

*Teresa GUEVARA P.  
Mariela STOLK DE PETERSSON*

**LA MICROZONIFICACION SISMICA  
COMO BASE PARA EL  
ORDENAMIENTO URBANISTICO  
DE CARACAS**

ARTICULOS

**RESUMEN**

El último sismo que causó daños severos a Caracas, la capital de Venezuela, ocurrió el 29 de julio de 1967, con una magnitud de 6.3 en la escala de Richter. Estudios derivados de la observación de los daños ocasionados, identificaron una relación muy estrecha entre la concentración de daños estructurales y las características del suelo. Desde entonces, Caracas ha presentado un crecimiento considerable, acompañado por la construcción de conjuntos de edificios de vivienda, y de oficinas de mediana y gran altura en zonas que fueron severamente dañadas en dicho terremoto, sin que se hayan tomado, a nivel municipal, ni previsiones sismorresistentes, ni controles oficiales para el diseño de nuevas construcciones adaptadas a las características del suelo local. Por otra parte, las ordenanzas de zonificación vigentes, estimulan la utilización de configuraciones arquitectónicas que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad de las edificaciones ante las fuerzas producidas por los terremotos, especialmente en las zonas en las que, después del terremoto de 1967, se identificaron suelos aluvionales profundos.

**DESCRIPTORES:** Microzonificación sísmica. Ordenanzas de Zonificación. Configuración de la edificación. Plantas bajas libres. Edificaciones continuas. Escalonamientos de lachada.

**ABSTRACT**

Caracas, Venezuela's capital city, was last damaged by a moderate 6.3 Richter magnitude earthquake, on July 29, 1967. Several authors suggested, at that time, anomalous ground amplifications in these areas and studies carried out afterwards corroborated the correlation between the concentration of damage and the depths, the dynamic soil characteristics and the behavior of underlying alluvium. Since then, Caracas has grown considerably in population and in area being, this growth, accompanied by the construction of very audacious mid- and high-rise condominium type housing and office building complexes in areas that were severely damaged in the last earthquake, which ommits official controls on the design and construction of such buildings and neglects the importance of seismic microzoning as a tool for urban development. At the same time, at presente there are municipal urban ordinances that encourage certain building configurations that worldwide experience indicates, affect considerably the ability of buildings to withstand earthquakes, in areas which have been identified as prone to significant ground amplifications.

## INTRODUCCION

Venezuela, país ubicado al norte de Sur América, presenta una actividad sísmica entre moderada y alta (Quijada, P., E. Gajardo, *et al.*, 1993). La región septentrional de Venezuela, forma parte de la zona de contacto entre el borde sur de la Placa del Caribe y el borde norte de la Placa Suramericana. Según Singer (1992), la mayor parte de la actividad sismotectónica actual de Venezuela, "se inscribe en un cinturón de unos 100 kilómetros de ancho, caracterizado por la presencia de un sistema de grandes accidentes estructurales de tipo transcurrente dextral, conocidos como falla de Boconó, falla de San Sebastián, y falla de El Pilar, los cuales se desarrollan sin interrupción, desde la frontera con Colombia, en la región de San Cristóbal hasta la isla de Trinidad".

### Sismicidad de Caracas

Caracas está ubicada en la zona centro-norte-costera del país, a una altitud promedio de 900 metros sobre el nivel del mar. Las principales actividades económicas y financieras se desarrollan en el estrecho valle del río Guaire, el cual está enclavado en la Cordillera de la Costa. La Serranía del Avila separa a la capital de la costa del mar Caribe con promontorios que llegan a los 2.700 metros de altura. Al sur, se encuentra un subsistema de promontorios de menor altura. La actividad sísmica de Caracas es tectónica, relacionada con el desplazamiento de la Placa del Caribe, que se mueve en dirección O-E y la Placa Suramericana que se mueve en dirección E-O. Esta ciudad está rodeada por zonas de falla que forman parte del subsistema de fallas de San Sebastián. El sismo de 1967, tuvo su origen en el subsistema de San Sebastián. El accidente geológico más importante de Caracas es la falla de Tacagua el Avila, la cual atraviesa el norte de la ciudad, de este a oeste. La sismicidad de Caracas ha sido catalogada como moderada, sin embargo, esta ciudad se ha visto afectada en el pasado por terremotos devastadores aparentemente de gran magnitud. De tres de ellos, 1641, 1812 y 1900, existen registros históricos.

### Transformación urbana de Caracas

Caracas es una de las más antiguas ciudades fundadas por los españoles en el continente americano. Su fecha de fundación fue el 25 de julio de 1567, sin embargo, durante el período de la Colonia fue una capital muy modesta. Venezuela, era una Capitanía General que no era rica ni en oro ni en plata, como lo eran otros países del Imperio español en América. Su mayor contribución a la Corona Española, desde el siglo XVI hasta el siglo XVIII, fue el cultivo de productos agrícolas tales como tabaco, café y cacao.

Durante el siglo XIX, el país fue devastado por la Guerra de Independencia, la cual fue seguida por un largo período de guerras federales. A fines del siglo pasado, Caracas era una pequeña capital y mantuvo estas características de pequeña ciudad de provincia hasta bien entrado este siglo.

La transformación sufrida por Caracas a partir de la década de 1930 de este siglo, convirtiéndola de pequeña ciudad provincial rodeada por zonas de cultivo agrícola, a lo que es hoy en día, una moderna metrópoli rodeada de barrios muy pobres, se debe principalmente a los siguientes factores:

1. El inicio de la explotación del petróleo durante la década del 30 y la concentración en Caracas de las actividades administrativas y financieras, produjo un rápido crecimiento económico que indujo el éxodo de la población rural hacia la ciudad capital, en busca de mejores oportunidades de trabajo y nuevas condiciones de vida;
2. La inmigración de europeos después de las dos guerras mundiales, que buscaban nuevos horizontes y oportunidades de trabajo;
3. El último boom petrolero, durante los 70 y 80, que dio como resultado una numerosa inmigración de pobladores de otros países latinoamericanos; y,
4. La política del Estado, desde la década del 30 hasta el presente, de centralizar en Caracas las principales actividades administrativas y financieras del país, lo que aún sigue atrayendo pobladores del interior del país y de otros países.



### **Circunscripciones administrativas del área metropolitana de Caracas**

Aunque hoy en día la tasa de crecimiento de Caracas se ha estabilizado y algunos autores hasta consideran que se ha reducido, esta ciudad creció durante este siglo muy rápidamente, en todas las direcciones y sin un control efectivo.

Actualmente, la ciudad está conformada por la zona metropolitana interna y la zona metropolitana externa. En la primera, el área urbana está asentada principalmente dentro del largo, estrecho y, más o menos plano, valle. La topografía limita su crecimiento y las áreas de expansión suben por las zonas en pendiente.

Existen diversas delimitaciones del área metropolitana de Caracas. Según la otrora Oficina Metropolitana de Planeamiento Urbano (OMPU), tal como lo expresara en el documento publicado en 1983 titulado "Caracas 2000", el área metropolitana de Caracas comprende tres contextos:

1. El *área metropolitana total*, que corresponde a la superficie comprendida dentro de los límites interiores de la Zona Protectora y el lindero sur del Parque Nacional El Ávila, sobre la que puede extenderse en forma continua el suelo urbanizado de Caracas.
2. El *área metropolitana interna*, que coincide con el área metropolitana censal, excluyendo sectores geográficos como el Junquito, Los Mariches y Panamericana-Los Teques, y es aquí donde se concentra el territorio urbanizado de Caracas.
3. El *área metropolitana externa* está constituida por los sectores geográficos excluidos en el área metropolitana interna.

En el estudio "Nuevos escenarios para el poder local: Caracas", realizado por Vallmitjana, M. (Coordinadora), C. Brand, V. Fossi, et al. (1993), para la Comisión Presidencial para la Reforma del Estado (COPRE), refiriéndose a la extensión del área metropolitana de Caracas (AMC), explica: su "... extensión territorial desbordó hace más de dos décadas el perímetro conformado por las dos circunscripciones administrativas que solían identificarse como componentes del AMC: el Departamento Libertador del

Distrito Federal y el Distrito Sucre del Estado Miranda. De acuerdo con la división político-administrativa recientemente adoptada por el Distrito Federal y los estados Aragua y Miranda, son más de una docena las jurisdicciones metropolitanas afectadas por la dinámica metropolitana de Caracas" (Fossi, 1990).

Ahora bien, de acuerdo con los datos publicados en 1992 por la Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI) en el documento "El Censo 90 en Venezuela. Resultados básicos", la conformación del área metropolitana de Caracas comprende los municipios Libertador y Vargas del Distrito Federal, y los municipios Sucre, Chacao, Baruta, El Hatillo, Guaicaipuro, Los Salias, José M. Álvarez, y Cecilio Acosta (foráneo), del estado Miranda; y acusa una población de 2.784.042 habitantes. Tomando como base las cifras del Censo 90, la población del área metropolitana total se eleva a 3.833.000 habitantes, lo que representa el 14% de la población del país.

### **LA MICROZONIFICACION SISMICA**

El objetivo más importante de la microzonificación sísmica consiste en reducir el *riesgo sísmico*, es decir, reducir los daños probables que un terremoto podría ocasionar en áreas urbanas, mediante el proceso de determinación de la *amenaza sísmica*.

El "Glosario de Vocablos Empleados en Ingeniería Sísmica" (Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica - RELACIS) define la *microzonificación sísmica* como el "proceso de determinación de la amenaza sísmica, absoluta o relativa, en varios lugares, con el fin de delimitar microzonas sísmicas. Usualmente se toman en consideración los efectos de atenuación en el movimiento sísmico como consecuencia de la geología, topografía, estabilidad del terreno, características del subsuelo o potencial de licuación".

Sauter (1989), define la *microzonificación* como "el proceso de identificar características geológicas, geotécnicas y topográficas de una región, incorporándolas en los mapas de planeamiento urbano y de diseño de obras con el objeto de identificar la



amenaza sísmica". La microzonificación sísmica permite generar mapas de la distribución geográfica de las intensidades sísmicas probables ante diversos escenarios.

Alonso (1992) enfatiza: "La inclusión de los lineamientos contemplados en los estudios de microzonificación sísmica pueden servir para dos propósitos: indicar la magnitud del riesgo en las zonas ya construidas, y planificar futuros desarrollos en áreas de actual baja densidad".

La microzonificación sirve como instrumento para: (a) establecer parámetros para el diseño de nuevas edificaciones; (b) identificar las áreas apropiadas para la ubicación de nuevas edificaciones esenciales (edificaciones hospitalarias, escolares, de telecomunicaciones (cuarteles de bomberos) y líneas vitales (plantas de energía, acueductos, redes de servicios, agua, luz, gas, etc.); (c) evaluar las condiciones sismorresistentes de las edificaciones existentes en la zona para la estimación de los diferentes niveles de vulnerabilidad; (d) estudiar el potencial probable de daño para elaborar Planes de Contingencia para un eventual sismo, basados en datos tales como: el estudio de la distribución probable de daños y de víctimas en la zona, de la ubicación y disponibilidad de los centros de salud y de la ubicación de centros alternativos para utilizar en caso de emergencia, tales como escuelas, parques y estadios, las vías de acceso, las instalaciones esenciales, y otros.

### Conceptos generales

Con el objeto de aclarar algunos términos utilizados para definir la microzonificación sísmica se han incluido las definiciones de algunos conceptos anteriormente utilizados.

El *riesgo sísmico* es definido por el "Glosario de Vocablos Empleados en Ingeniería Sísmica" (Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica - RELACIS), como "el resultado de la evaluación probabilística de que en un determinado sitio y durante un tiempo de exposición prefijado, las consecuencias económicas o sociales de los sismos, expresadas en unidades monetarias o en víctimas, excedan valores

prefijados". Alonso (1992) resume esta definición como: "los daños potenciales que un terremoto podrá ocasionar (pérdidas humanas y/o materiales) en áreas urbanas".

El riesgo sísmico está directamente relacionado con la *amenaza sísmica* o peligro sísmico a que está sometida cierta zona y con la capacidad que tienen las estructuras ubicadas en dicha zona para resistir los embates de un sismo, es decir, con la *vulnerabilidad* de las estructuras.

La *amenaza sísmica* o peligro sísmico está conformada por los sismos probables que pueden ocurrir en el futuro en una cierta zona y que pueden producir efectos adversos al hombre y sus actividades; la ocurrencia e intensidad de los sismos considerados para la determinación de la amenaza sísmica en la zona y en un determinado período de tiempo, son inciertos.

La amenaza sísmica se determina, en este caso, delimitando microzonas sísmicas, tomando en consideración los efectos locales de amplificación o atenuación de las vibraciones producidas por el movimiento sísmico, como consecuencia de la geología, topografía, estabilidad del terreno, características del subsuelo o potencial de licuación, propios del lugar.

El "Glosario de Vocablos Empleados en Ingeniería Sísmica" define la *vulnerabilidad* como el "Grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos a riesgo, como resultado de la ocurrencia de una amenaza natural, generalmente viene expresado en términos de una probabilidad condicional". En relación con las edificaciones, podríamos definir la vulnerabilidad como el grado de daño o pérdida al que puede estar sujeta una edificación ante la ocurrencia de un sismo.

### La microzonificación sísmica en Caracas

- Después del terremoto de Caracas del 29 de julio de 1967, el Ejecutivo Nacional creó la Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo con el objetivo de investigar las causas que provocaron las fallas en edificaciones del área de Caracas y del litoral central.



- En 1969 un estudio geofísico llevado a cabo por la Weston Geophysical Engineers International, Inc., realizó un estudio de profundidad de roca en Caracas y el litoral central. Se incluye en este estudio, un mapa de curvas de espesores de suelo en el que se indican las profundidades del lecho rocoso, en metros. Las mayores profundidades de suelos aluvionales se identificaron: (a) en Country Club, Chacao, La Castellana, Bello Campo, La Floresta, La Carlota, Altamira, Los Palos Grandes, Santa Eduvigis, Sebucán y Los Dos Caminos, profundidades entre 120 y 300 metros; y (b) en las parroquias San José, San Bernardino, Guaicaipuro, Santa Teresa, en la urbanización El Paraíso y en otros, profundidades entre 80 y 120 metros.
- En 1970, con esta información y con el estudio realizado por the Seismograph Service Coop. of Delaware para el Instituto Nacional de Obras Sanitarias, INOS, se produjo un plano actualizado de la profundidad de roca sobre la trama urbana de Caracas.
- Entre 1968 y 1972 se publicaron numerosos estudios y ponencias realizados por especialistas internacionales, en los que se hace especial referencia sobre la relación existente entre la concentración de los daños producidos por un terremoto y las características del suelo local. Algunas de estas publicaciones se incluyen en la bibliografía. Ver: Sozen, M.A., P.C. Jennings, R.B. Matthesen, G.W. Housner y N.M. Newmark; Espinosa, A.F. y S.T. Algermissen.
- En 1975, J.L. Alonso presentó en el II Congreso Venezolano de Arquitectos, un mapa simplificado de zonificación sísmica del valle de Caracas, en el que incluye algunas recomendaciones generales sobre los tipos de edificaciones que deberían permitirse y prohibirse construir en determinadas zonas. De igual manera, se incluyen unos coeficientes de Corte Basal propuestos para edificios con períodos fundamentales determinados.
- En 1977, el Ministerio del Desarrollo Urbano, desarrolla el proyecto de la "Microzonificación Sísmica de Mérida". En el Tomo III, se incluyen: espectros sísmicos, coeficientes de corte basal de diseño y una serie de recomendaciones para el diseño de edificaciones de acuerdo con el tipo de suelo local. Esta experiencia no es aplicada para elaborar la microzonificación de Caracas.
- En 1978, la Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo dio a conocer los resultados de varios años de investigación sobre los efectos del terremoto de 1967 en una publicación de dos volúmenes titulada, "Segunda Fase del Estudio del Sismo Ocurrido en Caracas, el 29 de Julio de 1967". En esta publicación se recopila "información sobre los daños causados por el sismo de 1967, la distribución geográfica de los mismos y su relación con las características geofísicas y geológicas de las áreas afectadas" (Volumen A, "Presentación"). Se identifica, en esta publicación, la relación existente entre las zonas, en las que se observó mayor daño en estructuras tanto en Caracas como en litoral central, y las zonas de mayores profundidades al lecho rocoso, identificadas en el estudio realizado por la Weston Geophysical Engineers Int. Inc., en 1968. De igual manera se identificaron claramente en este estudio publicado en 1978, las características de diseño arquitectónico que se cree que influyeron en el comportamiento sismorresistente de las edificaciones, tal como la información contenida en la sección "Influencia de la tabiquería en los daños de los edificios" (Volumen A, Capítulo XI, pp. 373-392).
- Entre 1978 y 1993, profesionales nacionales presentan diversas ponencias en eventos técnicos nacionales e internacionales sobre el tema de la microzonificación; sin embargo, estos conocimientos no son aplicados en los planes urbanos.
- Actualmente está vigente la Ordenanza sobre Ordenamiento Geotécnico para las Urbanizaciones Colinas de Santa Mónica y Colinas de Los Chaguaramos, Parroquia Santa Rosalía del Departamento Libertador (Concejo Municipal del Distrito Federal, 1978).

### Las Ordenanzas de Zonificación de Caracas

Las ordenanzas de zonificación son instrumentos pasivos de aplicación de los planes de desarrollo urbano propuestos para la ciudad mediante los cuales se reconocen dentro de ésta, sectores de diferente edificabilidad, mediante una distribución en orden y jerarquía, de usos y funciones. En términos generales, el control de los usos del suelo urbano en Caracas se basa



en el principio acumulativo, donde la categoría de zonificación con mayor intensidad y mezcla de usos, contiene los correspondientes a categorías de menor gradación. Así por ejemplo, la zonificación R4 (Vivienda Multifamiliar) admite los usos de las zonificaciones R1 (Vivienda Unifamiliar), R2 (Vivienda Unifamiliar y Bifamiliar) y R3 (Vivienda Unifamiliar, Bifamiliar, Conjuntos de viviendas Uni y Bifamiliar, Multifamiliar).

El ordenamiento jurídico de Caracas para 1993, y todavía hoy, lo constituyen fundamentalmente las ordenanzas primarias de zonificación del Municipio Libertador del Distrito Federal y del Distrito Sucre del Estado Miranda, existiendo además un conjunto de instrumentos particulares referidos a ámbitos específicos de la ciudad, como son las ordenanzas de zonificación sobre: El Junquito; las parroquias Catia La Mar, Maiquetía, La Guaira, Macuto, Caraballeda y Naiguatá del Municipio Vargas; La Pastora; Sabana Grande; El Rosal; Catia; El Paraíso; Colinas de Bello Monte; El Valle-Coche; Sur-Este de Caracas; Avenida Libertador; Paseo Vargas; Juan Pablo II; Campo Alegre; así como los planes de desarrollo aprobados para urbanizaciones, y numerosos acuerdos y decretos que reglamentan terrenos, calles, avenidas y otros elementos urbanos.

Existen también ordenanzas que regulan terrenos específicos, dispersos dentro del contexto urbano, como es el caso de las Areas de Estudio (AE), y otras que se refieren específicamente a condiciones naturales de estabilidad y resistencia del suelo como es la Ordenanza sobre Ordenamiento Geotécnico para las Urbanizaciones Colinas de Santa Mónica y Colinas de Los Chaguaramos (Concejo Municipal del Distrito Federal, 1978), dos populosas urbanizaciones desarrolladas sobre la ladera montañosa inmediatamente al sur del río Guaire. El objetivo de dicha ordenanza es regular "las especificaciones técnicas de las construcciones localizadas en el sector constituido por las urbanizaciones Colinas de Santa Mónica y Colinas de Los Chaguaramos, con el objeto de asegurar que dichas construcciones se ajusten a las condiciones geológicas de los terrenos en ese sector". Estas condiciones geológicas se refieren básicamente a las probabilidades de deslizamientos de tierra que caracterizan a la zona.

En su mayoría, las ordenanzas de zonificación que controlan el desarrollo urbano del valle de Caracas, tradicionalmente han contenido disposiciones que conducen a la incorporación de aspectos de diseño arquitectónico en las edificaciones, lo cual las hace particularmente vulnerables ante las acciones de los terremotos, sin tomar en consideración la amenaza sísmica a la que están expuestas. Tal es el caso de los controles referidos a la altura máxima permitida, la planta baja libre, edificaciones con dos o más cuerpos de diferentes proporciones, construcciones continuas (sin retiros laterales), entre otros; podríamos afirmar casi con certeza, que estos controles han sido establecidos sin el conocimiento adecuado de las condicionantes que se derivan de las características dinámicas del suelo local, que permitirían disponer de normas que asegurarán un mejor comportamiento de las edificaciones ante los fenómenos naturales referidos. En zonas como Altamira y Los Palos Grandes, que presentaron una concentración considerable de daños estructurales en el sismo de 1967, las ordenanzas vigentes estimulan, por ejemplo, la utilización de plantas bajas libres, mediante la exoneración de estas áreas en el cómputo total del área construida, y obligan a incorporar una serie de aspectos de diseño arquitectónico, como por ejemplo, las mezzaninas con dobles alturas, las edificaciones de gran altura, los escalonamientos en las fachadas, los adosamientos de edificaciones con características dinámicas diferentes y otros, los cuales han sido reconocidos por los especialistas internacionales en diseño sismorresistente, como factores recurrentes en edificaciones dañadas por sismos en diferentes partes del mundo.

Las normas en las ordenanzas de zonificación vigentes, establecen en forma general patrones de edificabilidad. Así tenemos, que en un sector tan crítico como el de la urbanización Los Palos Grandes, la altura de las edificaciones depende únicamente de las secciones de las calles sobre las que tributan y de los criterios del proyectista, sin considerar las características del suelo local y las probabilidades que se produzca el efecto de "resonancia", el cual podría derivarse de la interacción suelo-estructura.

De igual manera, a lo largo de la Avenida Francisco de Miranda, y en otras vías importantes de la ciudad, no se exigen retiros



laterales entre edificios, a fin de crear un volumen edificado continuo a ambos lados de ellas. En la Zona R-9A-C3 (Avenida F. de Miranda-Chacao), por ejemplo, se dispone además con carácter obligatorio, la creación de un cuerpo bajo con altura y ancho fijos, lo que obliga al escalonamiento de la edificación, tal como se desprende del texto de la Ordenanza de Zonificación (Concejo Municipal del Distrito Sucre del Estado Miranda - CONSUCRE, 1982), que rige para ese sector:

"Artículo 144.- Área de ubicación: El área de ubicación en la zona R-9A y C-3 no podrá ser mayor del setenta y cinco (75%) del área de la parcela, debiéndose reducir este porcentaje al sesenta (60%) desde la tercera planta, inclusive en adelante".

"Artículo 146.- Altura de edificación: La altura de las edificaciones en la zona R-9A-C-3 no podrá ser superior al ancho de la calle más retiro".

"La altura de las dos (2) primeras plantas será de siete (7) metros con cincuenta (50) centímetros, debiéndose volar la segunda planta dos (2) metros contados desde el alineamiento de la Avenida"...

La Ordenanza sobre Rezonificación del Sector "El Paraíso" (Concejo Municipal del Distrito Federal, 1973), también induce al desarrollo de edificios escalonados y parcial o totalmente adosados (Artículos 18 y 24). Por otra parte, en el artículo 33, referido a las áreas no computables, para los efectos del cálculo de densidades de construcción, se dispone textualmente, que entre ellas serán consideradas:

"a) La planta baja libre, en edificios destinados a vivienda multifamiliar.

b) Una planta libre, sin cerramientos, ubicada sobre el nivel inmediato superior del comercio".

Cabe destacar que la disposición referente a la consideración de la planta baja libre como regalía al constructor, proyectista o desarrollista, aparece en casi todas nuestras ordenanzas de zonificación, estimulando la práctica común de proyectar edificios con plantas bajas sin cerramientos o sólo con los

necesarios para delimitar salas de fiesta u otros espacios de uso comunitario.

En el Municipio Chacao, regido actualmente por la Ordenanza de Zonificación vigente para el Distrito Sucre (Concejo Municipal del Distrito Sucre del Estado Miranda - CONSUCRE, 1982), se aplican las siguientes disposiciones referidas a la planta baja:

En los sectores destinados a vivienda de mediana densidad (zona R-3), tales como La Floresta y el norte de La Castellana, Altamira y Los Palos Grandes, los edificios multifamiliares se acogen a las normas contenidas en el artículo 41, literal d):

"d) Altura máxima de tres (3) plantas, en caso de edificaciones multifamiliares se permitirá un máximo de cuatro (4) plantas, sin ascensor, siempre y cuando la planta baja sea libre con una altura de dos metros con veinte centímetros (2,20)".

Para sectores destinados a viviendas de alta densidad, como es el caso de la parte baja de Los Palos Grandes y áreas tributarias de la Avenida Francisco de Miranda (zona R-8), el artículo 95 dispone lo siguiente:

"Artículo 95.- Estacionamiento de vehículos: En la zona R-8 se requerirá dentro del área de la parcela un (1) espacio para estacionar vehículos por cada unidad de vivienda. Si la vivienda multifamiliar se construye sobre pilotes de una altura no mayor de dos (2) metros y veinte (20) centímetros, la planta baja podrá usarse como área de estacionamiento y dicha área no se computará dentro del área máxima de construcción, siempre y cuando no tenga acceso directo por la fachada principal".

En las Disposiciones Complementarias de la citada ordenanza, a través del artículo 247, se refuerza la inducción a prever plantas bajas poco rígidas:

"Artículo 247.- En las construcciones, reconstrucciones o reparaciones de edificios multifamiliares y en todos los

casos de variación colectiva previstas en la Ordenanza, no se computarán en planta baja las áreas de circulación propiamente dichas (pasillos de entrada, hall de ascensores, cajas de ascensores, escaleras).

“En dichas edificaciones tampoco serán computables las siguientes áreas:

- a) Las destinadas a uso o servicios comunes (ambientes recreacionales, conserjerías y las utilizadas para instalación de servicios públicos), siempre que tales dependencias estén ubicadas en la planta baja.
- b) Las destinadas a jardinerías dentro de cada unidad de vivienda, hasta un máximo de 1,50 m<sup>2</sup>.

Otro caso importante de citar es el de las parcelas con frente a las Avenidas Este 6 y Este 8, regidas por la “Ordenanza Modificatoria de la Ordenanza sobre Zonificación del Municipio Libertador” (Concejo Municipal del Distrito Federal, 1989), para las que se establece una serie de controles de diseño arquitectónico obligantes, tales como:

“1. La altura de las dos (2) primeras plantas será obligatoriamente de siete con cincuenta (7,50) metros.

...

5. La segunda planta tendrá un voladizo de setenta (70) centímetros de ancho sobre el alineamiento.

6. Por sobre la altura máxima de las dos primeras plantas, indicadas en el Numeral 1, se podrán levantar cuerpos verticales, los cuales tendrán un retiro obligatorio de catorce metros con cincuenta centímetros (14,50), contados a partir del alineamiento y una altura total obligatoria de treinta y siete (37) metros, contados a partir de la planta baja.

7. Adicionalmente y sobre la altura de la fachada principal podrán construirse cuerpos o elementos ligeros de una sola planta, los cuales deberán quedar limitados por una línea oblicua que forme un ángulo de treinta grados (30°) con la horizontal que parte del extremo superior de la fachada principal”.

Tampoco escapan a esta modalidad, las ordenanzas de Zonificación para Sabana Grande y El Rosal (Concejo Municipal

del Distrito Federal, 1975, 1977, 1980), conteniendo disposiciones semejantes a las ya expuestas, que inducen a utilizar patrones de diseño arquitectónico, que contribuyen a hacer más vulnerables las construcciones a las acciones de un sismo.

### **ASPECTOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO QUE INFLUYEN EN LA VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ANTE ACCIONES SISMICAS**

En los próximos párrafos se presenta un resumen de los conceptos referentes a los aspectos de diseño arquitectónico que influyen en el comportamiento sismorresistente de las edificaciones y que, de alguna manera, su uso es estimulado por las ordenanzas municipales. Hemos visto en la sección anterior cómo estos aspectos de diseño arquitectónico, son promovidos, y en algunos casos establecidos como obligatorios, en las ordenanzas de zonificación. Es así como encontramos algunos artículos en los que al proyectista, se le dan facilidades para, o se le obliga a, la utilización de elementos de diseño, tales como: (a) discontinuidades en la distribución de las rigideces de la edificación producidos por las “plantas bajas libres”; (b) plantas bajas y mezzaninas con alturas dobles y triples; (c) edificaciones adyacentes o colindante sin retiros; (d) proporciones en vertical que no corresponden a las características del suelo local, y (e) escalonamientos en vertical.

Una descripción de estos aspectos de diseño y las consecuencias de la incorporación de dichas configuraciones, se presentan a continuación.

#### **Discontinuidades en el flujo de fuerzas: variaciones en la distribución de la resistencia y rigidez de los elementos resistentes contiguos**

La existencia de zonas que debilitan la transmisión de fuerzas, o los cambios repentinos en el flujo de fuerzas, representan un grave peligro para la edificación en caso de sismo. La transmisión de fuerzas a lo largo de la altura de la edificación puede variar sustancialmente si se presenta una zona de mayor o



menor rigidez que el resto de la estructura. Al ocurrir un terremoto, las fuerzas producidas tienden a distribuirse uniformemente en la estructura o mediante un patrón uniforme y continuo; si la estructura presenta una porción más flexible debajo de una porción más rígida, la mayoría de la energía será absorbida por la porción inferior más flexible y muy poco será absorbida por la superior más rígida. Cualquier deformación en la edificación debido a las fuerzas inducidas por el sismo, tenderán a concentrarse en el piso más flexible, produciéndose mayores daños en éste.

Uno de los problemas más importantes que se presenta debido a las discontinuidades en los componentes verticales que conducen a cambios bruscos en la rigidez y resistencia de la edificación, es el "piso blando" o planta libre. Este problema se presenta en edificaciones en las que la estructura de alguno de sus pisos es más flexible que la del resto de los pisos. Como ejemplo tenemos las tan usadas "plantas bajas libres" en los edificios residenciales aporricados que permiten ubicar, en el piso de acceso, las zonas sociales en espacios más amplios, libres total o parcialmente de tabiquería interior y los apartamentos residenciales en los pisos superiores, generando así una masa más rígida y pesada sobre un nivel muy flexible. Esta condición se puede presentar, bien por el adosamiento de componentes no-estructurales rígidos a los componentes estructurales flexibles o, en el caso de estructuras mixtas (pórticos y muros de corte), por la interrupción en los niveles inferiores de muros.

Esta modalidad arquitectónica, igualmente suele utilizarse en las edificaciones hoteleras y hospitalarias, en las que no sólo se diseña la planta baja libre, sino que generalmente este nivel es de mayor altura de entrepiso que el resto de los niveles en los que se ubican las habitaciones.

Esta condición produce una trayectoria irregular de las fuerzas hacia la fundación, produciéndose así un cambio brusco en la distribución de las rigideces y resistencias de la estructura. Este caso es aún peor cuando es una estructura mixta en la que la planta baja es aporricada y en los pisos superiores existen

paredes de carga. Discontinuidades en los componentes verticales tales como las que se presentan en el caso de los llamados "Pisos débiles", se ilustran en los gráficos "A" y "B" (Ver Fig. 1).

Ejemplo de edificaciones dañadas en las que se pone evidencia la condición desfavorable de la planta baja libre es el caso del edificio "Palace Corvin" en el terremoto de Caracas, con una planta en forma de H. Los dos cuerpos principales alojaban apartamentos residenciales y en el medio se unían por el bloque de circulación vertical. En uno de los bloques residenciales (ala oeste) se dejó la planta baja libre para estacionamiento mientras en el otro se ubicaron apartamentos al igual que en las plantas superiores. El ala oeste colapsó. En el informe "Engineering Report on the Caracas Earthquake of 29 July 1967", producido después del terremoto (Sozen, M.A., P.C. Jennings, R.B. Matthiesen, G.W. Housner y N.M. Newmark, 1968) se indica como una de las razones que pudo haber producido el colapso, la discontinuidad vertical en las paredes de bloques, siendo éste un aspecto arquitectónico que se escapa de las manos del ingeniero estructural.

### Geometría en elevación

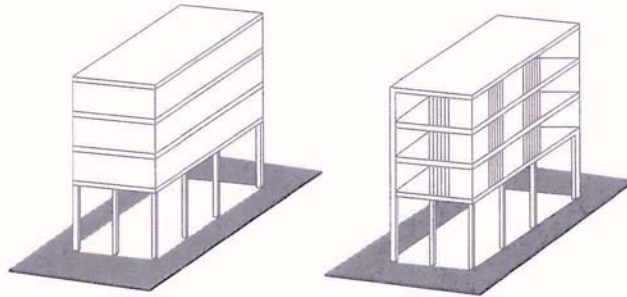
La constituyen las propiedades geométricas verticales de la edificación, las cuales se definen por la forma perimetral de la elevación, determinadas por las siguientes propiedades geométricas (Guevara, 1989): la simetría, las proporciones y los escalonamientos.

Los escalonamientos constituyen, hoy en día, una de las irregularidades más comunes en las edificaciones y consisten en la variación brusca en las dimensiones de los pisos a lo largo de la altura de la edificación. Generalmente se adoptan las formas escalonadas por disposición de las ordenanzas de zonificación, por exigencias del programa o simplemente por moda arquitectónica. Los escalonamientos invertidos, que producen que los pisos de la edificación se vayan haciendo más grandes a medida que se eleva, pueden crear graves problemas de volcamiento (Ver Fig. 2).



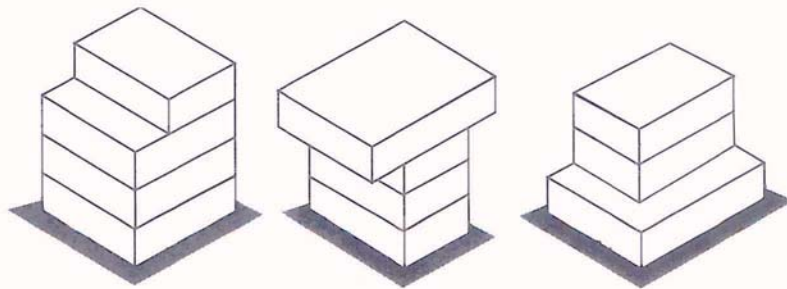
**FIGURA 1**

**DISCONTINUIDAD EN EL  
FLUJO DE FUERZAS**



**FIGURA 2**

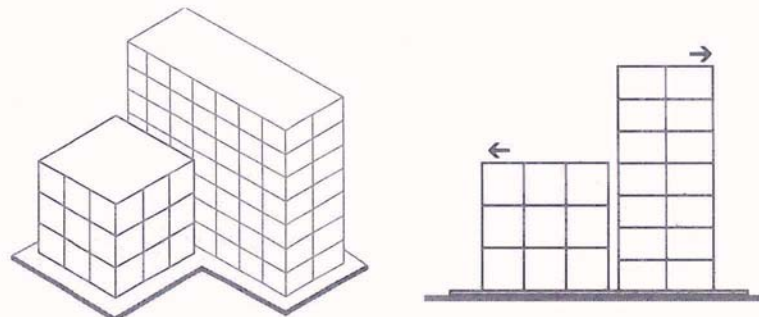
**ESCALONAMIENTOS EN  
ELEVACION**



40

**FIGURA 3**

**COLINDANCIA POR  
ADYACENCIA**



Fuente:  
Guevara (1989)



Las asimetrías en elevación y los escalonamientos conducen a la discontinuidad e irregularidad en la distribución de los elementos resistentes, lo que produce cambios bruscos en la resistencia y rigidez de las diferentes partes de la edificación. De igual manera, se producen concentraciones de esfuerzos en las zonas en que se producen los cambios de sección. Al igual que en planta, las asimetrías en elevación introducen fuerzas torsionales en la estructura, lo cual hace más difícil su análisis. Otro problema que se puede presentar debido a la configuración en elevación, consiste en la esbeltez del edificio. Este aspecto se presenta cuando en la relación de las dimensiones generales del edificio (altura/ancho/profundidad), domina una sobre las otras; por ejemplo, cuando la altura es mucho mayor que el ancho y la profundidad. El diseño de edificios esbeltos puede generar edificios muy flexibles; así mismo, la esbeltez puede, si no se toman las previsiones apropiadas, producir efectos de volcamiento en un sismo, los cuales son difíciles de predecir en el análisis de una estructura.

### **Colindancia o adyacencia**

Se refiere a la proximidad entre edificios contiguos o anexos, o entre partes diferentes de un mismo edificio.

Cuando un terremoto ocurre, los edificios, o diferentes partes de un mismo edificio, que han sido diseñados para estar contiguos, vibran cada uno de acuerdo con sus características dinámicas. Si esta situación no ha sido considerada en el diseño de la estructura de los diferentes volúmenes adyacentes y las juntas no han sido diseñadas adecuadamente, se puede producir el efecto de "golpeteo" entre ellos, causando graves daños y hasta el colapso de las estructuras (Ver Fig. 3).

Uno de los casos más comunes ocurre en edificaciones adyacentes en las que sus losas de entrepiso no coinciden, por ejemplo, en edificaciones adyacentes con alturas de entrepisos diferentes o por estar ubicados en terrenos con desniveles. Al golpear las losas de una edificación, las columnas o muros de la edificación adyacente, pueden ocasionar daños graves que pueden producir hasta el colapso de la edificación.

En terremotos ocurridos en los últimos veinte años en ciudades de alta densidad, se han podido observar grandes daños en edificaciones adyacentes que, de haber estado aisladas, se hubieran comportado adecuadamente y no hubieran sufrido mayores daños. Uno de los ejemplos en donde se presentaron numerosos casos de daños por colindancia, es Ciudad de México en el terremoto de 1985.

### **CONCLUSIONES**

- Caracas es una ciudad ubicada en el mapa de macrozonificación, en zona sísmica 4; sin embargo, su sismicidad ha sido catalogada como moderada.
- Cuando ocurrió el terremoto de Caracas, el 29 de julio de 1967, el daño estructural se concentró en zonas muy bien delimitadas. Los cuatro edificios de altura media que colapsaron, así como numerosas edificaciones con daños estructurales severos, estaban ubicados en la zona sur de las urbanizaciones Altamira y Los Palos Grandes. También se identificaron daños significativos en la zona de San Bernardino y Avenida Urdaneta, al noreste del casco original de la ciudad.
- En el estudio de profundidad del lecho rocoso, realizado por la Weston Geophysical Engineers International, Inc. en 1969, por solicitud de la Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo de Caracas, se identificaron zonas de suelos aluviales con profundidades de hasta 300 metros, en las urbanizaciones Altamira y Los Palos Grandes.
- De igual manera, se realizaron numerosos estudios, tanto por parte de especialistas nacionales como internacionales, obteniéndose como resultado el refuerzo de la hipótesis sobre la correlación entre los patrones de daño estructural y las características del suelo local.
- El acelerado y descontrolado crecimiento urbano de Caracas en los últimos treinta años, ha traído como consecuencia, además de la proliferación de viviendas marginales ubicadas en zonas geológicamente inestables, la construcción de edificaciones formales con diseños poco apropiados para soportar un terremoto.
- A pesar de la experiencia obtenida a raíz del terremoto de



1967, existe un gran desconocimiento por parte de las autoridades y personas que toman decisiones en los planes urbanos, en cuanto a los efectos devastadores que las características del suelo local pueden producir al ocurrir un sismo, en estructuras que no han sido apropiadamente diseñadas, calculadas y construidas para resistir los esfuerzos a los que estará sujeta.

- En las ordenanzas municipales de zonificación vigentes en los municipios que conforman el área metropolitana censal, inconsciente e irresponsablemente, se incluyen artículos que promueven, y hasta obligan en algunos casos, la utilización en estas zonas, de configuraciones arquitectónicas que han sido reconocidas mundialmente como configuraciones que afectan considerablemente la habilidad de las edificaciones para resistir las fuerzas producidas por los terremotos.
- Entre los aspectos de diseño arquitectónico fomentados por las ordenanzas urbanas, sin tener en cuenta los riesgos de daños por sismos que imponen en las estructuras regidas por éstas, tenemos las estructuras altas, escalonadas y adyacentes, como se presenta en el caso del "corredor vial" de la Avenida Francisco de Miranda y en la Avenida Universidad. Cada uno de estos tres aspectos por separado: altura, adyacencia o colindancia y escalonamientos en vertical, han sido reconocidos como variables de diseño que influyen notablemente en el comportamiento sismorresistente de las edificaciones y en los daños que éstas pueden ocasionar en las edificaciones adyacentes. En el terremoto de Ciudad de México, 1985, se observaron numerosos casos de daños por colindancia de edificaciones con características y disposición muy similares a las existentes en Caracas en zonas como las antes mencionadas y en otras como la Avenida Lecuna, la Avenida Urdaneta y en general el centro de la ciudad.
- La microzonificación sísmica ha sido reconocida por la comunidad de investigadores que estudian los efectos producidos por los desastres naturales, como uno de los instrumentos más efectivos en la reducción de riesgos sísmicos en zonas urbanas.
- Existe suficiente información sobre las propiedades dinámicas del suelo de Caracas, como para realizar un primer nivel de microzonificación; sin embargo, esta información no ha sido

considerada ni al momento de desarrollar los planes urbanos, ni en las ordenanzas de zonificación.

- El mapa de microzonificación presentado por J.L. Alonso en el II Congreso Venezolano de Arquitectos, no fue tomado en cuenta a nivel oficial y se ha mantenido como un aporte académico.

## RECOMENDACIONES

- El diseño y la planificación urbanas deben considerar la amenaza sísmica y, por ende, las características dinámicas del suelo local, de manera tal que profesionales e inversionistas tomen en cuenta este conocimiento en el diseño y localización de edificaciones y otros tipos de estructuras que conforman la ciudad, para así reducir el riesgo sísmico de una ciudad-capital tan congestionada como lo es Caracas.
- El diseño y la planificación urbanas deben estimar, por lo tanto, las características dinámicas del suelo local, para que así otros profesionales e inversionistas tomen en cuenta este conocimiento en el diseño y localización de las estructuras que conforman la ciudad.
- Es necesario convocar a la Dirección General de Ordenamiento Urbanístico del MINDUR, a los Concejos Municipales y a las Oficinas Locales de Planeamiento Urbano de las Alcaldías del Área Metropolitana, con el objeto de informarles sobre la necesidad de la microzonificación sísmica de Caracas, a fin de determinar: (a) las características de los suelos locales que deberían incluirse en el Plan de Ordenamiento Urbanístico; y, (b) las recomendaciones para el diseño de edificaciones en cada una de las zonas identificadas, que deben incluirse en las ordenanzas dentro de los planes de desarrollo urbano local.

**BIBLIOGRAFIA**

- ALONSO, J.L. (1975) «La microzonificación sísmica como elemento imprescindible en el planeamiento urbano» en *Memorias del II Congreso Venezolano de Arquitectos*. Mérida, Venezuela: Colegio de Arquitectos de Venezuela.
- \_\_\_\_\_ (1992) «Microzonificación sísmica de áreas urbanas» en *Memorias del XXI Convención de UPADI*. Santo Domingo, República Dominicana: Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros.
- COMISION PRESIDENCIAL PARA EL ESTUDIO DEL SISMO (1978) *Segunda fase del Estudio del sismo ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967*. Vols. A y B. Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas FUNVISIS. Caracas: Ministerio de Obras Públicas.
- COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES (1982) *Norma Venezolana para Edificaciones Antisísmicas*. COVENIN 1756-82. Caracas: Ministerio de Fomento.
- ESPINOSA, A.F. y S.T. ALGERMISSEN (1972) *A Study of Soil Amplification Factors in Earthquake Damage Areas, Caracas, Venezuela*. NOAA Technical Report ERL280-ESL 31, U.S. Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Boulder, Colorado, EEUU.
- FERREBUS, C.J. (1982) *Una contribución a la microzonificación sísmica de la ciudad de Caracas*. Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- GUEVARA, L.T. (1989) *Architectural Considerations in the Design of Earthquake-Resistant Buildings: Influence of Floor-Plan Shape on the Response of Medium-Rise Housing to Earthquake*. Ph.D. Dissertation. CED, University of California, Berkeley, EEUU.
- \_\_\_\_\_ (1990) «Consideraciones arquitectónicas en el comportamiento sismo-resistente de viviendas de altura media» en *Memorias de las Segundas Jornadas de Ingeniería Sísmica*. SOCVIS/UNIMET/AVPC/SIDETUR. Caracas.
- \_\_\_\_\_ (1992) «Aspectos de diseño arquitectónico que afectan la sismo-resistencia de las edificaciones» en *Memorias del Primer Seminario Nacional sobre Mitigación y Atención de Desastres en Areas Urbanas*. Federación Venezolana de Rescate (FEVESAR). Caracas.
- HANSON, R.D. and DEGENKOLB, H. (1969) *The Venezuela Earthquake, July 29, 1967*. New York: American Iron and Steel Institute.
- MINISTERIO DEL DESARROLLO URBANO (1977) *Microzonificación sísmica de Mérida*. Caracas: Ministerio del Desarrollo Urbano.
- OFICINA CENTRAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA (1993) *El Censo 90 en Venezuela. XII Censo General de Población y Vivienda*. Presidencia de la República de Venezuela. Caracas.
- OFICINA METROPOLITANA DE PLANEAMIENTO URBANO (1983). *Caracas 2000*. Caracas: Oficina Metropolitana de Planeamiento Urbano.
- QUIJADA, P.; GAJARDO, E. et al. (1993) «Análisis de amenaza sísmica de Venezuela para el nuevo Mapa de Zonificación con Fines de Ingeniería» en las *Memorias del VIII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-resistente*. Mérida, Venezuela.
- RED LATINOAMERICANA Y DEL CARIBE DE CENTROS DE INGENIERIA SISMICA (RELACIS) Y SOCIEDAD VENEZOLANA DE INGENIERIA SISMICA (SOCVIS) (1993) *Glosario de vocablos empleados en Ingeniería Sísmica*. Fundación Juan Manuel Cajagal y Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales (FUDECI). Caracas, Venezuela.
- REITHERMAN, R. y CH., Arnold (1982) *Configuración y diseño sísmico de edificaciones*. Ciudad de México: Editorial Limusa.
- SAUTER, F. (1989) *Introducción a la Sismología. Fundamentos de Ingeniería I*. San José: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- SINGER, A. (1992) «Zonas de amenaza natural asociadas a los grandes sistemas de fallas activas y los efectos geológicos de la actividad sísmica en Venezuela» en *Enfoques de Vivienda 1991*. Caracas: Consejo Nacional de la Vivienda.
- SOZEN, M.A., P.C. JENNINGS, R.B. MATTHIESEN, G.W. HOUSNER Y N.M. NEWMARK (1968) *Engineering Report on the Caracas Earthquake of 29 July 1967*. Washington, D.C: National Academy of Science.



VALLMITJANA, M.  
(Coordinadora); C.  
BRAND; V. FOSSI, *et al.*  
(1993)  
*Nuevos escenarios para  
el poder local: Caracas.*  
Caracas: COPRE/PNUD.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO  
FEDERAL (1989)  
«Ordenanza  
Modificatoria de la  
Ordenanza sobre  
Zonificación del  
Municipio Libertador»  
en *Gaceta Municipal del  
Distrito Federal*, Número  
Extra 851-A. Caracas.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO  
FEDERAL (1980)  
«Ordenanza de  
Zonificación del Sector  
Sabana Grande» en  
*Gaceta Municipal del  
Distrito Federal*, Número  
16.224. Caracas.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO  
FEDERAL (1978)  
«Ordenanza sobre  
Ordenamiento  
Geotécnico para las  
Urbanizaciones Colinas  
de Santa Mónica y  
Colinas de Los  
Chaguaramos,  
Parroquia Santa Rosalía  
del Departamento  
Libertador» en *Gaceta  
Municipal del Distrito  
Federal*, Número Extra  
477. Caracas.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO  
FEDERAL (1977)  
«Ordenanza Especial  
de Zonificación de El  
Rosal» en *Gaceta  
Municipal del Distrito  
Federal*, Número  
Extraordinario del 2 de  
junio de 1977. Caracas.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO  
FEDERAL (1975)  
«Ordenanza Especial  
de Zonificación de El  
Rosal» en *Gaceta  
Municipal del Distrito  
Federal*, Número  
Extraordinario del 2 de  
diciembre de 1975.  
Caracas.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO  
FEDERAL (1973)  
«Ordenanza sobre  
Rezonificación del  
Sector 'El Paraíso'» en  
*Gaceta Municipal del  
Distrito Federal*, Número  
Extra 310. Caracas.

VENEZUELA.  
CONCEJO MUNICIPAL  
DEL DISTRITO SUCRE  
DEL ESTADO MIRANDA  
(1982)  
«Ordenanza de  
Zonificación del Distrito  
Sucre» en *Gaceta  
Municipal del Distrito  
Sucre*, Número  
Extraordinario 9-II.  
Caracas.

WESTON  
GEOPHYSICAL  
ENGINEERS  
INTERNATIONAL, INC.  
(1969)  
*Seismic Investigations.  
Valley of Caracas and  
the Litoral Central*  
(under the planning and  
supervision of the  
Presidential Commission  
for the Study of the  
Caracas Earthquake,  
Republic of Venezuela,  
Ministry of Public  
Works, MOP). Weston,  
Massachusetts, USA.