuerzo sísmico es la seguridad para minimizar la pérdida de vida debido a un terremoto.

Las regulaciones y requisitos se publican para los apuntalamientos sísmicos en los códigos de construcciones para cada país.

Cada código es similar en esencia y tiene un capítulo sobre fuerzas estructurales que definen el nivel de fuerza sísmica que debe usarse en el diseño de reforzamientos sísmicos.

La cantidad de fuerza sísmica se da como un porcentaje del peso de los componentes, o fuerza de g. Por ejemplo, si la fuerza horizontal es determinada por el 50% del peso de una canalización de bandejas portacables, la fuerza sísmica será entonces de 0,5 g.

El valor sísmico de g puede variar en gran medida dependiendo de la naturaleza del proyecto. Para edificaciones críticas en una zona sísmica alta, tienen valores de g más grandes que los requeridos para edificaciones en zonas de riesgo sísmico 1.

Los factores que regulan los valores sísmicos de g usados para un diseño son:

- La zona sísmica
- El tipo de construcción
- La altura del edificio

Ing. Gregor Rojas

- El sistema que se asegura
- El tipo de terreno

El proyectista debe usar estos factores y aplicar los requisitos del código de construcción para determinar el valor apropiado de g a ser usado en cada proyecto.

A continuación daremos detalles de reforzamiento antisísmicos que pueden ser utilizados en proyectos sismorresistentes superiores a 1.0g.

Los detalles de reforzamientos para las perchas de tuberías, soportes tipo trapecio, anclajes a la estructura y sus componentes son iguales para cualquier valor de g.

La separación entre los refuerzos y la barra cargada, sin embargo, debe determinarse para el valor específico de g del proyecto.

### **Diseño de un refuerzo antisísmico para sistemas de canalizaciones por bandejas portacables.**

Las siguientes pautas se han desarrollado para ayudar en el proceso de diseño de apuntalamientos sísmicos en canalizaciones eléctricas por sistemas de bandejas portacables.

Esta información está concebida sólo como recomendaciones y el usuario debe tener precaución al modificar cada instalación como lo exige las normativas, leyes y regulaciones las cuales pueden supeditar estas recomendaciones.

El responsable del diseño en el que estos apuntalamientos sean utilizados debe indicar en el esquema de reforzamiento, la capacidad de los elementos estructurales a los que los apuntalamientos se amarran para resistir la carga aplicada y el uso de los apuntalamientos con sus elementos de sujeción.

### **1. Calculo del peso lineal total del sistema de canalización por bandejas portacables.**

Las cargas que deben ser soportadas por el tirante antisísmico incluyen el peso del sistema de Bandejas portacable y su contenido, es decir, los cables instalados en ella propiamente dicho.

Por lo anterior, el peso total de la canalización bandeja y cables debe calcularse y ser expresado en unidades de kilogramos por metro lineal o libras por pie lineal. Este cálculo es muy simple solo se requiere conocer la cantidades de cables instalados en la bandeja y sus

correspondientes calibres para luego ir a las tablas de características suministradas por los fabricantes a buscar sus pesos por metro lineal, de forma análoga su averigua el peso de la bandeja.

Obtenidos los datos necesarios se realizan las operaciones matemáticas a lugar para obtener el peso lineal en un segmento de 1 metro de la canalización.

Para las instalaciones de canalizaciones de bandejas multipisos o de varios niveles, donde sólo el nivel de bandejas mas bajo es asegurado, la contribución del peso que aportan todos los niveles o pisos debe ser incluido en el cálculo.

## 2. Calculo del factor de carga horizontal (FCH) para la instalación.

Cada tirante antisísmico debe diseñarse para resistir la fuerza de carga horizontal ejercida por el terremoto dentro de la zona de influencia de este tensor.

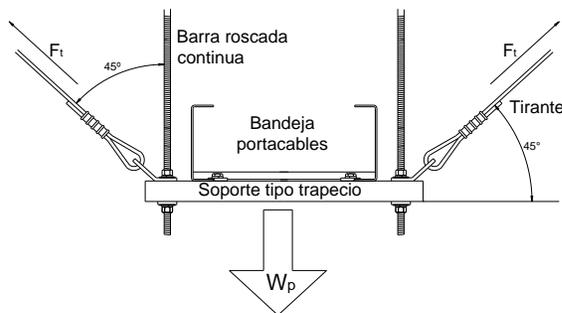
El FACTOR DE CARGA HORIZONTAL es una porción mínima o porcentaje del peso lineal total del sistema de bandejas portacables situado en la zona de influencia del tirante, la cual debe ser resistida por el tirante en cualquier dirección horizontal que sea aplicada.

La fórmula específica utilizada para calcular el FCH está basada en el Código de construcción o Normas para la instalación.

Todos los códigos y normas poseen fórmulas algo diferentes para determinar el Factor de Carga Horizontal.

Es común que normativas y códigos empleen una variedad de factores, incluyendo la zona sísmica para esa área del país, la importancia de los coeficientes asignados a la construcción o componentes y/o al nivel de desempeño y respuestas anticipadas a las cargas de terremotos.

En el próximo boletín técnico continuaremos con la parte final de este interesante tema de gran importancia en las instalaciones de canalizaciones eléctricas.



$W$  = peso en el centro de gravedad

$F_h$  = Fuerza sísmica horizontal calculada según los parámetros del código de construcción

$$F_h = A_o \alpha C_p W_p$$

$F_t$  = Fuerza en el tirante o en el brazo de apuntalamiento

$$F_t = \frac{F_h}{\cos 45^\circ}$$

### Especificaciones de fabricación

(a) Resistencia y rigidez

Vista frontal de un arreglo de tirantes

**Figura 4**