

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE JAPÓN (JICA)

DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

ESTUDIO SOBRE

**EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL
DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS
EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**

INFORME FINAL PRINCIPAL

Marzo 2005

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL
En asociación con
OYO INTERNATIONAL CORPORATION

G E

J R

05-028

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DE JAPÓN (JICA)

DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

ESTUDIO SOBRE

EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL
DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS
EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

INFORME FINAL PRINCIPAL

Marzo 2005

PACIFIC CONSULTANTS INTERNATIONAL
En asociación con
OYO INTERNATIONAL CORPORATION

Costo Base Estimado: de acuerdo a precios de 2005

Tipo de Cambio:

Moneda	Tipo de Cambio / US\$
Bolívar Venezolano (Bs)	1.,919.10
Yen Japonés (¥)	104,35

(1 de enero de 2005)

PRÓLOGO

Como respuesta a la solicitud del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, el Gobierno del Japón decidió llevar a cabo el Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas confiándole el estudio a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

JICA seleccionó al equipo de estudio encabezado por el Sr. Mitsuo MIURA de la empresa Pacific Consultants International (PCI), formado por miembros del personal de PCI y de OYO International Corporation y envió al equipo a Venezuela siete veces entre Diciembre 2002 y Marzo 2005. Asimismo, JICA estableció un comité asesor encabezado por el Sr. Yasuo NAKANO y el Sr. Haruo NISHIMOTO, de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, entre Diciembre 2002 y Marzo 2005, el cual examinó el Estudio desde el punto de vista técnico y de especialistas.

El equipo mantuvo discusiones con los funcionarios involucrados de la República Bolivariana de Venezuela, llevando a cabo estudios de campo en el área de estudio. Después de regresar al Japón, el equipo condujo estudios posteriores y preparó este informe final.

Espero que este informe contribuya a la promoción de este proyecto y a la intensificación de la relación amistosa entre nuestros dos países.

Finalmente, deseo expresar mi sincera apreciación a los funcionarios involucrados de la República Bolivariana de Venezuela por la estrecha cooperación otorgada al equipo.

Marzo, 2005,

Etsuo Kitahara

Vice Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

ESTUDIO SOBRE EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS, REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

Marzo, 2005

Sr. Etsuo Kitahara

Vice Presidente

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

CARTA DE TRANSMISIÓN

Estimado Señor,

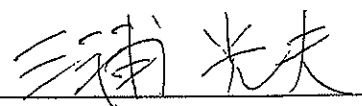
Estamos complacidos de hacer entrega del informe final titulado "Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas, República Bolivariana de Venezuela". Este informe ha sido preparado por el Equipo de Estudio de acuerdo a los contratos firmados el 9 de diciembre del 2002, el 7 de mayo del 2003 y el 30 de abril del 2004 entre la Agencia de Cooperación Internacional del Japón y el Equipo de Estudio Conjunto de Pacific Consultants International y OYO International Corporation.

El informe examina las condiciones existentes relacionadas a los desastres de terremotos y de sedimentos en tres municipios del Distrito Metropolitano de Caracas y presenta un plan maestro para la prevención de desastres en el área. También presenta el resultado del estudio de factibilidad de los proyectos prioritarios seleccionados entre los proyectos maestros.

El informe consiste en el Resumen, Informe Principal, Informe de Soporte, Libro de Datos y Mapas. El Resumen contiene los resultados de todos los estudios. El Informe Principal contiene las condiciones existentes, el plan maestro propuesto, los resultados del estudio de factibilidad, además de las conclusiones y recomendaciones. El Informe de Soporte incluye los detalles técnicos del contenido del Plan Maestro. El Libro de Datos contiene los datos básicos. El tomo de Mapas contiene los mapas más importantes preparados durante el Estudio.

Todos los miembros del Equipo de Estudio desean expresar su agradecimiento a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), al Comité Asesor de JICA, al Ministerio de Relaciones Exteriores, Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte, al Banco de Cooperación Internacional del Japón, a la Embajada del Japón de la República Bolivariana de Venezuela y a otros donantes, así como a los funcionarios venezolanos e individuos por su asistencia proporcionada al Equipo de Estudio. El Equipo de Estudio desea sinceramente que los resultados del estudio contribuyan a la prevención de desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas, y que la relación amistosa entre los dos países sea promovida por esta ocasión.

Sinceramente,



Mitsuo MIURA

Jefe del Equipo

SUMARIO EJECUTIVO

ESTUDIO SOBRE EL PLAN BÁSICO DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

Problemas Existentes y Meta del Plan Maestro

Caracas es la capital de Venezuela con una población de 3,1 millones y una extensión de 777 km². Tiene el mayor número de población del país, y la concentración de edificaciones también es mayor. Es más, desempeña la función de la capital del país, con la administración del Gobierno nacional, el congreso nacional y la corte suprema, además de la sede del banco nacional.

Caracas tiene varias experiencias de terremotos de gran escala desde que su historia comenzara en el siglo XVI. El mayor fue el que azotó la ciudad en 1812, cuando unas 2.000 personas perdieron sus vidas. El más reciente ocurrió en 1967, en que unos 1.800 edificios desmoronaron y murieron 274 personas. Por lo tanto, Caracas tiene posibilidad de sufrir un terremoto de las magnitudes del de 1812 o del de 1967.

Caracas también tiene una historia de desastres frecuente de sedimentos. En Diciembre de 1999, Caracas sufrió una lluvia torrencial causada por el frente frío que llegaba del Mar Caribe y se generaron flujos de escombros en las quebradas de montaña de Catuche y Anauco. Esto mató a unas 100 personas. Otro flujo de escombros parecido ocurrió en Febrero de 1951. Así, Caracas tendrá la posibilidad de un flujo de escombros como el de 1951 o el de 1999 en el futuro.

La administración preventiva de desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas está definida en la Ley de Organización para la Protección Civil y Administración de Protección que se emitió en 2001. La responsabilidad de la Protección Civil en los niveles nacional y regional están claramente definidos allí y a la Protección Civil de la ADMC le corresponde preparar un plan regional de prevención de desastres para el Distrito Metropolitano de Caracas, pero no se está elaborando tal plan. Tampoco se ha preparado el plan nacional de prevención de desastres, que serviría de lineamientos para el plan regional.

Por consiguiente, el Distrito Metropolitano de Caracas, la ciudad más importante del país, está bajo amenazas naturales como desastres por terremotos y sedimentos. Sin embargo, la administración de prevención de desastres se está desarrollando y el plan regional para la prevención de desastres no se ha preparado todavía.

Basado en los antecedentes arriba mencionados, la meta del plan maestro para el área es la siguiente:

1. Que aun con la magnitud del terremoto del 1967 o del 1812, se salven las vidas humanas. Que sean mínimas las casas dañadas. Que se preserve la función importante de la ciudad como vías terrestres principales, líneas vitales y funciones administrativas para la prevención de desastres.
2. Que aun con la magnitud de un flujo de escombros como el que sufrió Caracas en 1999 debido a la lluvia de cien años de retorno, se salven edificios y vidas humanas que viven a lo largo de las quebradas de montaña.
3. Que se salven vidas humanas de derrumbes de precipicio o deslizamiento en el Area.

Plan Maestro

1. Proyectos de Plan Maestro

A fin de alcanzar las metas, se propusieron veinte proyectos, de los que se seleccionaron siete mayores, considerando su “importancia”, “urgencia”, “intención de la contraparte”, etc. Dichos siete proyectos mayores son:

Proyectos para “Volver Caracas más segura” (Institución a cargo)

1. Reforzamiento Sísmico de Edificaciones (Ministerio de la Vivienda, FUNVI, Municipalidades)
2. Reforzamiento Sísmico de Puentes (Ministerio de Infraestructura)
3. Estructuras para el Control de Flujo de Escombros (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales)
4. Reubicación de Personas que Viven en Canales de Río (Ministerio de Planificación y Desarrollo, Secretaría de Planificación Urbana y Ambiente, ADMC, Municipalidades)

Proyectos para “Actuar Efectivamente en Caso de Emergencia”

5. Alerta Temprana y Evacuación (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Protección Civil de ADMC, Protección Civil de Municipalidades)
6. Centro de Comando de Emergencia (Protección Civil de ADMC)

Proyecto para “Fortalecer la Coordinación entre el Gobierno y los Ciudadanos”

7. Fortalecimiento de Actividades Comunitarias (Protección Civil Nacional, ADMC, Municipalidades)

2. Costo de Proyecto

Aproximadamente 2.800 Millones de US\$

3. Evaluación del Plan Maestro

Económica	Es difícil realizar la evaluación económica sobre el plan maestro de forma integral, y sin embargo, el proyecto de reforzamiento sísmico de edificaciones, que representan mayor porción del plan, hará que su beneficio económico resulte mayor que el costo económico.
Financiera	El costo total de proyecto ronda por un 3 % del PIB nacional y unos 10% del presupuesto nacional. El efecto financiero es grande, al considerar la importancia del área.
Social	Es posible reducir el número de víctimas en forma significativa al aplicar los proyectos de “reforzamiento sísmico de edificaciones”, “Estructuras para el control de flujos de escombros”, “Reubicación de personas de áreas riesgosas”, y “Regulación de uso de tierra y desarrollo”, dando efecto alto al nivel social.
Técnico	Todos los proyectos son posibles con las tecnologías locales.
Ambiental	Las presas Sabo de estructuras para controlar flujos de escombros se planean en el interior del Parque Nacional del Avila. El aspecto ambiental del proyecto fue explicado al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, quien por su parte lo admitió con la condición de que se diseñe y construya de tal manera que se respete la conservación ambiental.

Estudio de Factibilidad de Proyectos Prioritarios

1. Selección de Proyectos Prioritarios

Conforme al criterio de selección como “importancia”, “urgencia”, “consecuencias prontas”, “tecnología”, “economía”, “efecto ambiental”, “necesidades sociales”, “intención de la contraparte”, etc, se seleccionaron dos proyectos para su estudio de factibilidad.

Reforzamiento Sísmico de Edificaciones:

Medidas Estructurales para la Prevención de Desastres por Terremoto
(Estudio en Conjuntura con FUNVISIS)

Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres de Flujos de Escombros:

Medidas No-estructurales para la Prevención de Desastres por Sedimento
(Estudio en Conjuntura con IMF-UCV)

2. Descripción de Proyecto

a. Reforzamiento Sísmico de Edificaciones

Entre las 310.000 edificaciones del área objetivo, se reforzarán unos 180.000. La metodología de reforzamiento para las casas del área urbana se propone a base del código de construcción de 2001. El método de reforzamiento para las casas del área de barrios fue estudiado por medio de una prueba de campo realizada en el Estudio.

b. Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres de Flujo de Escombros

Será instalada la red de observación meteorológica e hidrológica, al igual que la de comunicación. El volumen crítico de precipitación se diseñará para los indicadores de alerta temprana. Se establecerá el esquema institucional, compuesto del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Protección Civil de ADMC, Protección Civil de Municipalidades y Comunidades, a base del acuerdo firmado por las partes involucradas.

3. Costo de Proyecto y Cronograma de Implementación

3.1	Reforzamiento de Edificaciones	2.600 millones de US\$
-----	--------------------------------	------------------------

Cribado Rápido Visual	2005-2008
Evaluación Detallada Sísmica	2005-2018
Diseño de Reforzamiento	2005-2019
Obra de Reforzamiento	2007-2020

3.2	Alerta Temprana y Evacuación	1 millón de US\$
-----	------------------------------	------------------

Establecimiento de Acuerdo	2005-2006
Establecimiento de Sistema de Información	2006-2007
Centro de Comando de Emergencia	2006-2007
Implementación de Alerta Temprana y Evacuación	2006-2007

4. Efecto del Proyecto

4.1 Reforzamiento Sísmico de Edificaciones

El proyecto reducirá el número de edificios seriamente dañados de 10.000 a 1.300 y el número de víctimas de 4,900 a 400, en caso de un terremoto con la magnitud del de 1967. Por su parte, en caso de un terremoto como el ocurrido en 1812, estas cifras serán: de 32.000 a 5.300 y de 20.000 a 2.300, respectivamente. La reducción de daños directos e indirectos por el proyecto en caso del terremoto de 1967 se estima en 530 millones de US\$.

4.2 Alerta Temprana y Evacuación para Prevención de Desastres por Flujos de Escombros

La aplicación del proyecto será posible para 19.000 personas que viven en áreas riesgosas de flujos de escombros de diversas escalas.

5. Evaluación de Proyecto

5.1 Reforzamiento Sísmico de Edificaciones

- Económica :** El beneficio económico es equivalente al costo económico. El beneficio del proyecto en el caso de un terremoto como el de 1967 se calcula alrededor de US\$ 530 millones al combinar el beneficio directo e indirecto. Este valor es equivalente al costo del reforzamiento de 10.000 edificaciones, el cual ha sido estimado como el número de edificaciones que serían severamente dañadas en un terremoto de la magnitud como el ocurrido en 1967.
- Financiera:** El costo de proyecto representa un 3 % del PIB nacional y la mayoría del mismo será cubierta por los propietarios de edificios. La gente del área urbana tendrá la posibilidad de pagarlo, pero será necesario dar subsidio para la gente de barrios.
- Técnica:** El proyecto será técnicamente factible incluyendo las casas de barrio.
- Social:** Será el método más efectivo para reducir el número de víctimas.

5.2 Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres por Flujos de Escombros

- Económica :** La evaluación económica es difícil porque no preservará propiedades.
- Financiera :** El costo de proyecto representa un 1 % de ADMC y se justifica la inversión al considerar la importancia del área.
- Técnica :** El proyecto es técnicamente factible, basado en la observación precisa meteorológica e hidrológica, junto con la observación de flujos de escombros por la iniciativa del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- Social:** Generalmente las organizaciones comunitarias del área son activas y será posible establecer un sistema de alerta temprana y evacuación utilizando las organizaciones existentes de las comunidades.

Limitaciones del Estudio

Este Estudio contiene ciertas limitaciones. Debido a que el Estudio ha sido llevado a cabo con las siguientes limitaciones, es necesario continuar con investigaciones y discusiones posteriores para poder complementar estas limitaciones.

(1) Area de Estudio

A pesar de que el nombre del Estudio es “Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas”, el área de Estudio no cubre los cinco Municipios que componen el Distrito Metropolitano, o sea, Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo. El Área de Estudio está limitada a tres Municipios únicamente, es decir Libertador, Chacao and Sucre. Esto se debe a que el Alcance del Trabajo que fue firmado el 21 de Marzo de 2002 lo define así, además de que las Minutas de las Reuniones que fueron firmadas al mismo tiempo mencionan que “En el futuro, las oficinas del Alcalde del Distrito Metropolitano de Caracas aplicarán los conocimientos y metodologías obtenidos a través del curso de este Estudio para formular el plan de prevención de desastres para los Municipios de Baruta y El Hatillo”. Se espera que el lado venezolano formule el plan para el resto del Distrito Metropolitano de Caracas basándose en la idea mencionada en las Minutas de las Reuniones.

(2) Estatus Legal del Resto del Estudio

De acuerdo a la “Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres”, los planes regionales para la prevención de desastres serán propuestos por las oficinas regionales de Protección Civil al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres en cada región para obtener una autorización final. Por consiguiente, el Plan para la Prevención de Desastres preparado en el Estudio deberá ser revisado por Protección Civil Metropolitana y posteriormente deberá ser propuesto al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres para su autorización final.

(3) Empleo del Método Determinístico en la Prevención de Desastres por Terremoto

Existen dos métodos para evaluar los efectos de terremoto, el determinístico y el probabilístico. En este estudio, se ha empleado el método determinístico puesto que define varios escenarios de terremotos y estima los movimientos de tierra y sus daños para poder establecer un plan para la prevención de desastres por terremoto.

Por otro lado, el método probabilístico considera todos los posibles terremotos que podrían afectar el área de estudio, estimando el movimiento de la tierra para un período fijo de tiempo y una probabilidad fija de ocurrencia. El movimiento de tierra resultante no es el que ocurriría durante un terremoto pero es útil para el establecimiento de códigos sísmicos o cálculos de primas para los seguros.

En este estudio, se ha empleado el método determinístico y los resultados han sido usados para preparar el plan de respuesta de emergencia, debido a que el objeto del estudio es establecer un plan para la prevención de desastres por terremotos. Con respecto al plan de reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes, todos los edificios necesarios fueron considerados, puesto que el área que necesita el reforzamiento no puede ser especificado, ya que la ubicación de terremotos futuros no se puede predecir.

(4) Efecto del Escenario de Terremoto

En este estudio, los terremotos típicos en el pasado fueron considerados como escenarios de terremoto, puesto que la predicción de terremotos para eventos futuros es difícil. Los escenarios de terremoto considerados en este estudio no son de ninguna predicciones ni profecías de terremotos en el futuro, pero deberán ser usados para poder entender la magnitud del daño en caso de que un terremoto de igual magnitud ocurriese hoy en día.

Existen numerosos estudios con respecto a los principales terremotos acaecidos en el pasado por lo que se pueden desarrollar varios modelos con respecto a la ubicación de la falla del escenario de

terremoto. En este estudio, se adoptó el modelo que reproduce de la mejor manera el daño observado o el movimiento de tierra. Debe mencionarse que la parte noroeste del Distrito Metropolitano de Caracas sufrió mayores daños en los escenarios de los terremotos de 1967 y 1812 debido a que la falla del terremoto estaba localizada en la parte noroeste de Caracas.

(5) Daño a las Funciones de las Edificaciones

En este estudio, el tratamiento estadístico es necesario para evaluar los daños en todas las edificaciones del área de estudio bajo el escenario de terremoto. Por esta razón, las necesidades de todas las edificaciones deben ser clasificadas en diferentes grupos. Los detalles estructurales como las configuraciones, irregularidades, y las disposiciones de pared son factores importantes en las inspecciones individuales de los edificios. Sin embargo, factores básicos tales como el tipo estructural, el año de construcción y el número de pisos se usa para clasificar los edificios en la estimación de daños estadísticos de todas las edificaciones de este estudio.

La función de daños utilizada en este estudio para estimar los daños en las edificaciones fue desarrollada a partir de varias discusiones con los expertos en FUNVISIS usando los datos de daños por terremoto en países europeos y en el terremoto de 1967 de Caracas, basándose en EMS-98 (Escala Macrosísmica Europea 1998). La función definida fue calibrada por medio de la observación a los daños en el terremoto de 1967 de Caracas.

Deberá mencionarse también que en este estudio, la base de datos del área urbana fue desarrollada por medio del muestreo de campo debido a que los datos catastrales no estaban disponibles de manera completa. La base de datos de las edificaciones en los barrios fue desarrollada también por estimaciones usando la relación entre el área y el número de casas en los barrios. Es necesario mejorar la metodología desarrollando una base de datos de mejor calidad, así como un estudio estadístico de daños para un terremoto de gran escala

(6) Prueba de Ruptura en las Edificaciones de los Barrios

La prueba de ruptura de las edificaciones fue ejecutada para obtener datos sobre la fuerza de las casas de los barrios, además de llevarse a cabo como material educativo para promover el reforzamiento sísmico. De esta manera, la prueba no tenía la intención de proponer un método específico de reforzamiento. Debido a que es la primera vez que este tipo de pruebas se lleva a cabo en Venezuela, y a pesar de que solamente fueron cuatro los modelos examinados, se recomienda que el lado venezolano continúe con este tipo de experimentos en el futuro.

(7) Exclusión de Problemas de Inundación y Drenaje Urbano

Los desastres de sedimentos definidos en el Estudio no incluyen ni los problemas de inundaciones ni los problemas relacionados al drenaje urbano. Los problemas de inundaciones serían por ejemplo, las inundaciones alrededor del Río Gaire debido a la falta de capacidad del curso del río. Los problemas de drenaje urbano son por ejemplo, las inundaciones en el área urbana debido a la falta de capacidad del sistema de drenaje cuando ocurren fuertes precipitaciones en la misma área urbana. Ambos problemas difieren de los desastres de sedimento definidos en el Estudio (flujo de escombros, deslizamientos y derrumbes) y se excluyen del Alcance de Estudio.

ESTUDIO SOBRE
EL PLAN BASICO DE PREVENCION DE DESASTRES EN
EL DISTRITO METROPOLITANO DE CARACAS

INFORME PRINCIPAL

TABLA DE CONTENIDOS

Lista de Tablas

Lista de Figuras

Lista de Fotos

Lista de Abreviaturas

Glosario

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1. 1	Información General -----	1 - 1
1. 2	Antecedentes -----	1 - 1
1. 3	Objetivos del Estudio -----	1 - 2
1. 4	Área de Estudio-----	1 - 3
1. 5	Organización del Equipo de Estudio-----	1 - 3
1. 6	Composición del Informe Final -----	1 - 3
1. 7	Limitaciones del Estudio -----	1 - 4
1. 8	Agradecimientos-----	1 - 7

CAPÍTULO 2 CONDICIONES EXISTENTES

2. 1	Condiciones Naturales -----	2 - 1
2. 1. 1.	Topografía y Geología -----	2 - 1
2. 1. 2	Meteorología e Hidrología del Área de Estudio -----	2 - 2
2. 2	Condiciones Socioeconómicas -----	2 - 2
2. 2. 1.	Sistema Administrativo -----	2 - 2
2. 2. 2.	Población -----	2 - 3
2. 2. 3.	Estructura Económica -----	2 - 3
2. 3	Desarrollo en el Área de Estudio -----	2 - 5
2. 3. 1.	Breve Historia del Crecimiento de Caracas -----	2 - 5
2. 3. 2.	Aspectos de Planificación Urbana -----	2 - 6
2. 3. 3.	Área de Barrios -----	2 - 7

2. 4	Planes de Desarrollo Existentes Relacionados a la Gestión de Desastres-----	2 - 9
2. 5	Administración y Legislación para la Prevención de Desastres-----	2 - 11
2. 5. 1.	Marco Legal para la Prevención de Desastres -----	2 - 11
2. 5. 2.	Plan Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres -----	2 - 11
2. 5. 3.	Plan Nacional para la Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre -	2 - 12
2. 5. 4.	Plan Metropolitano para la Gestión de Desastres-----	2 - 12
2. 6	Otras Actividades Realizadas por Instituciones Internacionales -----	2 - 13
2. 6. 1.	General-----	2 - 13
2. 6. 2.	PNUD -----	2 - 13
2. 6. 3.	Estudio Elaborado por Columbia University-----	2 - 14

CAPÍTULO 3 ESTUDIO DE DESASTRES POR TERREMOTO

3. 1	Análisis de Riesgo Sísmico -----	3 - 1
3. 1. 1.	Revisión de Datos Recolectados -----	3 - 1
3. 1. 2.	Definición de un Escenario para Terremoto-----	3 - 5
3. 1. 3.	Desarrollo del Modelo de Suelo -----	3 - 6
3. 1. 4.	Método de Cuantificación de Movimiento del Terreno-----	3 - 12
3. 1. 5.	Resultados Estimados del Movimiento de Terreno -----	3 - 16
3. 2	Análisis de Riesgo Sísmico en Edificios -----	3 - 17
3. 2. 1.	Revisión de los Datos Recolectados-----	3 - 17
3. 2. 2.	Método de Cuantificación de Daños -----	3 - 20
3. 2. 3.	Resultados de la Cuantificación de Daños-----	3 - 26
3. 3.	Inventario de Instalaciones Importantes-----	3 - 26
3. 3. 1.	Método de Evaluación Sísmico de Instalaciones Importantes -----	3 - 26
3. 3. 2.	Resultados de la Evaluación Sísmica de Edificios Importantes -----	3 - 27
3. 3. 3.	Plan para el Reforzamiento de Edificios-----	3 - 28
3. 4	Análisis de Riesgo Sísmico de Líneas Vitales e Infraestructura -----	3 - 29
3. 4. 1.	General-----	3 - 29
3. 4. 2.	Método de Estimación de Daños -----	3 - 30
3. 4. 3.	Resultados de la Estimación de Daños-----	3 - 35
3. 5	Estudio de Prevención de Desastres por Terremotos -----	3 - 39
3. 5. 1	Estudio sobre Medidas Estructurales-----	3 - 39
3. 5. 2.	Estudio sobre Medidas No Estructurales -----	3 - 64

CAPÍTULO 4 ESTUDIO DE DESASTRES POR SEDIMENTOS

4. 1	Análisis de Amenaza de Desastre por Sedimentos-----	4 - 1
------	---	-------

4. 1. 1.	Definición de los Escenarios de Desastre-----	4 - 1
4. 1. 2	Elaboración de Mapas de Amenaza por Sedimentos-----	4 - 29
4. 2	Desarrollo del Mapa de Riesgos por Sedimentos -----	4 - 40
4. 2. 1	Derrumbes y Deslizamientos-----	4 - 40
4. 2. 2	Flujo de Escombros -----	4 - 41
4. 3	Estudio de Prevención de Desastres por Sedimentos -----	4 - 44
4. 3. 1.	General -----	4 - 44
4. 3. 2.	Concepto de la Formulación del Proyecto-----	4 - 45
4. 3. 3.	Medidas Estructurales contra Derrumbes y Deslizamientos -----	4 - 46
4. 3. 4.	Medidas Estructurales contra el Flujo de Escombros -----	4 - 47
4. 3. 5.	Medidas No Estructurales -----	4 - 57
4. 3. 6.	Operación y Mantenimiento-----	4 - 66
4. 3. 7.	Programa de Implementación -----	4 - 67
4. 4	Instalación del Equipos Hidro-Meteorológicos -----	4 - 67
4. 4. 1.	General -----	4 - 67
4. 4. 2.	Instalación del Pluviómetro -----	4 - 67
4. 4. 3.	Instalación de Limnímetros-----	4 - 68

CAPÍTULO 5 ESTUDIOS SOCIALES

5. 1	Sistema Legal e Instituciones -----	5 - 1
5. 1. 1.	Aspectos Centrales y Recomendaciones-----	5 - 1
5. 1. 2.	Sistema Legal Relacionado a la Mitigación y Preparación de Desastres -	5 - 1
5. 1. 3.	Coordinación Inter Institucional -----	5 - 3
5. 2	Operaciones de Rescate / Servicios Médicos -----	5 - 8
5. 2. 1.	Visión Global de los Mecanismos de Respuesta y el Sector de Salud----	5 - 8
5. 2. 2.	Programa de Preparación de Desastre en Salud y Mecanismos de Respuesta-----	5 - 9
5. 2. 3.	Escenarios Asumidos con las Condiciones Existentes-----	5 - 14
5. 2. 4.	Recomendaciones-----	5 - 14
5. 3	Educación -----	5 - 15
5. 3. 1.	Situación Actual -----	5 - 15
5. 3. 2.	Necesidades Educativas en cuanto a a la Prevención de Desastres -----	5 - 17
5. 3. 3.	Políticas Básicas para la Educación -----	5 - 21
5. 3. 4.	Estrategias Educativas -----	5 - 22
5. 3. 5.	Diseminación Pública y Medios de Comunicación Masivos-----	5 - 24

5. 3. 6.	Programa Educativo y Medidas-----	5 - 25
5. 4	Organización de la Gente para la Prevención del Desastre -----	5 - 26
5. 4. 1.	Introducción -----	5 - 26
5. 4. 2.	Situación de la Población de Caracas en cuanto a Organización para Desastre -----	5 - 26
5. 4. 3.	Elementos de Éxito al Organizar a la Comunidad-----	5 - 28
5. 4. 4.	Políticas Institucionales para la Organización de la Gente en la Prevención del Desastre -----	5 - 29
5. 4. 5.	Limitaciones-----	5 - 32
5. 4. 6.	Potenciales-----	5 - 33
5. 4. 7.	Políticas Básicas -----	5 - 33
5. 4. 8.	Estrategias -----	5 - 33
5. 4. 9.	Programa de Organización de la Gente -----	5 - 34
5. 5	Encuestas Sociales -----	5 - 34
5. 5. 1.	Introducción -----	5 - 34
5. 5. 2.	Metodología Principal a Través de las Encuestas Sociales-----	5 - 35
5. 5. 3.	Resultados de las Encuestas de Vulnerabilidad Social-----	5 - 37
5. 5. 4.	Caso de Estudio de Experiencias Exitosas en la Gestión Social de Riesgo-----	5 - 43
5. 5. 5.	Resultados del Estudio Piloto de la Gestión de Desastres Basada en la Comunidad para el Mejoramiento del Sistema de Alerta Temprana para Evacuación en el 12 de Octubre y Los Chorros-----	5 - 45
5. 5. 6.	Resultados del Estudio Piloto de Estrategias para el Manejo de Desastres por Terremoto Basado en la Comunidad -----	5 - 50
5. 5. 7.	Promoción de Refuerzo de Construcciones Riesgosos -----	5 - 55
5. 5. 8.	Resultados del Estudio Piloto para Manejo de Estrategias de Desastres basado en la Comunidad para Reubicación de la Comunidad lejos de Zonas de Riesgo -----	5 - 56

CAPÍTULO 6 ESCENARIOS DE DESASTRE

6. 1	Escenarios de Desastre -----	6 - 1
6. 1. 1.	Importancia de los Escenarios de Desastres-----	6 - 1
6. 1. 2.	Escenarios de Desastre por Terremoto-----	6 - 1
6. 1. 3.	Escenarios de Desastres por Sedimentos -----	6 - 3
6. 2	Capacidad y Vulnerabilidad del Área de Estudio para la Prevención	

6. 2. 1.	Administración/Legislación de la Gestión de Desastres-----	6 - 3
6. 2. 2.	Capacidad Social y Vulnerabilidad Social -----	6 - 5
6. 3	Propuesta de Escenarios de Desastre Base para el Plan de Prevención de Desastres -----	6 - 6
6. 3. 1.	Concepto Básico para la Selección de Escenario de Desastre -----	6 - 6
6. 3. 2.	Desastre por Terremoto -----	6 - 6
6. 3. 3.	Desastre por Sedimentos-----	6 - 8
6. 3. 4.	Escenario de Desastre y Capacidad/Vulnerabilidad Social -----	6 - 8
6. 4	Problemas para el Plan de Prevención de Desastres -----	6 - 8

CAPÍTULO 7 BASES PARA LA PLANIFICACIÓN

7. 1	Base del Plan-----	7 - 1
7. 1. 1.	Área Objetivo -----	7 - 1
7. 1. 2.	Año Meta -----	7 - 1
7. 1. 3.	Objetivos de la Protección-----	7 - 1
7. 1. 4.	Tipos de Desastres a ser Estudiados-----	7 - 2
7. 1. 5.	Escala Objetivo de Desastres-----	7 - 2
7. 1. 6.	Estrategia Básica del Plan -----	7 - 3

CAPÍTULO 8 PLAN BÁSICO PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES

8. 1	Generalidades -----	8 - 1
8. 2	Estructura del Plan -----	8 - 1
8. 3	Plan de la Organización -----	8 - 1
8. 4	Objetivos Principales y Proyectos Mayores del Plan -----	8 - 2
8. 5	Proyectos para el Plan Maestro-----	8 - 3
8. 6	Plan para la Prevención de Desastres por Terremoto-----	8 - 3
8. 6. 1.	Escenario de Desastre por Terremoto y Efecto de los Proyectos del Plan Maestro -----	8 - 3
8. 6. 2.	Plan de Mitigación para la Prevención de Desastre por Terremoto -----	8 - 5
8. 7	Plan para la Prevención de Desastres por Sedimento-----	8 - 8
8. 7. 1.	Escenario de Desastres por Sedimentos y Efectos de los Proyectos del Plan Maestro -----	8 - 8
8. 7. 2.	Plan de Mitigación para la Prevención de Desastres por Sedimentos-----	8 - 10
8. 7. 3.	Plan de Preparación para la Prevención de Desastres por Sedimento-----	8 - 11
8. 8	Medidas Comunes para la Prevención de Desastre -----	8 - 12
8. 8. 1.	Plan Común de Mitigación -----	8 - 12

8. 8. 2.	Plan Común para la Preparación-----	8 - 15
8. 8. 3.	Recomendaciones para la Respuesta de Emergencia -----	8 - 20
8. 8. 4.	Recomendaciones para la Rehabilitación-----	8 - 22
8. 9	Mantenimiento y Plan de Funcionamiento de Proyectos del Plan Maestro-----	8 - 23
8. 10	Costo del Proyecto -----	8 - 28
8. 11	Efecto de Proyectos del Plan Maestro -----	8 - 29
8. 12	Programa de Implementación-----	8 - 29
8. 13	Fortalecimiento de las Actividades de la Comunidad para la Prevención del Desastre -----	8 - 30
8. 14	Selección de Proyectos de Prioridad-----	8 - 31
8. 14. 1.	Significado de Proyectos de Prioridad -----	8 - 31
8. 14. 2.	Criterio de Selección -----	8 - 31
8. 14. 3.	Selección del Proyecto de Prioridad para la Prevención de Desastres por Terremoto -----	8 - 32
8. 14. 4.	Selección del Proyecto de Prioridad para la Prevención de Desastres por Sedimento-----	8 - 32

CAPÍTULO 9 EVALUACIÓN DEL PLAN MAESTRO

9.1	Generalidades-----	9 - 1
9. 1. 1.	Criterios de Evaluación -----	9 - 1
9. 1. 2.	Compendio de Proyectos del Plan Maestro -----	9 - 1
9. 1. 3.	Compendio de la Evaluación de los Proyectos del Plan Maestro -----	9 - 2
9. 2	Resultados de Evaluación -----	9 - 2
9. 2. 1.	Aspectos Económicos -----	9 - 2
9. 2. 2.	Aspectos Financieros-----	9 - 2
9. 2. 3.	Aspecto Social -----	9 - 3
9. 2. 4.	Aspecto Técnico -----	9 - 4
9. 2. 5.	Aspecto Ambiental -----	9 - 5
9. 3	Evaluación Integral del Plan Maestro-----	9 - 6

CAPÍTULO 10 ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LOS PROYECTOS PRIORITARIOS

10. 1	General -----	10 - 1
10. 2	Reforzamiento Sísmico de las Edificaciones -----	10 - 2
10. 2. 1.	Prueba de Campo para el Reforzamiento Sísmico de las Edificaciones--	10 - 2
10. 2. 2.	Estudio Técnico sobre el Reforzamiento Sísmico de Edificaciones -----	10 - 3
10. 2. 3.	Estudio Institucional sobre el Reforzamiento Sísmico de	

las Edificaciones -----	10 – 4
10. 2. 4. Estudio Comunitario para el Reforzamiento Sísmico de Edificaciones --	10 – 6
10. 2. 5. Resumen del Proyecto de Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	10 – 7
10. 2. 6. Efecto del Proyecto-----	10 - 8
10. 3 Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres por Flujo de Escombros -----	10 - 8
10. 3. 1. Estudio Técnico sobre el Alerta Temprana y Evacuación-----	10 - 8
10. 3. 2. Estudio Institucional sobre el Alerta Temprana y Evacuación -----	10 - 9
10. 3. 3. Estudio Comunitario de Alerta Temprana y Evacuación-----	10 - 9
10. 3. 4. Resumen del Proyecto de Alerta Temprana y Evacuación -----	10 - 10
10. 3. 5. Efecto del Proyecto-----	10 - 11
10. 4 Operación y Mantenimiento -----	10 - 11
10. 4. 1. Operación y Mantenimiento del Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	10 - 11
10. 4. 2. Operación y Mantenimiento para el Alerta Temprana y Evacuación ----	10 - 11
10. 5 Estimación del Costo -----	10 - 12
10. 5. 1. Estimación del Costo del Reforzamiento Sísmico de Edificaciones -----	10 - 12
10. 5. 2. Estimación del Costo para el Alerta Temprana y Evacuación -----	10 - 13
10. 6 Evaluación del Reforzamiento Sísmico de Edificaciones-----	10 - 14
10. 6. 1. Marco de Evaluación-----	10 - 14
10. 6. 2. Viabilidad Económica-----	10 - 14
10. 6. 3. Viabilidad Financiera -----	10 - 17
10. 6. 4. Aspecto Técnico -----	10 - 18
10. 6. 5. Aspecto Institucional-----	10 - 19
10. 6. 6. Aspecto Comunitario-----	10 - 19
10. 6. 7. Conclusiones -----	10 - 20
10. 7 Evaluación del Alerta Temprana y Evacuación para la Prevención de Desastres por Flujo de Escombros -----	10 - 21
10. 7. 1. Marco de Evaluación -----	10 - 21
10. 7. 2 Aspecto Institucional-----	10 - 22
10. 7. 3. Aspecto Técnico -----	10 - 23
10. 7. 4 Aspecto Comunitario-----	10 - 23
10. 7. 5 Conclusiones -----	10 - 24

CAPÍTULO 11 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y SISTEMA DE BASE DE DATOS

11. 1	Introducción-----	11 - 1
11. 2	Diseño del SIG-----	11 - 1
11. 3	Diseño del Sistema de Base de Datos-----	11 - 2
11. 4	Desarrollo del SIG -----	11 - 2
11. 4. 1.	Preparación del Mapa Base-----	11 - 2
11. 4. 2.	Orto-rectificación de Fotos Aéreas -----	11 - 3
11. 4. 3.	Procesamiento Digital de Imágenes -----	11 - 3
11. 4. 4.	Definición de la División Administrativa -----	11 - 4
11. 4. 5.	Microzona -----	11 - 4
11. 5	Procedimiento de Diseño Detallado del SIG -----	11 - 4
11. 5. 1.	Plataforma de Sistema -----	11 - 4
11. 5. 2.	Fase de Desarrollo SIG y Datos Atribuidos -----	11 - 5
11. 5. 3.	Escala-----	11 - 5
11. 5. 4.	Modelo de Datos en ArcGIS -----	11 - 5
11. 5. 5.	Metadatos -----	11 - 5
11. 5. 6.	Captura de Datos y Estándares de Digitalización -----	11 - 5
11. 5. 7.	Metodología para la Preparación de Datos SIG -----	11 - 6
11. 5. 8.	Análisis Espacial y de Base de Datos -----	11 - 7
11. 6	Mantenimiento del SIG y la Base de Datos-----	11 - 7
11. 7	Sistema de Información de Gestión de Desastres (IGD) -----	11 - 8
11. 7. 1.	Propósito, Objetivo y Meta-----	11 - 9
11. 7. 2.	Resultados y Funciones Esperados -----	11 - 9
11. 7. 3.	Sistema IGD Propuesto -----	11 - 10
11. 7. 4.	Estudio de Pre-factibilidad del Sistema IGD-----	11 - 10
11. 7. 5.	Implementación de un Sistema Prototipo-----	11 - 14

CAPÍTULO 12. ESTUDIO SOBRE EL DESASTRE DE SEDIMENTO OCASIONADO POR LAS FUERTES LLUVIAS EN FEBRERO DE 2005

12. 1	Introducción-----	12 - 1
12. 2	Resultados del Reconocimiento de Campo -----	12 - 1
12. 3	Relación con el Estudio de JICA -----	12 - 1
12. 4	Planes Regionales para la Prevención de Desastres en otras Regiones -----	12 - 3

CAPÍTULO 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13. 1	Conclusión del Estudio -----	13 - 1
13. 1. 1.	Características de las Amenaza en el Área -----	13 - 1
13. 1. 2.	Vulnerabilidad Social y Capacidad Social del Lugar -----	13 - 1
13. 1. 3.	Plan Básico para la Prevención de Desastres -----	13 - 2
13. 1. 4.	Estudio de Factibilidad en los Proyectos Prioritarios -----	13 - 2
13.2	Recomendaciones -----	13 – 3

Apéndice

Lista de Tablas

Tabla 1.5.1	Lista de Miembros del Equipo de Estudio de JICA-----	1 - 9
Tabla 1.5.2	Lista de los Miembros del Equipo de la Contraparte -----	1 - 10
Tabla 2.2.1	Unidades Administrativas en el Area de Estudio – Nombre de las Parroquias en los Municipios de El Libertador, Sucre y Chacao-----	2 - 15
Tabla 2.2.2	Población de Caracas -----	2 - 16
Tabla 2.2.3	Producto Interno Bruto por Tipo de Actividades Económicas (2003)-----	2 - 17
Tabla 2.2.4	Estatus de Empleo de Caracas, 1990 - 1997 -----	2 - 17
Tabla 2.2.5	Ocupación de Caracas en Empleo Nacional -----	2 - 17
Tabla 3.1.1	Fallas Cuaternarias en el Entorno de Caracas (Audemard et. al.,2000) ---	3 - 69
Tabla 3.1.2	Lista de Terremotos que Han Afectado a Caracas -----	3 - 70
Tabla 3.1.3	Comparación de Parámetros para el Terremoto de 1812-----	3 - 71
Tabla 3.1.4	Comparación de Parámetros para el Terremoto de 1878-----	3 - 71
Tabla 3.1.5	Comparación de Parámetros para el Terremoto de 1967-----	3 - 71
Tabla 3.1.6	Escenario de Terremotos y Sus Parámetros-----	3 - 72
Tabla 3.1.7	Densidades de los Suelos y Rocas-----	3 - 72
Tabla 3.1.8	Parámetros de los Terremotos que Generan Ondas de Entrada -----	3 - 72
Tabla 3.1.9	Lista de Ondas de Entradas Seleccionadas-----	3 - 73
Tabla 3.1.10	Susceptibilidad de Licuación por el Método PL-----	3 - 74
Tabla 3.2.1	Características del Área Urbanizada y del Área de Barrio y Rural -----	3 - 75
Tabla 3.2.2	Resumen de Datos Recopilados -----	3 - 76
Tabla 3.2.3	Categorías del Inventario de Edificios y la Función de Daños para el Barrio y el Área Rural -----	3 - 76
Tabla 3.2.4	Resultado de la Inspección de la Muestra de Campo -----	3 - 77
Tabla 3.2.5	Resultado de la Inspección de la Muestra de Campo -----	3 - 77
Tabla 3.2.6	Número de Edificaciones Contabilizadas de las Unidades de Vulnerabilidad Analizadas -----	3 - 78
Tabla 3.2.7	Resultados de Inspección de Muestra en Campo-----	3 - 79
Tabla 3.2.8	Resultados de Inspección de Muestra en Campo-----	3 - 79
Tabla 3.2.9	Número de Edificios en los Barrios y en el Área Rural Dentro del Área del Mapa de Trabajo de 1/5.000 -----	3 - 80
Tabla 3.2.10	Número de Edificios en los Barrios y en el Área Rural Fuera del Área del Mapa de Trabajo de 1/5.000 -----	3 - 80
Tabla 3.2.11	Resumen de la Información Requerida Para el Cálculo de Daño Humano	3 - 80

Tabla 3.2.12	Número de Casas y Personas que Moran en Ellas -----	3 – 80
Tabla 3.2.13	Categorías de Edificios según la Función de Daños Utilizadas en este Estudio -----	3 - 81
Tabla 3.2.14	Factor del Peso de la Clase de la Vulnerabilidad para la Tipología Estructural -----	3 - 82
Tabla 3.2.15	Estadísticas de Daños Humanos y Edificios del Terremoto de Cariaco---	3 - 83
Tabla 3.2.16	Número de Muertos y Número de Edificaciones Dañadas Severamente Durante el Terremoto de Quindio, Colombia 1999 -----	3 - 83
Tabla 3.2.17	Número de Muertos y Heridos Durante el Terremoto de Quindio (1999, Colombia)-----	3 - 84
Tabla 3.2.18	Resumen de la Cuantificación del Número de Edificios -----	3 - 85
Tabla 3.2.19	Resumen del Resultado de la Cuantificación de Daños -----	3 - 86
Tabla 3.2.20	Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso 1967 -----	3 - 87
Tabla 3.2.21	Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso 1812 -----	3 - 88
Tabla 3.2.22	Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso 1878 -----	3 - 89
Table 3.2.23	Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso Ávila -----	3 - 90
Tabla 3.3.1	Desglose del Examen Visual Rápido en 32 Edificios Importantes -----	3 - 91
Tabla 3.3.2	Resultado de EVR: Número de Edificios Requiriendo Evaluación Sísmica -----	3 - 91
Tabla 3.4.1	Escenarios de Terremoto y sus Parámetros -----	3 - 92
Tabla 3.4.2	Evaluación de Estabilidad de Puentes -----	3 - 92
Tabla 3.4.3	Factor de Evaluación de Daño Sísmico-----	3 - 93
Tabla 3.4.4	Daño Sísmico de Viaductos en Autopistas-----	3 - 94
Tabla 3.4.5	Daño Sísmico a Puentes (Vías Ordinarias)-----	3 - 94
Tabla 3.4.6	Daño Sísmico a la Estructura del Metro en el Desastre de Hanshin/Awaji -----	3 - 94
Tabla 3.4.7	Factores de Corrección para C_2 y C_3 -----	3 - 95
Tabla 3.4.8	Factor de Corrección por Licuación (C_1)-----	3 - 95
Tabla 3.4.9	Factor de Corrección por Licuación (C_1)-----	3 - 95
Tabla 3.4.10	Factor de Corrección por Material de Tubería (C_2)-----	3 - 96
Tabla 3.4.11	Relación de Daño para Postes Eléctricos-----	3 - 96
Tabla 3.4.12	Relación de Daño para Líneas Eléctricas-----	3 - 96
Tabla 3.4.13	Factor de Corrección por Licuación-----	3 - 96
Tabla 3.4.14	Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo, Tipo de Daño y Relación de Daño del Área Metropolitana de Tokio. -----	3 - 97
Tabla 3.4.15	Lista de Puentes con Estimado de Riesgo A y B-----	3 - 98

Tabla 3.4.16	Estimación de Daños a Puentes en algún Caso de Terremoto 1967 -----	3 - 100
Tabla 3.4.17	Estimación de Daños a Puentes en algún Caso de Terremoto 1812 -----	3 - 101
Tabla 3.4.18	Resultados de la Estimación de Daños a Puentes -----	3 - 102
Tabla 3.4.19	IMM del Viaducto y Estimación del Daño en base al Desastre Hanshin/Awaji -----	3 - 103
Tabla 3.4.20	Información Básica del Metro -----	3 - 104
Tabla 3.4.21	Daños Estimados en los Cables de Telecomunicaciones en Cada Área---	3 - 105
Tabla 3.4.22	Máx. PGA y Área de las Estaciones de Gasolina.-----	3 - 105
Tabla 3.5.1	Refuerzo Sísmico e Impacto en Costos de cada Modelo -----	3 - 106
Tabla 3.5.2	Peso de un Modelo -----	3 - 106
Tabla 3.5.3	Pruebas de Materiales (Concreto, Cabillas, Bloque de Arcilla, Bloque de Concreto)-----	3 - 107
Tabla 3.5.4	Modelo 1 Carga y Deflexión-----	3 - 109
Tabla 3.5.5	Modelo 2 Carga y Deflexión-----	3 - 110
Tabla 3.5.6	Modelo 3 Carga y Deflexión-----	3 - 111
Tabla 3.5.7	Modelo 4 Carga y Deflexión-----	3 - 111
Tabla 3.5.8	Instalaciones Clave a ser Reforzadas -----	3 - 112
Tabla 3.5.9	Criterios del Plan de Refuerzo Sísmico-----	3 - 112
Tabla 3.5.10	Nueva Función de Daños a Edificaciones-----	3 - 113
Tabla 3.5.10(2)	Resumen de los Resultados de la Estimación de Daños por Caso -----	3 - 114
Tabla 3.5.11	Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)-----	3 - 115
Tabla 3.5.12	Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)-----	3 - 116
Tabla 3.5.13	Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)-----	3 - 117
Tabla 3.5.14	Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)-----	3 - 118
Tabla 3.5.15	Precios de Referencia en Caracas para Febrero de 2004 (Continúa en la Siguiente Página)-----	3 - 119
Tabla 3.5.16	Precios de Referencia en Caracas para Febrero de 2004 (Continuación) (1920Bs = 1US\$) -----	3 - 120
Tabla 3.5.17	Costo Unitario Típico de Reemplazo de Edificaciones en Caracas (Feb. 2004, 1920Bs = 1US\$)-----	3 - 120
Tabla 3.5.18	Área Total de Construcción, Costo de Reemplazo y Refuerzo Sísmico de Edificaciones Existentes en Caracas (Feb. 2004)-----	3 - 122

Tabla 3.5.19	Número de Edificaciones en cada Área y sus Usos -----	3 - 123
Tabla 3.5.20	Relación entre Evaluación Sísmica Requerida y Refuerzo, y Costo de Refuerzo Sísmico entre Costo de Reemplazo de la Edificación -----	3 - 124
Tabla 4.1.1.1	Clima General en Todo el Vally de Caracas -----	4 - 71
Tabla 4.1.1.2	Precipitación Diaria Máxima -----	4 - 71
Tabla 4.1.1.3	Características de las Principales Quebradas en El Ávila -----	4 - 72
Tabla 4.1.1.4	Eventos Históricos de Daños por Flujo de Escombros / Sedimentos en Caracas -----	4 - 73
Tabla 4.1.1.5	Precipitación Probable en las 5 Estaciones Representativas -----	4 - 74
Tabla 4.1.1.6	Características Hidrológicas de las Quebradas de Montaña -----	4 - 75
Tabla 4.1.1.7	Condiciones de Intersección de las Quebradas de Montaña en La Cota Mil -----	4 - 76
Tabla 4.1.1.8	Volumen de Escorrentía de Sedimentos -----	4 - 77
Tabla 4.1.1.9	Quebradas Objeto para el Mapeo de Amenaza de Flujo de Escombros ---	4 - 77
Tabla 4.1.1.10	Estructura Modelo -----	4 - 78
Tabla 4.1.1.11	Diferencia entre el Modelo FLO-2D por el Proyecto Ávila y por el Equipo de Estudio -----	4 - 78
Tabla 4.1.1.12	Volumen de Escorrentía de Sedimentos por el Método-1 y el Método-2 -----	4 - 79
Tabla 4.1.1.13	Ejemplo del Resultado del Cálculo (Catuche) -----	4 - 80
Tabla 4.1.1.14	Propiedades en las Zonas Amarilla y Roja (Base en Principales Quebradas) -----	4 - 81
Tabla 4.1.1.15	Propiedades en las Zonas Amarilla y Roja (Base en Abanicos Aluviales) -----	4 - 82
Tabla 4.2.1.1	Número de Casas Afectadas por Deslizamientos y Derrumbes -----	4 - 83
Tabla 4.2.2.1	Resultados de la Encuesta de Daños -----	4 - 83
Tabla 4.3.3.1	Lista de Pendientes Riesgosas en el Área Urbana -----	4 - 84
Tabla 4.3.4.1(1/2)	Dimensiones del Presa Sabo para un Período de Retorno de 100 Años -----	4 - 85
Tabla 4.3.4.1(2/2)	Dimensiones del Presa Sabo para un Período de Retorno de 25 Años -----	4 - 86
Tabla 4.3.4.2(1/2)	Resumen de Presas Sabo para las Principales Quebradas (Período de Retorno de 100 Años) -----	4 - 87
Tabla 4.3.4.2(2/2)	Resumen de Presas Sabo para las Principales Quebradas (Período de Retorno de 25 Años) -----	4 - 88
Tabla 4.3.4.3	Ejemplo de la Valoración del Coste para la Presa de Sabo -----	4 - 89

Tabla 4.3.4.4	Trabajos de Canalización-----	4 - 90
Tabla 4.3.4.5	Cantidad de Trabajo para Obras Temporales -----	4 - 91
Tabla 4.3.4.6	Cronograma de Implementación Propuesto-----	4 - 92
Tabla 4.3.4.7	Características del Sedimento Transportado -----	4 - 93
Tabla 4.3.4.8	Comparación de los Diseños de Presas Sabo -----	4 - 94
Tabla 4.3.4.9	Comparación de los Diseños de Presas Sabo -----	4 - 95
Tabla 4.3.4.10	Comparación de los Presas Tipo Cerrado -----	4 - 96
Tabla 4.3.5.1	Evaluación del Actual Sistema de Alerta Temprana, Limitaciones y Recomendaciones-----	4 - 97
Tabla 4.3.5.2	Borrador de Convenio sobre el Arreglo Institucional para un Sistema de alerta Temprana para Desastres por Sedimentos en el Área Metropolitana -----	4 - 98
Tabla 4.3.5.3	Definición de los Indicadores de Precipitación-----	4 - 104
Tabla 4.3.5.4	Definiciones del Momento de Alerta y Evacuación -----	4 - 104
Tabla 4.4.2.1	Estaciones Pluviométricas Existentes en Caracas -----	4 - 104
Tabla 4.4.2.2	Características de los Sitios Propuestos para las Instalaciones -----	4 - 105
Tabla 4.4.3.1	Sitios de Instalación de Limnómetros -----	4 - 105
Tabla 5.1.1	Artículos Constitucionales Relacionados a la Mitigación de Desastres y Planificación de Prevención-----	5 - 61
Tabla 5.1.2	Marco de Leyes Orgánicas (Artículos) -----	5 - 62
Tabla 5.1.3	Marco de Leyes Ordinarias (Artículos)-----	5 - 63
Tabla 5.1.4	Marco Legal – Institucional – Organizacional para la Administración de Protección Civil y Desastres-----	5 - 64
Table 5.1.5	Coordinación para la Mitigación y Estado de Preparación para Desastres-----	5 - 65
Tabla 5.2.1	MSDS y el Estado de Progreso en Gestión de Desastres-----	5 - 66
Tabla 5.2.2	Matriz de Capacidades en Búsqueda y Rescate -----	5 - 67
Tabla 5.2.3	Hospitales del MSDS y de otros Organismos en el Área Metropolitana de Caracas (Libertador, Baruta, Chacao, El Hatillo y Sucre)-----	5 - 67
Tabla 5.2.4	Ambulatorios localizados en el Área Metropolitana de Caracas (Libertador, Baruta, Chacao, El Hatillo y Sucre)-----	5 - 68
Tabla 5.3.1	Disposición de la Gente a Colaborar y Capacitación Recibida-----	5 - 69
Tabla 5.3.2	Número de Personas Capacitadas en 2002 (de acuerdo a cada institucion) -----	5 - 69
Tabla 5.3.3	Sugerencias para la Inclusión de la Perspectiva de Riesgo en Primero y Segundo Grado-----	5 - 69

Tabla 5.3.4	Enfoques Actuales sobre Desastres Básicos Incluyendo Deslaves para Alumnos de Quinto año, bajo Instrucción pre-militar y Economía Geografica (Grado Diversificado)-----	5 - 70
Tabla 5.3.5	Necesidades de Capacitación del Grupo de Trabajo de Educación de la Contraparte-----	5 - 70
Tabla 5.3.6	Programas Educativos y Medidas -----	5 - 71
Tabla 5.4.1	Preparación y Organización - Continuo Conceptual-----	5 - 72
Tabla 5.4.2	Responsabilidades Pertinentes a la Organización de Personas en la Legislación Venezolana -----	5 - 73
Tabla 5.4.3	Estructuras Organizacionales Existentes Trabajando en la Prevención de Desastres y Riesgos-----	5 - 73
Tabla 5.4.4	Bosquejo de los Proyectos de Organización de la Gente-----	5 - 74
Tabla 5.4.5	Proyectos de la Organización de la Gente-----	5 - 75
Tabla 5.5.1	Resumen de la Planificación Participativa del Sistema de Alerta Temprana de la Comunidad-----	5 - 76
Tabla 5.5.2	Parámetros Económicos de la Inversión Familiar en los Barrios -----	5 - 77
Tabla 5.5.3	Algunos Ejemplos de Proyectos de Relocación en Venezuela -----	5 - 78
Tabla 6.3.1	Posibilidad de Ocurrencia y su Impacto -----	6 - 10
Tabla 6.3.2	Escenarios de Desastres y Plan de Prevención de Desastres-----	6 - 10
Tabla 6.3.3	Resultado de la de la Cuantificación de Daños -----	6 - 10
Tabla 6.3.4	Cuantificación de Daños para el Escenario de Flujo de Escombros -----	6 - 11
Tabla 6.3.5	Número de Edificaciones en el Área de Riesgo de Deslizamiento o Derrumbe-----	6 - 11
Tabla 8.2.1	Proyectos del Plan Maestro Propuestos-----	8 - 34
Tabla 8.3.1	Definición de Responsabilidades para los Proyectos del Plan Maestro (1/2) -----	8 - 35
Tabla 8.3.1	Definición de Responsabilidades para los Proyectos del Plan Maestro (2/2) -----	8 - 36
Tabla 8.5.2	Proyecto (1) -----	8 - 37
Tabla 8.5.3	Proyecto (2) -----	8 - 38
Tabla 8.5.4	Proyecto (3) -----	8 - 39
Tabla 8.5.5	Proyecto (4) -----	8 - 40
Tabla 8.5.6	Proyecto (5) -----	8 - 41
Tabla 8.5.7	Proyecto (6) -----	8 - 42
Tabla 8.5.8	Proyecto (7) -----	8 - 43
Tabla 8.5.9	Proyecto (8) -----	8 - 44

Tabla 8.5.10	Proyecto (9) -----	8 - 45
Tabla 8.5.11	Proyecto (10)-----	8 - 47
Tabla 8.5.12	Proyecto (11-1) -----	8 - 48
Tabla 8.5.13	Proyecto (11-2) -----	8 - 49
Tabla 8.5.14	Proyecto (11-3) -----	8 - 50
Tabla 8.5.15	Proyecto (11-4) -----	8 - 51
Tabla 8.5.16	Proyecto (12-1) -----	8 - 52
Tabla 8.5.17	Proyecto (12-2) -----	8 - 53
Tabla 8.5.18	Proyecto (13)-----	8 - 54
Tabla 8.5.19	Proyecto (14)-----	8 - 55
Tabla 8.5.20	Proyecto (15)-----	8 - 56
Tabla 8.5.21	Proyecto (16)-----	8 - 57
Tabla 8.5.22	Proyecto (17)-----	8 - 58
Tabla 8.5.23	Proyecto (18)-----	8 - 60
Tabla 8.5.24	Proyecto (19)-----	8 - 61
Tabla 8.5.25	Proyecto (20)-----	8 - 62
Tabla 8.7.1	Resumen de las Estructuras para el Control de Flujo de Escombros -----	8 - 63
Tabla 8.10.1	Costo de Proyectos del Plan Maestro -----	8 - 63
Tabla 8.14.1	Comparación de las Estructuras SABO y el Sistema de Alerta Temprana	8 - 64
Tabla 9.1.1	Compendio de Proyectos del Plan Maestro (1/2)-----	9 - 8
Tabla 9.1.2	Compendio de Proyectos del Plan Maestro (2/2)-----	9 - 9
Table 9.1.3	Compendio de Evaluación de Cada Proyecto (1/2) -----	9 - 10
Table 9.1.4	Compendio de Evaluación de Cada Proyecto (2/2) -----	9 - 11
Tabla 9.2.1	Análisis Ambiental del Plan Maestro -----	9 - 12
Tabla 9.2.2	Matriz de Impacto de Proyecto de Control de Sedimento-----	9 - 13
Tabla 10.2.1	Número de Edificaciones a ser Reforzadas por Área -----	10 - 25
Tabla 10.2.2	Efecto del Reforzamiento Sísmico en las Edificaciones -----	10 - 25
Tabla 10.5.1	Precios Referencia en Caracas, Febrero 2004 (1920Bs = 1US\$)-----	10 - 26
Tabla 10.5.2	Costo Unitario Típico Aproximado del Trabajo de Reemplazo de Edificios en Caracas (Febrero 2004, 1920Bs = 1US\$)-----	10 - 27
Tabla 10.5.3	Área Total de Piso, Costo del Reemplazo y Reforzamiento Sísmico de Edificios Existentes en Caracas (Feb. 2004) -----	10 - 28
Tabla 10.5.4	Número de Edificios en Cada Área y sus Usos-----	10 - 29
Tabla 10.5.5	Tasa de la Evaluación Sísmica y Reforzamiento Requerida, y Costo del Reforzamiento Sísmico por Costo de Reemplazo de Edificio-----	10 - 30
Tabla 10.5.6	Costo del Alerta Temprana y Evacuación-----	10 - 31

Tabla 10.6.1	Comparación de los Daños Sin y Con Proyecto (unidad: MUS\$) -----	10 - 31
Tabla 10.6.2	Estimación de Honorarios de Ingenieros para la Evaluación Sísmica y el Diseño del Reforzamiento Sísmico -----	10 - 32
Tabla 10.6.3	Flujo del Costo y Beneficio (unidad: MUS\$)-----	10 - 32
Tabla 10.6.4	Costo Anual para el Reforzamiento de Edificaciones (unidad: MUS\$)---	10 - 33
Tabla 10.6.5	Porcentaje del Costo del Proyecto con el PIB y Varios Presupuestos -----	10 - 33
Tabla 10.6.6	Número Anual de Edificaciones para el Proyecto de Reforzamiento-----	10 - 34
Tabla 11.4.1	Capas de SIG Creadas del Mapa Base-----	11 - 16
Tabla 11.4.2	Fuentes de Límites Administrativos -----	11 - 17
Tabla 11.4.3	Area de Límites Administrativos Diferentes-----	11 - 17

Lista de Figuras

Figura.1.4.1	Área de Estudio-----	1 - 11
Figura 1.5.1	Organización del Equipo de Estudio-----	1 - 12
Figura 1.5.2	Diagrama Organizacional del Equipo de la Contraparte Venezolana ----	1 - 13
Figura 2.2.1	Cambio Reciente de límites Administrativos del Distrito Metropolitano de Caracas -----	2 - 18
Figura 2.2.2	Limites Político-Administrativos de Caracas -----	2 - 19
Figura 2.3.1	Crecimiento de Caracas (Del Siglo 16 a Siglo 17) -----	2 - 20
Figura 2.3.2	Expansión de Caracas desde 1772 hasta 1874-----	2 - 20
Figura 2.3.3	Desarrollo Urbano y Áreas de Barrios en Caracas en 1940-----	2 - 21
Figura 2.3.4	Barrios ya Existentes y Barrios Nuevos en Caracas en 1966 -----	2 - 21
Figura 2.3.5	Expansión de Barrios en Caracas (de1948 a 1977) -----	2 - 22
Figura 2.3.6	Expansión de Barrios en Caracas (1983)-----	2 - 22
Figura 2.3.7	Areas Urbana, Rural y de Barrios -----	2 - 23
Figura 2.5.1	Marco Jurídico – Nivel de Leyes -----	2 - 23
Figura 3.1.1	Fallas Cuaternarias en el Entorno de Caracas (Audemard et. al.,2000) ---	3 - 125
Figura 3.1.2	Epicentros de Terremotos que Han Afectado a Caracas (Grases, 1990) --	3 - 125
Figura 3.1.3	Mapa Isosísmico para el Terremoto de 1812 (Altez, 2000)-----	3 - 126
Figura 3.1.4	Mapa Isosísmico para el Terremoto de 1878 (Fiedler, 1961)-----	3 - 126
Figura 3.1.5	Mapa Isosísmico de Caracas para el Terremoto de 1967 (Fiedler, 1968) -	3 - 127
Figura 3.1.6	Actividad Sísmica en el Centro de Venezuela (Sobiesiak y Marco, 2002)	3 - 127
Figura 3.1.7	Histograma de Profundidad del Centro Norte de Venezuela 1961- Julio 2002, Excluyendo Eventos con Profundidad=0, (Sobiesiak, 2003) -	3 - 128
Figura 3.1.8	Estaciones de Acelerógrafos en Venezuela (FUNVISIS) -----	3 - 128
Figura 3.1.9	Diagrama de Flujo del Estudio de Micro Zonificación Sísmica-----	3 - 129
Figura 3.1.10	Localización de las Fallas para los Escenarios de Terremoto -----	3 - 130
Figura 3.1.11	Esquema de Desarrollo del Modelo de Suelo para la Fuerza Sísmica Amplificada -----	3 - 131
Figura 3.1.12	Diagrama Preciso del Desarrollo del Modelo de Suelo por Amplificación de la Fuerza Sísmica-----	3 - 132
Figura 3.1.13	Grado de Compactación de los Rellenos/Terraplenes -----	3 - 133
Figura 3.1.14	Relación entre Vs y Números de Impacto SPT -----	3 - 134
Figura 3.1.15	Módulo de Corte Normalizado -----	3 - 135
Figura 3.1.16	Factores de Descarga-----	3 - 135
Figura 3.1.17	Diagrama de Flujo del Cálculo de la Susceptibilidad de Licuación -----	3 - 136

Figura 3.1.18	Atenuación de Aceleración del Lecho Rocosó para Escenarios de Terremotos-----	3 - 137
Figura 3.1.19	Acelerograma de Entrada Usado para el Terremoto de 1967 (PEER)-----	3 - 137
Figura 3.1.20	Acelerograma de Entrada Usado para el Terremoto de 1812 (PEER)-----	3 - 138
Figura 3.1.21	Acelerograma de Entrada Usado para el Terremoto de 1878 (COSMOS)-----	3 - 138
Figura 3.1.22	Acelerograma de Entrada Usado para un Terremoto Hipotético en el Ávila (PEER) -----	3 - 138
Figura 3.1.23	Análisis de Amenaza Sísmica para Sistemas de Cuadrícula-----	3 - 139
Figura 3.1.24	Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto de 1967 -----	3 - 140
Figura 3.1.25	Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto de 1812 -----	3 - 140
Figura 3.1.26	Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto de 1878 -----	3 - 141
Figura 3.1.27	Estimación de la Intensidad Sísmica para el Terremoto Hipotético en el Ávila-----	3 - 141
Figura 3.1.28	Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto de 1967-----	3 - 142
Figura 3.1.29	Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto de 1812-----	3 - 142
Figura 3.1.30	Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto de 1878-----	3 - 143
Figura 3.1.31	Estimación de la Susceptibilidad de Licuación para el Terremoto Hipotético del Ávila-----	3 - 143
Figura 3.2.1	Concepto de Establecimiento del Inventario-----	3 - 144
Figura 3.2.2	Diagrama de Flujo del Inventario de Edificaciones para el Área Urbanizada-----	3 - 145
Figura 3.2.3	Formato de Inspección de Edificaciones -----	3 - 146
Figura 3.2.4	Unidad de Vulnerabilidad Física Analizada (UVA) -----	3 - 147
Figura 3.2.5	Resultado de la Inspección de Campo (Resumido por Tipo Estructura y UVA) -----	3 - 148
Figura 3.2.6	Resultado de la Inspección de Campo (Resumido por Pisos y UVA) -----	3 - 148
Figura 3.2.7	Resultado de la Inspección de Campo (Resumido por Año de Construcción y UVA)-----	3 - 148
Figura 3.2.8	Diagrama de Flujo del Inventario de Edificaciones para Barrios y Áreas Rurales -----	3 - 149
Figura 3.2.9	Área de Mapa de Trabajo (escala 1/5000)-----	3 - 150
Figura 3.2.10	Área de Pendiente > 20 Grados-----	3 - 151

Figura 3.2.11	Datos del Censo 2001 de Personas/Familia -----	3 - 152
Figura 3.2.12	Función de Daños del Nivel 4/EMS-98 -----	3 - 153
Figura 3.2.13	Clases de Vulnerabilidad en EMS-98-----	3 - 153
Figura 3.2.14	Clasificación de Daños Propuesta por la Escala Macrosísmica Europea--	3 - 154
Figura 3.2.15	Función de Daños Usada en este Estudio -----	3 - 155
Figura 3.2.16	Diagrama de Flujo de la Cuantificación de Pérdidas Humanas -----	3 - 156
Figura 3.2.17	Relación entre el Número de Edificios Severamente Dañados y el Número de Muertes del Terremoto de Cariaco (1997) -----	3 - 156
Figura 3.2.18	Relación entre el Número de Edificios Severamente Dañados y el Número de Muertes del Terremoto de Quindio (1999, Colombia)-----	3 - 157
Figura 3.2.19	Resumen de los Datos Mundiales -----	3 - 158
Figura 3.2.20	Relación entre Muertes y Heridos en el Terremoto de Quindio (1999, Colombia) -----	3 - 159
Figura 3.3.1	Hoja de Cálculo para el Registro Real-----	3 - 160
Figura 3.3.2	Diagrama Flujo para el Procedimiento del Sondeo Visual Rápido -----	3 - 161
Figura 3.3.3	Resultado del SVR: Relación entre el Año de Construcción y Puntuación Final-----	3 - 162
Figura 3.3.4	Proceso de Evaluación Sísmica (Continúa de la Página Siguiente)-----	3 - 163
Figura 3.3.5	Proceso de Evaluación Sísmica (Continúa de la Página Anterior)-----	3 - 164
Figura 3.4.1	Procedimiento para la Evaluación de Daño Sísmico-----	3 - 165
Figura 3.4.2	Túnel Tipo Cortar y Cubrir-----	3 - 165
Figura 3.4.3	Sistema de Abastecimiento de Agua-----	3 - 165
Figura 3.4.4	Diagrama de Flujo de la Estimación de Daños del Suministro de Agua --	3 - 166
Figura 3.4.5	Relación de Daño Estándar-----	3 - 166
Figura 3.4.6	Red de Gasoductos -----	3 - 167
Figura 3.4.7	Relación de Daño Estándar para Gasoductos -----	3 - 167
Figura 3.4.8	Red de Suministro de Energía Eléctrica -----	3 - 167
Figura 3.4.9	Ubicación de Puentes -----	3 - 168
Figura 3.4.10	Ubicación de Viaductos -----	3 - 169
Figura 3.4.11	Ubicación del Metro -----	3 - 170
Figura 3.4.12	Acueductos -----	3 - 171
Figura 3.4.13	Ubicación de Estaciones de Gasolina-----	3 - 172
Figura 3.4.14	PGA y N° de Estaciones de Gasolina-----	3 - 173
Figura 3.4.15	PGA y N° de Estaciones de Gasolina-----	3 - 173
Figura 3.5.1	Detalle del Piso de los Modelos -----	3 - 174
Figura 3.5.2	Detalle del Piso y Fundaciones de los Modelos -----	3 - 174

Figura 3.5.3	Elevación de Pórticos del Modelo 1 (1) -----	3 - 175
Figura 3.5.4	Elevación de Pórticos del Modelo 1 (2) -----	3 - 176
Figura 3.5.5	Marco de Acero para Transferencia de Carga Horizontal-----	3 - 177
Figura 3.5.6	Elevación de Pórticos del Modelo 2 -----	3 - 178
Figura 3.5.7	Elevación de Pórticos del Modelo 3 -----	3 - 179
Figura 3.5.8	Elevación de Pórticos del Modelo 4 -----	3 - 180
Figura 3.5.9	Detalle de Viga de Riostra y Estructura para las Mediciones-----	3 - 181
Figura 3.5.10	Detalle de Estructura para las Mediciones -----	3 - 182
Figura 3.5.11	Distribución de Resistencia del Concreto de las Pruebas de Cilindros, Probado por el IMME-----	3 - 183
Figura 3.5.12	Modelos en Planta-----	3 - 183
Figura 3.5.13	Fachada de los Modelos -----	3 - 183
Figura 3.5.14	Vista Lateral A-----	3 - 184
Figura 3.5.15	Vista Lateral B-----	3 - 184
Figura 3.5.16	Curva de Carga y Deflexión -----	3 - 184
Figura 3.5.17	Concepto Basic del Refuerzo Sísmico-----	3 - 185
Figura 3.5.18	Métodos de Refuerzo Sísmico para Edificaciones de CR y de Acero ----	3 - 186
Figura 3.5.19(1)	Métodos de Refuerzo Sísmico Recomendados para Viviendas Unifamiliares-----	3 - 187
Figura 3.5.19(2)	Métodos de Refuerzo Sísmico Recomendados para Viviendas Unifamiliares-----	3 - 188
Figura 3.5.20(1)	Métodos de Refuerzo Sísmico Recomendados para Viviendas Multifamiliares-----	3 - 189
Figura 3.5.20(2)	Métodos de Refuerzo Sísmico Recomendados para Viviendas Multifamiliares-----	3 - 190
Figura 3.5.20(3)	Métodos de Refuerzo Sísmico Recomendados para Viviendas Multifamiliares-----	3 - 191
Figura 3.5.21	Método de Refuerzo Sísmico por Adición de Muro de Corte de CR-----	3 - 192
Figura 3.5.22	Método de Refuerzo Sísmico por Muro de Corte con Columna y Viga---	3 - 193
Figura 3.5.23	Método de Refuerzo Sísmico por Arrostramiento y Paneles de Acero----	3 - 194
Figura 3.5.24	Ejemplo de Refuerzo con Arrostramiento de Acero -----	3 - 195
Figura 3.5.25	Sistema de Aislamiento en las Bases -----	3 - 195
Figura 3.5.26	Método de Refuerzo Sísmico por Adición Muros de Corte de CR -----	3 - 196
Figura 3.5.27	Refuerzo de Paredes y Columnas Externas por el Método de Enchaquetado-----	3 - 197
Figura 3.5.28	Cronograma del Plan de Refuerzo Sísmico por Edificaciones -----	3 - 197

Figura 4.1.1.1(1/2) Área de Estudio de Sedimentos -----	4 - 106
Figura 4.1.1.1(2/2) Área de Estudio de Sedimentos -----	4 - 107
Figura 4.1.1.2 Corte Típico del Avila -----	4 - 108
Figura 4.1.1.3 Patrón Típico de Quebrada -----	4 - 108
Figura 4.1.1.4 Perfiles de las Quebradas de Montaña -----	4 - 109
Figura 4.1.1.5 Geología Dentro y en los Alrededores del Valle de Caracas -----	4 - 110
Figura 4.1.1.6 Mapa Geológico de la Serranía del Ávila -----	4 - 111
Figura 4.1.1.7 Sinopsis Meteorológica alrededor de Venezuela-----	4 - 112
Figura 4.1.1.8 Sinopsis Meteorológica Alrededor de Venezuela -----	4 - 113
Figura 4.1.1.9 Precipitación Anual Durante 1930-1960 en la Cuenca del Río Guaire----	4 - 114
Figura 4.1.1.10 Ubicación de las Estaciones Pluviométricas -----	4 - 115
Figura 4.1.1.11 Vegetación en la Serranía El Ávila-----	4 - 116
Figura 4.1.1.12 Isoyetas durante Febrero 15 al 17, 1951-----	4 - 117
Figura 4.1.1.13(1/2) Precipitación durante el Evento de Diciembre 1999 en y alrededor del Valle de Caracas -----	4 - 118
Figura 4.1.1.13(2/2) Precipitación durante el Evento de Diciembre 1999 en y alrededor del Valle de Caracas (Fuente: USGS) -----	4 - 119
Figura 4.1.1.14 Sub-Cuencas y Orden de las Quebradas de Montaña -----	4 - 120
Figura 4.1.1.15 Descarga Específica para un Período de Retorno de 100 Años -----	4 - 121
Figura 4.1.1.16 Tipos de Derrumbe en Pendiente en las Cuencas de las Quebradas -----	4 - 121
Figura 4.1.1.17 Derrumbes Potenciales -----	4 - 122
Figura 4.1.1.18 Sedimento Inestable en los Lechos de las Quebradas-----	4 - 123
Figura 4.1.1.19 Movimiento de Sedimentos Antes y Después de la Inundación de Diciembre de 1999 -----	4 - 124
Figura 4.1.1.20 Flujo Evaluativo para el Volumen de Sedimento Objetivo -----	4 - 124
Figura 4.1.1.21 Proporción de Derrumbe sobre Área de Captura (Cuenca) -----	4 - 125
Figura 4.1.1.22 Volumen Estimado de Sedimentos por Escorrentía para Futuras Inundaciones-----	4 - 125
Figura 4.1.1.23 Volumen Especifico de Acarreo de Sedimentos -----	4 - 126
Figura 4.1.1.24 Diagrama de Trabajo para el Estudio de Pendientes Pronunciadas -----	4 - 126
Figura 4.1.1.25 Criterio para la Identificación de la Unidad de Pendiente-----	4 - 127
Figura 4.1.1.26 Número de Pendientes Pronunciadas y Deslizamientos Inestables -----	4 - 127
Figura 4.1.1.27 Fuerza de Resistencia para cada Tipo de Edificación en Caracas-----	4 - 128
Figura 4.1.1.28 Ejemplo de los Cortes Transversales para el Método 1 -----	4 - 128
Figura 4.1.1.29 Definición de la Zona Amarilla-----	4 - 129
Figura 4.1.1.30 Regla del Abanico -----	4 - 129

Figura 4.1.1.31 Mapa de Amenaza por Flujo de Escombros Utilizando el Método-1-----	4 - 130
Figura 4.1.1.32 Profundidad para un Período de Retorno de 100 Años bajo las Condiciones Existentes-----	4 - 131
Figura 4.1.1.33 Velocidad para un Período de Retorno de 100 Años bajo las Condiciones Existentes-----	4 - 132
Figura 4.1.1.34 Profundidad para un Período de Retorno de 100 Años con la Condición de Presa Sabo-----	4 - 133
Figura 4.1.1.35 Número de Casas en la Zona Roja-----	4 - 134
Figura 4.2.1.1 Concepto de Area Afectada (Riesgo) por Derrumbes -----	4 - 135
Figura 4.2.1.2 Concepto de Area Afectada (Riesgo) porDeslizamientos-----	4 - 135
Figura 4.2.1.3(1/4) Mapa de Amenaza/ Riesgo para Deslizamientos y Derrumbes (Área Completa)-----	4 - 136
Figura 4.2.1.3(2/4) Mapa de Amenaza/ Riesgo para Deslizamientos y Derrumbes (Parte Occidental) -----	4 - 137
Figura 4.2.1.3(3/4) Mapa de Amenaza/ Riesgo para Deslizamientos y Derrumbes (Parte Central) -----	4 - 138
Figura 4.2.1.3(4/4) Mapa de Amenaza/ Riesgo para Deslizamientos y Derrumbes (Parte Oriental) -----	4 - 139
Figura 4.2.1.4 Mapa de Riesgo de Deslizamientos y Derrumbes (Área Completa)-----	4 - 140
Figura 4.2.1.5 Mapa de Riesgo para el Flujo de Escombros -----	4 - 141
Figura 4.3.2.1 Diagrama de Flujo para los Trabajos Principales en la Formulación del Plan Maestro-----	4 - 142
Figura 4.3.3.1 Trabajos de Protección Estándar para la Estimación del Costo -----	4 - 143
Figura 4.3.3.2 Estimación de Costos para los Trabajos de Protección Típicos -----	4 - 143
Figura 4.3.4.1 Diagrama de Flujo para Medidas Estructurales -----	4 - 144
Figura 4.3.4.2 Imagen Esquemática de Estructuras de Control de Sedimentos-----	4 - 145
Figura 4.3.4.3 Capacidad de Canal y Descarga Probable en el Río Guaire -----	4 - 146
Figura 4.3.4.4 Explicación de las Dimensiones de las Presas Sabo -----	4 - 147
Figura 4.3.4.5 Concepto de Volumen de Sedimento Atrapado en Presa Sabo-----	4 - 148
Figura 4.3.4.6 (1/2) Ubicación de Presas Sabo-----	4 - 149
Figura 4.3.4.6 (2/2) Ubicación de Presas Sabo-----	4 - 150
Figura 4.3.4.7 (1/3) Ubicación de Trabajos de Canalización (Catuche) -----	4 - 151
Figura 4.3.4.7 (2/3) Ubicación de Trabajos de Canalización (Chacaíto) -----	4 - 152
Figura 4.3.4.7 (3/3) Ubicación de Trabajos de Canalización (Tócome) -----	4 - 153
Figura 4.3.4.8 Seccion Tipica para los Trabajos de Canalizacion -----	4 - 154
Figura 4.3.4.9 Capacidad de Flujo del Canal en La Quebrada de Catuche-----	4 - 154

Figura 4.3.4.10 Procedimientos para Seleccionar Área Temporal y Ruta Temporal -----	4 - 155
Figura 4.3.4.11 Trabajos Temporales Propuestos -----	4 - 156
Figura 4.3.4.12 Segmento Categorizado por Pendiente del Lecho de Quebrada-----	4 - 157
Figura 4.3.4.13 Ilustración de un Diseño Típico de Presa Sabo-----	4 - 158
Figura 4.3.4.14(1/2) Estructura General de Presa Sabo de Concreto-----	4 - 159
Figura 4.3.4.14(2/2) Estructura General de Presa Sabo de Armazón de Acero -----	4 - 160
Figura 4.3.5.1 Menu General para el Plan de Prevención de Desastres por Sedimentos en Caracas-----	4 - 161
Figura 4.3.5.2 Cercanía entre el Área de Ocurrencia de Flujo de Escombros y el Área Afectada-----	4 - 162
Figura 4.3.5.3 Tiempo de Activación del Centro de Control de Operaciones -----	4 - 162
Figura 4.3.5.4 Posición de la Oficina Regional del MARN en el Sistema de Alerta Temprana para Caracas -----	4 - 163
Figura 4.3.5.5 Sistema de Transferencia de Información Propuesto para la Alerta Temprana y Evacuación en Caracas -----	4 - 163
Figura 4.3.5.6 Concepto de Línea Crítica-----	4 - 164
Figura 4.3.5.7 Concepto de Lluvia Histórica y una Serie de Lluvia-----	4 - 164
Figura 4.3.5.8 Concepto de Nivel de Alarma y Nivel de Evacuación-----	4 - 165
Figura 4.3.5.9 Nivel de Alarma y Nivel de Evacuación del Río Limón -----	4 - 165
Figura 4.3.5.10 Nivel de Alarma y Nivel de Evacuación para Caracas -----	4 - 166
Figura 4.3.5.11 Proceso para la Reubicación Sugerido en la Ley de Prevención de Desastres por Sedimentos Japonesa-----	4 - 167
Figura 4.3.6.1 Cronograma de Implementación -----	4 - 168
Figura 5.1.1 Jerarquía Legal – Protección Civil y Administración de Desastre -----	5 - 79
Figura 5.1.2 Marco Jurídico – Nivel Legal-----	5 - 79
Figura 5.1.3 Jerarquía Administrativa e Institucional de Venezuela-----	5 - 80
Figura 5.1.4 Diagrama de Flujo Multisectorial para la Gestión de Desastres y Emergencias-----	5 - 81
Figura 5.2.1 Plan de Emergencia para Respuesta Médica Departamento de Emergencias y Desastres. MSDS-----	5 - 82
Figura 5.2.2 Necesidades y Prioridades Cambiantes después de Terremotos -----	5 - 82
Figura 5.3.1 Programas Educativos – Plan Maestro para el Distrito Metropolitano de Caracas-----	5 - 83
Figura 5.3.2 Método Holístico para los Programas de Capacitación Comunitarios-----	5 - 84
Figura 5.4.1 Interacción de Estrategias para la Educación, Información y Organización para la Prevención de Desastres -----	5 - 84

Figura 5.5.1	Proceso de las Encuestas Sociales en el Estudio -----	5 - 85
Figura 5.5.2	Mapa de la Vulnerabilidad Social (Conocimiento del Índice de Desastre)5 -	86
Figura 5.5.3	Red Social en Los Chorros -----	5 - 87
Figura 5.5.4	Red Social en el 12 de Octubre -----	5 - 88
Figura 5.5.5	Propuesta para la Modificación del Sistema de Alerta Temprana en el Período de Preparación en el Barrio 12 de Octubre-----	5 - 89
Figura 5.5.6	Propuesta para la Modificación del Sistema de Alerta Temprana en el Período de Preparación en Los Chorros -----	5 - 90
Figura 5.5.7	Propuesta para la Modificación del Sistema de Alerta Temprana en el Período de Preparación en Los Chorros -----	5 - 91
Figura 6.2.1	Mapa de Vulnerabilidad Social -----	6 - 12
Figura 6.3.1	Mapa de Amenaza por Desastre de Terremoto -----	6 - 13
Figura 6.3.2	Mapa de Riesgo por Desastre de Terremoto -----	6 - 14
Figura 6.3.3	Mapa de Amenaza para Escenario de Flujo de Escombros -----	6 - 15
Figura 6.3.4	Mapa de Amenaza por de Deslizamiento y Derrumbe -----	6 - 16
Figura 6.3.6	Mapa de Riesgo para Deslizamiento y Derrumbe-----	6 - 17
Figura 6.3.5	Mapa de Riesgo para Escenario de Flujo de Escombros -----	6 - 18
Figura 8.5.1	Relacion entre los Proyectos del Plan Mestro -----	8 - 65
Figura 8.12.1	Cronograma de Implementacion de los Proyectos del Plan Mestro -----	8 - 66
Figura 8.13.1	Proceso de Fortalecimiento de las Actividades Comunitarias de Prevencion de Desastres -----	8 - 67
Figura 10.2.1	Programa de Implementación para el Proyecto de Reforzamiento de Edificios-----	10 - 35
Figura 10.4.2	Programa de Implementación para el Proyecto de Alerta Temprana y Evacuación -----	10 - 35
Figura 10.6.1	Vínculo de Daños -----	10 - 36
Figura 11.4.1(1)	Vista de Mapa Base (1:25.000)-----	11 - 18
Figura 11.4.1(2)	Vista de Mapa Trabajo (1:5000)-----	11 - 18
Figura 11.4.2	Límites Administrativos (hasta Manzana) -----	11 - 19
Figura 11.4.3	Límites Administrativos (Hasta casas individuales) -----	11 - 19
Figura 11.7.1	Simple Implementación del SIG Interconectado y Sistema de Base de datos (Alternativa 1)-----	11 - 20
Figura 11.7.2	Sistema SIG Extendido e Interconectado y Sistema de Datos (Alternativa 2) -----	11 - 20
Figura 11.7.3	Sistema SIG Extendido e Interconectado y Sistema de Datos con la Participación del Sector Privado (Alternativa 3) -----	11 - 20

Lista de Fotos

Foto 3.5.1	Viviendas de Barrio en Cerro (1) -----	3 – 198
Foto 3.5.2	Viviendas de Barrio en Cerro (2) -----	3 – 198
Foto 3.5.3	Una Vivienda de Barrio en Construcción-----	3 – 198
Foto 3.5.4	Vivienda de Barrio en Pendiente (1) -----	3 – 198
Foto 3.5.5	Vivienda de Barrio en Pendiente (2) -----	3 – 198
Foto 3.5.6	Movimiento de Tierra -----	3 – 199
Foto 3.5.7	Trabajos de Excavación-----	3 – 199
Foto 3.5.8	Construcción de Columnas -----	3 – 199
Foto 3.5.9	Construcción de Vigas -----	3 – 199
Foto 3.5.10	Construcción de Pisos -----	3 – 199
Foto 3.5.11	Construcción de Columnas-----	3 – 199
Foto 3.5.12	Construcción de Techos -----	3 – 200
Foto 3.5.13	Construcción de Paredes -----	3 – 200
Foto 3.5.14	Mezcla del Concreto -----	3 – 200
Foto 3.5.15	Agregado Grueso-----	3 – 200
Foto 3.5.16	Cemento Pórtland (45kg/sac)-----	3 – 200
Foto 3.5.17	Cilindro de Prueba de Concreto -----	3 – 200
Foto 3.5.18	Instalación de Cabillas(1) -----	3 – 201
Foto 3.5.19	Instalación de Cabillas (2)-----	3 – 201
Foto 3.5.20	Instalación de Cabillas (3) -----	3 – 201
Foto 3.5.21	Excavación para la Fundación-----	3 – 201
Foto 3.5.22	Vaciado del Concreto de Fundación -----	3 – 201
Foto 3.5.23	Cabillas de Columna Corta-----	3 – 201
Foto 3.5.24	Encofrado Columna Corta (1) -----	3 – 202
Foto 3.5.25	Encofrado Columna Corta (2) -----	3 – 202
Foto 3.5.26	Vaciado Columna Corta -----	3 – 202
Foto 3.5.27	Concreto Columna Corta (1)-----	3 – 202
Foto 3.5.28	Concreto Columna Corta (2) -----	3 – 202
Foto 3.5.29	Concreto Columna Corta (3)-----	3 – 202
Foto 3.5.30	Vaciado Columna Larga -----	3 – 203
Foto 3.5.31	Concreto Columna Larga-----	3 – 203
Foto 3.5.32	Viga de Piso -----	3 – 203
Foto 3.5.33	Instalación Cabillas de Viga -----	3 – 203
Foto 3.5.34	Junta de Construcción en Viga -----	3 – 203
Foto 3.5.35	Remoción del Encofrado -----	3 – 203

Foto 3.5.36	Columnas Largas y Pisos	-----3 – 204
Foto 3.5.37	Piso de Tabeone y Vaciado	-----3 – 204
Foto 3.5.38	Encofrado de Columnas (1)	-----3 – 204
Foto 3.5.39	Encofrado de Columnas (2)	-----3 – 204
Foto 3.5.40	Encofrado de Viga de Techo	-----3 – 204
Foto 3.5.41	Construcción del Techo	-----3 – 204
Foto 3.5.42	Constr. Muro de Arcilla (1)	-----3 – 205
Foto 3.5.43	Constr. Muro de Arcilla (2)	-----3 – 205
Foto 3.5.44	Bloque de Arcilla	-----3 – 205
Foto 3.5.45	Viga de Riostra	-----3 – 205
Foto 3.5.46	Constr. Muro de Concreto (1)	-----3 – 205
Foto 3.5.47	Constr. Muro de Concreto (2)	-----3 – 205
Foto 3.5.48	Muro de Contención	-----3 – 206
Foto 3.5.49	Finalización de Modelos	-----3 – 206
Foto 3.5.50	Vista General	-----3 – 206
Foto 3.5.51	Marco de Acero para Transferencia de Carga	-----3 – 206
Foto 3.5.52	Gato Hidráulico	-----3 – 206
Foto 3.5.53	Bomba Hidráulica	-----3 – 206
Foto 3.5.54	Equipo de Medición (1)	-----3 – 207
Foto 3.5.55	Equipo de Medición (2)	-----3 – 207
Foto 3.5.56	Modelo 1-Falla de Columna Corta (1)	-----3 – 207
Foto3.5.57	Modelo 1-Falla de Columna Corta (2)	-----3 – 207
Foto 3.5.58	Modelo 1-Falla de Columna Corta (3)	-----3 – 208
Foto 3.5.59	Modelo 1 Falla de Columna Larga	-----3 – 208
Foto 3.5.60	Modelo 2	-----3 – 208
Foto 3.5.61	Modelo 2- Falla por Corte de Columna Corta(1)	-----3 – 208
Foto 3.5.62	Modelo 2- Falla por Corte de Columna Corta (2)	-----3 – 208
Foto 3.5.63	Modelo 2- Grieta de Corte en Columna Larga	-----3 – 208
Foto 3.5.64	Modelo 2- Falla de Columna Larga (2)	-----3 – 209
Foto 3.5.65	Modelo 2- Columna Corta Bajo la Viga de Riostra	-----3 – 209
Foto 3.5.66	Modelo 3	-----3 – 209
Foto 3.5.67	Modelo 3-Grieta Diagonal de Corte en Columna Corta	-----3 – 209
Foto 3.5.68	Falla de Corte de Columna Muro de Bloque de Arcilla (1)	-----3 – 209
Foto 3.5.69	Falla de Corte de Columna Muro de Bloque de Arcilla (2)	-----3 – 209
Foto 3.5.70	Separación del Muro y el Pórtico	-----3 – 210
Foto 3.5.71	Modelo 4	-----3 – 210
Foto 3.5.72	Separación de Muro de Bloques de Concreto sin Cabillas del Pórtico	----3 – 210

Foto 3.5.73	Falla de Columna y Muro de Bloques de Concreto-----	3 – 210
Foto 3.5.74	Falla por Corte de Columna y Muro de Bloques de Conc. c/Cabillas (1) -----	3 – 210
Foto 3.5.75	Falla por Corte de Columna y Muro de Bloques de Conc. c/Cabillas (2)-	3 – 210
Foto 3.5.76	Falla de Muro de Bloques de Concreto con Cabillas -----	3 – 211
Foto 3.5.77	Demolición de los Modelos-----	3 – 211

Abreviaturas / Abbreviations

Español / English

ADMC	Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas <i>Government of the Metropolitan District of Caracas</i>
AASHTO	Asociación Americana de Autopistas y Oficiales de Transportes <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
ASTER	Radiómetro de Reflexión y Emisión Térmica Espacial Avanzado <i>Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer</i>
AUAEV	Autoridad Única para la Reconstrucción del Estado Vargas <i>Unique Authority for Vargas State Reconstruction</i>
AVU	Unidad de Vulnerabilidad Analizada <i>Analyzed Vulnerability Unit</i>
C/P	Contraparte <i>Counterpart</i>
CAD	Diseño Asistido por Computadora <i>Computer Aided Design</i>
CADAFE	Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico <i>Electric Administration and Development Anonymous Company</i>
CAEL	Comité de Acciones para Emergencias Locales <i>Action Committees for Local Emergencies</i>
CAF	Corporación Andina de Fomento <i>Andean Development Foundation</i>
CAG	Asociación Canadiense de Geógrafos <i>Canadian Association of Geographers</i>
CANTV	Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela <i>National Anonymous Telephone Company of Venezuela</i>
CAPCOMEIA	Proyecto de Capacitación de las Comunidades en Autoprotección, Prevención, Mitigación y Atención de Eventos Adversos <i>Project for Training of Communities for Self-protection, Prevention, Mitigation and Attention of Adverse Events</i>
CCSIEM	Comité para las Contingencias y Situaciones de Emergencia del Estado Miranda <i>Committee for Contingencies and Emergency Situations of Miranda State</i>
CENAMB, UCV	Centro de Estudios Integrales del Ambiente, Universidad Central de Venezuela <i>Center for Integral Environmental Studies, Central University of Venezuela</i>
CESAP	Centro al Servicio de la Acción Popular <i>Center for the Service of Popular Action</i>
CIDIAT	Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial <i>Interamerican Center for Environmental and Territorial Development and Research</i>
CLPP	Consejos Locales de Planificación Pública <i>Local Councils of Public Planning</i>
CNU	Consejo Nacional de Universidades <i>National Council of Universities</i>

COMIR, UCV	Comisión para la Mitigación de Riesgos, UCV <i>Committee for Risk Mitigation, UCV</i>
CONAVI	Comisión Nacional de la Vivienda <i>National Housing Commission</i>
COVENIN	Comisión Venezolana de Normas Industriales <i>Venezuelan Committee of Industrial Standards</i>
CR / RC	Concreto Reforzado <i>Reinforced Concrete</i>
DBMS	Sistema de Manejo de Base de Datos <i>Data Base Management System</i>
DIGITEL	Corporación Digitel C.A. <i>Digitel Corporation C.A.</i>
DMC	Distrito Metropolitano de Caracas <i>Metropolitan District of Caracas</i>
EDELCA	Electrificación del Caroní C.A. <i>Electrification of Caroni C.A.</i>
EMS	Escala Microsísmica Europea <i>European Microseismic Scale</i>
F/S	Estudio de Factibilidad <i>Feasibility Study</i>
FAV	Fuerza Aérea Venezolana <i>Venezuelan Air Force</i>
FEDE	Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas <i>Foundation for Educational Buildings and Equipment</i>
FGDC	Comité Federal de Datos Geográficos (EUA) <i>Federal Geographic Data Committee (USA)</i>
FONACIT	Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación <i>National Fund of Science, Technology and Innovation</i>
FONDUR	Fondo Nacional de Desarrollo Urbano <i>National Fund for Urban Development</i>
FUNDABARRIOS	Fundación para el Equipamiento de Barrios <i>Foundation for Neighborhood Equipment</i>
FUNDACOMUN	Fundación para el Desarrollo de la Comunidad y Fomento Municipal <i>Foundation for Community Development and Local Promotion</i>
FUNREVI	Fundación Regional para la Vivienda <i>Regional Foundation for Housing</i>
FUNVI	Fundación Vivienda, DMC <i>Housing Foundation, DMC</i>
FUNVIS	Fondo de Inversión Social de Venezuela <i>Social Investment Fund of Venezuela</i>
FUNVISIS	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas <i>Venezuelan Foundation for Seismological Investigations</i>
H/V	Horizontal/Vertical <i>Horizontal/Vertical</i>

HIDROCAPITAL	Operadora de Acueductos del Dto. Capital y Edos. Miranda y Vargas <i>Aqueduct Institute for Capital District and Miranda and Vargas States</i>
IAEM	Instituto de Atención de Emergencias del Estado Miranda <i>Institute of Emergency Attention of Miranda State</i>
IDEC, UCV	Instituto para el Desarrollo Experimental de la Construcción <i>Institution for the Experimental Development of Construction</i>
IERU, USB	Instituto de Estudios Regionales y Urbanos, USB <i>Institute of Regional and Urban Studies, USB</i>
IGVSB	Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar <i>Simon Bolivar Geographic Institute of Venezuela</i>
IMAS	Instituto Municipal de Aguas de Sucre <i>Water Service Institute of Sucre Municipality</i>
IMF, UCV	Instituto de Mecánica de Fluidos, Universidad Central de Venezuela <i>Institute of Fluid Mechanics, Central University of Venezuela</i>
IMME, UCV	Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, UCV <i>Institute of Materials and Structural Models, Central University of Venezuela</i>
INCE	Instituto Nacional de Cooperación Educativa <i>National Institute of Educational Cooperation</i>
INE	Instituto Nacional de Estadística <i>National Statistics Institute</i>
INGEOMIN	Instituto Nacional de Geología y Minería <i>National Geological and Mining Institute</i>
INOS	Siglas anteriores de HIDROCAPITAL (pero a nivel nacional) <i>Former name of HIDROCAPITAL (but nationally)</i>
INPARQUES	Instituto Nacional de Parques <i>National Institute of Parks</i>
INTEVEP	Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo <i>Venezuelan Technological Institute of Petroleum</i>
IPC	Instituto de Protección Civil, Municipio Sucre <i>Civil Protection Institute, Municipality of Sucre</i>
IPCA	Instituto Autónomo Municipal de Protección Civil y Ambiente, Municipio Chacao <i>Municipal Autonomous Institute of Civil Protection and Environment, Chacao Municipality</i>
ISC	Centro Sismológico Internacional <i>International Seismological Centre</i>
ITCZ	Zona de Convergencia Intertropical <i>Intertropical Convergence Zone</i>
IUTB	Instituto Universitario de Tecnología Bomberil <i>University Institute of Firefighting Technology</i>
IVSS	Instituto Venezolano del Seguro Social <i>Venezuelan Institute of Social Security</i>
JICA	Agencia de Cooperación Internacional de Japón <i>Japan International Cooperation Agency</i>

M/P	Plan Maestro <i>Master Plan</i>
MARN	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales <i>Ministry of Environment and Natural Resources</i>
MARNR	Siglas anteriores del MARN <i>Former name of MARN</i>
MCT	Ministerio de Ciencia y Tecnología <i>Ministry of Science and Technology</i>
MDT / DTM	Modelo Digital del Terreno <i>Digital Terrain Model</i>
MEM	Ministerio de Energía y Minas <i>Ministry of Energy and Mines</i>
MES	Ministerio de Educación Superior <i>Ministry of Higher Education</i>
MINDUR	Ministerio de Desarrollo Urbano <i>Ministry of Urban Development</i>
MINFRA	Ministerio de Infraestructura <i>Ministry of Infrastructure</i>
MMI	Intensidad Macrosísmica (Modificada) de Mercalli <i>Mercalli Macroseismic (Modified) Intensity</i>
MOP	Siglas anteriores del MINFRA <i>Former name of MINFRA</i>
MPD	Ministerio de Planificación y Desarrollo <i>Ministry of Planning and Development</i>
MSDS	Ministerio de Salud y Desarrollo Social <i>Ministry of Health and Social Development</i>
Nd	Extensión del Daño <i>Damage Extension</i>
Ndp	Número de Postes Derribados <i>Number of Collapsed Poles</i>
NIP	Plan de Mejoramiento de Barrios <i>Neighborhood Improvement Plan</i>
OCEI	Siglas anteriores del INE <i>Former name of INE</i>
ONG / NGO	Organización No-gubernamental <i>Non Government Organization</i>
OMS / WHO	Organización Mundial de la Salud <i>World Health Organization</i>
OPR	Organización de Primera Respuesta <i>First Response Organization</i>
OPS / PAHO	Organización Panamericana de la Salud <i>Pan-American Health Organization</i>
OPSU	Oficina de Planificación del Sector Universitario <i>Planning Office of University Sector</i>

PCAD	Protección Civil y Administración de Desastres <i>Civil Protection Administration of Disasters</i>
PDUL	Plan de Desarrollo Urbano Local <i>Local Urban Development Plan</i>
PDVSA	Petróleos de Venezuela, S.A. <i>Petroleum of Venezuela S.A.</i>
PGA	Aceleración Pico en el Terreno <i>Peak Ground Acceleration</i>
PGV	Velocidad Pico en el Terreno <i>Peak Ground Velocity</i>
PLACADE	Gerencia de Planificación para Casos de Desastres (Bomberos Metropolitanos) <i>Planning in Case of Disasters (Metropolitan Firefighters)</i>
PNUD/ UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo <i>United Nations Development Programme</i>
PRECOM	Equipo de Preparación Comunitaria, Bomberos Metropolitanos <i>Office of Community Preparation, Metropolitan Firefighters</i>
PREVENE	Aporte a la Prevención de Desastres Naturales en Venezuela <i>Assistance to Natural Disaster Prevention in Venezuela</i>
REGVEN	Red Geodésica Venezolana <i>Venezuelan Geodesic Network</i>
SCADA	Control de Supervisión y Adquisición de Datos <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SCS	Servicio de Conservación de Suelos (EUA) <i>Soil Conservation Service (U.S.A.)</i>
SIG / GIS	Sistema de Información Geográfica <i>Geographic Information System</i>
SIRGAS	Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas <i>Geocentral Reference System for the Americas</i>
SOCSAL	Servicio de Apoyo Local <i>Local Support Service A.C.</i>
SPT	Prueba de Penetración Estándar <i>Standard Penetration Test</i>
S/W	Alcance del Trabajo <i>Scope of Work</i>
TELCEL	Telcel BellSouth Venezuela <i>Telcel BellSouth of Venezuela</i>
TSU	Técnico Superior Universitario <i>University Technician</i>
UCV	Universidad Central de Venezuela <i>Central University of Venezuela</i>
UDU	Unidad de Diseño Urbano <i>Urban Design Unit</i>
ULA	Universidad de Los Andes <i>University of Los Andes</i>

UPEL	Universidad Pedagógica Experimental Libertador <i>Libertador Experimental Pedagogic University</i>
UPF	Unidad de Planificación Física <i>Physical Planning Unit</i>
USB	Universidad Simón Bolívar <i>Simon Bolivar University</i>
USGS	Servicio de Inspección Geológica de Estados Unidos <i>United States Geological Survey</i>
Vs	Velocidad de Ondas S <i>S Wave Velocity</i>

GLOSARIO

Amenaza(Covenin)

Peligro latente asociado al fenómeno con un origen natural, tecnológico o provocado por error humano el cual puede manifestarse en un lugar específico y en un determinado período produciendo efectos adversos a personas, propiedades, y con ello generando emergencias.

Vulnerabilidad (Covenin)

La vulnerabilidad es la susceptibilidad de pérdidas o daños provenientes de un elemento o grupo de elementos produciendo una amenaza específica.

Riesgo (Covenin)

Es la probabilidad de que ocurran consecuencias económicas, sociales o ambientales en un lugar específico y durante un determinado período de exposición. Se obtiene relacionando el riesgo con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Mapa de Amenazas (Equipo de estudio JICA)

Es un mapa que muestra la distribución de amenaza latente. En este estudio dichos mapas fueron preparados por causa de desastres originados por terremotos y sedimentos. Un mapa de amenaza de terremotos es por ejemplo, aquel que exhibe la distribución de la intensidad del terremoto expresada en MMI. Un mapa de amenaza de sedimentos es por ejemplo, aquel que muestra la distribución de la profundidad originada por el escombros

Mapa de Riesgos (Equipo de estudio JICA)

Es un mapa que muestra la distribución de riesgos. En este estudio dichos mapas fueron preparados debido a desastres por terremotos y sedimentos. Un mapa de vulnerabilidad de terremoto es por ejemplo, aquel que muestra la distribución de la proporción expresada en porcentaje de edificios severamente afectados. Un mapa de peligro de desastres provenientes de sedimentos es por ejemplo, aquel que exhibe el área en donde los edificios serán destruidos por el flujo de escombros.

Vulnerabilidad Física (Equipo de estudio JICA)

La vulnerabilidad estructural versus desastres naturales. En este estudio, la vulnerabilidad física de los edificios son expresadas como función del daño causado mostrando la relación entre la intensidad sísmica y la proporción del edificio severamente dañado por el movimiento telúrico.

Vulnerabilidad Social (Equipo de Estudio JICA)

Vulnerabilidad versus una amenaza natural relacionada con condiciones sociales tales como económicas demográficas, conocimientos, facilidades y fortalezas de la comunidad. En este estudio la vulnerabilidad social fue examinada a través de una observación social directa y de acuerdo a ello se conformó un mapa de vulnerabilidad social.

Función de Daños (Equipo de estudio JICA)

Es una función que relaciona la fortaleza del perjuicio o daño con el daño causado por la misma. Al efectuar un estimado en edificios se encontró veinte diferentes funciones del daño de acuerdo al tipo, año de construcción y número de pisos de los edificios.

Desastres originados por Sedimentos (Equipo de estudio JICA)

Es el desastre causado por el movimiento masivo de sedimentos, tierra o rocas y está formado por flujo de escombros, deslizamientos de tierra y caídas de pendientes inclinadas

Flujo de Escombros (Equipo de estudio JICA): Proviene del Informe Base 12)

El flujo de escombros es un flujo de inundación que contiene una cantidad significativa de sedimentos y agua, el cual es generado en la parte superior de una quebrada debido al derrumbe y la erosión de sedimentos inestables en el lecho de la misma

Corrimiento de Tierras (Equipo de estudio JICA): Proviene el Informe Base 11

Un corrimiento de tierras es un desprendimiento masivo de una pendiente. Generalmente ocurre en pendientes pequeñas de 5 a 30 grados de inclinación y en planos resbaladizos como una capa delgada de barro o en una zona de materiales de poca resistencia. El movimiento es continuo y recurrente. La velocidad del mismo es lenta, aproximadamente de 0,01 a 10 milímetros al día. Se pueden escuchar sonidos como tecleos que desaparecen, repentinamente el lugar se abulta etc.. antes de que ocurra el deslizamiento

Caída de pendientes inclinadas: (Equipo de estudio JICA) Informe Base 11

La escala de falla de pendientes inclinadas es más pequeña que la del deslizamiento de tierras. Generalmente, la caída de una pendiente inclinada ocurre en una que tiene una inclinación de más de 30 grados. Los gradientes del plano de deslizamiento van de 35 a 60 grados. La velocidad de la es muy acelerada, tanto como 10 m.m. diarios. No hay muchos indicadores que precedan al evento, sucede repentinamente. A menudo ocurre en el plano correspondiente al límite entre la capa de suelo de la superficie y la base de la roca o entre el límite de la capa de suelo severamente desgastada y la apenas afectada.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

"Conducta preventiva para una Caracas segura"

Ana Teresa Aguilar

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Información General

En respuesta a la solicitud presentada por la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas, por intermedio del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, (denominado en lo sucesivo “El Gobierno de Venezuela”), el Gobierno del Japón, a través de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (Japan International Cooperation Agency (JICA)), agencia oficial responsable del programa de cooperación técnica, de acuerdo con las leyes y regulaciones pertinentes vigentes en Japón, ha acordado desarrollar el Plan de Prevención de Desastres del Distrito Metropolitano de Caracas.

A tal efecto, JICA envió a Venezuela, en el mes de marzo de 2002, el Equipo de Estudio Preparatorio, encabezado por el Sr. Yasuo Nakano, con el objetivo de realizar tanto la evaluación preliminar como el Alcance del Trabajo. De acuerdo con las discusiones llevadas a cabo entre la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas (ADMC) y la Misión Preparatoria de JICA, se estableció el Alcance del Trabajo a través de la suscripción de las Minutas de Reunión correspondientes.

En concordancia con el Alcance del Trabajo, se conformó el Equipo de Estudio de JICA, el cual vino a Venezuela con el propósito de iniciar el Estudio el 7 de mayo de 2003. El Estudio se ha llevado a cabo de acuerdo al programa inicial y a finales de septiembre de 2004 se concluyó el quinto estudio efectuado en Venezuela. El presente Borrador del Informe Final incluye todos los resultados del Estudio actualizado

1.2 Antecedentes

El Distrito Metropolitano de Caracas, capital de Venezuela, cuenta con una población de 3,1 millones de habitantes según el “Censo 2001”, y está ubicado en el lado sur de la Cordillera de la Costa.

Los días 15 y 16 de diciembre de 1999, un desastre de gran escala, provocado por el flujo de escombros e inundaciones en el Estado Vargas, y también en el Área Metropolitana de Caracas, arrojó un saldo significativo de víctimas y daños materiales. En el Estado Vargas, el desastre afectó las vías de acceso terrestre y los sistemas de suministro de agua potable, destruyendo parcialmente a siete centros poblados en el área costera. Miles de viviendas fueron destruidas y una gran cantidad de personas perecieron.

En el área metropolitana de Caracas, el flujo de escombros fue, afortunadamente, pequeño en comparación al del Estado Vargas, probablemente debido a menos precipitaciones, aunque sin embargo, más de 300 deslizamientos y derrumbes ocurrieron en unos 70 lugares y cerca de 100 personas desaparecieron o murieron.

Aunado de esto, el Distrito Metropolitano de Caracas está ubicado en un abanico aluvial, el cual está fuertemente influenciado por terremotos. En 1967, un terremoto en Caracas registró una magnitud de 6,4, provocando serios daños en edificaciones y por lo menos 274 víctimas. Debido a la existencia de dos placas oceánicas y una placa continental que se unen cerca de Caracas, se producen frecuentes movimientos sísmicos que afectan el área. Por lo tanto, podrían presentarse terremotos catastróficos en el futuro.

Tal como se mencionó anteriormente, el Distrito Metropolitano de Caracas ha experimentado serios desastres por flujos de escombros y terremotos, y existe todavía una gran probabilidad de que se produzcan nuevos desastres.

En noviembre del 2001, se promulgó la Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres y se creó el marco legal para la prevención de desastres. Además, después de ocurrir el terremoto de 1967 y el desastre por flujo de escombros de 1999, se realizó una investigación de los principales desastres ocurridos en el pasado, y un mapa de amenaza fue preparado por agencias del gobierno e institutos de investigación. Algunas comunidades locales están realizando actividades de prevención de desastres. De esta forma, Venezuela dio inicio a los trabajos de prevención de desastres.

Los límites del Distrito Metropolitano de Caracas son los del Municipio Libertador del Distrito Capital, el cual sustituye al Distrito Federal, y los de los Municipios Sucre, Baruta, Chacao y el Hatillo del Estado Miranda. El artículo 18 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela establece lo siguiente: “La ciudad de Caracas es la Capital de la República y el asiento de los órganos del Poder Nacional”.

En tal sentido, se aprobó la Ley Especial sobre el Régimen del Distrito Metropolitano de Caracas, publicada en Gaceta Oficial No. 36906 del 8 de marzo de 2000, la cual tiene por objeto regular la creación de la mencionada Alcaldía Metropolitana y establecer las bases de su régimen de gobierno, organización, funcionamiento, administración, competencias y recursos. En tal sentido, el Distrito Metropolitano de Caracas goza de personalidad jurídica y autonomía dentro de los límites de la Constitución y la Ley, y su representación la ejercerán los órganos que determine la Ley.

En consecuencia, el Gobierno Metropolitano tiene como misión principal contribuir a minimizar el nivel de vulnerabilidad del Distrito, mediante el desarrollo de estrategias dirigidas al establecimiento de un Plan Maestro para la Prevención de Desastres Naturales.

1.3 Objetivos del Estudio

Los objetivos del Estudio, incluidos en el Alcance del Trabajo, son los siguientes:

1. Formular un plan maestro para prevenir que el Distrito Metropolitano de Caracas sufra daños por desastres naturales causados por sedimentos y por terremotos.
2. Conducir un estudio de viabilidad sobre proyectos urgentes y prioritarios.
3. Facilitar la transferencia tecnológica al personal de la Contraparte durante el curso del Estudio.

1.4 Área de Estudio

El área total del estudio comprende dos diferentes aspectos: uno para la prevención de desastres por terremotos, y otro para la prevención de desastres por sedimentos conformados por flujos de escombros, deslizamientos y derrumbes de precipicio.

El área destinada al estudio de terremotos cubre la totalidad del ámbito territorial de los Municipios Libertador, Sucre y Chacao. El área de estudio correspondiente a desastres causados por sedimentos se especifica en la Figura 1.4.1, que cubre igualmente los tres municipios antes mencionados, limitados de Norte a Sur por la Serranía del Ávila al Norte y el Río Guaire al Sur, por el Este la Quebrada Caurimare en el Municipio Sucre, y las Quebradas Caroata y Agua Salada al Oeste.

1.5 Organización del Equipo de Estudio

La organización del Equipo de Estudio se muestra en la Figura 1.5.1.

Los miembros del Equipo de Estudio de JICA se muestran en la Tabla 1.5.1.

Dadas las competencias claramente establecidas, y en vista de la complejidad del estudio, la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas, a través de su Dirección de Cooperación Internacional, invitó a participar a diferentes organismos e instituciones tanto de carácter nacional, como regional y municipal, en la tarea de aunar esfuerzos y conocimientos para elaborar un Plan Maestro de Prevención de Desastres Metropolitano, que pueda servir posteriormente como referencia nacional para la elaboración de un Plan Nacional de Prevención de Desastres, y también para aplicar la misma metodología para los Municipios Baruta y el Hatillo.

A tales fines, se ha conformado un grupo de trabajo, integrado por una Coordinación General, a través de la Dirección de Cooperación Internacional de la Alcaldía Metropolitana, un Comité Asesor, Comités Técnicos y el Equipo de la Contraparte Nacional, como se muestra en la Figura 1.5.2.

La lista de miembros del Equipo de la Contraparte Venezolana se muestra en la Tabla 1.5.2.

1.6 Composición del Informe Final

El presente Informe Final está compuesto de los siguientes volúmenes:

Resumen	Inglés
Resumen	Español
Informe Principal	Inglés
Informe Principal	Español
Informe de Soporte	Inglés
Informe de Soporte	Español
Libro de Datos	Inglés
Libro de Datos	Español
Mapas	Inglés
Mapas	Español

1.7 Limitaciones del Estudio

Este Estudio contiene ciertas limitaciones. Debido a que el Estudio ha sido llevado a cabo con las siguientes limitaciones, es necesario continuar con investigaciones y discusiones posteriores para poder complementar estas limitaciones.

(1) Area de Estudio

A pesar de que el nombre del Estudio es “Estudio sobre el Plan Básico de Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas”, el área de Estudio no cubre los cinco Municipios que componen el Distrito Metropolitano, o sea, Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo. El Area de Estudio está limitada a tres Municipios únicamente, es decir Libertador, Chacao and Sucre. Esto se debe a que el Alcance del Trabajo que fue firmado el 21 de Marzo de 2002 lo define así, además de que las Minutas de las Reuniones que fueron firmadas al mismo tiempo mencionan que “En el futuro, las oficinas del Alcalde del Distrito Metropolitano de Caracas aplicarán los conocimientos y metodologías obtenidos a través del curso de este Estudio para formular el plan de prevención de desastres para los Municipios de Baruta y El Hatillo”. Se espera que el lado venezolano formule el plan para el resto del Distrito Metropolitano de Caracas basándose en la idea mencionada en las Minutas de las Reuniones.

(2) Estatus Legal del Resto del Estudio

De acuerdo a la “Ley de la Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres”, los planes regionales para la prevención de desastres serán propuestos por las oficinas regionales de Protección Civil al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres en cada región para obtener una autorización final. Por consiguiente, el Plan para la

Prevención de Desastres preparado en el Estudio deberá ser revisado por Protección Civil Metropolitana y posteriormente deberá ser propuesto al Comité de Coordinación para Protección Civil y Administración de Desastres para su autorización final.

(3) Empleo del Método Determinístico en la Prevención de Desastres por Terremoto

Existen dos métodos para evaluar los efectos de terremoto, el determinístico y el probabilístico. En este estudio, se ha empleado el método determinístico puesto que define varios escenarios de terremotos y estima los movimientos de tierra y sus daños para poder establecer un plan para la prevención de desastres por terremoto.

Por otro lado, el método probabilístico considera todos los posibles terremotos que podrían afectar el área de estudio, estimando el movimiento de la tierra para un período fijo de tiempo y una probabilidad fija de ocurrencia. El movimiento de tierra resultante no es el que ocurriría durante un terremoto pero es útil para el establecimiento de códigos sísmicos o cálculos de primas para los seguros.

En este estudio, se ha empleado el método determinístico y los resultados han sido usados para preparar el plan de respuesta de emergencia, debido a que el objeto del estudio es establecer un plan para la prevención de desastres por terremotos. Con respecto al plan de reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes, todos los edificios necesarios fueron considerados, puesto que el área que necesita el reforzamiento no puede ser especificado, ya que la ubicación de terremotos futuros no se puede predecir.

(4) Efecto del Escenario de Terremoto

En este estudio, los terremotos típicos en el pasado fueron considerados como escenarios de terremoto, puesto que la predicción de terremotos para eventos futuros es difícil. Los escenarios de terremoto considerados en este estudio no son de ninguna predicciones ni profecías de terremotos en el futuro, pero deberán ser usados para poder entender la magnitud del daño en caso de que un terremoto de igual magnitud ocurriese hoy en día.

Existen numerosos estudios con respecto a los principales terremotos acaecidos en el pasado por lo que se pueden desarrollar varios modelos con respecto a la ubicación de la falla del escenario de terremoto. En este estudio, se adoptó el modelo que reproduce de la mejor manera el daño observado o el movimiento de tierra. Debe mencionarse que la parte noroeste del Distrito Metropolitano de Caracas sufrió mayores daños en los escenarios de los terremotos de 1967 y 1812 debido a que la falla del terremoto estaba localizada en la parte noroeste de Caracas.

(5) Daño a las Funciones de las Edificaciones

En este estudio, el tratamiento estadístico es necesario para evaluar los daños en todas las edificaciones del área de estudio bajo el escenario de terremoto. Por esta razón, las necesidades de todas las edificaciones deben ser clasificadas en diferentes grupos. Los detalles estructurales como las configuraciones, irregularidades, y las disposiciones de pared son factores importantes en las inspecciones individuales de los edificios. Sin embargo, factores básicos tales como el tipo estructural, el año de construcción y el número de pisos se usa para clasificar los edificios en la estimación de daños estadísticos de todas las edificaciones de este estudio.

La función de daños utilizada en este estudio para estimar los daños en las edificaciones fue desarrollada a partir de varias discusiones con los expertos en FUNVISIS usando los datos de daños por terremoto en países europeos y en el terremoto de 1967 de Caracas, basándose en EMS-98 (Escala Macrosísmica Europea 1998). La función definida fue calibrada por medio de la observación a los daños en el terremoto de 1967 de Caracas.

Deberá mencionarse también que en este estudio, la base de datos del área urbana fue desarrollada por medio del muestreo de campo debido a que los datos catastrales no estaban disponibles de manera completa. La base de datos de las edificaciones en los barrios fue desarrollada también por estimaciones usando la relación entre el área y el número de casas en los barrios. Es necesario mejorar la metodología desarrollando una base de datos de mejor calidad, así como un estudio estadístico de daños para un terremoto de gran escala

(6) Prueba de Ruptura en las Edificaciones de los Barrios

La prueba de ruptura de las edificaciones fue ejecutada para obtener datos sobre la fuerza de las casas de los barrios, además de llevarse a cabo como material educativo para promover el reforzamiento sísmico. De esta manera, la prueba no tenía la intención de proponer un método específico de reforzamiento. Debido a que es la primera vez que este tipo de pruebas se lleva a cabo en Venezuela, y a pesar de que solamente fueron cuatro los modelos examinados, se recomienda que el lado venezolano continúe con este tipo de experimentos en el futuro.

(7) Exclusión de Problemas de Inundación y Drenaje Urbano

Los desastres de sedimentos definidos en el Estudio no incluyen ni los problemas de inundaciones ni los problemas relacionados al drenaje urbano. Los problemas de inundaciones serían por ejemplo, las inundaciones alrededor del Río Gaire debido a la falta de capacidad del curso del río. Los problemas de drenaje urbano son por ejemplo, las inundaciones en el área urbana debido a la falta de capacidad del sistema de drenaje cuando ocurren fuertes precipitaciones en la misma área urbana. Ambos problemas difieren de los desastres de sedimento definidos en el Estudio (flujo de escombros, deslizamientos y derrumbes) y se excluyen del Alcance de Estudio.

1.8 Agradecimientos

Todo el trabajo presentado en este Borrador del Informe Final se ha podido realizar gracias a la colaboración de diversas instituciones tanto públicas como privadas, comunidades y organizaciones no gubernamentales. Debemos agradecer la valiosa colaboración y el apoyo de la Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas, en especial a su Dirección de Cooperación Internacional como ente coordinador general del Estudio, al Cuerpo de Bomberos Metropolitanos por facilitarnos sus instalaciones y a la Dirección de Protección Civil del Distrito Metropolitano por su gran apoyo y colaboración. Adicionalmente, deseamos agradecer a aquellos que han aportado su experiencia e información clave y a los que han tenido un papel fundamental para que este estudio de cooperación internacional sea posible. Expresamos, de igual manera, nuestro sincero agradecimiento a todos los que colaboraron con nosotros en cada una de las etapas de este Estudio, y a todas aquellas personas que participaron en la revisión exhaustiva de este documento. Nuestro agradecimiento a las siguientes instituciones:

ADMC, Dirección de Cooperación Internacional
ADMC, Dirección de Obras y Servicios
ADMC, Secretaría de Finanzas
ADMC, Secretaría de Planificación Urbana y Gestión Ambiental
Asamblea Nacional
BL Consultores
Bomberos Metropolitanos y todas sus dependencias
Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela (CANTV)
Centro de Estudios Integrales del Ambiente/Universidad Central de Venezuela (CENAMB, UCV)
Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)
Comisión Nacional de la Vivienda (CONAVI)
Comunidad de Anauco
Comunidades participantes en la Encuesta de Vulnerabilidad Social: quince (15)
Comunidad de Catuche
Comunidad de 12 de Octubre (Petare)
Comunidad de La Floresta
Comunidad de Los Laños
Corporación Andina de Fomento
Cruz Roja Venezolana
Dirección de Protección Civil del Distrito Metropolitano de Caracas
Dirección de Protección Civil Nacional
Electricidad de Caracas
Escuela de Estudios Políticos y Administrativos, UCV

Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT)
Fondo Nacional de Desarrollo Urbano (FONDUR)
Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas
Grupo de Rescate de Metro de Caracas
Grupo de Voluntarios, Distrito Metropolitano
HidroCapital y todas sus dependencias
Instituto de Desarrollo de Construcción Experimental, UCV
Instituto de Estudios Regionales y Urbanos, Universidad Simón Bolívar (IERU, USB)
Instituto de Materiales y Modelos Estructurales/Universidad Central de Venezuela (IMME, UCV)
Instituto de Mecánicas de Fluidos/Universidad Central de Venezuela (IMF, UCV)
Instituto de Psicología, UCV
Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar
Instituto Nacional de Estadística
Instituto Nacional de Geología y Minería
Instituto para el Desarrollo Experimental de la Construcción/Universidad Central de Venezuela (IDEC, UCV)
Instituto Regional de Estudios Urbanos, Universidad Simón Bolívar
Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales y todas sus dependencias
Ministerio de Educación
Ministerio de Infraestructura
Ministerio de Planificación y Desarrollo y todas sus dependencias
Ministerio de Relaciones Exteriores
Municipio Chacao y todas sus dependencias
Municipio Libertador y todas sus dependencias
Municipio Sucre y todas sus dependencias
Organización Panamericana de Salud (OPS)
Organización Mundial de la Salud (OMS)
Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA)
Policía Metropolitana
Protección Civil, Estado Carabobo
Servicio de Apoyo Local (SOCSAL)
UGAR

Tabla 1.5.1 Lista de Miembros del Equipo de Estudio de JICA

Nº	ÁREA	EQUIPO DE ESTUDIO JICA
1	Gerente de Proyecto / Planificador de prevención de desastres urbanos	M. Miura
2	Gerente adjunto del proyecto / Planificador urbano / Analista socio-económico / Evaluador de proyectos	T. Kudo
3	Ingeniero de prevención de desastres por terremotos / Ingeniero de terremotos	Y. Yamazaki
4	Ingeniero geotécnico	I. Tanaka
5	Diseñador sísmico de estructuras (1)	H. Kagawa
6	Diseñador sísmico de estructuras (2)	K. Shono
7	Diseñador de prevención de daños a la infraestructura	T. Ueno/Y. Kobayashi
8	Experto en servicios básicos / infraestructura	K. Ito
9	Especialista en prevención de desastres por flujo de escombros	K. Inoue
10	Especialista en estudios topográficos / geológicos / análisis de fotos aéreas	F. Yokoo
11	Especialista en estudios topográficos / geológicos / análisis de fotos aéreas	T. Hara
12	Especialista en hidrología / hidráulica / análisis de flujo de escombros / inundaciones	Y. Uchikura
13	Experto en diseño de instalaciones / estimación de costos	T. Kasahara
14	Experto en diseño de sistema SIG / base de datos	Bishwa Raj Pandey
15	Experto en administración de prevención de desastres / legislación	Bruce P. Baird/ W. Siembieda Alejandro Linayo
16	Experto en educación / organización de la población (1)	Paulina Chaverri
17	Experto en operaciones de rescate / operaciones médicas	José Carlos Yamanija
18	Experto en evaluación ambiental	Y. Muramatsu
19	Coordinador / experto en educación / organización de la población (2)	H. Tomizawa

Tabla 1.5.2 Lista de los Miembros del Equipo de la Contraparte

Nº	MIEMBROS DEL EQUIPO DE ESTUDIO JICA	CONTRAPARTE VENEZOLANA	INSTITUCIÓN
1	M. Miura	William Martínez	Protección Civil Metropolitana, ADMC, Director
2	T. Kudo	José Frá	Protección Civil Metropolitana, ADMC
3	Y. Yamazaki	Michael Schmitz	FUNVISIS
4	I. Tanaka	Jesús Guerrero	INGEOMIN
5	H. Kagawa	Jorge González	FUNVISIS
6	K. Shono	Mariana Lotuffo	FUNVISIS
7	T. Ueno/Y. Kobayashi	Brau Clemente	Infraestructura, ADMC
8	K. Ito	Luz Chacón	Catastro - Sucre
9	K. Inoue	Reinaldo García	Inst. Mecánica de Fluidos
10	F. Yokoo	Marylin Manchego Luis Melo	INGEOMIN FUNVISIS
11	T. Hara	Annie Castañeda	Protección Civil Metropolitana, ADMC
12	Y. Uchikura	José Pereira Giannina Paredes	Fuerza Aérea-Meteorología Inst. Mecánica de Fluidos
13	T. Kasahara	Karen Jiménez	Infraestructura, ADMC
14	Bishwa Raj Pandey	Virginia Jiménez Giselle Croce Aldo Zamora	Mapa de Riesgo-IGVSB MARN Bomberos Metropolitanos
15	Bruce P. Baird/ W. Siembieda Alejandro Linayo	Evelys España	Protección Civil Nacional
16	Paulina Chaverri	Clementina Massiani Fidel Frontén	Protección Civil Metropolitana Bomberos Metropolitanos
17	José Carlos Yamanija	Felipe Aranguren / Gerardo Rojas / Mauro Aponte	Protección Civil Metropolitana Bomberos Metropolitanos Protección Civil Chacao
18	Y. Muramatsu	Gila de Falcón	Dirección de Ambiente, ADMC
19	H. Tomizawa	Marianela Gómez	Protección Civil Nacional

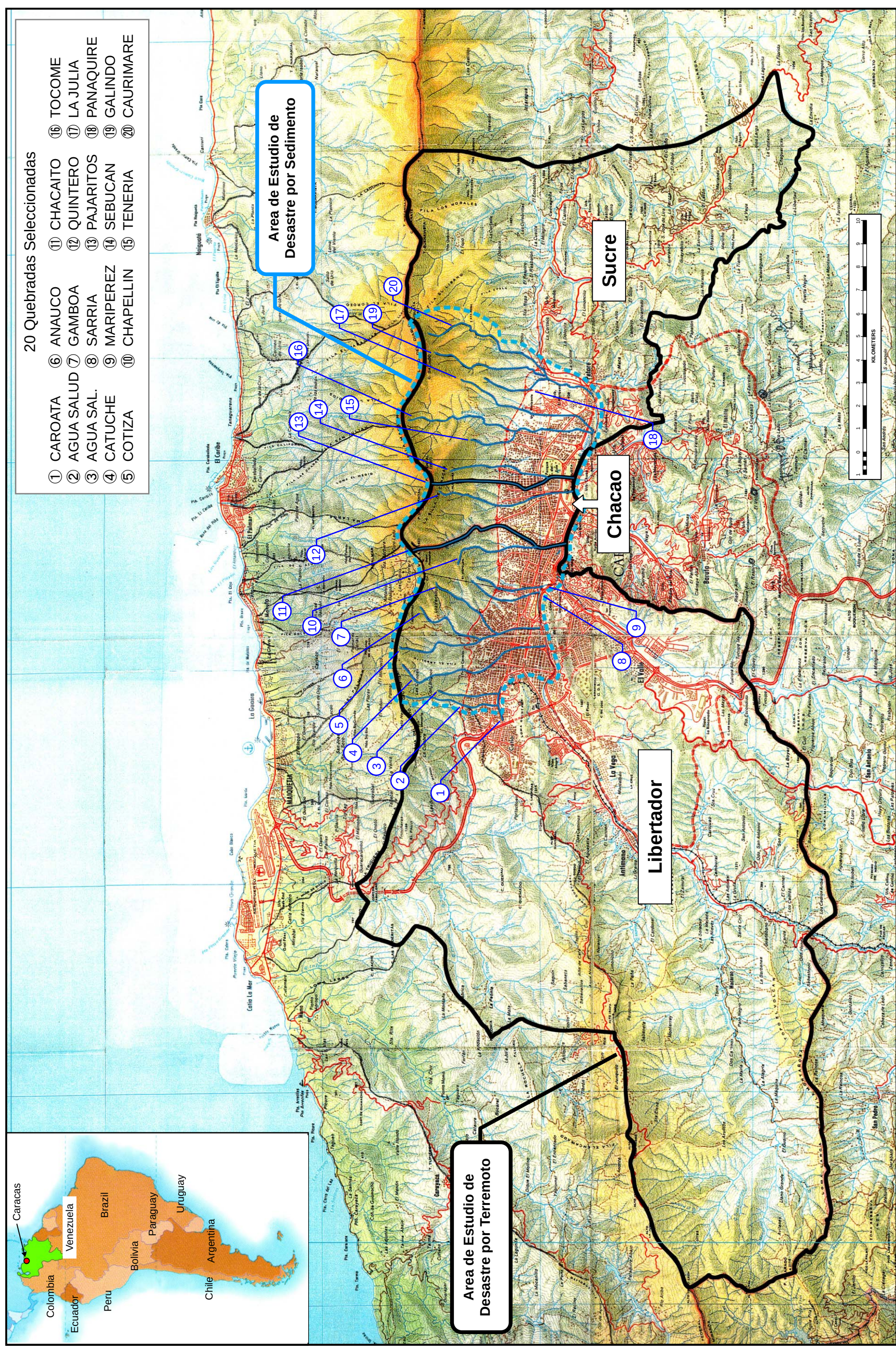


Figura.1.4.1 Área de Estudio

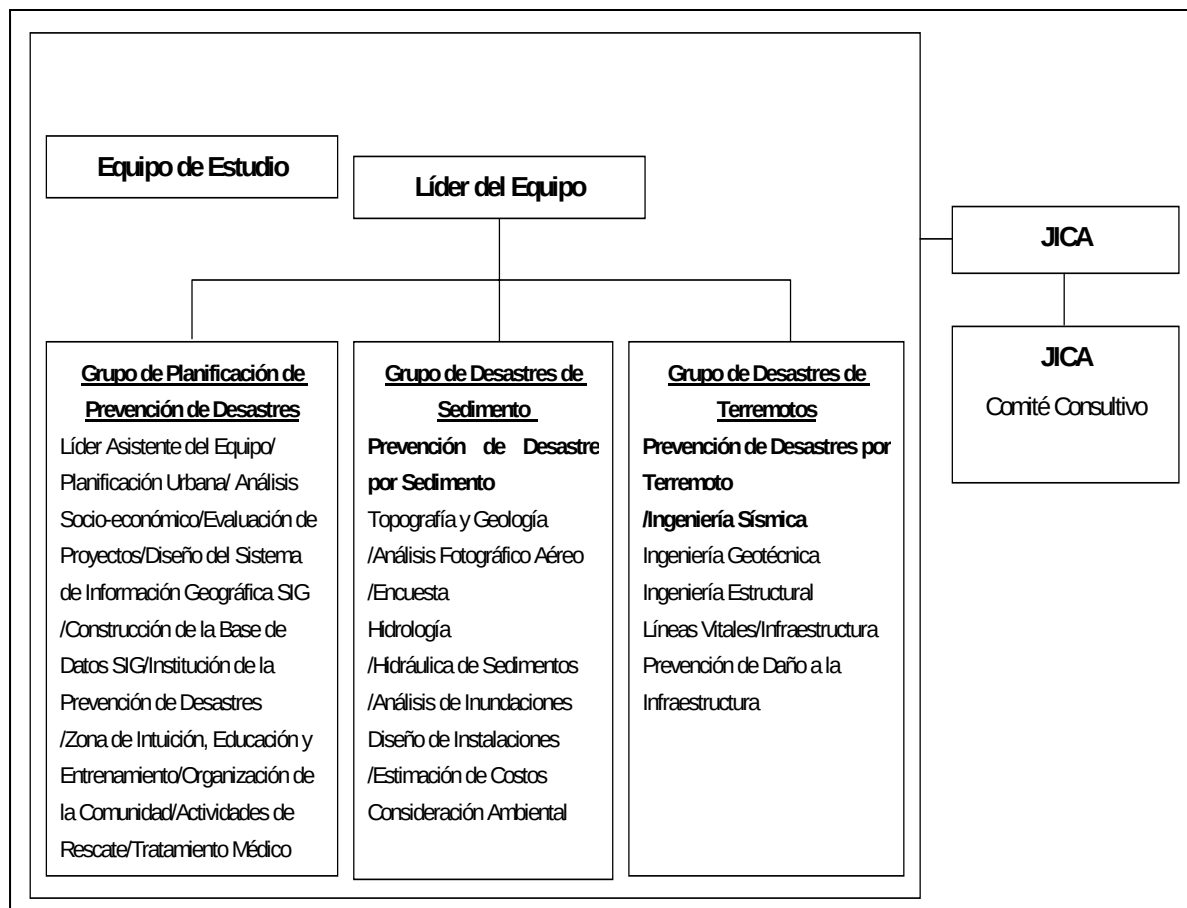


Figura 1.5.1 Organización del Equipo de Estudio

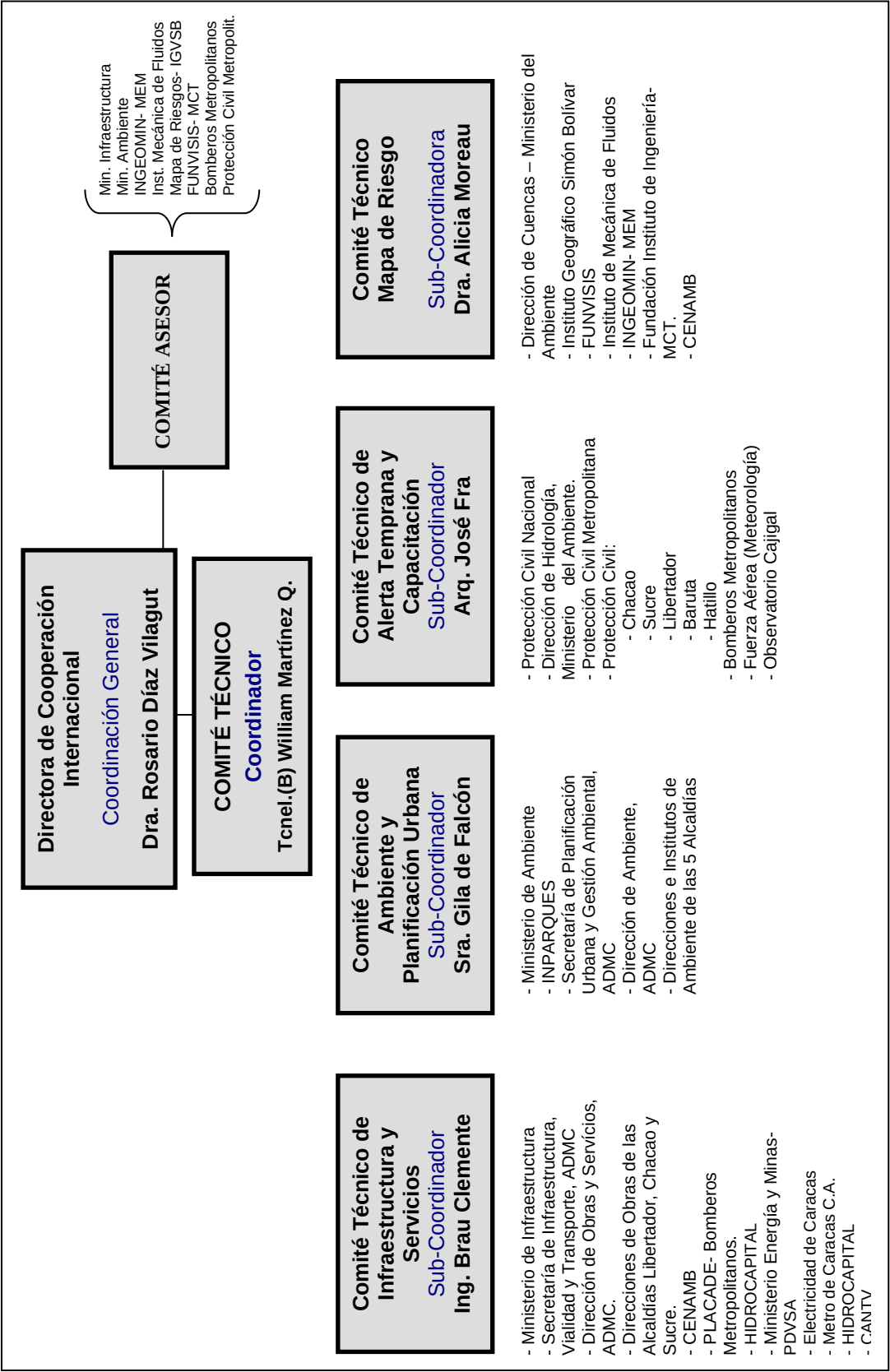


Figura 1.5.2 Diagrama Organizacional del Equipo de la Contraparte Venezolana

CAPÍTULO 2

CONDICIONES EXISTENTES

"La Prevención de Desastres, es parte de tu vida"

Antonio Aguilar M.

CAPÍTULO 2. CONDICIONES EXISTENTES

2. 1 Condiciones Naturales

2. 1. 1. Topografía y Geología

El área de Caracas puede ser subdividida en tres unidades topográficas que forman parte de la Cordillera de la Costa. Estas unidades topográficas, de Norte a Sur, son:

- Unidad Topográfica 1, representada por el Macizo del Ávila, con 2.765 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) como altura máxima (Pico Naiguatá).
- Unidad Topográfica 2, integrada por el Valle de Caracas, con alturas que no sobrepasan los 900 metros.
- Unidad Topográfica 3, compuesta por colinas en el Este, Oeste y Sur de Caracas, cuyas alturas se encuentran entre 1.200 y 1.500 m.s.n.m.

El área de Caracas está litológicamente formada por rocas que pertenecen a la Asociación Metamórfica del Ávila y la Asociación Meta sedimentaria de Caracas (RODRÍGUEZ, et. al, 2002). La Asociación Metamórfica del Ávila se extiende desde el estado Carabobo hasta Cabo Codera, estado Miranda (de Oeste a Este, respectivamente) y cubre la parte Sur del Macizo del Ávila, en el área que cubre desde la cima del Ávila hasta el contacto con los sedimentos cuaternarios que llenan el Valle de Caracas, aproximadamente a los 900 – 1000 m.s.n.m. Está compuesta de rocas metamórficas del Complejo de San Julián y Augengneiss de Peña de Mora.

Las rocas de la Asociación Metamórfica del Ávila pertenecen a la edad Precámbrica a Paleozoica, y son representativas de un margen pasivo de la corteza continental, representando un basamento expuesto, donde la foliación muestra una estructura antiformal de gran escala. El Macizo del Ávila es una estructura de horst, controlada principalmente por las fallas de Macuto, San Sebastián y Ávila (Urbani 2002).

La Asociación Metasedimentaria de Caracas es un continuo cinturón orientado de E-O, que se extiende desde el Estado Yaracuy hasta la cuenca de Barlovento, Estado Miranda; cubre las unidades 2 y 3, en contacto con una falla de la Asociación Metamórfica del Ávila por el Norte (Falla del Ávila). Esta Asociación está compuesta por los esquistos de las Mercedes y de Las Brisas.

2. 1. 2 Meteorología e Hidrología del Área de Estudio

El clima del Valle de Caracas es afectado por los vientos alisios del Norte-Nordeste, del Sur-Surdeste, la posición de Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ, por sus siglas en inglés) y la topografía de la Montaña El Ávila. El Valle de Caracas está localizado a una altitud de 10 grados y 30 minutos en el hemisferio Norte y dentro de la Zona de Convergencia Intertropical, lo que ocasiona una atmósfera inestable. Cuando la ITCZ se acerca al ecuador, los vientos del Norte y del Noreste se vuelven dominantes sobre el Valle de Caracas, así como sobre todo el territorio venezolano.

Las lluvias anuales registradas en la Estación Cajigal y La Mariposa son 834,8 mm y 891,2 mm respectivamente, mientras que aquellas registradas en Maiquetía y Los Caracas, localizadas en el Estado Vargas, son 530,4 mm y 1.091 mm respectivamente. En Cajigal y La Mariposa, las estaciones de lluvia son idénticas desde mayo-junio hasta noviembre. La temperatura promedio mensual en Maiquetía y Los Caracas supera los 25°C, sin embargo, las de Cajigal y La Mariposa están por debajo de los 21°C, porque son zonas localizadas a mayor altitud.

El Río Guaire fluye desde Los Teques a través del Área Metropolitana de Caracas para unirse al Río Tuy en el Estado Miranda. El área de captación es de aproximadamente 546 Km² en el Puente Baloa en Petare y de 652 Km² después de la confluencia de la Quebrada El Hatillo. Los afluentes del Río Guaire en aguas arriba son el Río San Pedro, el Río Macarao. Las quebradas de la montaña de El Ávila son los tributarios en la zona izquierda, que se unen al Guaire en el tramo medio. Incluso, el Río El Valle que tiene la cuenca de la Represa Mariposa y el Río Guairita en el municipio de Baruta se unen al Guaire por su orilla derecha en el tramo medio y bajo.

La pendiente del lecho del Río Guaire varía de 9 m/Km. río arriba hasta 2m/Km. en La California Sur en Petare.

2. 2 Condiciones Socioeconómicas

2. 2. 1. Sistema Administrativo

(1) Distrito Metropolitano de Caracas

El Distrito Metropolitano de Caracas está formado por cinco municipios: Libertador, Chacao, Sucre, Baruta y El Hatillo. Durante los años 60, esta área estaba integrada por dos distritos, a saber, el Distrito Sucre y el Distrito Federal, según se muestra en la Figura 2.2.1. En el año 1977, el Distrito Sucre fue dividido en cuatro municipios: Chacao, Sucre, El Hatillo y Baruta. Al mismo tiempo, el Distrito Federal fue dividido en el Municipio Libertador y en Vargas. En el año 2000, la Asamblea Nacional, por mandato de la Constitución (Artículo No. 18),

promulgó la "Ley Especial sobre el Régimen del Distrito Metropolitano de Caracas." (Gaceta Oficial No. 36.906 del 08 de Marzo, 2000). Esta ley establece que el Distrito Metropolitano de Caracas está formado por cinco municipios como se indicó anteriormente (Figura 2.2.1). Debe observarse, sin embargo, que cuatro de estos municipios, a saber, Chacao, Sucre, El Hatillo y Baruta, geográficamente están situados en el territorio del Estado Miranda, incluso después del establecimiento del Distrito Metropolitano de Caracas.

El Alcalde del Distrito Metropolitano de Caracas es la primera autoridad civil, política y administrativa del Distrito Metropolitano, y está apoyado por un Concejo Metropolitano de Gobierno como organización superior de consulta. Este Concejo está integrado por los alcaldes de los cinco municipios que conforman el Distrito Metropolitano.

(2) Unidades Administrativas Municipales

La unidad administrativa de menor ámbito, supeditada al municipio, es la Parroquia. Actualmente, el Municipio Libertador está integrado por 22 parroquias; Chacao incluye sólo una (1) parroquia y Sucre tiene cinco (5), como se muestra en la Tabla 2.2.1 y en la Figura 2.2.1 y Figura 2.2.2.

2. 2. 2. Población

De acuerdo con el "Censo 2001", el Distrito Metropolitano de Caracas tiene una población de 3.090.447 habitantes, equivalente al 12,4% del total nacional (24.915.902 personas). El área de estudio comprende 2.740.381 personas, correspondientes al 88,7% del total metropolitano. El municipio Libertador tiene 2.061.094 personas (75,2% del área de estudio), Chacao 71.806 (2,6%) y Sucre 607.481 (22,2%) como se muestra en la Tabla 2.2.2.

La población de Caracas aumenta a una tasa interanual de 1,28% desde 1990, de acuerdo a los últimos tres (3) censos, lo cual representa un ritmo inferior al promedio nacional de 2,95% anual. El área de estudio tiene un crecimiento promedio anual de 1,25%, donde Libertador registra 1,12%, Chacao 0,65%, y Sucre 1,77%. Entre las parroquias, la del Junquito, ubicada en el municipio Libertador tiene una tasa interanual de 3,56%, la más alta entre las parroquias. Asimismo, Antímano (1,85%), La Candelaria (1,41%), La Vega (1,89%), Macarao (1,61%) y San Agustín (1,59%), presentan un índice más alto que el promedio obtenido en el Distrito Metropolitano. Únicamente San Bernardino ubicado en el municipio Libertador tuvo un decrecimiento poblacional de 0,76% anual.

2. 2. 3. Estructura Económica

Venezuela registró el PIB en 2003 en un total de 137.368.156 millones de bolívares (85.8 mil

millones de US\$, a 1602 bolívares por dólar), de los cuales 30,142,451 millones, el 29,4 %, provino del sector público y 3,587,468 millones, el 70,6%, fue aportado por el sector privado como muestra la Tabla 2.2.3. El sector de servicios contribuye un 54% al PIB, seguido del petrolero con un 25,4% y el manufacturero con un 18,5%. En las actividades del sector petrolero predomina el Gobierno debido a PDVA. La actividad del Gobierno en el Petróleo sola ocupa un 22% del PIB nacional. El sector privado es dominante en actividades no petroleras como el campo manufacturero y servicios, ocupando alrededor de un 90% de estos sectores.

El PIB venezolano per cápita se sitúa en 4.080US\$ en 2002, 4.780US\$ en 2001 y 3,540US\$ en 2000, según datos del perfil de países del Banco Mundial.

La economía del Distrito Metropolitano se fundamenta básicamente en la prestación de servicios, es decir, en el sector terciario de la economía. La distribución del empleo por sectores de la economía se concentraba en 79%, de un total de 1.444.360 personas empleadas, en dicho sector terciario para el año 1997, cifra que se incrementó de un 74% en 1990 a un 78% en 1995. como se muestra en la Tabla 2.2.4.

De la cifra total nacional de empleo Caracas representa el 17,9%. El empleo en el sector terciario superior representa el 48,9% del total nacional, como se muestra en la Tabla 2.2.5. La otra actividad importante en el área metropolitana es la rama de transporte y comunicación. Tanto el sector servicio y manufactura aparecen en tercer lugar en el área de estudio.

Venezuela ha venido sufriendo, en las ultimas dos décadas, un estancamiento económico que ha disminuido el poder adquisitivo de la población, lo que ha generado un empobrecimiento generalizado de la población desde 1983. La tasa de desempleo en Caracas fue de 9,8% en 1997, menor que el promedio nacional.

Otro rasgo de la economía de Caracas es su sector informal, el cual ha crecido rápidamente de 35,5% en 1990 a 48,6% en 1997¹. En el área metropolitana existen vendedores informales, producto de la alta tasa de desempleo.

2. 3 Desarrollo en el Área de Estudio

2. 3. 1. Breve Historia del Crecimiento de Caracas

Caracas fue fundada el 25 de julio de 1567 y se convirtió en la tercera capital de Venezuela en 1577². El primer plano de Santiago de León de Caracas, hecho en 1578, muestra que la ciudad tiene una

¹ Plan estratégico Caracas Metrópolis 2010, “Una Propuesta para la Ciudad.”

² Coro fue la primera de 1527-1546. El Tocuyo la segunda de 1547-1577

morfología urbana en cuadratura (integrada por 25 cuadradas) y con la Plaza Mayor (ahora Plaza Bolívar) como el centro de la misma. Según el censo tomado por el gobierno colonial en 1580, la ciudad tenía 2.000 habitantes. La ciudad creció hacia el sur hacia el río Guaire y hacia el Oeste entre los ríos Caroata y Catuche (Figura 2.3.1)

En junio de 1641, un terremoto sacudió a la ciudad, acabando con la vida de 300 a 500 personas, causando daños a edificios e iglesias³. Al final del Siglo XVII, la ciudad tenía alrededor de 6.000 habitantes. La población creció debido a la introducción del café, el cual se cultivaba en el valle, y se expandió hasta 20.000 habitantes en 1776. En 1812, se produjo un terremoto, que se estima de 7,1 en la escala Richter, lo que dejó un saldo de 2.000 personas fallecidas⁴ a la destrucción de dos tercios de las edificaciones existentes y agrietó el resto. Caracas tenía en el año 1883, 70.509 personas, las cuales habitaban en 9.224 casas, según información obtenida del censo correspondiente. La población creció, con la construcción de El Paraíso, una urbanización al Sur del Río Guaire que se desarrolló reemplazando las haciendas que se encontraban en la zona. (Figura 2.3.2).

Después vino el boom petrolero en la década de los veinte, lo que introdujo, rápidamente, grandes cambios. El desarrollo de la industria petrolera dio inicio a las inmigraciones del campo (área rural) hacia la ciudad, produciendo el fenómeno de la expansión urbana.

En la década de los treinta, muchas tierras agrícolas fueron ocupadas para el uso urbano. Áreas como El Silencio, El Calvario, Parque Los Caobos, La Florida, Maripérez, Las Delicias, Country Club, etc., fueron desarrollándose gradualmente, reemplazando las haciendas. En 1941, la población de la ciudad era de 269.030 habitantes, según el censo respectivo. Por motivo de la Segunda Guerra Mundial el boom petrolero tomó auge y más urbanizaciones fueron construidas. Esto atrajo el crecimiento de los barrios, y diez años después el área ocupada por los barrios era cinco veces más grande⁵ (Figura 2.3.3).

Durante la década de los cincuenta, la ciudad se expandió aún más. Creció de un área urbana de 4.000 hectáreas en 1950 a 11.500 hectáreas en 1966 (Figura 2.3.4). En tal sentido, el área central de la ciudad se convirtió en un centro de empleo; lo que fue apoyado por el gobierno con la construcción del Centro Simón Bolívar (conjunto de edificios para oficinas del gobierno).

Durante los años sesenta, el área central seguía siendo atractiva para la realización de proyectos residenciales a gran escala y también para actividades comerciales. Las tiendas, bancos y oficinas de

³ Jiménez Díaz, Virginia, “*Falla de Pendiente en Caracas, Venezuela: La Influencia de los Establecimientos Ilegales*” Tesis presentada para el Doctorado de Filosofía en la Universidad de Londres, Ago. 1992, p 50.

⁴ Altes, R., “Terremotos donfundidos: los sismos del 26 de Marzo de 1812 en Caracas y Mérida an Venezuela,” USB, Caracas (en prensa)/contiene mapas, 2000

⁵ Perma, C., *Evolución de la Geografía Urbana de Caracas*, Ediciones de la Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 1981, p.120

gobierno más importantes estaban localizadas entre la Avenida Bolívar y la Avenida Urdaneta. En la década de los setenta, el rápido crecimiento del desarrollo urbano le otorgó a Caracas su carácter metropolitano, pero al mismo tiempo se generaron o agudizaron una gran cantidad de problemas. Durante este período, las urbanizaciones de clase alta se ubicaron en el Este (Municipio Sucre). La clase media, usualmente, vivía en casas o apartamentos localizados en el Este o en el centro de la ciudad. Personas de bajos ingresos, además de aquellos que vivían en barrios, vivían en casas grandes pero antiguas (El Conde, La Pastora) o en apartamentos viejos localizados en el área central (Municipio Libertador).

El incremento en el estándar de vida causó un aumento en el número de automóviles privados en tráfico, lo que incentivó la construcción y ensanchamiento de la red vial. En la década de los 80, sólo se observaron pequeños cambios en la estructura urbana. Las urbanizaciones en el Sur-Oeste incrementaron su densidad y algunas áreas residenciales nuevas aparecieron en esta parte de la ciudad.

En la década de los noventa, el estancamiento económico dificultó la compra de viviendas, no sólo para las personas de bajos ingresos, sino también para las personas de clase media. Muchas familias dividieron el interior de las casas o compraron tierras sin los servicios básicos, disminuyendo el estándar de vida. Las áreas de barrios se encuentran en proceso de expansión invadiendo áreas de parques urbanos o como proceso de densificación de los mismos. Las opciones reducidas para adquirir una vivienda en Caracas, inducen a las personas a vivir en las afueras de la ciudad, generando una nueva demanda de transporte.

2. 3. 2. Aspectos de Planificación Urbana

(1) Plan de Desarrollo Urbano

Los planes de desarrollo de corte estratégico y económico para los periodos de gestión de gobierno son fundamentados en la Ley Orgánica de Régimen Municipal (LORM) y la nueva Ley de Planificación y, por otra parte, los planes de corte territorial son fundamentados en la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (LOOU) y se refieren a aspectos especiales y variables urbanas de desarrollo y tienen un horizonte de planificación del largo plazo.

Cada Municipio debe formular su propio Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL). En 1995, los primeros planes de parroquias en el Municipio Libertador fueron formulados. Los primeros PDUL empezaron a formularse en los municipios Libertador, Chacao, Baruta y el Hatillo. Sin embargo, hasta la fecha no han sido sancionados.

En caso del Distrito Metropolitano de Caracas, los siguientes planes están solicitados a su aprobación: los planes de desarrollo municipal, el PDUL y el Plan de Desarrollo Urbano

Metropolitano, que está elaborando la Secretaría de Planificación Urbana y Gestión Ambiental del Distrito Metropolitano de Caracas.

A pesar de que aún no se cuenta con un plan de desarrollo integrado del Distrito Metropolitano de Caracas, cada municipio y el Distrito Metropolitano de Caracas deberían formular planes consecuentes, a través de un mecanismo de coordinación intermunicipal, con el apoyo de las organizaciones relevantes de nivel nacional, estatal, metropolitano y municipal.

2.3.3. Área de Barrios

(1) Desarrollo Urbano y Barrios (asentamientos informales)⁶

El espontáneo crecimiento urbano descontrolado, o los desarrollos auto-producidos, se denominan “barrio” en Venezuela. Están formados por “ranchos” (casas), y constituyen una manera más dinámica de ocupación en ciudades urbanas. Los barrios son producto de las migraciones de las áreas rurales o de otras ciudades del país, atraídas por la prosperidad y las oportunidades económicas que la metrópolis ofrece.

La intervención arbitraria del espacio urbano se localiza principalmente al Noroeste, Sureste, y Oeste del Valle de Caracas, con algunos barrios aislados incluidos en el área urbana. Los asentamientos auto-producidos han ido aumentando tanto en los lechos o cauces de los ríos como en las áreas de las colinas. En muchos, los invasores utilizaron materiales de desecho tales como tablas, láminas metálicas, cartón, etc., que fueron posteriormente sustituidos por bloques, ladrillos y concreto. Este continuo proceso ha generado que muchos de los barrios se consoliden y sus ranchos alcancen alturas de hasta seis (6) pisos con estructuras y servicios deficientes.

(2) Magnitud del Área de Barrios⁷

Una gran proporción de la población de Caracas habita en las áreas de los barrios. La población que habita en barrios se concentra mayoritariamente en los Municipios Libertador y Sucre. De acuerdo al censo de 2001, la población de barrios ascendía 1.403.414⁸ en el Área de

⁶ *La definición de barrio se asume así:* Los barrios son establecimientos residenciales de desarrollo progresivo contruidos durante invasiones de terrenos baldíos que se llevan a cabo sin ningún plan o proyecto, y que no obedecen los requisitos para satisfacer las necesidades de expansión de viviendas de manera regular y organizada en la ciudad. La definición encaja precisamente con “establecimientos ilegales” “*squatter settlements*” término usado por HABITAT y recomendado para uso internacional por la ONU, además de ser consistente con el significado del Primer Inventario Nacional de Barrios de FUNDACOMUN. (Fuente: Plan Sectorial de Incorporación a la Estructura Urbana de las Zonas de los Barrios del Área Metropolitana de Caracas y de la Región Capital)

⁷ Jiménez Díaz (1992)

⁸ La población de 2001 se ha modificado basado en el factor de modificación del censo de 2001.

Estudio, representando un 51,2% de la población total, 2.740.381, con 1.075.871 en Libertador (52,2% de la población total del Municipio), 4.511 en Chacao (6,3%) y 323.032 en Sucre (53,2%). De 1990 a 2001 la población de barrios creció 382.758 personas de 1.020.656, número registrado en 1990. Unos 27,3% de la población actual de barrios ha crecido durante dicha década.

Los barrios emergieron a principios de 1917 y han continuado invadiendo diversas zonas de Caracas. La Figuras de 2.3.3 a 2.3.7 muestran la extensión del área de barrios. El censo de 1941 nos indica que Caracas tenía una población de 269.030 personas. El área urbana había crecido de 300 hectáreas en 1900 a 2.900. El boom petrolero, impulsado por la Segunda Guerra Mundial, produjo más desarrollo urbano. Al mismo tiempo, los barrios crecieron rápidamente y cubrieron una mayor parte de la ciudad. En 1951, los barrios ocupaban alrededor de 1.000 hectáreas de terreno. Para el año 1966, la mayoría del área plana de la ciudad había sido desarrollada y urbanizada; por lo que las invasiones de las colinas se hicieron más frecuentes. En 1971, los barrios ocupaban 2.973 hectáreas. Para 1985, 61% del total de la población del área Metropolitana de Caracas (incluyendo el departamento Vargas) vivía en barrios. Estos barrios cubrían un área de 3.657 hectáreas en 1978 y de 4.157 hectáreas en 1985⁹. En 1990, FUNDACOMUN realizó las estimaciones, de acuerdo al II Inventario Nacional de Barrios, en el que se indica que 77,58% del total de la población vive en 406 barrios (354.097 casas) en el Área Metropolitana de Caracas (incluyendo el departamento Vargas).

Conforme al mapa base de los datos de SIG, elaborado por el Equipo de Estudio de JICA¹⁰, los barrios del Área de Estudio cubre 4.341 hectáreas. El área de barrios representa unos 20% del área urbanizada excepto las zonas para el parque nacional, áreas protegidas, y las áreas no desarrolladas en el Área de Estudio (Figura 2.3.7).

(3) Políticas de Gobierno:

El Gobierno venezolano ha intentado integrar los barrios en las áreas urbanas. Como reflejo de esta postura, se ha llevado a cabo la política de mejoramiento de barrios. Numerosas instituciones gubernamentales están promoviendo soluciones para el problema de la vivienda en los barrios. Dichos institutos incluyen a CONAVI, FUNDACOMUN, FUNVI, FUNDABARRIOS y FONDUR. Los municipios y también organizaciones internacionales como el Banco Mundial tienen su participación.

⁹ Briceño-León, R. *El Futuro de las Ciudades Venezolanas*, Cuadernos Lagoven, Caracas, 1986

¹⁰ El mapa base se elaboró a base de las fotos aéreas tomadas en 2002

Sin embargo, debido a la magnitud de barrios, dichos esfuerzos no han resuelto efectivamente los problemas de los barrios y no han generado una política de la tierra, un programa de terrenos con servicios o un programa de desarrollo con asistencia técnica. La Tabla 2.3.1 resume los programas de vivienda en las áreas de barrio en varias entidades.

2.4 Planes de Desarrollo Existentes Relacionados al Tema de Gestión de Desastres

(1) Plan Nacional para el Desarrollo Regional

El Plan para el Desarrollo Regional (2001-2007) fue formulado por el Ministerio de Planificación y Desarrollo en el 2001. Este Plan introduce elementos importantes que deben ser considerados para articular un desarrollo sustentable en los aspectos económico, social, político, institucional, territorial e internacional, y así poder establecer una mejor calidad de vida para el pueblo venezolano. El Plan contiene objetivos de integración basados en los aspectos antes mencionados, y contempla una estrategia de descentralización con base en la democracia participativa, la transformación, la productividad y la equidad. Asimismo, la búsqueda de un desarrollo equilibrado y sostenible se traduce en una mejor distribución y utilización de los potenciales regionales de Venezuela.

(2) Plan Nacional para el Desarrollo Económico y Social

El Plan Nacional para el Desarrollo Económico y Social (2001-2007) fue formulado por el Ministerio de Planificación y Desarrollo en el 2001. El nuevo modelo de desarrollo para Venezuela, concebido en este plan, tiene como base el equilibrio de las fuerzas y los factores que intervienen en el desarrollo multidimensional del país, promoviendo una capacidad sustentable y diversificada de provisión de beneficios económicos y bienestar para todos.

El plan establece la búsqueda de soluciones de consenso como base para la legitimidad del país y la promoción de una sociedad democrática y co-responsable. Estas acciones de la sociedad deberán manifestarse en la descentralización del proceso de toma de decisiones, de manera que se pueda difundir el cambio de dinámicas a todo el territorio. Estas nociones se concentran en cinco áreas básicas: Económica, Social, Política, Territorial e Internacional.

(3) Plan Nacional de Ordenación del Territorio

El Plan Nacional de Ordenación del Territorio, 1998 tiene como objetivo orientar la distribución de la población, actividades económicas e infraestructuras físicas mediante metodología armonizada entre el crecimiento económico, desarrollo social y protección y conservación ambiental, basadas en las potencialidades y restricciones que tiene cada entorno

geográfico. El plan busca un crecimiento equilibrado del país, a través de la descentralización y desconcentración, y apoya el proceso de urbanización con estrategia territorial para la eficiencia económica, justicia social y estimulación política.

Como uno de sus ocho objetivos especiales, el plan incluye la promoción de acciones dirigidas a la protección de la población, economía y el entorno antes de que ocurran emergencias o desastres provocados por la naturaleza, la tecnología y la sociedad.

(4) Plan de Ordenamiento y Reglamento del Uso de la Zona Protectora del Área Metropolitana de Caracas

El Plan de Ordenamiento y Reglamento del Uso de la Zona Protectora del Área Metropolitana de Caracas; Gazeta Oficial No. 35.133, 18 de enero de 1993 clasifica y regula las áreas de protección de Caracas¹¹. De acuerdo con este plan, se han delineado once unidades de protección acompañadas por los usos permitidos determinados racionalmente en base a las características físico-naturales, biológicas, socio-económicas de estas áreas.

El plan incluye los siguientes programas: 1) Programa de administración del medio ambiente para finalizar el desarrollo de actividades relacionadas a la protección del ambiente, gerencia de los recursos del área, investigación, monitoreo y cooperación científica con las instituciones interesadas, 2) Programa de uso público para facilitar y motivar a los ciudadanos para un buen uso de los recursos naturales renovables existentes; 3) Programa de infraestructura existente para controlar la erosión, regular la hidrología y mantener la infraestructura existente; y 4) Programa de administración del medio ambiente para planear, dirigir, ejecutar, supervisar y controlar los recursos en las áreas protegidas.

Se espera que las áreas protegidas designadas controlen la degradación de los recursos del área y por ende prevengan daños causados por desastres naturales por medio de una implementación adecuada.

(5) Plan de Ordenamiento y Reglamento del Uso del Área Crítica con Prioridad de Tratamiento de la Cuenca del Río Tuy

El Plan de Ordenamiento y Reglamento del Uso del Área Crítica con Prioridad de Tratamiento de la Cuenca del Río Tuy; Gazeta Oficial No. 4.548 Extraordinario, 26 de marzo de 1993 ha formulado los siguientes objetivos:

¹¹ Las jurisdicciones del área fueron creadas según la Ordenanza No. 1.046 del 10 de junio de 1972: i.e., jurisdicción de las Parroquias Carayaca y Catia del Mar en el Municipio Vargas, Parroquia Sucre en el Municipio Libertador, y parte de los municipios de Plaza, Paz Castillo, El Hatillo, Baruta, Cristobal Rojas, Cecilio Acosta, Paracotos, Carrizal, Los Teques y San Pedro en el Estado de Miranda.

- Lograr la restauración y la recuperación del medio ambiente en la cuenca.
- Ordenar el uso de suelo en agrícola, industrial, minero, residencial y turístico-recreativo.
- Coordinar con las organizaciones competentes que regulan las áreas bajo la administración especial.
- Definir y consolidar un sistema de desarrollo sostenible de la región.
- Coordinar y fortalecer las instituciones públicas en la administración ambiental de la cuenca.
- Promover la participación ciudadana en la administración ambiental de la cuenca.

En este plan, el área es clasificada en siete unidades que comprenden las siguiente cinco subcuencas y 4 cuencas: 1) Subcuenca Alto Tuy, 2) Subcuenca Medio Tuy, 3) Subcuenca Río Guaire, 4) Subcuenca Bajo Tuy, 5) Subcuenca del Río Grande, 6) Cuencas de los Ríos Capata-Curiepe, y 7) Cuencas Guapo-Cupira. Cuando sea implementado este plan, sobre todo en la subcuenca del Río Guaire, se espera que Caracas esté prevenida adecuadamente de daños por desastres naturales.

2.5 Administración y Legislación para la Prevención de Desastres

2.5.1. Marco Legal para la Prevención de Desastres

La estructura legal y su relación con la mitigación y la preparación de desastres se muestra en la Figura 2.5.1. Los artículos pertinentes a las diversas leyes se han enumerado de acuerdo a su nivel, proporcionando así el marco legal para el flujo concurrente. Los artículos principales se citan a escala nacional en la Figura 2.5.1. Los artículos principales de las leyes orgánicas han sido resaltados, así como las principales ordenanzas metropolitanas.

2.5.2. Plan Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres

Según la "Ley de Organización Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres", es la responsabilidad de la Dirección Nacional de Protección Civil y Gestión de Desastres el elaborar y presentar el Plan Nacional para la Protección Civil y Gestión de Desastres para ser aprobados por el Comité Nacional Coordinador de Protección Civil y Gestión de Desastres" (Art. 13). Sin embargo, actualmente este plan nacional se encuentra en elaboración y no se conoce la fecha de conclusión.

Debido a que el enfoque principal de la Protección Nacional Civil es “respuesta emergente” en lugar de “mitigación”, el plan nacional está orientado hacia esa dirección.

2. 5. 3. Plan Nacional para la Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre

El Ministerio de Planificación y Desarrollo se encuentra en proceso de la elaboración del “Plan Nacional para la Prevención y Mitigación del Riesgo de Desastre” con los siguientes objetivos, sin embargo no se conoce la fecha de conclusión para la preparación del plan.

Observando los siguientes objetivos, el plan nacional del Ministerio de Planificación y Desarrollo está orientado hacia la “mitigación” del riesgo en la planificación del desarrollo nacional

- Establecer el marco general de políticas que controlarán las acciones nacionales relacionadas a la gestión de los riesgos por desastres naturales con el fin de reducirlos.
- Proporcionar las bases para la canalización de los esfuerzos de las entidades competentes tanto a nivel nacional como a nivel local, estableciendo un marco envolvente e integral para la coordinación de las acciones en las materias de prevención entre los niveles nacionales y los niveles descentralizados así como entre las comunidades y entidades privadas.
- Proporcionar un marco de referencia para la elaboración de los planes de prevención sectoriales y territoriales.
- Establecer las acciones prioritarias para reducir el impacto socio-económico generado por las amenazas naturales o por los riesgos antrópicos asociados a ellos y así optimizar los esfuerzos (económicos, humanos, etc.).
- Establecer las políticas y los mecanismos normativos para un fortalecimiento institucional que permita el mejoramiento de las capacidades institucionales y las organizaciones ciudadanas, con el objetivo de lograr la introducción de la prevención como un tema transversal dentro del proceso de planificación y gestión de desarrollo. Para esto, se darán las directrices para abrir espacios institucionales, establecer el marco nacional para la gestión de riesgo de desastre y el sistema de información de apoyo.
- Funcionar como un instrumento para la participación y coordinación entre las autoridades y las comunidades sobre el tema de la gestión de riesgo, desde la fase de formulación.
- Definir los proyectos pertinentes de interés nacional que forjen dinámicas positivas en nuestra sociedad para generar una cultura de prevención de riesgos.

2. 5. 4. Plan Metropolitano para la Gestión de Desastres

ADMC pasó las Directrices para las Ordenanzas Urbanas, (septiembre 2003) que de nuevo establece la responsabilidad de los esfuerzos para la prevención del desastre. Estas acciones incluyen:

educación ciudadana en el tema de desastres (Art. 74), sistemas de alerta temprana y atención a las medidas de mitigación (Art. 75), sistemas de información para los desastres (Art. 76), y prevención de desastres, especialmente en los barrios (Art. 77). El 9 de marzo de 2004, el concilio de DMC emitió un decreto que establece un comité para la coordinación de desastres metropolitanos para la protección civil y gestión de desastres (CCCPAD). Las funciones del CCCPAD son las siguientes: (1) planear, coordinar y desarrollar las actividades con otras agencias gubernamentales y (2) proporcionar y coordinar las medidas para la prevención, educación, y gestión de desastres. Por lo que existen suficientes bases para los departamentos y agencias del DMC para proceder con la mitigación de desastres y las actividades de prevención.

2. 6 Otras Actividades Realizadas por Instituciones Internacionales

2. 6. 1. General

En años recientes, además del gobierno de Japón, otros entes han realizado algunas actividades de prevención de desastre en el Distrito Metropolitano de Caracas. Al respecto, se debe mencionar el estudio integral elaborado por Columbia University sobre la prevención de desastre en el área.

2. 6. 2. PNUD

En el 2001, PNUD ha promovido un estudio sobre el “Plan Nacional para gestión de riesgos y prevención de desastre/mitigación para Venezuela”¹².

Este estudio se basa en la Ley de Seguridad y Defensa, la cual estipula que el Ministerio de Interior y Justicia, a través de su Dirección Nacional de Protección Civil, debe atender las amenazas y riesgos para la protección de la población venezolana.

El estudio cubre los siguientes objetivos:

- objetivos del plan y necesidades
- plan estratégico general
- planes de acción
- función de comité técnico
- plan de financiamiento
- aspecto legal
- base fundamental para que la ley defina la elaboración de un plan

¹² PNUD, Plan Nacional para gestión de riesgos y prevención de desastre/mitigación para Venezuela, 21 de Julio, 2001

- plan de implementación
- aspecto institucional
- agenda y estimado de costos

Los objetivos y necesidades del plan son: (1) prevención de desastre y reducción de riesgos, (2) respuesta efectiva en caso de desastre, y (3) recuperación rápida de áreas afectadas.

El plan general de estrategia cubre: (1) identificación y evaluación de riesgos generados por el hombre y la naturaleza, (2) incorporación de la reducción de riesgo en el proceso de planificación, (3) planificación de la capacidad de respuesta, (4) participación ciudadana en prevención y mitigación de desastre, y (5) garantía del financiamiento.

El plan de acción incluye: (1) evaluación de mapa de amenaza (2) áreas de alto riesgo (3) entrenamiento técnico y científico/capacitación (4) lineamientos y documentos de referencia técnica (5) comité técnico asesor (6) inventario de recursos (7) evaluación de la capacidad de respuesta operacional (8) gestión de riesgos (9) programa educacional (10) asistencia internacional (11) divulgación de información.

El estudio proporciona los lineamientos generales para el financiamiento del plan y un estimado preliminar del presupuesto anual de tres billones y medio de Bolívares durante los cinco años estimados.

2. 6. 3. Estudio Elaborado por Columbia University¹³

Columbia University, ubicada en los Estados Unidos, llevó a cabo un estudio llamado “Disaster Resistance Caracas: urban planning study – Spring 2001” (Resistencia de Desastres Caracas: estudio de planificación urbana – primavera 2001). El estudio incluye desastre por terremotos y derrumbes en el Distrito Metropolitano de Caracas. En ese sentido, este estudio guarda semejanza con el que elabora actualmente el equipo de estudio.

“Disaster Resistance Caracas” es un estudio amplio de un grupo académico que comienza con un enfoque histórico de la ciudad y la condición actual de la misma. Además, propone escenarios de desarrollo futuros como base de planificación para la prevención de desastres. Su concepto de riesgo es expresado en la ecuación: $\text{Riesgo} = \text{suma}(\text{amenaza} \times \text{potencialidad} \times \text{fragilidad})$. Sus esfuerzos de investigación son, en su mayoría, un enfoque de planificación urbana, mientras que la parte científica fue elaborada por investigadores venezolanos.

¹³ Colombia University, “Disaster Resistance Caracas; urban planning studio – Spring 2001”, 2001

Tabla 2.2.1 Unidades Administrativas en el Area de Estudio – Nombre de las Parroquias en Los Municipios de El Libertador, Sucre y Chacao

Municipio	Parroquias
Libertador	Altagracia, Antimano, Caricuao, Catedral, Coche, El Junquito, El Paraíso, El Recreo, El Valle, La Candelaria, La Pastora, La Vega, Macarao, San Agustín, San Bernardino, San José, San Juan, San Pedro, Santa Rosalia, Santa Teresa, Sucre, 23 De Enero
Chacao	Chacao
Sucre	Caucagüita, Fila De Mariches, La Dolorita, Leoncio Martínez, Petare

Source: INE

Tabla 2.2.2 Población de Caracas

Municipal/Parroquia	Población (1990)	Población (2001)
Distrito Metropolitano	2,685,901	3,090,447
Área de Estudio	2,390,987	2,740,381
Libertador	1,823,222	2,061,094
Altagracia	42,724	44,101
Antimano	117,179	143,343
Caricuao	141,064	160,560
Catedral	4,821	5,422
Coche	49,834	57,276
El Junquito	29,024	42,658
El Paraíso	98,647	111,354
El Recreo	96,574	107,935
El Valle	133,900	150,970
La Candelaria	51,432	60,019
La Pastora	82,937	90,005
La Vega	111,574	137,148
Macarao	40,670	48,479
San Agustín	38,527	45,840
San Bernardino	29,348	26,973
San José	40,584	40,709
San Juan	98,009	104,471
San Pedro	55,967	63,274
Santa Rosalía	103,975	117,993
Santa Teresa	20,891	21,311
Sucre	354,012	395,139
23 de Enero	81,529	86,114
Chacao	66,897	71,806
Sucre	500,868	607,481
Caucaguita		55,939
Fila de Mariches		29,399
La Dolorita		66,625
Leoncio Martínez		61,618
Petare		393,900
Baruta	249,115	289,820
El Cafetal		48,104
Minas de Baruta		45,503
Nuestra Señora del Rosario de Baruta		196,213
El Hatillo	45,799	60,246

Fuente: INE

Tabla 2.2.3 Producto Interno Bruto por Tipo de Actividades Económicas (2003)

TIPO DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	Consolidado	Public	Private
1. ACTIVIDAD PETROLERA	33.729.919	30.142.451	3.587.468
2. ACTIVIDAD NO-PETROLERA	96.080.700	9.656.485	86.424.215
2.1 Producción de Bienes	25.450.276	2.696.301	22.753.975
2.2 Servicios	74.144.887	7.260.343	66.884.544
3. Menos: Servicios Bancarios	3.514.463	300.159	3.214.304
SUB-TOTAL	129.810.619	39.798.936	90.011.683
4. Más: Aduanas. Impuesto al Lujo y a las Ventas e Impuestos Similares	7.557.537	595.390	6.962.147
TOTAL	137.368.156	40.394.326	96.973.830

Fuente: Ministerio de Finanzas, <http://www.mf.gov.ve/>

Tabla 2.2.4 Estatus de Empleo de Caracas, 1990 - 1997

Año	Sector Primario	Sector Secundario	Sector Terciario	Total
1990	17.230	346.110	1.075.312	1.438.652
1995	8.815	305.194	1.095.941	1.409.950
1997	13.814	286.527	1.144.019	1.444.360

Fuente: OCEI, Encuestas Socio-económicas, 2do semestre 1998, Estimado de Población, y censo 2001

Notas: Sector Primario: Petróleo (crudo) y gas natural, minería y agricultura.

Sector Secundario: manufactura, electricidad y agua y construcción.

Sector Terciario: financiero, seguros, bienes raíces y servicios a las empresas, como asistencia financiera, servicios administrativos, investigación de mercado, control de calidad, publicidad, comercio, transporte y comunicaciones, etc.

Tabla 2.2.5 Ocupación de Caracas en Empleo Nacional

Actividad Económica	Número	% del Total Nacional	% del Nacional con Educación Superior
Agricultura	2.690	0,3	7.6
Minería. Petróleo	11.264	12,8	37.5
Manufactura	192.365	18,6	27.9
Electricidad. Gas. Agua	10.727	17,6	48.9
Construcción	83.435	13,0	19.3
Comercio	327.182	17,1	27.5
Transporte	119.278	23,1	38.1
Terciario Superior*	230.853	48,9	55.5
Servicios	458.609	19,6	27.2
No especificados	8.097	43,0	53.5
Total	1.44.360	17,9	32.0

Fuente: OCEI, 1er semestre, Encuesta Socioeconómica, 1997

Nota: * terciario superior incluye Financiero, Seguros, Bienes Raíces, Servicios

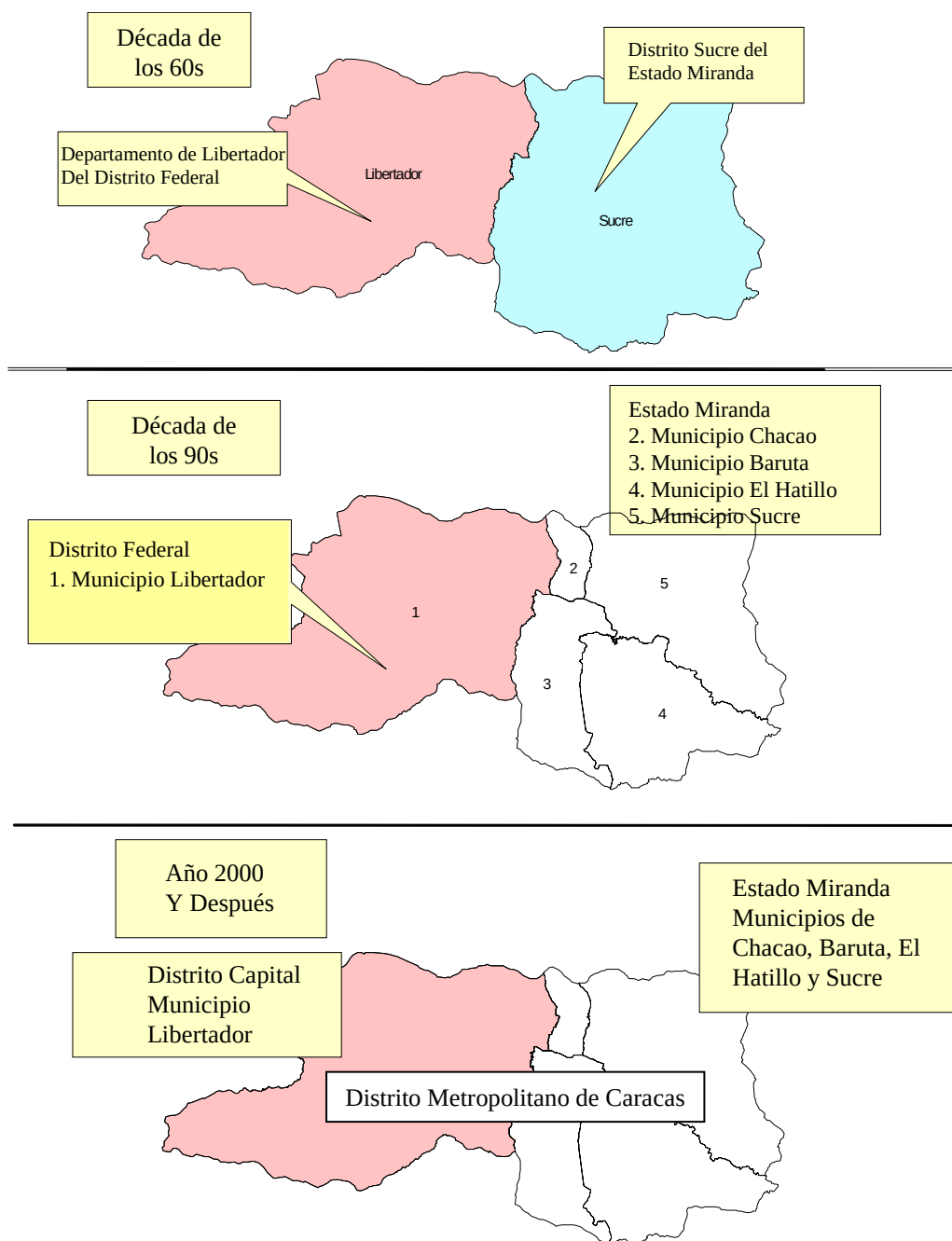


Figura 2.2.1 Cambio Reciente de Límites Administrativos del Distrito Metropolitano de Caracas

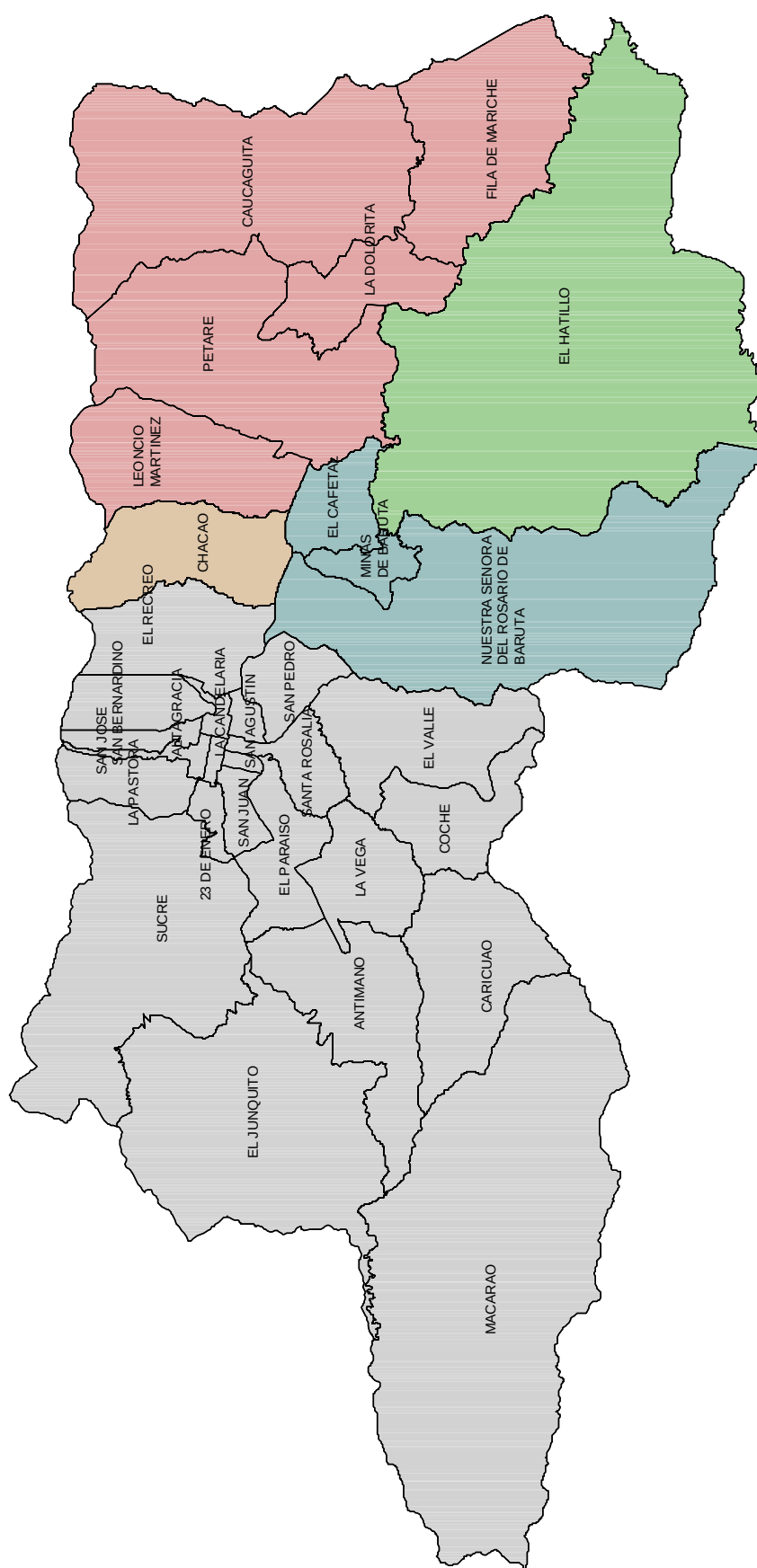
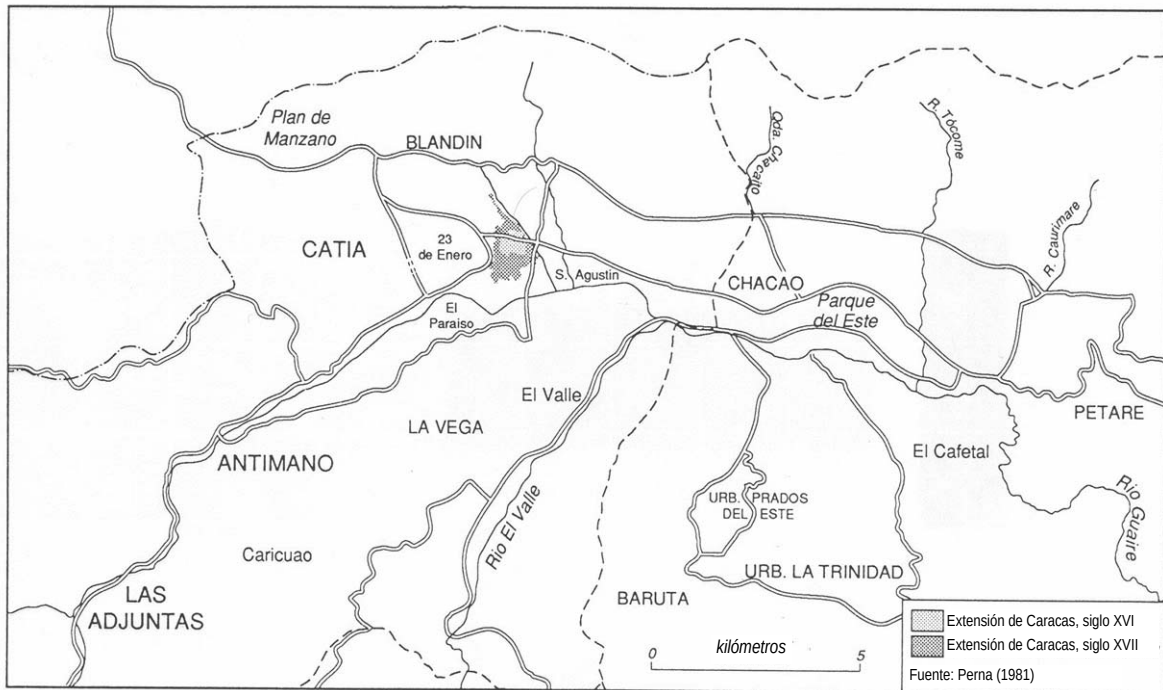


Figura 2.2.2 Límites Político-Administrativos de Caracas



Fuente: Jiménez Díaz ,Virginia, “*Slope Failure in Caracas, Venezuela: the Influence of Squatter Settlement,*” Tesis presentada para optar al grado de Doctora en Filosofía por la Universidad de Londres, Ago. 1992; originalmente en Perma, C., *Evolución de la Geografía Urbana de Caracas*, Ediciones de la Facultad de Humanidades y Educación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 1981

Figura 2.3.1 Crecimiento de Caracas (Del Siglo 16 al Siglo 17)

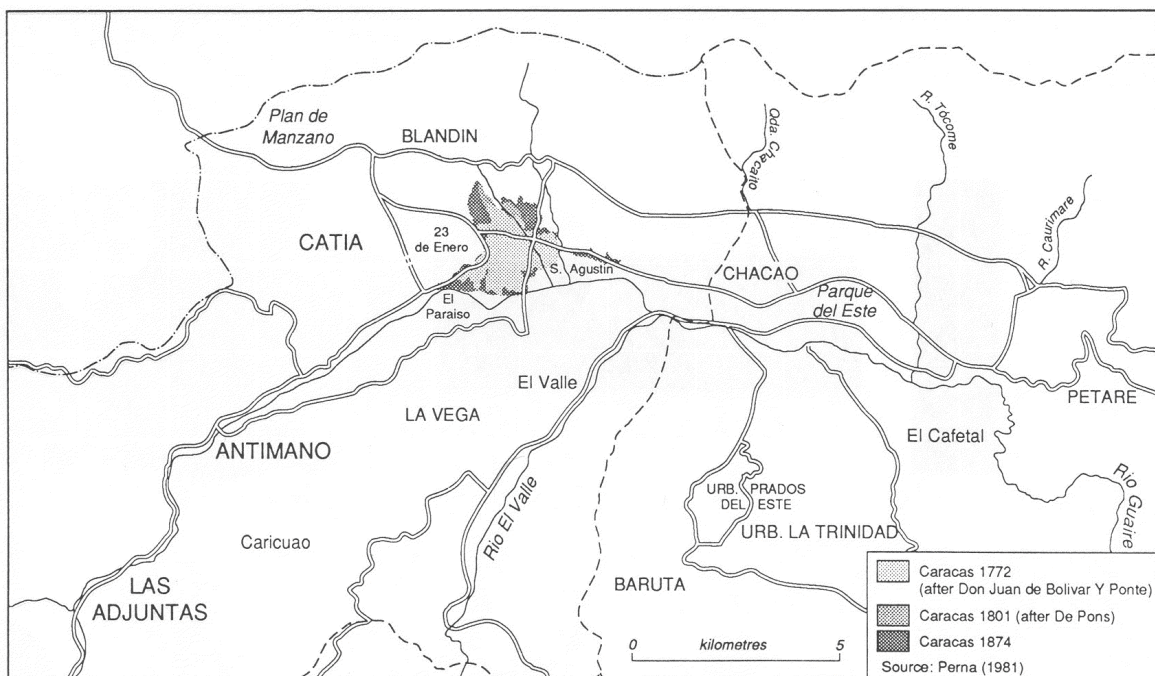
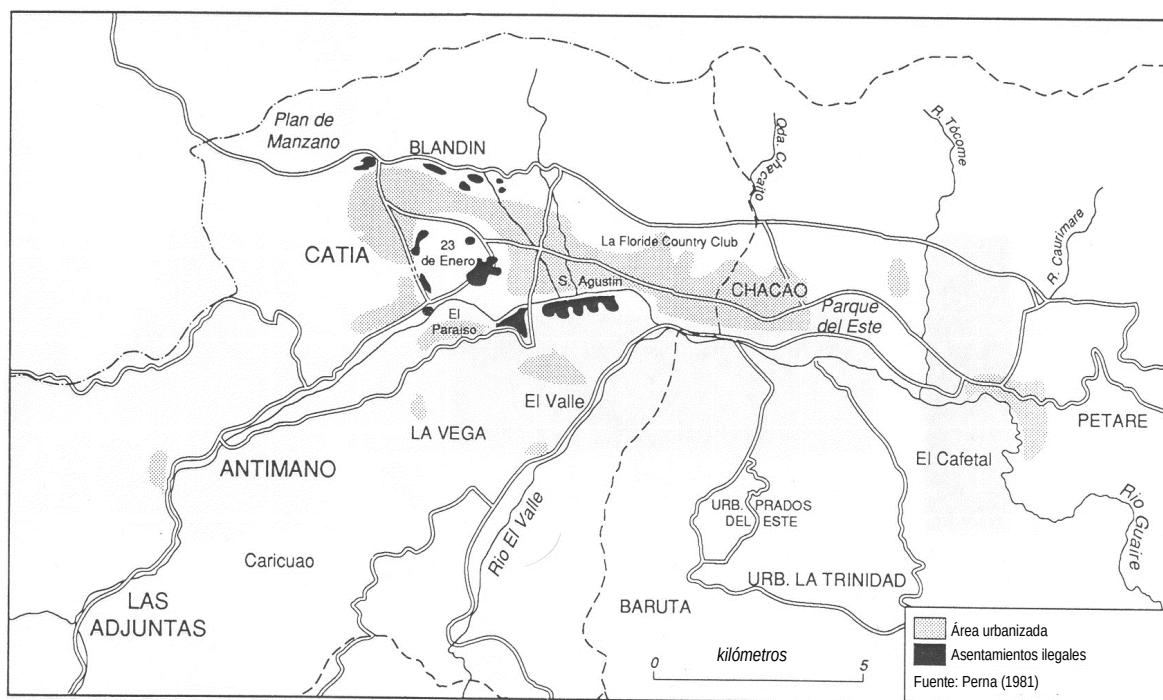
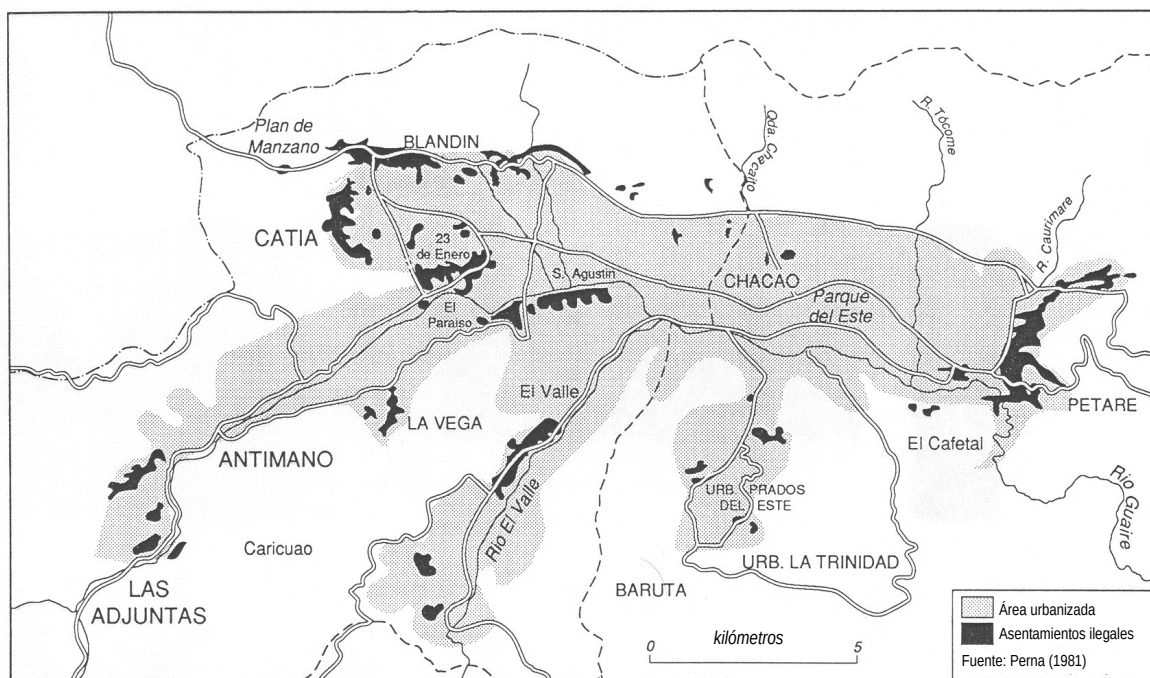


Figura 2.3.2 Expansión de Caracas desde 1772 hasta 1874



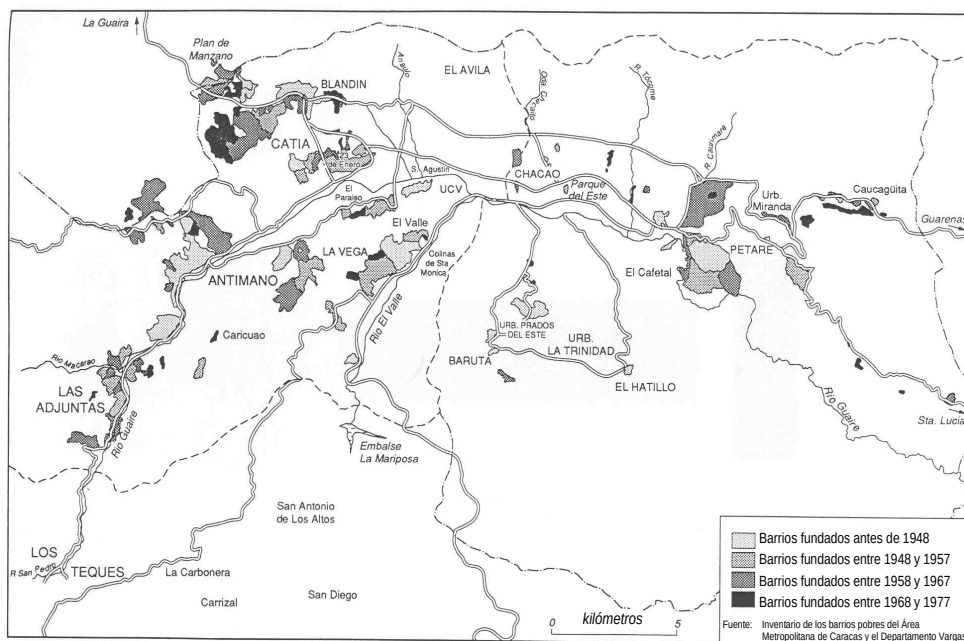
Fuente: Jiménez Díaz (1992), originalmente en Perma (1981)

Figura 2.3.3 Desarrollo Urbano y Áreas de Barrios en Caracas en 1940



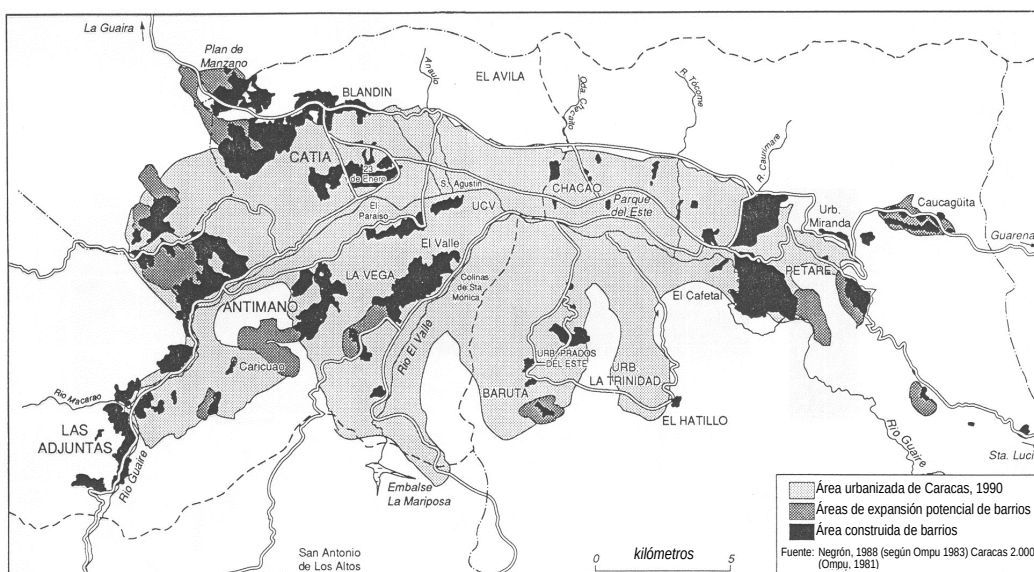
Fuente: Jiménez Díaz (1992), originalmente en Perma (1981)

Figura 2.3.4 Barrios ya Existentes y Barrios Nuevos en Caracas en 1966



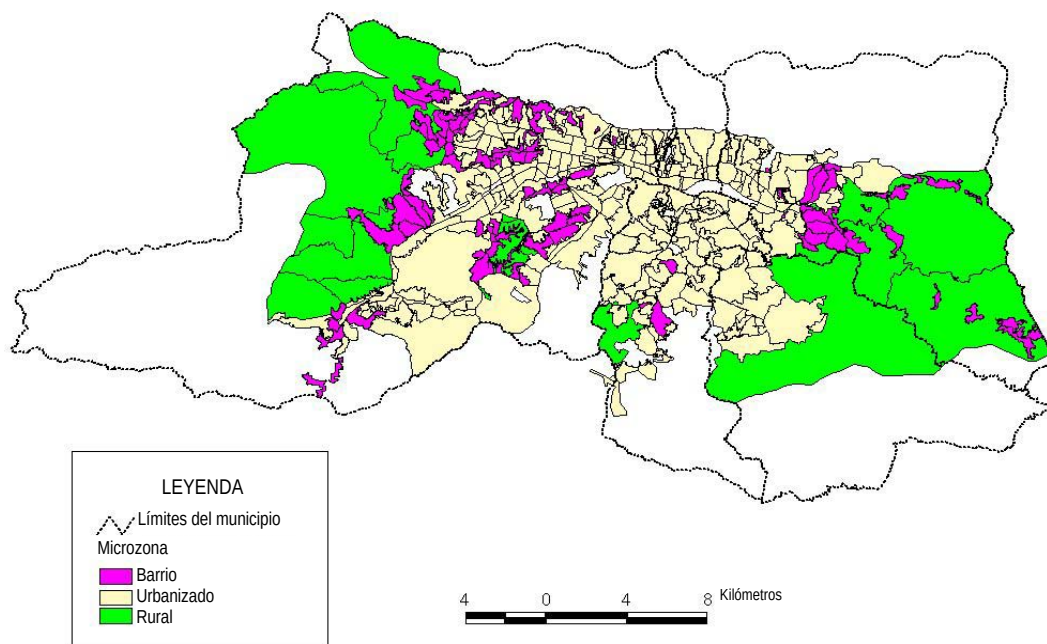
Fuente: Jiménez Díaz (1992), originalmente en Perma (1981)

Figura 2.3.5 Expansión de Área de Barrios en Caracas (de 1948 a 1977)



Fuente: Jiménez Díaz (1992), originalmente en Negrón (1981), y Caracas 2000 (OMPU,1981)

Figura 2.3.6 Expansión de Áreas de Barrios en Caracas (1983)



Fuente: Equipo de Estudio JICA, datos de límites de barrios para SIG suministrados por CONAVI.

Figura 2.3.7 Áreas Urbana, Rural y de Barrios

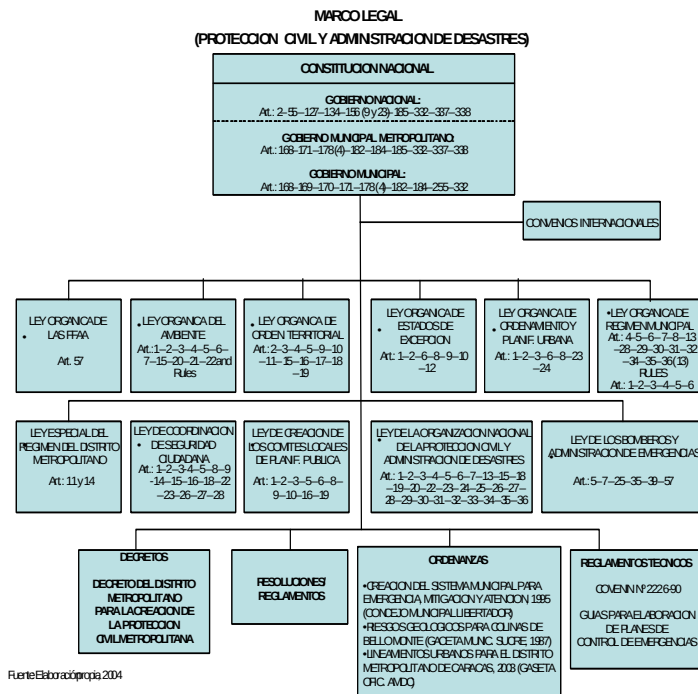


Figura 2.5.1 Marco Jurídico– Nivel de Leyes

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DE DESASTRES POR TERREMOTO

“Si los desastres previenes, el progreso de Caracas no detienes”

Alfredo Varela

CAPITULO 3. ESTUDIO DE DESASTRES POR TERREMOTO

3. 1 Análisis de Riesgo Sísmico

3. 1. 1. Revisión de los Datos Recolectados

(1) Marco Tectónico

La parte Norte de Venezuela está ubicada en la zona de interacción entre la placa del Caribe que se desplaza hacia el Este y la placa de Sur América que se desplaza hacia el Oeste. Este límite entre placas es una zona de deformación activa de 100 km de ancho, pero movimientos laterales hacia la derecha parecen tener lugar a lo largo del sistema de fallas de orientación destal, y el resto de la deformación se distribuye a través de fallas asociadas menores dentro y costa afuera de Venezuela.

Las fallas activas Cuaternarias en Venezuela han sido catalogadas por Audemard et. al. (2000). El catálogo presenta una descripción detallada de cada falla; tales como longitud de la falla, tipo de falla y tasa de desplazamiento anual. Una parte del mapa del entorno de Caracas se muestra en la Figura 3.1.1, y las fallas en el mapa se enumeran en la Tabla 3.1.1.

Entre esas fallas, el sistema de fallas de San Sebastián a lo largo de la costa es el más activo, aunque su ubicación, edad y tasas de actividad son poco conocidas debido a que no se dispone de estudios marinos. En el Sur, el sistema de fallas de La Victoria, con cinco secciones, tiene una tasa de deslizamiento menos activa que va desde 0,4mm/año hasta 1,1mm/año. Al Norte del Valle de Caracas, se extiende el sistema de fallas de Tacagua-El Ávila, con menor tasa de deslizamiento que va desde 0,17mm/año hasta menos de 0,4mm/año.

(2) Terremotos Históricos

En Venezuela, los catálogos de terremotos desastrosos se pueden datar retrospectivamente hasta 1530 (Centeno Grau (1968), Grases (1900), Grases et. al. (1999), Audemard et al. (2000)). La Figura 3.1.2 muestra los epicentros de los mayores terremotos que afectaron a Caracas, durante toda su historia, estimados por Grases (1990). Pueden ser clasificados en dos categorías:

- Terremotos que se produjeron en el Norte de Caracas, tales como los eventos de 1641, 1812, 1900 y 1967. Estos ocurrieron a lo largo del límite entre la placa del Caribe y la placa de Sur América, es decir, a lo largo de los sistemas de fallas de San Sebastián, Boconó o El Pilar. Aunque el epicentro del terremoto de 1641 pudo estar situado al sur de Caracas (Audemard, 2002), debido a la observación del severo daño en Cua.

- Terremotos que se produjeron en el Sur de Caracas, tales como los eventos de 1837 y 1878. Estos pueden atribuirse a los sistemas de fallas de La Victoria o Táchata.

La Tabla 3.1.2 muestra la descripción de los terremotos históricos en Caracas, recopilados de diferentes catálogos de terremotos en Venezuela. Esto se debe a que cada catálogo tiene ciertas ventajas y desventajas. Por ejemplo, Centeno Grau (1968) incluye un texto completo con los documentos clave referentes a los terremotos de 1812, los cuales no están incluidos en catálogos posteriores. Grases (1990) tiene parámetros para casi todos los eventos, con descripciones breves de daños y mapas isosísmicos. Grases (1999) tiene una colección de fragmentos de varias fuentes, pero no incluye parámetros ni mapas isosísmicos.

Los mayores terremotos han sido estudiados por varios investigadores, y se han elaborado mapas isosísmicos. Los mapas isosísmicos y la revisión comparativa de parámetros de los principales terremotos que han afectado a Caracas se muestran en la Tabla 3.1.3 a la Tabla 3.1.5 y en la Figura 3.1.3 a la Figura 3.1.5. Aunque los mapas isosísmicos pueden ser afectados por la distribución de la población en la época, pueden servir como base para estimar la magnitud del terremoto, así como también la distribución de daños.

(3) Sismicidad

La observación de terremotos en el entorno de Caracas se ha realizado para estudiar la sismicidad desde 1940. La Figura 3.1.6 muestra la actividad sísmica de la región, el histograma de magnitud y el número de eventos. El histograma de profundidad de acuerdo a la Figura 3.1.7 muestra que la profundidad del hipocentro de los terremotos se encuentra principalmente entre 16 Km. y 2 Km. por debajo de la superficie del terreno. (Sobiesiak, (2003)).

(4) Registros de Movimientos Fuertes

La observación de movimientos fuertes en Venezuela comenzó en los años 80. La Figura 3.1.8 muestra la ubicación de las estaciones de acelerógrafos. La mayoría está ubicada a lo largo de los sistemas de fallas principales. El número de registros obtenidos hasta la fecha es mayor a 80, con una aceleración máxima de 178,90 gal.

(5) Proyecto Ávila

Un estudio de amenaza sísmica aplicando un método probabilístico fue realizado por FUNVISIS (2001) dentro del Proyecto Ávila. En el proyecto se tomaron en cuenta las fallas en el entorno de Caracas, dentro de un radio de 200 Km., y se ha usado una ley de atenuación

desarrollada en Venezuela (INTEVEP, 1990) para calcular la aceleración esperada del lecho rocoso.

El resultado muestra que se espera un valor de 0,3 g a nivel del lecho rocoso para un período de retorno promedio de 475 años en el entorno de Caracas. Considerando la contribución de cada falla al resultado estimado, la falla de San Sebastián tiene el mayor efecto, y le siguen la falla de La Victoria y la falla del Ávila.

(6) Datos Geológicos y Geotécnicos

1) Datos geológicos y geomorfológicos

Singer (1977) trabajó especialmente en la parte del Noreste del valle; Matsuda (2001) trabajó en el área urbanizada del Valle de Caracas, y López V. (1948) muestra la dirección del movimiento del sedimento y su distribución en el depósito aluvial en el Valle de Caracas.

2) Datos geotécnicos

FONACIT ha estado desarrollando un proyecto para construir una base de datos de perforaciones desde el 2002. Los datos de alrededor de 287 perforaciones se seleccionaron de esta base de datos en el área urbanizada del Valle de Caracas. El área de estudio fue dividida en cuadrículas de 500 m x 500 m para evaluar las amenazas sísmicas. FUNVISIS ha recolectado datos de pozos para interpretar la profundidad de la base de rocas. Para la evaluación de la susceptibilidad de licuación también se utilizaron los perfiles de suelo como resultado de la investigación de suelos para la construcción del Metro de Caracas.

Se recopilaron los informes de investigación de las pruebas de laboratorio de suelos que se llevaron a cabo para el Metro. Sin embargo, no se encontró suficiente información sobre la densidad húmeda, módulo de corte, ni del factor de descarga. Además, A. C. Alicia et al (1984) clarifica las propiedades mecánicas de suelos de la parte superior del depósito sedimentario en Caracas.

En cuanto a los datos del agua subterránea, varios mapas de contorno producidos durante la década de los cincuenta, muestran que el nivel del agua subterránea había empezado a descender en ciertas partes de Caracas. MARN instaló 80 pozos para la observación del nivel del agua subterránea en el Valle de Caracas en 1996. Sin embargo, las observaciones estuvieron inactivas durante varios años debido a la escasez de

financiamiento. Un mapa de contorno del agua subterránea realizado por MARN el 1^o de octubre del 2001, fue utilizado para la evaluación de susceptibilidad de licuación.

3) Datos de investigaciones geofísicas

Un estudio de la reflexión sísmica en el Valle de Caracas fue realizado por Weston Geophysical Engineers International, Inc., (1969)⁵⁾ para determinar el espesor del depósito sedimentario del valle y obtener un mapa generalizado de contorno del lecho rocoso. Desde entonces, el esfuerzo por mejorar este mapa de contorno ha continuado y ha sido mejorado por FUNVISIS (Kantak, (2001), Sanchez et.al, (2002), and Schmitz et al, (2003)).

Datos del estudio de gravedad fueron recolectados para entender la distribución del nivel del lecho rocoso. Un estudio de gravedad en la Cuenca de Los Palos Grandes fue llevado a cabo como parte del proyecto de micro-zonificación sísmica en la Ciudad de Caracas apoyado por FUNVISIS (Sánchez. et. al).

En el Valle de Caracas, se realizaron mediciones de micro temblores sistemáticamente (Rocabado, et. al., 2001). En la primera fase, se realizaron mediciones a un intervalo de 500 m. Mediciones con un intervalo de 250 m están siendo llevadas a cabo por FUNVISIS. Los datos fueron analizados utilizando el cociente espectral H/V o método de Nakamura. Una relación estrecha se derivó entre el espesor sedimentario y el período predominante asociado. Los períodos obtenidos varían entre 0,1 y 2,1 segundos; mientras que la amplificación relativa muestra un factor entre 4 y 6 veces el valor medio para Caracas. Se recolectaron los resultados básicos de las medidas de micro temblores de FUNVISIS en formato SIG y los datos espectrales H/V del Profesor Enomoto en formato de texto Digital.

Weston Geophysical Engineers International, Inc., reportó velocidades promedio de ondas-S en la capa superficial por el método de refracción. FUNVISIS ha estado implementando el registro PS a lo largo de la línea del Metro(Campos et al, 2004). Sin embargo, actualmente el número es limitado.

4) Estudios existentes sobre la simulación de amplificación

Seed et al. (1970) estudió las relaciones entre suelo y el daño a las edificaciones en el terremoto de 1967 en Caracas. Han realizado simulaciones unidimensionales y bidimensionales en movimiento de suelo. En la actualidad, FUNVISIS está estudiando simulaciones bidimensionales en movimiento de suelo.

5) Información sobre el fenómeno de licuación

Acosta et.al. estudió los terremotos históricos ocurridos entre 1530 y 1997, y resumió las ocurrencias del fenómeno de licuación. En este estudio, no hay indicios que muestren la ocurrencia de licuación en Caracas.

La relación empírica entre el sitio con licuación más lejano y la magnitud del terremoto fue estudiada por Acosta y De Santis (1997). Estudiaron los terremotos históricos y la licuación ocurrida o que pudiese ocurrir y derivaron una ecuación que muestra la relación empírica entre el sitio licuado más lejano y la magnitud del terremoto.

3. 1. 2. Definición de un Escenario para Terremoto

(1) Introducción

El diagrama de flujo general de la micro zonificación sísmica se puede ver en la Figura 3.1.9. El objetivo de la micro zonificación es proporcionar una base para desarrollar un plan de prevención de desastres por terremoto. Este estudio asume un escenario de terremoto específico hipotético.

Se debe notar que el estudio no es, de forma alguna, un modelo de predicción para el próximo terremoto, sino más bien una visualización de los daños posibles y de las consecuencias de la ocurrencia de un evento de este tipo. El estudio no trata estructuras específicas, sino que emplea el análisis estadístico para evaluar la vulnerabilidad de una región. El resultado no debe ser utilizado para el diseño sísmico de estructuras, ni tampoco para usos de aseguradoras.

(2) Definición de un Escenario de Terremoto

Con la revisión de los datos recolectados, según lo descrito en la sección 3.1.1, y luego de un intercambio de ideas con FUNVISIS, se definieron cuatro escenarios de terremoto en este estudio. Tres de ellos, se basan en terremotos históricos. La zona de ruptura de los terremotos de 1812, 1878 y el terremoto hipotético del Ávila se encuentra a lo largo de la falla presentada en Audemard (2000).

Para la localización del segmento del terremoto de 1967, se usó el método ISC para determinar el epicentro, también usado en Suárez y Nabelek et. al, (1990), en un extremo, mientras que en el otro extremo se tomó de Suárez y Nabelek et. al, (1990) como epicentro del segundo evento, puesto que estos dos eventos son los principales de los cuatro subeventos analizados en este trabajo.

Existen diferentes interpretaciones respecto al terremoto de 1812; estudios anteriores consideran tres eventos, o dos eventos contiguos. En este estudio, se asume como constituido por dos eventos, de acuerdo a Grases y Rodríguez (2001). La magnitud de este terremoto se obtuvo de estos dos autores. La localización del segmento del terremoto de 1812 se encuentra cerca de Caracas, de acuerdo con Grases (1990) y el mapa Iso-sísmico de Altez (2000).

Para el terremoto de 1878, el segmento de la falla se localizó a lo largo de la falla de La Victoria.

Se incluyó un hipotético terremoto en el Ávila, puesto que la falla es conocida por ser activa de acuerdo al estudio de fallas cuaternarias y a las observaciones sismológicas, a pesar de no haber registros históricos de terremotos de la falla del Ávila. La magnitud de un terremoto hipotético de la falla del Ávila se definió de 6,0 para este estudio, aunque la magnitud máxima creíble sea de 6,8. Se seleccionó el segmento de falla generador del estudio de fallas cuaternarias.

La magnitud se define luego de una revisión comparativa de estudios de terremotos históricos. El tipo de falla se define del estudio de fallas cuaternarias y por observaciones sismológicas. La dimensión de la falla del escenario de terremoto se estimó usando una correlación empírica entre la dimensión de la falla y la magnitud posible. Como resultado, un segmento del escenario de terremoto se localizó, de acuerdo a lo que muestra la Figura 3.1.10, cuyos parámetros se definen en la Tabla 3.1.6.

Deberá mencionarse que existen varios estudios en relación a la ubicación de fallas para los terremotos históricos, por lo que se pueden efectuar varios modelos para la ubicación de fallas. Entre ellos, el modelo más apropiado que puede reproducir la intensidad sísmica es adoptado por medio de calibraciones. La calibración se efectuó al comparar la intensidad sísmica estimada por la metodología desarrollada para este estudio al observar la intensidad sísmica histórica y los grados de daños, como se describe posteriormente en Capítulo 4 del Reporte de Soporte S3.

3. 1. 3. Desarrollo del Modelo de Suelo

En la sección 3.1.1, los resultados de la recolección de datos fueron descritos. En esta sección, primero se describen los puntos claves de las condiciones existentes, aclaradas por los datos recolectados, y luego, partiendo de estos datos, explicamos el método para desarrollar el modelo de suelo.

(1) Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de la Amplificación de la Fuerza Sísmica

- 1) Resumen de la información existente para desarrollar el modelo de suelo para el análisis de la Amplificación de la Fuerza Sísmica.

Se utilizó un programa de análisis de respuesta unidimensional de terremotos, llamado “Shake” o “Sacudida”, para el análisis de la amplificación de la fuerza sísmica. El análisis requiere datos geotécnicos como los de las velocidades de la onda-S y su distribución en las capas, las densidades y el módulo de corte y los factores de atenuación para cada capa.

Resumimos los puntos claves de la condición existente sobre los datos geotécnicos necesarios para áreas planas y áreas de colinas/montañas respectivamente, como se indica a continuación.

- a) Área Plana (área de depósito sedimentario)
 - La mayor profundidad de los datos recogidos de la perforación con información geotécnica es cerca de 30m, y la mayor parte tiene menos de 20m en profundidad.
 - El grosor del depósito sedimentario en el valle de Caracas está descrito como un mapa de contornos en el SIG de FUNVISIS.
 - Mediciones de micro temblores fueron realizadas a cada 500m de distancia por FUNVISIS y universidades Japonesas, y el mapa de sus velocidades promedio de la Onda-S se muestran en Schmitz et al, 2003. Estos datos cubren extensas áreas planas del valle de Caracas.
- b) Área de Colinas/Montañosa
 - Apenas existen algunos datos geotécnicos.
 - Se obtuvo un pequeño número de medidas de micro temblores que cubren una parte limitada del área de estudio.

- 2) El Método de Desarrollo del Modelo de Suelo

- a) Área Plana (área de depósito sedimentario)

Hemos desarrollado el modelo de suelo recolectando la mayoría de los datos de las curvas del espectro H/V y del grosor de las capas del depósito sedimentario para cada

cuadrícula con espaciamiento de 500m. Para ser más precisos, hemos determinado la estructura de la velocidad de la onda-S mediante el algoritmo de inversión genética, es decir, que reproduce teóricamente el espectro H/V obtenido por la medida de micro temblores, buscando el mejor ajuste de la estructura de velocidad de la onda-S para cada cuadrícula por ensayo y error.

En la fase temprana de desarrollo del modelo de suelo, revisamos algunas ideas para reproducir el espectro H/V, a fin de comprobar si eran efectivas o no. Modelos de suelo de una, dos y múltiples capas fueron comparados entre sí.

El modelo de dos capas significa que éste divide el depósito sedimentario en una capa superior con velocidades de onda-S (V_s) menores de 400m/s y una capa inferior con V_s mayores de 400m/s. Para capas superiores, los datos de perforación recolectados se han aplicado, y la capa superior se ha subdividido en sub-capas de acuerdo a cada dato de la perforación.

El modelo de múltiples capas significa que, en adición al modelo de dos capas, éste divide su capa inferior en múltiples capas.

Como resultado de haber comparado que tan bien se ajustaba cada modelo con los datos del espectro H/V, no se encontró diferencia entre el modelo de dos capas y el de múltiples capas, por lo cual el modelo de dos capas fue adoptado debido a su simplicidad.

El diagrama de desarrollo del modelo de suelo para el análisis de la fuerza sísmica descrito arriba se presenta en la Figura 3.1.11 y la Figura 3.1.12

Respecto al método para determinar las propiedades geotécnicas tales como la densidad, el módulo de corte y los factores de atenuación, por favor referirse al punto 3) de esta sección.

b) Área de Colinas/Montañosa

Hemos calculado el modelo de suelo partiendo de información geológica sobre el estado de meteorización de las rocas y los datos del espectro H/V, por cuanto no existía información útil de perforación.

No hemos distinguido suelos hechos por el hombre mediante corte y relleno de suelos naturales, esta vez, por la carencia de información geotécnica concreta. Este será uno de los aspectos importantes para la cuantificación de riesgo y peligro, por lo que esta

información deberá ser clarificada e incluida en futuros análisis por los mismos venezolanos.

La Figura 3.1.13 se presenta como referencia. Esta figura se elaboró a partir de la recolección de datos de la perforación, y sugiere que rellenos/terraplenes inferiores a 10m tienen la tendencia de rellenos con densidades relativamente sueltas.

3) Método para determinar cada elemento del Modelo de Suelo

a) Densidad del suelo y de las rocas

Obtuvimos importante información como resultado del estudio de gravedad (Sánchez et al., 2001) realizado en los Palos Grandes. El resultado del estudio demuestra que las densidades en el depósito sedimentario, en un espesor de alrededor de 340m, variaron de 1,8 g/cm³ a 2,4 g/cm³. Estos valores son casi iguales o un poco mayores que los de los depósitos sedimentarios comunes en Japón. Por esta razón, adoptamos los valores presentados en la Tabla 3.1.7. (Asociación Vial del Japón, 2002) (Sanchez et al., 2001)

b) Velocidades (Vs) de Onda-S de la Capa Superior

Cuando determinamos las velocidades de onda-S de las capas superiores, los datos de perforación en cada cuadrícula y una relación entre las velocidades de onda-S y los números de Golpes de la Prueba Estándar de Penetración (SPT, Standard Penetration Test) fueron aplicados. En el caso de falta de datos de perforación en la cuadrícula de interés, básicamente aplicamos los datos más cercanos de perforación en la cuadrícula.

La relación aplicada es la siguiente:

$$V_s = 97 * N^{0.314}$$

Donde N es el número de golpes de la Prueba de Penetración Estándar.

Esta relación fue obtenida del registro PS en Japón (Imai et al., 1977). El número de datos es más de mil. Esperamos que tal relación sea desarrollada y analizada en Venezuela en el futuro cercano.

Figura 3.1.14 muestra la validez de aplicar esta relación al suelo de Caracas. Las velocidades de onda-S para los suelos sub-superficiales fueron obtenidas del estudio de refracción de Weston Inc. y el correspondiente promedio de los números de Golpes de SPT para suelos sub-superficiales son obtenidos de datos de perforación existente, localizada cerca del sitio donde el estudio de refracción fue llevado a cabo.

c) Módulo de Corte y los Factores de Atenuación

Hemos aplicado relaciones no lineales del módulo de corte y los factores de descarga a las capas superiores ($V_s < 400\text{m/s}$) y una relación lineal a las capas inferiores ($V_s > 400\text{m/s}$) para simular comportamientos reales del movimiento del suelo durante terremotos.

Las relaciones¹ aplicadas esta vez se muestran en la Figuras 3.1.15 y la Figura 3.1.16, desarrolladas en Japón (Imazu et al., 1986, Iwasaki et al., 1977a, Iwasaki et al., 1977b, Iwasaki et al., 1978), debido a que no pudimos encontrar tales relaciones en Venezuela. γ_0 en la Figura 3.1.15 significa módulo de corte a una deformación de 10^{-6} , calculada de la ecuación siguiente:

$$\gamma_0 = r/g \cdot V_s^2$$

Donde, r: densidad (g/cm^3)

g: constante gravitacional (9.8m/segundo)

V_s : velocidad de onda-S (m/segundo)

Es bien sabido que las dependencias de la tensión del módulo de corte y del factor de atenuación de materiales arenosos cambian de acuerdo a su presión de sobrecarga. Al respecto, preparamos diferentes relaciones de acuerdo a cada presión de sobrecarga de cada 5m en profundidad.

(2) Desarrollo del Modelo de Suelo para el Análisis de Licuación

No existe informe sobre la ocurrencia del fenómeno de licuación en el valle de Caracas. Sin embargo, no podemos negar la posibilidad de la licuación absolutamente, aunque el depósito sedimentario del valle de Caracas es bastante más duro que el de las áreas costeras. Por lo tanto, se decidió cuantificar la susceptibilidad de licuación en el valle de Caracas, como medida preventiva.

- 1) Resumen de la condición existente acerca de la información para desarrollar el modelo de suelo sobre la susceptibilidad de licuación.

¹ a) Strain dependency of deformation modulus and dumping of sand materials, Iwasaki, Tatsuoka, Takagi, Geotechnical conference (1977). b) Deformation modulus of undisturbed sampled clay, Iwasaki, Tatsuoka, Yokota Geotechnical conference (1977). c) Dynamic deformation characteristics of gravel by Imazu and Fukutake Geotechnical conference (1986)

Existen varios métodos para la cuantificación de la susceptibilidad de licuación en el mundo. Por ejemplo, se usan varios índices para el cálculo tales como el número de Golpes de la Prueba Estándar de Penetración (N), el rango de la distribución del tamaño de partículas, contenido de partículas finas, índice de plasticidad, contenido de arcilla y niveles del agua subterránea. En el caso de Caracas, los valores N del depósito sedimentario son generalmente altos desde la superficie. Por lo tanto, es mejor considerar la distribución del tamaño de la partícula para un cálculo más exacto.

Resumimos a continuación los puntos claves en la condición existente sobre los datos geotécnicos necesarios:

- La base de datos de FONACIT (Feliziani, 2003) tiene la descripción geológica, los valores N y la textura de gravilla, de arena y del contenido fino. No contiene cada curva de distribución del tamaño de partículas correspondientes al valor N.
 - Informe de investigación del suelo acerca de la construcción del Metro puede compensar la deficiencia de tal información, que se menciona de aquí en adelante, en alguna extensión. Sin embargo, la localización de los datos está limitada al sitio de las líneas del Metro, y el número de pruebas de laboratorio por perforación es pequeño.
 - Existe un trabajo que diferencia la distribución del tamaño de partícula de la sub-superficie del suelo y la tipifica por grupo regional.
- 2) El método de desarrollo del modelo de suelos para el cálculo de licuación basado en la condición existente.

Investigaciones existentes sobre el fenómeno de licuación en el mundo confirman que la distribución de suelo licuable esta limitada a más o menos 20m de profundidad, y a una profundidad del agua subterránea menor a 10m.

Tomando en cuenta los resultados de este estudio, hemos limitado nuestra área de estudio al cálculo de licuación a las cuadrículas, donde el nivel freático del agua presentan menos de 10m de profundidad, usando los resultados de observación del MARN.

En segundo lugar, usamos los datos de perforación y la curva de distribución de tamaño de partícula del informe de investigación de suelo del Metro, si están localizados en la cuadrícula. Cuando la cuadrícula no tiene ningún dato del Metro y hay otros datos localizados cerca la cuadrícula, hemos aplicado los datos al acoplamiento en cuestión.

Cuando no manejamos datos relacionados al Metro, la base de datos de perforación del FONACIT y las curvas de distribución de tamaño de partícula tipificadas son aplicadas.

Los elementos concretos de los datos por cada perforación son: Tipo de Suelo, Valor N, Diámetro del Tamaño Medio del Grano, 10% Tamaño del Grano, Contenido de Partícula Fina, Contenido de Arcilla, e Índice de Plasticidad.

El diagrama de cálculo de susceptibilidad de licuación se muestra en la Figura 3.1.17

3. 1. 4. Método de Cuantificación de Movimiento del Terreno

(1) Selección de Ley de Atenuación

Las ondas sísmicas, generadas por movimiento de falla, se propagan por el lecho rocoso y son afectadas por los sedimentos antes de alcanzar la superficie. Por lo tanto, para poder evaluar el movimiento del terreno en un lugar, es necesario estudiar el efecto de la fuente, la trayectoria de la propagación y el lugar.

En este estudio, el movimiento del lecho rocoso es calculado usando la ley de atenuación. Varios investigadores han propuesto leyes de atenuación. Para poder seleccionar una ecuación adecuada entre ellas, el grupo de estudio y FUNVISIS han discutido y examinado la aplicabilidad de varias ecuaciones de atenuación. En este estudio, la ley de atenuación se seleccionó con el siguiente criterio:

- El movimiento de fallas puede ser especificado como falla transcurrente.
- Distancia desde la falla a los alcances del lugar entre 0 km y 100 km
- La condición del suelo puede ser especificada porque hay mucha información disponible en Caracas acerca de la condición del subsuelo.
- La información usada para desarrollar la ley de atenuación incluye grandes magnitudes y distancia cercana y generada en un terremoto superficial de la corteza.

Como resultado, el grupo de estudio y FUNVISIS han acordado emplear la formula propuesta por Campbell (1997). Los resultados de los cálculos se muestran en la Figura 3.1.18.

(2) Selección de las Ondas de Entrada

Durante el terremoto de Caracas en 1967, no se registraron movimientos fuertes. Desde entonces, se han hecho muchos esfuerzos para registrar movimientos fuertes. Sin embargo, los

datos de movimientos fuertes para ondas de entrada adecuadas para los escenarios de terremoto en Venezuela, todavía no están disponibles. Por lo tanto, las ondas de entrada son seleccionadas de las bases de datos mundiales de movimientos fuertes, las cuales están registradas bajo condiciones similares de cada escenario de terremoto y son capaces de reproducir la intensidad sísmica observada como se muestra en la Tabla 3.1.8 y la Tabla 3.1.9. Las ondas y sus espectros se muestran en las Figuras 3.1.19 y 3.1.22

(3) Cálculo de Respuesta Sísmica

Aunque es deseable emplear métodos de cálculo de dos o tres dimensiones para simular la respuesta sísmica del valle, dichos métodos requieren modelos de terreno de dos o tres dimensiones apropiadas y una computación inmensa. Por lo tanto, la calculación de una sola dimensión de SHAKE va a ser usada en este estudio.

Para el cálculo, la amplitud máxima de las ondas de entrada es ajustada de acuerdo a los valores calculados por la ley de atenuación. Y el modelo de terreno desarrollado para cada cuadrícula es usado como se describe en la sección 3.1.3. La aceleración máxima de terreno es, entonces, calculada para cada cuadrícula de 500m como se muestra en la Figura 3.1.23.

(4) Cuantificación de la Intensidad Sísmica

En Venezuela, la Escala de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) ha sido empleada, para describir la intensidad en un sitio determinado durante el terremoto. La intensidad sísmica es una escala de descripción general de movimiento de terreno y daños en el lugar, mientras que la aceleración máxima del terreno es un parámetro físico objetivo que puede ser medido por medio de acelerógrafos.

Existe alguna correlación entre la intensidad en un sitio y la máxima aceleración de la tierra, pero no se pueden estimar todos los efectos que se pueden ocurrir en el rango de las estructuras en diferentes períodos de vibración. Particularmente, no siempre se estiman con precisión los efectos de los sitios asociados con la predominancia del período de vibración del suelo por medio de la aceleración máxima de la tierra.

Una medición mejor se obtiene por medio de la velocidad pico de tierra, pero la consideración de la respuesta espectral en los períodos del rango típico de los edificios proporcionan una apreciación más confiable de los posibles daños. En este sentido, y dentro del marco de los procedimientos previstos para la estimación de las intensidades de los acelerogramas obtenidos como una respuesta dinámica del suelo, FUNVISIS propuso que en lugar de que se correlacionen las aceleraciones máximas con las intensidades, las respuestas espectrales se

obtienen como un paso intermedio, seguidas del procedimiento en el libro de Fundamentos de la Ingeniería de Terremotos por Newmark y Rosenblueth. Los pasos de este procedimiento se describen a continuación

Para poder correlacionar la aceleración máxima de terreno al movimiento de terreno, los siguientes procedimientos, propuestos por FUNVISIS, son empleados

- Calcular la intensidad espectral (IS) de Housner (1952) como la integral entre 0,1 y 2,5 segundos de la pseudovelocidad espectral de respuesta, evaluada en cm/s, de sistemas con una reducción igual a 20% de la crítica.
- Obtener la velocidad media de la tierra v como un promedio del espectro de la pseudovelocidad en el rango de integración, i.e. $v = SI/2,4$
- Estimar la intensidad sísmica (IMM) mediante $I = \log(14v)/\log 2$

(5) Estimado para la Susceptibilidad de Licuación

El área de estudio está dividida en área de montaña/ladera y área plana (depósito sedimentario). En el valle de Caracas, se distribuyen depósitos sedimentarios en el área plana. Dichos depósitos contienen variedades de texturas de suelo como arcilla, limo, arena fina, arena media, arena gruesa y grava. Por lo general, estos depósitos sedimentarios son duros y rígidos. Sin embargo, existe la posibilidad de que ocurra un fenómeno de licuación dependiendo de la fuerza sísmica.

1) Análisis del procedimiento de susceptibilidad de licuación

La susceptibilidad de licuación para estratos individuales es analizada por el método FL. Toda la susceptibilidad de licuación como los puntos analizados es evaluada por el método PL basado en los resultados del método FL.

Método FL (Especificación del diseño japonés de puente de autopista, revisado en 1966)

Condiciones del terreno a ser evaluado:

Suelo arenoso cuaternario de la superficie hasta una profundidad de 20 m.

Nivel freático del agua a menos de 10 m de la superficie.

$$F_L = R/L$$

F_L : factor de resistencia de licuación

$F_L \leq 1.0$: se toma como licuefificado

$F_L > 1.0$: se toma como no licuefificado

R : resistencia al corte cíclico a la presión de sobrecarga.

R = C_w: coeficiente de correlación para tipo de terremoto

Tipo I: terremoto (tipo de límites de placa, escala grande)

$$C_w = 1.0$$

Tipo II: terremoto (Tipo tierra adentro)

$$C_w = 1.0 \quad (RL \leq 1.0)$$

$$= 3.3RL + 0.67 \quad (0.1 < RL \leq 0.4)$$

$$= 2.0 \quad (0.4 < RL)$$

R_L : ración de resistencia cíclica obtenida por pruebas de laboratorio

$$R_L = 0.0882 (N_a/1.7)^{0.5} \quad (N_a < 14)$$

$$R_L = 0.0882 (N_a/1.7)^{0.5} + 1.6 \cdot 10^{-6} (N_a - 14)^{4.5} \quad (14 \leq N_a)$$

Suelo arenoso

$$N_a = c_1 \cdot N + c_2$$

$$c_1 = 1 \quad (0\% \leq F_c < 10\%)$$

$$= (F_c + 40)/50 \quad (10\% \leq F_c < 60\%)$$

$$= F_c/20 - 1 \quad (60\% \leq F_c)$$

$$c_2 = 0 \quad (0\% \leq F_c < 10\%)$$

$$= (F_c + 40)/50 \quad (10\% \leq F_c < 60\%)$$

F_c : contenido de finos

Suelo gravoso

$$N_a = \{ 1 - 0.36 \cdot \log(D_{50}/2.0) \} \cdot N_1$$

N : SPT número de golpes

N_a: N valor corregido por tamaño de grano

$$N_1: 1.7 \cdot N / (\sigma_v' + 0.7)$$

D₅₀: diámetro de grano de 50% pasante (mm)

L : esfuerzo de corte a la efectiva presión de sobrecarga

$$L = \alpha / g \cdot \sigma_v / \sigma_v' \cdot r_d$$

r_d: factor de reducción de esfuerzo

$$R_d = 1.0 - 0.015x$$

x: profundidad en metros debajo de la superficie

α = aceleración máxima de terreno (gal)

g = aceleración de la gravedad (= 980 gal)

σ_v = total de la presión de sobrecarga

σ_v' = presión de sobrecarga efectiva

Método P_L (Iwasaki et al. 1980)

$$P_L = \int_0^{20} F \cdot w(z) dz$$

$1.5 < P_L$ potencial muy alto de licuación

$5 < P_L \leq 15$ potencial alto relativo

$0 < P_L \leq 5$ potencial bajo relativo

$P_L = 0$ potencial bajo relativo

F_L : factor de resistencia de licuación

$$F = 1 - F_L \quad (F_L < 1.0)$$

$$= 0 \quad (F_L > 1.0)$$

P_L : potencial de licuación

$w(z)$: peso de la función para profundidad

$$w(z) = 10 - 0.5 \cdot z$$

z : profundidad en metros debajo de la superficie

2) Los depósitos a los cuales se aplican los procedimientos

En general, la licuación ocurre en material arenoso suelto. La especificación del diseño japonés para puentes de autopista define las siguientes condiciones de suelo como requerimiento para la evaluación de susceptibilidad de licuación.

En principio, depósitos arenosos saturados, los cuales satisfacen las siguientes tres condiciones simultáneamente, requieren análisis de susceptibilidad de licuación.

- Depósitos arenosos saturados hasta la profundidad de 20m, con nivel de agua subterránea dentro de los 10m, ambos de la presente superficie de terreno.
- Depósitos sedimentarios con contenidos finos (F_c) (siglas en inglés) menores de 35% o con un índice de plasticidad menor de 15% aun con el F_c mayor de 35%.
- Depósitos sedimentarios con un tamaño de grano promedio (D_{50}) menor de 10mm, y con un 10% del tamaño de grano menor a 1mm.

3. 1. 5. Resultados Estimados del Movimiento de Terreno

(1) Estimación de la Intensidad Sísmica

Los mapas para la intensidad sísmica estimada para el escenario de terremotos se muestran de la Figura 3.1.24 a la Figura 3.1.27. Los mapas de intensidad sísmica para los escenarios de terremotos como los de 1967, 1812 y 1878 fueron calibrados con el mapa de intensidad sísmica o mapa de distribución de daños observados durante el terremoto correspondiente según Fiedler (1968), Altez (2004), y Fiedler (1961) respectivamente.

(2) Estimación de la Susceptibilidad de Licuación

La susceptibilidad de licuación fue evaluada utilizando el valor P_L . Los resultados se resumen en la Tabla 3.1.10. Los mapas de la susceptibilidad de licuación estimada para los escenarios de los terremotos se muestran de la Figura 3.1.28 a la Figura 3.1.31. En general, los depósitos sedimentarios en el valle de Caracas tienen suficiente fuerza para resistir la fuerza sísmica y mantener un estado estable con referencia del fenómeno de licuación. Las áreas con alta susceptibilidad de licuación están limitadas a varias cuadrículas, aún en terremotos de la intensidad del terremoto de 1812 y el del Ávila.

3. 2 Análisis de Riesgo Sísmico en Edificaciones

3. 2. 1. Revisión de los Datos Recolectados

Se ha recopilado mucha información sobre edificaciones para este estudio. En esta sección, solamente se describen el documento y los datos que se refieren en este informe. La Tabla 3.2.1 muestra el resumen de los documentos y los datos referidos para el análisis de riesgo sísmico de edificaciones.

Desarrollo de la Base de Datos de Edificaciones.

(1) Concepto Básico

Un inventario de edificaciones fue realizado por el Equipo de Estudio para determinar la distribución de edificios en el área de estudio. El concepto de desarrollo de la base de datos de edificaciones se muestra en la Figura 3.2.1.

El área de estudio se divide en dos áreas. La primera es el área urbanizada. La otra es el área de barrio y rural. Las características de ambas áreas se resumen en la Tabla 3.2.2.

Con respecto al área urbanizada, el área de unidad es la “manzana”. Los datos del SIG de las “manzanas” fueron proporcionados por la Secretaría de Planificación Urbana, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Caracas (ADMC). En una “manzana” hay varios tipos de edificaciones. Por ende, el número de edificaciones por cada categoría en una “manzana” debe ser estimado. Para conocer el número de categorías de edificaciones, se realizó un estudio de muestras en campo. El resultado del estudio se resume para calcular la proporción de la categoría de edificaciones en una “manzana”. El mapa de trabajo SIG a escala 1/5,000 contiene todas las edificaciones. El mapa de trabajo a 1/5.000 cubre el área urbanizada completa. El número total de edificaciones se estableció con base en los datos del mapa de trabajo de 1/5.000. El número de un tipo de edificación dentro de una “manzana” es calculado al

multiplicar el número total de edificaciones de la “manzana” por la proporción del tipo de edificación.

Con respecto al área de barrios y rural, la unidad es un área que contiene edificios existentes agregados. El área es subdividida por la cuadrícula del modelo geológico. La base de datos SIG de barrios fue proporcionada por la Secretaría de Planificación Urbana, ADMC. La frontera del lado montañoso del área de barrios se está ampliando. En consecuencia, el límite del lado montañoso fue modificado según el mapa de trabajo de 1/5.000 o las fotos aéreas. El mapa de trabajo de 1/5.000 no cubre el conjunto del área de barrios y rural completamente. La carencia del mapa de trabajo de 1/5.000 es compensada por las fotos aéreas.

El tipo de edificios del área de barrios y rural es relativamente simple. Asumimos que un barrio o una área rural contiene solamente un tipo de edificios residenciales bajos. Los edificios residenciales en el barrio y en el área rural se clasifican como edificios informales en el trabajo de cuantificación de daños.

Un gran número de áreas de barrios está situado en cuevas escarpadas. En una cueva escarpada, la mayoría de los edificios residenciales tienen columnas delgadas. Esto es esencialmente peligroso durante un terremoto. Por lo tanto, una función especial de daños fue aplicada para los edificios en cuevas escarpadas. En consecuencia, las áreas de barrios y rurales se dividen en dos áreas. Una es el área escarpada de la cueva y la otra es el área de menor pendiente de la cueva. El valor del umbral es 20 grados. Este valor del umbral fue decidido después de la discusión entre FUNVISIS y el Equipo de Estudio de JICA

Hay muchas fábricas en el área rural. La categoría de la función de daños "ACERO 1- 3F" se aplica para las fábricas en el área rural. Existen muchos edificios residenciales altos en el área rural. La categoría del "RC-MOMENT FRAME 9-F '82-" se aplica para edificios residenciales altos en el área rural. El número de edificios en esta área se obtuvo por SIG basado en el mapa base o por las fotografías aéreas.

La categoría del inventario de edificios y la función de daños para barrios y áreas rurales se resume en la Tabla 3.2.3, que fueron discutidos y acordados con FUNVISIS.

(2) Área Urbanizada

La Figura 3.2.2 presenta el diagrama de flujo del inventario de edificaciones para el área urbanizada. Un estudio de una muestra de campo fue realizado para calcular la proporción de cada categoría en una manzana. Los elementos del estudio fueron decididos de acuerdo con la opinión de varios expertos durante la discusión entre FUNVISIS y el Equipo de Estudio JICA.

El formato del estudio se presenta en la Figura 3.2.3. El número de la muestra se decidió bajo consideración de la exactitud, del término y del costo. El número de la muestra es 1000. Este es un valor estándar para muestras en estudios sociales. Las edificaciones muestreadas se seleccionaron aleatoriamente. El estudio fue realizado a partir de julio hasta mediados de septiembre de 2003.

La Tabla 3.2.4 presenta el resultado del estudio sobre muestreo de campo resumido por el tipo, número de pisos y año construido de construcción. La Tabla 3.2.5. muestra el resultado del estudio sobre la muestra de campo resumido por las categorías de la función de daños.

La Unidad Analizada de la Vulnerabilidad (en adelante UAV) se introduce para clasificar el área urbanizada. Las UAV son sub-zonas del área urbanizada. UAV fue propuesta por la Dra. Virginia Jiménez (IVGSB) y el profesor Jesús Delgado (CENAMB, UCV). El área urbanizada se divide en 30 sub-zonas. Se considera que dentro de un UAV, las características de los edificios son casi similares. El resultado del estudio de la muestra de campo es resumido por UAV. El mismo cociente se aplica para todas las manzanas en un UAV.

El concepto de UAV es también introducido para el estudio social de la vulnerabilidad. Las áreas de UAV para el estudio social de la vulnerabilidad son casi iguales. La Figura 3.2.4 muestra el UAV para el estudio físico de la vulnerabilidad (UAV físico). La Tabla 3.2.6. presenta el número de edificios en cada UAV.

La Tabla 3.2.7 muestra el resultado del estudio de la muestra archivada, resumida por las categorías de la cuantificación de daños para cada UAV. La Tabla 3.2.8 presenta el resultado del estudio de la muestra de campo resumida por las categorías de la cuantificación de daños y UAV por porcentaje. La Figura 3.2.5 presenta el resultado del estudio de campo resumido por el tipo de estructura y UAV. La Figura 3.2.6 muestra el resultado del estudio de campo resumido por pisos y UAV. La Figura 3.2.7 presenta el resultado del estudio de la muestra de campo del estudio resumido por año de construcción y UAV.

(3) Barrio y Área Rural

La Figura 3.2.8 presenta el diagrama de flujo del inventario de edificios para el barrio y el área rural. El barrio y el área rural se dividen en dos áreas. Una ha sido cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000 y la otra no ha sido cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000. El área cubierta por el mapa de trabajo de 1/5.000 se presenta en la Figura 3.2.9. El barrio y el área rural también se dividieron en dos áreas. Una donde la pendiente tiene más de 20 grados y la otra es el área donde la pendiente tiene un valor menor a 20 grados. El área donde se encuentran las pendientes de más de 20 grados se presenta en la Figura 3.2.10.

El número de edificaciones del barrio y del área rural dentro del área del mapa de trabajo de 1/5.000 se resume en la Tabla 3.2.9. El número de edificaciones del barrio y del área rural fuera del área del mapa de trabajo de 1/5.000 se muestran en la Tabla 3.2.10.

(4) Información para la Cuantificación de Daños Humanos

La Tabla 3.2.11 presenta el resumen de la información requerida para la cuantificación de daños humanos.

Se obtuvo de la relación entre el número de muertes y el número de edificios seriamente dañados para edificaciones medias y altas de CR. En este caso, solamente el número de edificaciones severamente dañadas se utiliza para estimar el número de muertes.

Por otra parte, para los edificios bajos, se requiere el número de personas por casa. La función de daños se deriva sobre la base de los datos estadísticos del terremoto de Quindío (1999, Colombia). La relación del número de muertes y edificios fuertemente dañados depende del número de personas que habitan en un edificio. Por lo tanto, la figura, calculada por la función de daños, se debe corregir por el número de personas por casa.

Los datos del Censo 2001 incluyendo el número de personas por casa en el área de estudio fueron proporcionados por INE. La Figura 3.2.11 muestra los datos del censo 2001. Los datos se resumen en la Tabla 3.2.12. La figura se empleó para la cuantificación de daños humanos.

3. 2. 2. Método de Cuantificación de Daños

(1) Daños de Edificios

De acuerdo con la propuesta de FUNVISIS y del ingeniero Safina, para la cuantificación de los daños de edificios, la Escala Macro-sísmica Europea (EMS) fue empleada y su aplicabilidad fue comprobada con los daños de edificios del terremoto de 1967 de Caracas. La Figura 3.2.12 presenta las funciones de daños asociadas al Nivel 4 - "Daños Severos", obtenida para las clases A, B, C, D, E y F de la vulnerabilidad definidas según la Escala Macrosísmica Europea EMS-98, para los valores de las intensidades macro sísmicas entre V y XI, que corresponden directamente a la Intensidad Macrosísmica de Mercalli modificada. De acuerdo a esta definición, la clase A de la vulnerabilidad corresponde a la clase más vulnerable, la clase F de la vulnerabilidad corresponde a la clase menos vulnerable y la proporción de daño severo se debe entender como la proporción de los edificios que se espera que alcancen niveles de daños iguales o mayores que el Nivel 4 - "Daños Severos"; Es decir, presentan daños y/o destrucción severa y colapso.

Estas curvas constituyen una base independiente, por lo que cualquier categoría o tipología estructural de edificios se puede expresar como combinación lineal de estas curvas que aplican correctamente factores de peso a cada clase de vulnerabilidad.

Categorías de Edificios Usadas en Caracas

Para la clasificación de las diversas tipologías estructurales de edificios dentro de las Clases de Vulnerabilidad, el punto de comienzo son las recomendaciones propuestas la Escala Macro-sísmica Europea EMS-98, resumidas en la Figura 3.2.13.

Estas recomendaciones clasifican los edificios según el material predominante (mampostería, concreto armado, acero, madera), el sistema resistente (momento resistente, las paredes) y el nivel de diseño de resistencia a terremotos (alto, medio, ninguno). Por otra parte, no discriminan según la altura del edificio. También reproducen la cultura típica de la construcción usada en los diversos países europeos.

La Tabla 3.2.13. resume la definición de las categorías de edificios usadas en Caracas, que fueron determinadas según los resultados del estudio de campo y que convinieron los grupos de trabajo JICA-FUNVISIS.

La definición de las diversas tipologías estructurales se basa fundamentalmente en el material predominante (concreto armado, acero, concreto precolado, mampostería), el sistema resistente (momento resistente, paredes), la altura del edificio, la edad del edificio y para la tipología informal, la inclinación de la pendiente. Esta última tipología intenta representar la construcción típica en las zonas marginales de Caracas referidas comúnmente como los "ranchos", hechos de ladrillos huecos de arcilla con "machones" (las columnas de concreto armado) y placas de carga, los pisos de bloques de arcilla huecos, finos y largos y una cubierta ligera en la azotea. Estos edificios pueden tener de 1 a 6 pisos.

Por otra parte, los edificios de mampostería (mampostería-ladrillo) reproducen el edificio colonial típico situado en algunos sectores del centro de la ciudad. Finalmente, las altas estructuras prefabricadas (Precolado 9F) se refieren al sistema constructivo prefabricado típico puesto en ejecución en Caracas durante los años 70 en los edificios hasta alturas de 17 pisos, que se concentran en algunos desarrollos habitacionales de la capital.

La clasificación por año de las estructuras de concreto armado de pórticos a momento resistente refleja los cambios en las prácticas del diseño y de la construcción de edificios que se asocian a los cambios en las pautas del diseño de 1967 y 1982.

Las Funciones de Daños para las Categorías de Edificios Usadas en Caracas

Para determinar las funciones de daños para cada una de estas tipologías de edificios, un equipo de profesionales de FUNVISIS se constituyó para acordar de una manera razonable la distribución de un factor de peso en las diversas clases de vulnerabilidad.

La Tabla 3.2.14 muestra para cada tipología estructural el factor de peso asignado a cada clase de vulnerabilidad, que debe sumar 1.

De acuerdo con las funciones de daños definidas para cada clase de la vulnerabilidad, según la escala EMS-98 descrita en la Figura 3.2.14, y la distribución de los factores de peso convenidos para cada tipología estructural descrita en la Tabla 3.2.14, la función característica de daños para cada categoría de edificios utilizada en Caracas (Tabla 3.2.13) puede ser obtenida.

La Figura 3.2.15 representa las funciones de daños determinadas por el procedimiento descrito, y que serán utilizadas en el estudio del Plan Básico de la Prevención de Desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas.(Safina, 2003)

Calibración de las Funciones de Daños Propuestas

Para probar si la función de daños propuesta es representativa, algunos de los resultados registrados en el terremoto de Caracas el 29 de julio de 1967 fueron revisados y comparados con el cálculo.

Utilizando la función de daños asociada al Tipo 5-CR momento resistente con más de 8 pisos y construido antes de 1967 y de un IMM intensidad macro sísmica equivalente a VIII, obtenemos que por lo menos 6,0 % de los edificios deben tener un nivel de daños igual o mayor que 4 - "Daños Severos" que representan aproximadamente 18 edificios de los 289 que entonces existían. Es un resultado aceptable comparado con los fenómenos reales de 23 edificios dañados.

Para el sector de San José (FUNVISIS, 1978), de un total de 407 edificios, principalmente de entre 3 y 8 pisos, solamente 3 presentaron un Daño 3 representando el 0,72% de los 417 edificios (407 evaluados y 10 no clasificados). Usando la función de daños asociados al pórtico con momento resistente de Tipo-2 CR a partir de 3 a 8 pisos construidos antes de 1967 y una intensidad macro sísmica IMM equivalente a VII, obtuvimos que aproximadamente 1% de los edificios debe tener nivel de daños igual o mayor de 4 - "Daños Severos", representando 4-5 edificios de los 417 que entonces existían. Esto es un resultado aceptable comparado con los fenómenos reales de 3 edificios dañados.

(2) Pérdidas Humanas

Las causas directas de las muertes por terremotos incluyen el colapso de edificios, incendios, deslizamientos de piedras, deslizamientos de tierra, etc. La muerte debido al colapso de edificios es el fenómeno general observado en todas las áreas sujetas a desastres por terremoto. En los terremotos como el de Armenia, Kobe, y Mexico, el saldo de víctimas fatales se debió principalmente al colapso de edificios. En vista de la debilidad de la construcción en los barrios, el colapso de edificaciones será la causa más factible de muertes en terremotos futuros.

Por lo tanto, para estimar el número previsto de muertes, la relación de daños de edificios versus número de muertes fue estudiada basada en los últimos terremotos. La función de daños para el número de muertes y el número de personas heridas seriamente se obtiene de este análisis. El número de muertes y de lesiones severas se evaluó sobre la base de relaciones empíricas y la distribución de daños de edificios. El diagrama de flujo del cálculo de las fatalidades humanas se muestra en la Figura 3.2.16.

1) Muertes Humanas

a) Evaluación de Datos de Daños Humanos Existentes en Venezuela

Los datos de muertes humanas del último terremoto en Venezuela se estudian. Sin embargo, ninguna correlación entre el número de fallecidos y el número de edificios dañados se puede obtener de estos datos. Los daños del terremoto de Caracas (1967) y del terremoto de Cariaco (1997) también se estudiaron.

Terremoto de Caracas (1967)

No se ha encontrado ninguna información detallada sobre la distribución del número de muertes y edificaciones severamente dañadas, causadas por el terremoto de Caracas. Solamente se conoce que el número total de muertes alcanza los 274 (Grases, 1990). El número de edificios severamente dañados por el terremoto de Caracas es 271 271 (Sozen et al., 1968).

Terremoto de Cariaco (1997)

Los fallecidos durante el terremoto de Cariaco fueron registrados por PAHO². Existen dos estadísticas que muestran los edificios dañados en el informe. La Tabla 3.2.15 presenta ambas estadísticas.

² Crónicas de Desastres Terremoto de Cariaco, Venezuela, 1997, POS, Organización Panamericana de la Salud

La Figura 3.2.17 muestra la relación entre el número de edificios severamente dañados y el número de muertes. Ninguna correlación se puede derivar de la relación

b) Evaluación de los datos de daños humanos existentes fuera de Venezuela

Los datos de los últimos terremotos en Venezuela, que pueden mostrar una correlación entre el número de muertes y el número de edificios severamente dañados, no se han encontrado. Por lo tanto, los datos convenientes fueron buscados fuera de Venezuela. Bajo consideración de la semejanza de los edificios y del grado de daño, se selecciona el terremoto de Quindio (1999, Colombia).

El número de muertes y el número de edificaciones severamente dañadas debido al terremoto de Quindio de 1999 fueron estudiados por DANE³, Colombia, según se muestra en la Tabla 3.2.16 y en la Tabla 3.2.17. Estas cantidades están correlacionadas, según se muestra en la Figura 3.2.18. El tipo de edificios en el área dañada del terremoto de Quindio aparece como edificios bajos y edificios informales en el área del estudio. Sin embargo, es diferente del edificio medio y alto del área de estudio. Al respecto, la ecuación siguiente se propone para estimar las muertes humanas debido al daño de edificios para los edificios bajos del área de estudio.

$$\text{Log } Y = 1.30 \text{ Log } X - 2.60$$

Donde Y: Muerte

X: Número de edificios severamente dañados

El número de personas por edificio en el área dañada por el terremoto de Quindio es 4,46. Por ende, el número estimado de muertes se debe corregir como sigue en la fórmula.

$$\text{El Numero de Muertes Corregido} = \text{El Numero de Muertes Estimado} \times \frac{\text{El Numero de Personas por Casa en el Area de Estudio}}{4.46}$$

El número de personas por casa en el área de estudio es 4,5 (véase la sección 3.2.1(4))

c) Estudio sobre el resumen de datos del mundo

Los datos de daños que pueden conducir a una correlación entre el número de muertes y el número de edificios dañados para los edificios medios y altos en el área de estudio, no se han encontrado. Por tal motivo, se estudia el resumen de los datos del mundo del

³Dimensiones Sociales y Económicas de los Efectos del Terremoto en el Eje Cafetero. Diagnóstico para la reconstrucción, 1999, DANE, Departamento de la Administración Nacional de Estadísticas, Colombia

número de muertes y de edificios severamente dañados. La Figura 3.2.19 muestra el resumen de los datos mundiales.

Los datos del terremoto de 1967 de Caracas y de dos terremotos famosos, de los cuales los daños fueron causados principalmente por el daño severo de los edificios medios y altos, están conectados por una línea recta en la Figura 3.2.17. La dirección de línea recta conectada pasa por varios daños de terremoto famosos, que son causados por el colapso primario de los edificios de CR.

Por lo tanto, la ecuación siguiente se propone para estimar muertes humanas debido al daño de edificios para las edificaciones medias y altas del área de estudio.

$$Y = X$$

Donde Y: Muerte

X: Número edificios severamente dañados

La función propuesta de daños de muerte para los edificios bajos también se estudió con el resumen de los datos del mundo. El conjunto de datos de daños durante el terremoto de Cariaco (1997) está marcado en la Figura 3.2.19. La línea de la trayectoria propuesta de la función de daños pasa entre dos conjuntos de datos del terremoto de Cariaco. Por lo tanto, la función propuesta de daños para los edificios bajos se considera como apropiada.

2) Personas Heridas

Igual que la información sobre muertes, los datos apropiados de daños en Venezuela para pérdidas humanas no se ha encontrado. Por lo tanto, se revisaron los datos del terremoto de Quindío (1999, Colombia).

La relación entre el número de muertes y heridos también se obtiene de la Tabla anterior 3.2.16 y 3.2.17. y se refleja en la Figura 3.2.20. Refiriéndose a la figura, la relación entre muertes y heridos es formulada por la ecuación siguiente:

$$\text{Log } Y = 0.9824 \text{ Log } X + 0.9031$$

Donde Y: Número de heridos

X: Número de muertes por edificios severamente dañados

3. 2. 3. Resultados de la Cuantificación de Daños

El número estimado de edificaciones se resume en la Tabla 3.2.18, y resumen del número de edificaciones dañadas para los cuatro escenarios se muestra en la Tabla 3.2.19. El detalle del estimado de daños para cada uno de los casos se muestra en la Tabla 3.2.20 a la Tabla 3.2.23.

3. 3. Inventario de Instalaciones Importantes

3. 3. 1. Método de Evaluación Sísmico de Instalaciones Importantes

El propósito de la evaluación sísmica de las instalaciones importantes es clarificar si la función de estas instalaciones se conservará en el caso de un terremoto.

No existe ningún método en particular para realizar una evaluación sísmica en Venezuela debido a que esta evaluación no se practica aquí. Por lo tanto, el Estudio de Equipo JICA y FUNVISIS han adoptado los métodos de evaluación sísmicos desarrollados por la Agencia de Gestión de Emergencia Federal (FEMA, *Federal Emergency Management Agency*) del gobierno americano los cuales se aplican actualmente en los EUA.

Existen más de 1,000 edificios importantes en el área de estudio en los tres distritos (Libertador, Chacao y Sucre). En este plan, se seleccionaron 32 edificios de la totalidad de edificios importantes y se llevó a cabo un Sondeo Visual Rápido (RVS o *Rapid Visual Screening* en Inglés) para determinar si se requiere de una evaluación sísmica detallada. Posteriormente, una evaluación sísmica detallada se efectuó en los edificios que así lo requerían al realizar el SVR.

(1) Sondeo Visual Rápido (SVR) para los Edificios Importantes

SVR se diseñó como un procedimiento que no requiere cálculo estructural. Por otro lado, la decisión si el edificio es seguro o no, se basa en un sistema de puntuaciones. En SVR, la inspección, la recolección de datos y el proceso de la toma de decisiones básicamente se realiza durante la visita al edificio.

El valor umbral de anotación “S” de este sistema fue determinado modificando el valor utilizado por FEMA, después de la discusión con FUNVISIS.

Valor Umbral: $S = 2,0 / \text{Factor Importante de la Construcción (Código Sísmico de 2001)}$

Un ejemplo de la hoja de anotaciones con el registro actual se muestra en la Figura 3.3.1. El diagrama de flujo de trabajo para el procedimiento de identificación llamado Procedimiento de Examen Rápido (RSP, *Rapid Screening Procedure*) se muestra en la Figura 3.3.2. El desglose

de los resultados del SVR para los 32 edificios importantes inspeccionados se muestra en la Tabla 3.3.1.

(2) Evaluación Sísmica de Edificios Importantes

De acuerdo a los resultados del SVR, el Estudio de Equipo JICA y FUNVISIS utilizaron el método de evaluación sísmico desarrollado por FEMA para la evaluación sísmica detallada en los edificios típicos. La evaluación sísmica detallada se realizó por medio de modelos apropiados para el armazón estructural y análisis aplicados en el código sísmico venezolano actual y en los siguientes libros de referencia.

- Evaluación Sísmica de Edificios Existentes: FEMA 178
- Evaluando la Resistencia Sísmica de Edificios Existentes: ATC 14
- Rehabilitación Sísmica de Edificios - Fase 1: FEMA 237
- Manual de NEHRP con Técnicas para la Rehabilitación Sísmica de Edificios Existentes
- Código de Evaluación Sísmico para Edificios Existentes de Concreto armado en Japón

3. 3. 2. Resultados de la Evaluación Sísmica de Edificios Importantes

(1) Resultado del Sondeo visual rápido

La relación entre el año construido y los valores S se muestran en la Figura 3.3.3. El uso del edificio, año de construcción y tipo de estructura se muestran en la Tabla 3.3.3.

De los 32 edificios inspeccionados, 24 edificios tuvieron una puntuación menor que 2,0, por lo que requieren una evaluación sísmica detallada. Estos 24 edificios serán examinados en la fase de evaluación sísmica detallada como se muestra en la Figura 3.3.4, Procedimiento de la Evaluación Sísmica.

(2) Resultado de la Evaluación Sísmica Detallada

El Equipo de Estudio JICA intentó recolectar información existente de los 24 edificios. Sin embargo, únicamente pudo conseguir los planos y hojas de cálculo para 4 de los edificios.

Estos 4 edificios importantes fueron: dos (2) hospitales, un (1) edificio gubernamental y una (1) escuela.

De acuerdo a los planos y hojas de cálculo obtenidos, se realizó la evaluación sísmica detallada para los cuatro edificios importantes. Sin embargo, puesto que la información recolectada no

era suficiente, el ingeniero de evaluación tuvo que asumir ciertos componentes estructurales que se desconocían debido a la falta de planos.

De los cuatro edificios a los que se les efectuó la evaluación sísmica detallada, la decisión tomada en tres de ellos fue que requerían de reforzamiento, al ser comparados con el Código Sísmico de 2001.

3.3.3. Plan para el Reforzamiento de Edificios

(1) Procedimiento para la Inspección

El procedimiento para la evaluación sísmica se muestra en las Figuras 3.3.4 y 3.3.5.

La información existente de los edificios (tal como los planos arquitectónicos, los planos estructurales, hojas de cálculo y otras especificaciones) es necesaria para llevar a cabo la evaluación sísmica detallada.

Si los edificios han sido objeto de alguna modificación, tal como algún trabajo de expansión, también la información relacionada es requerida. Cualquier otra información se obtendrá por medio de la inspección visual de los componentes estructurales y la prueba de muestras de materiales estructurales tales como del concreto o barras de refuerzo del edificio mismo.

El criterio para el plan de reforzamiento sísmico será discutido entre el dueño y/o operador de la construcción, y el ingeniero estructural. El plan para el reforzamiento sísmico se preparará basado en los resultados de la evaluación sísmica y el criterio anterior.

Asimismo, el ingeniero estructural deberá tener una discusión con el dueño y operador de la construcción y/o arquitecto original del plan e ingeniero del equipo de construcción con respecto a la función del edificio y condiciones de uso.

El ingeniero estructural le entregará la estimación del costo del plan de fortaleciendo al dueño y/o operador del edificio.

(2) Estimación del Costo para el Plan Maestro del Reforzamiento del Edificio

Uno de los proyectos del plan maestro que fue seleccionado es el reforzamiento de edificios de todos las edificaciones necesarias. El número de edificios a ser reforzados se estimó basándose en el resultado del estudio de muestreo llevado a cabo durante el primer estudio en Venezuela. El costo total para este proyecto se estimó en base a las siguientes asunciones.

- 1) Área Urbana

- edificios construidos antes de 1967 15% del costo de una nueva construcción
- edificios construidos entre 1968 y 1982 10% del costo de una nueva construcción
- edificios construidos después de 1983 5% del costo de una nueva construcción

2) Área de Barrio

- edificios en pendientes con más de 20 grados 25% del costo de una nueva construcción
- edificios en pendientes con menos de 20 grados 15% del costo de una nueva construcción

3) Área Rural

- edificios en pendiente de más de 20 grados 15% del costo de una nueva construcción
- edificios en pendiente de menos de 20 grados 10% del costo de una nueva construcción.

3.4 Análisis de Riesgo Sísmico de Líneas Vitales e Infraestructura

3.4.1 General

(1) Introducción

El área de estudio, la cual cubre los municipios Libertador, Chacao y Sucre del Distrito Metropolitano de Caracas, está localizada en una depresión topográfica o valle aislado donde las actividades sociales y económicas se apoyan en una amplia red vial y líneas vitales como autopistas, viaductos (autopistas elevadas), red de suministro de agua, red de suministro de gas, red de energía eléctrica, sistema de telecomunicaciones, etc. La población en el área de estudio era de 2,7 millones en el año 2001.

Si ocurriese un terremoto desastroso cerca del área de estudio, estas redes viales y líneas vitales pueden sufrir daños severos y provocar problemas físicos de funcionamiento en las actividades de la ciudad.

Para asegurar y mantener las funciones ciudadinas del Distrito Metropolitano de Caracas, es indispensable fortalecer la infraestructura y las líneas vitales vulnerables a los terremotos.

Se realizaron los estimados de daño sísmico para la infraestructura y líneas vitales en el área de estudio y se recomendaron las medidas necesarias para reforzar las estructuras contra

terremotos.

(2) Información de la Infraestructura y las Líneas Vitales Recopilada

Se obtuvo información sobre la infraestructura y líneas vitales de los organismos y autoridades competentes. Sin embargo, los datos recopilados son bastante limitados debido a que el listado del inventario es insuficiente. Por lo tanto, los estimados de daño sísmico solamente se pudieron realizar con los datos recopilados y la información disponible de la investigación de campo y mapas comerciales.

(3) Escenarios de Terremoto

Se adoptaron los escenarios de terremoto correspondientes a los terremotos de 1967 y 1812 para estimar los daños sísmicos. Los detalles de cada escenario se muestran en la Tabla 3.4.1.

3.4.2. Método de Estimación de Daños

(1) Puentes

1) Suposiciones

Se adoptó un método estadístico basado en experiencias del Japón, debido a que no hay registro de información sobre el colapso de puentes en Venezuela. Se utilizó el “procedimiento de evaluación de punto” o sea la teoría multidimensional. El resultado del “procedimiento de evaluación de punto” describe la cantidad de daño a puentes que puede ser esperado durante un terremoto. Si se estima que algunos puentes colapsarían, se debe realizar un análisis sísmico detallado tan preciso como el diseño original y se deben tomar medidas para evitar daños severos producidos por terremotos.

2) Procedimientos

Las autopistas en el Área Metropolitana de Caracas conectan las áreas Este - Oeste y Norte – Sur. El Equipo de Estudio de JICA llevó a cabo una inspección de campo de los puentes localizados a lo largo de las autopistas.

Los puentes son evaluados en términos de daños sísmicos de acuerdo con el escenario de terremoto. El flujo del estudio se muestra en la Figura 3.4.1

3) Método de Estimación de Daños

El criterio para la evaluación de daños sísmicos a puentes está basado en el método propuesto por Tsuneo Katayana, el cual ha sido adoptado por el Consejo de Prevención de Desastres del Área Metropolitana de Tokio (1978), y es utilizado ampliamente en Japón para propósitos prácticos. Este método solo evalúa el colapso de puentes debido a la caída de la superestructura, pero no debido a los daños (daños severos, daños leves, etc.) de todas las partes estructurales.

Los siguientes aspectos son tomados en cuenta para la evaluación:

- Tipo de terreno, licuación, tipo de viga, número de tramos
- Tipo de soporte, ancho mínimo del asiento del puente
- Altura máxima del pilar y el empalme
- Tipo de fundación, material del empalme y el pilar
- Aceleración máxima del terreno (Escala de intensidad del terremoto)

El daño sísmico estimado es expresado como una puntuación total. La evaluación de la estabilidad del puente se define como se muestra en la Tabla 3.4.2 y la puntuación de cada aspecto se muestra en la Tabla 3.4.3.

(2) Viaductos (Autopistas Elevadas)

Durante el terremoto de Kobe (M7,2; 1995), pocos puentes que cruzan sobre ríos y vías sufrieron de colapso, pero muchos viaductos en autopistas como los del tipo multitramo sí se colapsaron. Las tasas de colapso y daños en el desastre de Hanshin/Awaji se muestran en la Tabla 3.4.4 y la Tabla 3.4.5.

El Consejo de Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Tokio analizó los datos del desastre del terremoto de Kobe como se muestra en la Tabla 3.4.4 y adoptó la relación de daño por Km en la tabla para estimar daños sísmicos de viaductos multitramos (1997).

Existen algunos viaductos multitramos en las autopistas del Área Metropolitana de Caracas. El equipo de estudio de JICA aplicará en este proyecto la misma relación de daño por kilómetro propuesta por el Gobierno Metropolitano de Tokio.

(3) Metro

Las estructuras subterráneas son bastante estables en caso de terremoto comparadas con las estructuras en la superficie debido a que la fuerza sísmica es menor bajo la tierra. Sin embargo,

aquellas estructuras construidas por túneles del tipo corte y relleno serán afectadas debido al terraplén de la estructura.

Los daños ocasionados al túnel del metro durante el terremoto de Kobe se muestran en la Tabla 3.4.6. En el caso del terremoto de Kobe, algunos cajones del tipo 2-celdas de concreto armado colapsaron debido al movimiento vertical del suelo sobre el cajón.

(4) Acueductos

Las instalaciones de la red de acueductos se muestran en la Figura 3.4.3.

1) Suposiciones

Las suposiciones básicas aplicadas a la estimación de daños de los acueductos para suministro de agua se explican a continuación.

Un método estadístico para la estimación de daños de los acueductos principales de la ciudad y los acueductos de servicio son solamente aplicables cuando la información sobre los materiales, diámetros y longitudes esta disponible para un área dada.

En este estudio las suposiciones son:

- Las instalaciones nodo no son incluidas en la estimación de daños, como las instalaciones de entrada, plantas de purificación de agua, y tuberías de transmisión. En este estudio las instalaciones incluidas son los acueductos, tuberías de distribución (principales y secundarias), y tuberías de servicio. Un diagnóstico individual debe realizarse para cada instalación nodo para evaluar su seguridad en caso de terremoto.
- Se estima el daño causado directamente por el movimiento del terreno, como la ruptura, o la separación en las juntas de las tuberías. Los daños causados por derrumbes o colapso de edificaciones, llamados daños secundarios, no están incluidos.
- El método de estimación de daños está basado en las experiencias previas en Japón.

2) Método de Estimación de Daños

Se considera que las características de las redes de suministro de agua y la estructura de los acueductos son similares a las de Japón. Por lo tanto, se aplicó en este estudio un método de análisis para la estimación de daños de acueductos propuesto por el Concejo

de Prevención de Desastres del Gobierno Metropolitano de Tokio, tomando en cuenta la experiencia del desastre de Hanshin/Awaji.

La relación de daño estándar R_1 para acueductos propuesta por el Concejo de Prevención de Desastres de Tokio (1997) ha sido utilizada frecuentemente para evaluar daños sísmicos de acueductos en Japón. La relación de daños por tubería N_d se define de la siguiente manera:

$$N_d = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot R_1 \cdot L$$

N_d : Relación de daños (Puntos de daño/Km)

C_1 : Factor de corrección por licuación.

C_2 : Factor de corrección por tipo de material.

C_3 : Factor de corrección por diámetro de tubería.

R_1 : Relación de daño estándar (Puntos de daño/Km).

$$R_1 = 2,24 \times 10^{-3} (\text{PGV}-20)^{1,51}$$

PGV: Velocidad máxima del terreno.

La estimación de daños para el suministro de agua se muestra en la Figura 3.4.4. La curva de la relación estándar de daños se muestra en la Figura 3.4.5

(5) Gaseoductos

Las instalaciones de la red de gasoductos se muestran en la Figura 3.4.6.

1) Suposiciones

Las suposiciones son básicamente las mismas que en el caso de la red de acueductos.

2) Métodos de Estimación de Daños

La estimación de daños de los gasoductos se basa en los datos del terremoto de Kobe en Japón. La relación de daños estándar se obtiene de la relación entre la velocidad máxima del terreno y tuberías de acero estandarizadas, y luego se modifica la relación de daño de acuerdo al material de la tubería, diámetro, y licuación. Este método fue aplicado por el Concejo de Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Tokio (1997). La relación de daño por tubería, N_d se define de la manera siguiente:

$$N_d = C_1 \cdot C_2 \cdot R \cdot L$$

Donde:

N_d : Relación de daños (Puntos de daño/Km)
 C_1 : Factor de corrección por licuación.
 C_2 : Factor de corrección por tipo de material.
 R : Relación de daño estándar (Puntos de daño/Km).
 L : Extensión total de la tubería.

La relación de daño estándar es:

$$R = 3,89 \times 10^{-3} (PGV-20)^{1,51}$$

PGV : Velocidad máxima del terreno (cm/seg)

Los factores de corrección se muestran en la Tabla 3.4.9 y en la Tabla 3.4.10. La curva de relación de daño estándar se muestra en la Figura 3.4.7.

(6) Suministro de Energía Eléctrica

La red de suministro de energía eléctrica se muestra en la Figura 3.4.8

Las instalaciones sujetas a estimación de daños son los postes eléctricos y los cables eléctricos subterráneos como se muestra en la Figura 3.4.8

1) Suposiciones

- Las suposiciones son básicamente las mismas que en el caso de acueductos.
- El daño a postes eléctricos significa colapso como por ejemplo, su caída o que se encuentren severamente dañados.

2) Método de Estimación de Daños

- a) El daño sísmico de un poste eléctrico se evalúa basado en el terremoto de Kobe en el Japón. El número de postes colapsados N_{dp} se define de la siguiente manera:

$$N_{dp} = C_1 \times R / 100 \times N$$

Donde,

C_1 : Factor de corrección por licuación.
 R : Relación de daño.
 N : Número total de postes.

Se supone la misma relación de daño que en el terremoto de Kobe.

- b) Daños sísmicos a estructuras subterráneas como cables eléctricos subterráneos se representa de la manera siguiente:

$$N_d = C_1 \times R / 100 \times L$$

Donde,

N_d : Extensión de daños (Km).

C_1 : Factor de corrección por licuación.

R : Relación de daño.

L : Extensión total (Km).

(7) Cable de Telecomunicaciones

El método de estimación de daños es el mismo que el de Líneas Eléctricas.

(8) Instalaciones de Alto Riesgo

En las funciones de daño para instalaciones de alto riesgo del Estudio de Micro Zonificación Sísmica del Gobierno Metropolitano de Tokio se utilizó el análisis del movimiento del terreno durante terremotos pasados (PGA) conjuntamente con los daños identificados por el Departamento de Bomberos Metropolitanos de Tokio en ciertas categorías de instalaciones de alto riesgo.

La categoría de instalaciones de alto riesgo, tipo de daño, y relación de daño por PGA se muestra en la Tabla 3.4.14.

3. 4. 3. Resultados de la Estimación de Daños

(1) General

Se realizó la estimación del daño sísmico para la infraestructura y las líneas vitales. Los datos obtenidos de los organismos y autoridades competentes fue bastante limitada, al igual que los obtenidos de la inspección de campo.

Los datos recopilados son los siguientes:

- 1) Puentes
- 2) Viaductos (Autopistas Elevadas)
- 3) Metro
- 4) Acueductos

5) Líneas de Telecomunicaciones

6) Instalaciones de alto riesgo. (Estaciones de gasolina)

(2) Puentes

Se seleccionaron ciento quince (115) puentes en las autopistas para estimar el daño sísmico considerando su importancia en las actividades de emergencia de rescate y transporte en el caso de que ocurra un terremoto.

La mayoría de los puentes fueron construidos antes de 1967 y no se reportaron daños serios cuando ocurrió el terremoto de 1967, con excepción de daños menores al pilar del distribuidor El Pulpo.

Los resultados del estimado de daños a puentes indican que los puentes existentes son lo suficientemente fuertes para soportar un terremoto como el de 1967, lo que concuerda con los datos históricos.

En el caso del escenario de un terremoto como el de 1812, se estima que quince (15) puentes tienen un nivel alto y dos (2) puentes un nivel medio de riesgo sísmico de caerse en caso de un terremoto de esa magnitud. Los detalles de esos puentes y su localización se muestran en las Tablas 3.4.15~3.4.18 y la Figura 3.4.9.

De los quince (15) puentes que se estima tienen alto riesgo sísmico, diez (10) puentes están localizados en el distribuidor La Araña, donde el suelo consiste de depósitos sedimentarios susceptibles a licuación. El distribuidor La Araña es el más grande de Caracas, fue abierto al tráfico en 1966, y la altura del puente es de más de 10 m. en el centro. Este distribuidor juega un papel importante en el transporte en las direcciones Este-Oeste y Norte-Sur. La seguridad de este distribuidor es vital para las actividades sociales y económicas de la ciudad de Caracas.

(3) Viaductos (Autopistas Elevadas)

En el estimado de daños sísmicos para los viaductos se hizo referencia a los datos del desastre de Hanshin/Awaji de 1995 en Japón. De acuerdo a lo estimado, dos localizaciones pueden colapsar y tres pueden sufrir daños en el distribuidor La Araña.

El estimado de daños, la intensidad sísmica y el largo del viaducto se muestran en la Tabla 3.4.19 y la localización de cada viaducto se muestra en la Figura 3.4.10.

En el distribuidor la Araña, los pasos elevados de la autopista fueron construidos en 1966 y un código sísmico viejo fue aplicado al diseño. Hay tres pasos elevados construidos en el centro

del distribuidor La Araña y la altura de la estructura es mayor de 10 m. y ésta puede ser fácilmente afectada por un terremoto.

Se recomienda investigar el código de diseño aplicado a los puentes y las bases del código de diseño. También, se necesita tomar medidas para reforzar las estructuras contra terremotos.

(4) Metro

Existen tres (3) líneas de Metro en el Distrito Metropolitano de Caracas y su longitud total es de 44.3 Km. Información básica del metro se muestra en la Tabla 3.4.20 y su localización y la de los túneles de corte abierto y tipo cajón se muestran en la Figura 3.4.11.

Línea 1: Aceleración Máxima del Terreno (PGA) es estimada en 581 gal. entre las estaciones Capitolio y Chacaito (alrededor de 5.8 Km.) en el caso de que ocurriese el escenario de un terremoto como el de 1812.

En el caso del terremoto de Kobe, las columnas medias se colapsaron debido a la fuerza vertical extra producida por el terremoto. Especialmente el peso del terraplén se considera aplicado a la estructura del túnel verticalmente. Se recomienda revisar el diseño y el tipo de estructura del túnel para reforzar las columnas medias considerando fuerzas verticales adicionales en el túnel.

Línea 2: PGA se estima en 721 gal. en la estación de Antímano. En el túnel tipo cajón de corte abierto entre Artigas y Mamera se recomienda reforzar la columna media considerando un escenario de terremoto como el de 1812.

Línea 3: PGA se estima en 409 gal en el túnel tipo cajón en el escenario de un terremoto como el de 1812. Este PGA es equivalente a JMI 6- y para esta intensidad no se registró daños o colapso de columnas medias en el desastre de Hanshin/Awaji. Pero en el Metro de Caracas puede ser diferente de acuerdo con el espesor del terraplén del túnel tipo cajón. Se recomienda revisar el diseño y reforzar la columna media en caso de que no sea lo suficientemente fuerte para resistir las fuerzas verticales.

No se reportaron daños en el túnel escudo del Metro en el terremoto de Kobe y el túnel escudo es una estructura muy fuerte contra terremotos.

(5) Acueductos

La información sobre el material no estaba disponible, por lo tanto la estimación de daños fue realizada bajo la suposición que el material sea hierro fundido dúctil. Recientemente las

autoridades encargadas del suministro de agua han estado promocionando como política que se utilicen gradualmente acueductos de hierro fundido dúctil.

El estimado de los daños se muestra en la Fig. 3.4.12 para un escenario de terremoto como el de 1812.

De acuerdo con el estimado de daños, no se espera que ocurran daños a los acueductos en un escenario de terremoto como el de 1967. En caso de un sismo como el de 1812, el máximo número de puntos de daño por cuadrícula (500 m x 500 m) se estima que sea solo 0,56 puntos.

Las áreas más afectadas son Neverí y San Pedro cuyas localizaciones se muestran en la Figura 3.4.12, pero el estimado de puntos dañados es bastante pequeño.

Sin embargo, estos cálculos se basan en la suposición que todos los acueductos están hechos de hierro fundido dúctil y este material es resistente en caso de terremoto. Por lo tanto, se recomienda continuar promoviendo la política de utilizar hierro forjado dúctil.

(6) Telecomunicaciones

En el caso de escenario de un terremoto como el de 1967, la mayoría de las intensidades sísmicas son iguales a, ó menores de 5 en Intensidad Meteorológica de Japón (JMI) y el daño posible es de solo 0.07% de la longitud total. En caso de un sismo como el de 1812 se dañaría un 0,25% del total de los cables de telecomunicaciones.

La longitud estimada de daños de cables de telecomunicaciones en cada área se muestra en la Tabla 3.4.21.

(7) Instalaciones de Alto Riesgo (Estaciones de Gasolina)

Cincuenta y cuatro (54) estaciones de gasolina están localizadas en el área de estudio y su ubicación se muestra en la Figura 3.4.13.

En el escenario de terremoto de 1967 el PGA máximo estimado es menos de 250 gal y la probabilidad de pequeños derrames de los tanques o las juntas de tubería es de solo 0,14% y no se anticipa ningún daño de acuerdo con el Estudio del Gobierno Metropolitano de Tokio, 1977.

El escenario de un sismo como el de 1812 el PGA máximo es de 400-450 gal y hay trece (13) estaciones de gasolina en esa área. La probabilidad de pequeños derrames de los tanques y juntas de tubería es de solo 2,00% y los daños son bastante pequeños de acuerdo con el Estudio del Gobierno Metropolitano de Tokio, 1977.

Aun si se considera toda el área, el número de estaciones de gasolina afectadas sería menos de una.

El área de máximo PGA y la densidad del área de las estaciones de gasolina se muestran en la Tabla 3.4.22.

Las estaciones de gasolina en áreas de alta aceleración deben ser mejoradas en sus estructuras para hacerlas sismo resistentes.

El número de estaciones de acuerdo con el PGA se muestra en las Figuras 3.4.14 y 3.4.15

En caso del escenario del terremoto de 1967, el PGA de la localización de las estaciones es de menos de 200 gal, pero en el caso del escenario de 1812, el PGA aumenta considerablemente y en estas mismas figuras se muestra que muchas estaciones de gasolina están ubicadas en áreas de alto PGA.

3. 5 Estudio de Prevención de Desastres por Terremotos

3. 5. 1 Estudio sobre Medidas Estructurales

(1) General

Las medidas estructurales para incrementar la seguridad de las edificaciones es el factor más importante para reducir las victimas causadas por terremotos. Además, si tenemos éxito en reducir los daños a edificaciones, ahorraríamos mucho dinero en gastos de respuesta de emergencia y reconstrucción.

Generalmente, el efecto de las medidas estructurales es permanente, una vez que han sido instaladas, pero son más caras que las medidas no estructurales. Sin embargo, las medidas no estructurales como entrenamiento o educación necesitan de una buena continuidad en el tiempo para ser efectivas. El uso de medidas estructurales y no estructurales debe ser optimizado para maximizar la prevención. Las medidas estructurales pueden tener los siguientes componentes:

- Hacer cumplir el código sísmico vigente sería efectivo para edificaciones nuevas. Sin embargo, toma bastante tiempo para que en un área las edificaciones viejas sean reemplazadas por edificaciones nuevas y adicionalmente el número de edificaciones nuevas es comparativamente limitado.
- Muchas de las edificaciones existentes fueron construidas antes de la existencia de un código, con un código sísmico viejo, o sin ningún diseño de ingeniería. Aunque el código sísmico ha sido mejorado, la resistencia de las edificaciones existentes se ha

mantenido igual. Esto puede ser un problema importante en caso de que suceda un terremoto, así que estas edificaciones deben ser los objetos principales del reforzamiento sísmico.

- Entre las edificaciones existentes, las instalaciones socialmente importantes tienen prioridad para el reforzamiento sísmico porque estas deben mantener su funcionamiento durante la emergencia.
- Desde el punto de vista de planificación urbana, es importante considerar los espacios abiertos y la viabilidad en la planificación de la prevención de desastres. Los espacios abiertos pueden ser utilizados normalmente como parques y luego ser utilizados como espacios de evacuación durante el periodo de emergencia, además pueden prevenir que los incendios se extiendan después que comienzan.
- La disponibilidad de vías de acceso es crítica para las actividades de respuesta de emergencia, las vías más angostas serán bloqueadas por carros abandonados o por edificaciones colapsadas. Por lo tanto, la preservación de las vías principales conjuntamente con la asignación de rutas de emergencia será importante para asegurar un transporte efectivo durante una emergencia.

En este estudio, la factibilidad del reforzamiento sísmico de las edificaciones se investiga cuantitativamente de la siguiente manera:

- Los edificios en el área urbana están contruidos basándose en diseños de ingeniería por lo que datos técnicos como los planos estructurales y las hojas de cálculo se encuentran disponibles. Por consiguiente, la evaluación del reforzamiento sísmico se puede efectuar utilizando el resultado de la inspección visual rápida y las evaluaciones detalladas que se muestran en el Capítulo 3.3 y en el Informe de Soporte S6.
- Para las edificaciones en los barrios, existe poca información técnica disponible hasta ahora debido a que han sido contruidos sin diseños de ingeniería. Sin embargo, considerando el hecho de que son la mayoría de los edificios en el área de estudio y los más vulnerables durante un terremoto, no se deben descuidar al desarrollar el plan de prevención de desastres. En este estudio para entender la fuerza real de las casas en el barrio, así como para ver si es posible reforzar tales edificios, se les realiza la prueba de ruptura de edificio usando casas a escala real.

(2) Prueba de Campo sobre Reforzamiento Sísmico de Edificaciones

1) Introducción

a) Casas en Barrios

Muchas casas de los barrios en Caracas, se han construido sobre pendientes de cerros en Caracas (Foto 3.5.1, Foto 3.5.2). Pero el Código Sísmico no contempla el diseño y construcción de estas casas. La Foto 3.5.3. muestra una casa de barrio en construcción, cuya estructura principal es de concreto reforzado y sus paredes son de bloques de arcilla. La calidad de la estructura de concreto reforzado parece ser baja. Ninguna de las casas se construyen conforme a las normas técnicas de construcción sismorresistente.

b) Objetivo de Prueba de Campo

Las casas de barrios no están construidas respetando las normas de construcción, y sobre todo aquéllas ubicadas sobre pendientes son las más vulnerables contra terremotos. Sin embargo, hasta la fecha se desconoce la resistencia a terremotos de las casa sobre pendientes en barrios.

Los objetivos de la prueba de campo son:

- Evaluar la vulnerabilidad de las casas de barrio,
- Evaluar el efecto de reforzamiento sísmico para casas de barrio, con técnicas disponibles y costo asequible, y
- Incrementar la concientización de vulnerabilidad de las casas de barrios y efectuar el reforzamiento de las edificaciones.

c) Flujo de la Prueba de Campo

Primero, se construyeron cuatro casas iguales sin cumplir las normas de construcción. Después se hizo el reforzamiento para tres de los cuatro modelos. Se hizo el reforzamiento sísmico considerando el impacto de costo y efecto técnico como se describe en la siguiente sección. Se aplicó a cada modelo la carga horizontal para medir la fuerza y se evaluó el reforzamiento sísmico.

Se grabó un video de la prueba y se utilizó como material de concientización pública.

2) Modelos de Prueba

a) Modelo Base

Un ejemplo de casas de barrio construido sobre una pendiente viene en las Fotos 3.5.4 y 3.5.5. La Foto 3.5.4 muestra una casa de un piso, pero estructuralmente es de dos plantas. La planta baja es una estructura de concreto armado solamente. La superior parece ser de muros de bloques de arcilla. La Foto 3.5.5 muestra una casa de dos pisos, y estructuralmente de tres plantas. Es una estructura de concreto armado sólo en la planta baja y las plantas superiores están hechas con muros de ladrillos. Se usan estas casas como referencia para un modelo base.

Se seleccionó una casa de barrio con dos plantas estructuralmente, ubicada encima de una pendiente con 20 grados como modelo base de la prueba de campo. Un modelo de escala real se usó para la prueba para simular la condición real de construcción sin cumplir normas técnicas de construcción. El tamaño de un modelo es: 3mx4m de dimensión exterior, 2.8mx3.8m de luz entre columnas, (distancia entre los centros de columnas), con una altura de planta de 2,4m para planta superior y 2,4m para la baja (correspondiente a la parte baja de la pendiente). El tamaño de la fundación es de 1,0mx1,0mx0,2m. Se instalaron muros de bloques de arcilla para la planta superior solamente en la dirección de carga horizontal.

b) Modelos de Prueba

[Detalles de Piezas]

Se especifican los tamaños de piezas y barras de refuerzo, a base de consultas sobre casas existentes de barrio y monitoreo de edificios hechos sin consideración a normas técnicas de construcción, antes de construir modelos.

Los detalles de las piezas de construcción vienen a continuación, y son comunes para cada modelo:

El tamaño de columna es de 20cmx20cm, las barras principales son 4 unidades de 1/2" (12.5mm, $A=1.27\text{cm}^2$) de A42 ($f_y=4,200\text{kg/cm}^2$), barras de los estribos son de 4mm de 5,000kg/cm² @200.

El tamaño de vigas es de 20cmx20cm, barras principales son de 4 unidades de 1/2" (12.5mm, $A=1.27\text{cm}^2$) de A42 ($f_y=4,200\text{kg/cm}^2$), barras de los estribos son de 4mm de 5,000kg/cm² @200.

El piso se hizo de Tabelone. El piso de Tabelone consiste en viga de acero H @800, piso de bloques de arcilla (Tabelone) y capa de concreto con malla metálica. El piso tiene un espesor total de 10cm.

Se coloca la fundación a una profundidad entre 1,0m y 1,2m desde la superficie existente después de nivelar el terreno.

[Reforzamiento Sísmico e Impacto de Costo]

Generalmente hay dos métodos de reforzamiento sísmico, uno es para mejorar la resistencia y el otro es para mejorar la ductilidad. El mejoramiento de ductilidad no es técnicamente factible en este caso, y se aplica el mejoramiento de resistencia en este caso. Se considera el criterio de selección, al igual que los métodos técnica y económicamente factibles para el reforzamiento sísmico. Como resultados, se aplican las vigas de riostra, muros de bloques de arcilla y muros de bloques de concreto como método de reforzamiento sísmico. Estos materiales se adquieren fácilmente en el mercado local.

Un total de cuatro modelos fueron construidos y probados. El Modelo 1 es uno sin reforzamiento sísmico. El Modelo 2 es uno con reforzamiento sísmico con vigas de risotra. El impacto de costo es approx. del 5 al 7% del costo total de construcción. El Modelo 3 es uno con reforzamiento sísmico, con vigas de riostra y muros de bloques de arcilla. El impacto de costo es approx. 10%. el Modelo 4 es uno de reforzamiento sísmico con vigas de riostra y muros de bloques de concreto. Un lado del muro de bloques de concreto tiene barras verticales y horizontales. El impacto de costo es approx. 15%. El sumario aparece en la Tabla 3.5.1.

Las Figuras 3.5.1 a 3.5.10 muestran dibujos de cada modelo. Vigas de riotra son de mismo tamaño que las vigas y se explica detalladamente la conexión a las columnas de modo que puedan instalar el refuerzo después de construir columnas (Figura 3.5.9). Se mantiene una longitud mínima de columnas de 600mm (3 veces del ancho de una columna de 200mm) entre la viga de piso y la viga de riostra (parte superior de pendiente). El peso de un modelo para la evaluación sísmica es de 9.8 ton (2.45 ton/columna) como se muestra en la Tabla 3.5.2.

3) Construcción de Modelos

a) Secuencia de Construcción

La ubicación del lugar para los cuatro modelos fue en el Barrio Las Minas, Baruta. El lugar fue provisto por el municipio de Baruta. Se trata de un lugar de relleno que se hizo durante la construcción de autopista en los años 60. La pendiente tiene una inclinación de 21,8 grados (1,0: 0,4). Primero se realizaron los trabajos de concreto armado para los modelos, y los trabajos de reforzamiento sísmico como muros de bloques de arcilla y de bloques de concreto en las plantas bajas se culminaron para mediados de julio de 2004 (Foto 3.5.6~3.5.13).

Se estima, mediante la encuesta hecha antes de la construcción, que la fundación está enterrada en la superficie de tierra de 1,0 m a 1,2 m, y la profundidad de 1,2m se usa al considerar la condición del relleno de la pendiente. Los trabajos de construcción detallados se ven en las Fotos 3.5.14~3.5.49, que muestran las características de trabajos de construcción para las casas de barrio.

b) Aspectos de Trabajos sin Normas Técnicas en la Construcción

Los siguientes aspectos de trabajos sin normas técnicas de construcción se observan durante la construcción.

[Mezcla del concreto]

La mezcla de concreto se hace de forma ‘casera’ y a mano, basada en experiencias. La mezcla generalizada en el lugar es de 24 carretillas de agregado fino (arena), 12 carretillas de agregados brutos (gravilla), 4 bolsas (45kg por bolsa) de cemento, y algo de agua por 1m³ de concreto. Se nota que la proporción de mezcla de arena y gravilla es contraria a la mezcla normal para facilidad de trabajo, y no se mide el volumen de agua, que determina la resistencia del concreto. No se usa el agente aditivo AE. Por consiguiente, no se sabe la resistencia del concreto al momento de mezclar. Se tomaron muestras de concreto para la prueba de resistencia a 28 días. El tamaño de los agregados brutos parece ser demasiado grande al considerar el tamaño pequeño de los miembros (Foto 3.5.14 - Foto 3.5.17).

[Fabricación de Estribos]

Los estribos son de 90 grados y no de 135, valor requerido para el efecto antisísmico (Foto 3.5.18, Foto 3.5.19).

[Concreto de Fundaciones]

El concreto de las fundaciones se moldea sin encofrado perimetral. Al mezclarse el suelo con el concreto, se reduce su calidad (Foto 3.5.22).

[Longitud del Solape de las Barras]

Se observa poco solapado de las barras de las columnas. Es por la falta de coordinación de ingeniería para el arreglo de las barras y posicionamiento de las juntas de construcción (Foto 3.5.23).

[Recubrimiento de Concreto]

Se observa que las barras principales de las columnas están descubiertas y no hay recubrimiento de concreto, lo que reduce la resistencia y durabilidad de las columnas. Esto se debe a la falta de coordinación de ingeniería sobre el tamaño estribos, el encofrado y el de agregado bruto del concreto (Foto 3.5.27).

[Anclaje de las Barras]

Se observa el poco anclaje de vigas a columnas. Las barras principales de las vigas pegan en la cara exterior del encofrado, lo que reduce la resistencia de la viga. Esto es debido a que se desconoce la importancia del anclaje de las cabillas. Se observa también un armado de barras no apropiado en la junta entre vigas y columnas. La apariencia del encofrado se ve en la (Foto 3.5.33).

[Juntas de Construcción]

Se observan juntas de construcción de las vigas no apropiadas. Se reduce la resistencia de la viga debido a la junta de construcción de la viga horizontal. (Foto 3.5.34).

[Remoción del Encofrado]

Se observo que se retiro tempranamente el encofrado. El fondo del encofrado se removió solo uno o dos días después del vaciado. Esto puede causar deflexión y grietas en las vigas. Se necesita un mayor tiempo de fraguado del cemento sujeto a la confirmación de la resistencia del concreto en la remoción. (Foto 3.5.35).

[Otros]

Se observo que las columnas estaban torcidas. Esto se debe a la mala instalación de las cabillas de las columnas por la falta de un levantamiento antes de vaciar la fundación de concreto (Foto 3.5.28). Se observo una diferencia de altura entre las juntas de las

columnas. Esto causa un ajuste de la altura de la columna añadiendo más concreto o una diferencia de nivel de la vigas y pisos posteriormente. (Foto 3.5.29).

4) Prueba de Materiales

a) Información General de los Materiales

Concreto: véase sección previa “Mezclado del Concreto”.

Barras de refuerzo principal: Grade A42 (f_y (resistencia) = $4,200\text{kg/cm}^2$), diámetro 1/2” ($\text{Área} = 1.27\text{cm}^2$).

Barras de estribos: materiales sin estándar específico, y $f_y = 5,000\text{kg/cm}^2$, diámetro 4mm.

Bloque de Arcilla: materiales sin estándar específico, su tamaño es $10\text{cm} \times 20\text{cm} \times 30\text{cm}$, promedio .17piezas/ m^2 . Espesor de placas del bloque es de 5~7mm (Foto 3.5.44).

Bloque de Concreto: materiales sin estándar específico, su tamaños es $15\text{cm} \times 20\text{cm} \times 40\text{cm}$ (Foto 3.5.46).

Tabelone para pisos: medidas $6.5\text{cm} \times 20\text{cm} \times 80\text{cm}$, y peso 8kg/pieza, espesor de concreto del piso es en promedio.3.5cm, ubicado en barras de acero tipo H (pesos 7kg/m).

Mortero de Epoxi: utilizado con taladros para el unión de las cabillas (3/8” Grado A36) a las columnas y vigas existentes en los muros de bloques de concreto para el Modelo 4.

b) Prueba de Materiales

La prueba de cilindros de concreto a los 28 días se resume en la Figura 3.5.11. La resistencia promedio del concreto de las vigas y columnas es 58 kg/cm^2 lo cual es solo 1/3 de la resistencia del concreto normalmente utilizado en ingeniería. La relación agua cemento se estima en aproximadamente 110% esto es muy alto en comparación con el máximo de 65% utilizado normalmente en concreto de ingeniería. Otros resultados de las pruebas incluyendo el concreto se resumen el la Tabla 3.5.3. Los materiales fueron probados por el IMME de la UCV.

5) Carga Horizontal y su Medida

a) Carga Horizontal

La carga horizontal se aplicó al piso en la dirección de la pendiente. La carga horizontal se aplicó estáticamente por gatos hidráulicos. Dos (2) gatos hidráulicos no sincronizados con capacidad de 50 ton cada uno y con desplazamiento de 50mm fueron utilizados para aplicar carga al modelo. Se utilizó una operación manual del bombeo. Se empleó una carga escalonada de 2kg/cm^2 para la presión de la bomba hidráulica para la carga y esto se convierte en 500kg/escalón en los gatos hidráulicos según los resultados de la prueba de calibración. Se planificó la reinstalación de los gatos hidráulicos que tienen solo 50mm de desplazamientos solo cuando es requerido.

No se utilizó una celda para medir la carga y no se midió la carga después de llegar a la resistencia máxima en este caso. Una pared de reacción de concreto reforzado fue colocada del lado de la pendiente para resistir la carga horizontal de los gatos hidráulicos que se conectaban a través de una estructura de acero. La estructura de acero tenía un largo de 2.85m y estaba diseñada para un ensamblaje y re-ensamblaje rápido. Se colocó una viga de acero a nivel del piso para transferir la carga de los gatos hidráulicos a los marcos estructurales del modelo. Las medidas de las paredes de reacción son 1.2mx3.0m para el modelo 1 a 3, 1.2mx4.0m para el modelo 4 (Foto 3.5.48, Foto 3.5.50- Foto 3.5.53, Figura 3.5.5).

b) Medidas

La deflexión horizontal de los modelos fue medida por flexímetros (dial gauges) ubicados al nivel del piso. También se midió la deflexión al nivel del techo y del terreno como referencia. La deflexión horizontal fue medida en un total de 8 sitios. Los flexímetros tienen una longitud de desplazamiento de 5cm o 2.5cm.

La carga y la medida del desplazamiento fue realizada por el IMME de la UCV (Foto 3.5.53-3.5.54, Figura 3.5.10).

6) Resultados de la Prueba de Campo

Como se menciona en el Capítulo 5 la resistencia del modelo 1 y el incremento de resistencia de los modelos 2, 3 y 4 es evaluada principalmente a través de la curva de carga y deflexión hasta la resistencia máxima. La curva de carga y deflexión no es medida después de la resistencia máxima debido a las limitaciones de los equipos, pero se observó visualmente el comportamiento general hasta una deflexión horizontal de 100mm ~ 130mm. También se tomaron fotos para registrar la etapa final.

a) Cronograma de Pruebas

Las pruebas de campo se realizaron siguiendo el siguiente cronograma;

- 26 de Agosto, 2004: Prueba de Campo del Modelo-2
- 27 de Agosto, 2004: Prueba de Campo del Modelo-1
- 31 de Agosto, 2004: Prueba de Campo del Modelo-3
- 1 de Septiembre, 2004: Prueba de Campo del Modelo-4

b) Resultados

La curva de carga y deflexión hasta la resistencia máxima de los 4 modelos se muestra en la Figura 3.5.16. Los datos de carga y deflexión de cada modelo se muestran en la Tabla 3.5.4 a la Tabla 3.5.7. En esta tabla, puntos 2 y 5 son las deflexiones a nivel del piso, y su valor promedio es utilizado en la Figura 3.5.16. Los puntos 1 y 4 son las deflexiones a nivel del techo, los puntos 3 y 6 son las deflexiones a nivel del terreno en el lado superior, y los puntos 7 y 8 son las deflexiones a nivel del terreno en el lado inferior de la pendiente.

Los puntos de número impar indican el lado derecho y los impares el lado izquierdo visto desde el gato hidráulico. El nivel del terreno al momento de la prueba es de 20 a 30 cm en el lado de la columna corta y 50 a 60 cm en el lado de la columna larga, más altos que los mostrados en las Figuras 3.5.1 a 3.5.10, debido a precipitaciones y otras razones.

[Modelo-1]

El modo de falla del modelo 1 es colapso de la columna y se forma deformación plástica en el tope de las columnas. Las vigas de los pisos se dañaron seriamente. La rigidez elástica es de 8.25t/cm, y el punto de cedencia es 8.75 ton. Resistencia máxima (carga máx.) es 10.25ton (Foto 3.5.55- Foto 3.5.58). Deflexión en el punto de cedencia es 10.6mm, y la deflexión es 1/170 (10.6/1,800) para las columnas cortas y 1/226 (10.6/2,400) para las columnas largas. La deflexión a la resistencia máxima es 16.4mm, y la deflexión en el piso es 1/110 (16.4/1,800) para las columnas cortas y 1/207 (16.4/3,400) para las columnas largas. Falla por flexión de las columnas ocurrió al principio, y una grieta diagonal por corte se observó en la mitad del tramo de la columna corta posteriormente (Foto 3.5.57). Se confirmó que la parte inferior de la columna corta no fue dañada mediante una inspección visual luego de la excavación. (Foto 3.5.58).

El punto de cedencia se evalúa como la resistencia de las columnas cortas, y el punto de resistencia máxima se como la resistencia de las columnas largas. Esto se evalúa de la

aparición del tope de la columna en la etapa final de la prueba cuando la deflexión horizontal es aprox. 120mm, se espera algo de ductilidad.

El esfuerzo axial de la columna por carga vertical es de $2,500\text{kg}/20.5\text{cm}\times 20.5\text{cm}=5.95\text{kg}/\text{cm}^2$, y la relación de esfuerzos es $5.95/58=0.10$. El esfuerzo de corte en la columna corta en el punto de cedencia se estima en $11.6\text{kg}/\text{cm}^2$ ($8,750\times 0.85/(2\times 0.8\text{BD})$), si 85% es soportado por las columnas cortas. Este nivel de esfuerzo es alto y es aprox. $1/5$ de la resistencia a la compresión del concreto.

[Modelo-2]

El modo de falla de las columnas cortas es por flexión/corte en el punto de cedencia y falla por corte en la etapa final de la prueba. El modo de falla de las columnas largas es por flexión, aunque también se observó una grieta diagonal por corte. (Fotos 3.5.60~3.5.65). El punto de cedencia fue 10.25 ton, la cual es 1.17 veces la del modelo 1. La resistencia máxima fue 14.75 ton, la cual es 1.44 veces la del modelo 1. La rigidez inicial se incrementó a 25.0 ton/cm, lo cual es 3.0 veces respecto al modelo 1. La deflexión en el punto de cedencia es 4.1mm, y la deflexión del piso es $1/439$ ($4.1/1,800$) para las columnas cortas y $1/829$ ($4.1/3,400$) para las columnas largas. La deflexión a la resistencia máxima es 17.6mm, y la deflexión del piso es $1/102$ ($17.6/1,800$) para las columnas cortas y $1/193$ ($17.6/3,400$) para las columnas largas. La deflexión al nivel del terreno (casi igual al de la viga de fundación) al punto de cedencia y la resistencia máxima fue de 2.4mm y 1.1mm, respectivamente.

Se colocaron vigas de fundación para mantener la relación de ratio largo de columna expuesta /profundidad de columna en 3.0 para prevención de falla por corte que es una falla frágil. Se evaluó que la falla por corte ocurre debido a una inesperada baja resistencia del concreto el cual es promedio $58\text{ kg}/\text{cm}^2$. Se confirmó que la columna corta no sufrió daños por debajo de la viga de fundación no fue dañada mediante una inspección visual luego de la excavación (Foto 3.5.65). El impacto en costos del refuerzo es de 5 a 7% del costo total de la edificación.

[Modelo-3]

La curva de carga y deflexión es similar a la del Modelo 2. Separación de muros de bloques de arcilla de las columnas y vigas se evidencia desde el principio de la carga y no se espera un efecto combinado con los marcos. La resistencia máxima fue 16.75 ton, la cual es solo 1.13 veces la del modelo 2, a una deflexión de 17.6mm. Se encontró que los muros de bloques de arcilla no contribuyen a la rigidez y resistencia en comparación

con el modelo 2. La resistencia y rigidez de los muros de bloques de arcilla es muy baja para uso estructural y para reforzamiento estructural (Foto 3.5.66-Foto 3.5.70). El impacto en costos es 10 % del costo total de la edificación.

[Modelo-4]

La separación de los muros de bloques de concreto sin cabillas de las columnas y vigas comienza en una etapa temprana de carga 6~7 ton. El punto de cedencia se evidencia a una carga de 13.75 ton y deflexión de 2.7mm, por la separación de los bloques de concreto con cabillas de las columnas (Foto 3.5.71-Foto 3.5.76). La resistencia máxima 15.25 ton se observó a una deflexión de 12.8mm. La rigidez inicial se incremento suministrando bloques de concreto, aunque la resistencia es similar a la de los Modelos 2 y 3. La deflexión horizontal se incrementó luego de la resistencia máxima llegando a más de 100mm en la etapa final de carga. Se encontró que la resistencia de los bloques de concreto es baja para uso estructural y reforzamiento sísmico. Los bloques de concreto sin cabillas se separaron de las columnas y vigas a una etapa temprana mientras que la pared con cabillas no se separo hasta que la junta de solapamiento de las cabillas se rompió. La resistencia de los bloques de concreto es baja incluso más baja que la del mortero. (Foto 3.5.46, Foto 3.5.76). El impacto en costos es 15% del costo total de la edificación.

c) Resumen

- La resistencia de los pórticos sin reforzamiento es de 9 a 10 ton por 4 columnas.
- Suministrar vigas de fundación es efectivo para el refuerzo sísmico e incrementa la resistencia en aprox. 40%, se necesita prestar atención al largo expuesto de la columna, para prevenir falla por corte considerando la resistencia del concreto. El impacto en costo es 5%~7 %.
- El muro de bloques de arcilla no es efectivo para reforzamiento sísmico. Impacto de costo es 10%.
- El muro de bloques de concreto seria efectivo, si la resistencia del bloque de concreto se aumenta, con el use de cabillas para el reforzamiento sísmico. El método de taladrado y uso de mortero de epoxi es sugerido para el anclaje de cabillas a las columnas/vigas existentes. El impacto en costo es 15%.
- El informe de video es útil para incrementar la conciencia pública.
- Otros métodos de reforzamiento sísmico (métodos prácticos y económicos) deben ser investigados en el futuro.

- Este tipo de prueba a escala real se realizó por primera vez en Caracas. Se recomienda que se continúe y se desarrolle la evaluación sísmica y el reforzamiento a través de pruebas de modelos modelo y análisis de casas de Barrio en el futuro.

(3) Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en Caracas

La seguridad sísmica de las edificaciones en el área de estudio depende de la capacidad sísmica de edificaciones existentes durante terremotos importantes. Estas capacidades sísmicas están clasificadas en dos áreas el área urbana y el área de barrios, o de otra manera edificaciones construidas con y sin ingeniería.

1) Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en el Área Urbana

Las edificaciones en el área urbana han sido aprobadas y construidas en base la código sísmico vigente para cada período. A las casas unifamiliares no se les ha requerido un permiso de construcción pero estas casas retienen el nivel de ingeniería de cada periodo. De esta manera, las edificaciones en el área urbana son básicamente construidas con ingeniería incluyendo las viviendas unifamiliares.

A través del estudio de evaluación sísmica de edificaciones urbanas, las capacidades sísmicas de cada edificación existente generalmente se caracterizan por el “año de construcción” porque se basan en cada código sísmico.

Sin embargo, algunas edificaciones existentes tienen alguna vulnerabilidad debido a otras condiciones tales como altura, irregularidades verticales y del plan, pisos suaves, mano de obra, disposición de paredes, tipo de miembros estructurales, etc.

a) Capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas antes de 1967

Las edificaciones construidas en este periodo tienen básicamente baja capacidad sísmica con falta de resistencia y ductilidad contra un terremoto como el de 1812.

b) Capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas entre 1968 y 1982

Las edificaciones construidas en este periodo tienen de baja a moderada capacidad sísmica principalmente falta de resistencia contra un terremoto como el de 1812..

c) Capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas entre 1983 y 2001

Las edificaciones construidas en este periodo tienen capacidad sísmica moderada contra un terremoto como el de 1812.

d) Capacidad sísmica de edificaciones existentes construidas después del 2002

Las edificaciones construidas en este periodo tienen capacidad sísmica alta contra un terremoto como el de 1812. Si embargo, existen muy pocas edificaciones (menos de 0.1% del número de edificaciones en el área urbana) en el área de estudio.

2) Seguridad Sísmica de Edificaciones Existentes en el Área Rural y de Barrios

Las edificaciones en el área rural y de barrios excepto fábricas y edificios altos de apartamentos son básicamente edificios construidos sin normas técnicas de construcción con bajo costo y baja calidad de concreto reforzado ubicados en zonas de pendientes. Debido a que estas edificaciones no solicitan permisos y so se verifican los trabajos de construcción por ingenieros, estas edificaciones básicamente tienen baja capacidad sísmica, sin embargo es difícil calcular su capacidad sísmica real. En la etapa de evaluación sísmica, un ingeniero no puede obtener la información de estas edificaciones.

Por lo tanto, el Equipo de Estudio de JICA y FUNVISIS planificaron la prueba de resistencia de edificaciones para obtener la capacidad sísmica de la estructura normal de las viviendas de barrios y el efecto de los métodos de reforzamiento sísmico descritos en el Informe de Soporte S7.

3) Reforzamiento Sísmico de Instalaciones Claves

Las instalaciones claves deben ser suficientemente resistentes contra grandes terremotos. Si se considera necesario en la evaluación sísmica, las instalaciones de gobierno, las oficinas de comando y respuesta y las instalaciones medicas deben ser reforzadas de un punto de vista de manejo de desastres.

Las siguientes instalaciones debes ser operativas aun en situaciones de emergencia, así que las edificaciones que albergan estas entidades necesitan obligatoriamente que se refuercen.

a) Instalaciones de Comando

Alcaldía Mayor

- 3 edificaciones de la Alcaldía Mayor en el área de estudio

Alcaldías de los municipios y las oficinas de sus direcciones.

- 30 edificaciones municipales en el área de estudio

Gobierno Nacional relacionado con gestión de desastres

Existen 26 edificaciones del gobierno central, de las cuales las edificaciones que albergan las oficinas principales de los siguientes ministerios relacionados con el manejo de desastres necesitan ser reforzados contra terremotos fuertes.

- Ministerio de Interior y Justicia
- Ministerio de Infraestructura
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
- Ministerio de Planificación y Desarrollo
- Ministerio de la Vivienda

b) Instalaciones de respuesta, rescate y servicios médicos

Entidades de Operaciones de Rescate

- Estaciones de Policía (34 estaciones en el área de estudio)
- Estaciones de Bomberos (17 estaciones en el área de estudio)

Instalaciones Médicas (en el área de estudio)

- 25 hospitales,
- 134 ambulatorios en el área de estudio
- Hospitales privados

c) Evacuación y albergue de refugiados

- Escuelas (704 escuelas de la AMDC)

Las escuelas deben también ser reforzadas debido a que en estas se concentran muchas personas.

- Estadios
- Salas Comunitarias
- Iglesias

(4) Plan de Reforzamiento Sísmico de Edificaciones Existentes

1) Política Básica

El propósito del reforzamiento sísmico de las edificaciones frágiles existentes contra terremotos fuertes con una magnitud similar a la del terremoto de 1812 varía en el caso

de ser para la protección de vidas o si es para la protección del funcionamiento de la edificación debido al escenario de terremoto y uso de la edificación.

El objetivo del plan de reforzamiento sísmico para edificaciones normales y viviendas privadas es la protección de la vida contra daños a edificaciones bajo terremotos fuertes. También se protegerá la propiedad contra terremotos moderados con una magnitud similar al de 1967, y no sufrirán daños debido a terremotos menores y frecuentes.

El objetivo del plan de reforzamiento sísmico para edificaciones claves como el centro de comando de emergencia, y las edificaciones de instalaciones prioritarias es la protección del funcionamiento bajo terremotos fuertes. Adicionalmente la edificación no sufrirá daños en su estructura durante un terremoto moderado.

El equipo de estudio de JICA propuso los criterios del plan de reforzamiento sísmico para cada uso de edificaciones, y nivel de terremoto como se muestra en la Tabla 3.5.9.

En caso de edificaciones no seguras, el ingeniero debe estudiar y considerar el resultado de la evaluación sísmica para determinar si es debido a falta de resistencia o falta de ductilidad. Luego, el ingeniero debe hacer el plan de reforzamiento y estimar los costos tomando en cuenta la razón anterior, y discutir con el dueño y/o operador de la edificación y el arquitecto original en cuanto a la función y uso de la edificación.

El dueño de la edificación frágil debe mejorarla tan pronto como sea posible.

La capacidad sísmica de las edificaciones existentes sin acatarse a normas de ingeniería en las áreas rurales y barrios será estudiada posteriormente. Para tales edificaciones, el método de reforzamiento con un costo del 10% al 20% del edificio, está considerado en este estudio.

a) Escenarios de Terremoto Objetivo

El equipo de estudio de JICA propuso el reforzamiento sísmico de edificaciones existentes como planes de mejoras contra cada escenario de terremoto de la manera siguiente;

- Para planes de mejora a mediano y largo plazo: Terremoto de escala similar al de 1812.
- Para planes de mejora a corto plazo: Terremoto de escala similar al de 1967

b) Código Sísmico a Ser Aplicado

La base considerada para la evaluación sísmica y el plan de reforzamiento para cada criterio es aplicado siguiendo el criterio del código sísmico de Venezuela;

- La base considerada para el plan de reforzamiento sísmico de edificaciones existentes normales es la aplicación del código sísmico de Venezuela 2001 “NORMA VENEZOLANA COVENIN 1756-2001”.
- Para edificaciones públicas y edificaciones usadas por un gran número de personas como centros comerciales etc. se aplica el código sísmico de Venezuela 2001 usando un coeficiente de 1,15.
- Para una consideración mas estricta de la evaluación sísmica de instalaciones claves existentes se aplica el código sísmico de Venezuela 2001 usando un coeficiente de 1,30.

c) Procedimiento Propuesto para el Reforzamiento Sísmico

El plan de reforzamiento sísmico se realiza según el siguiente procedimiento;

Primero, la necesidad del reforzamiento sísmico de la edificación se considera según el resultado de la evaluación sísmica con su capacidad sísmica como resistencia y ductilidad. Luego se evalúa, la factibilidad del método de reforzamientos en cuanto a la condición estructural y la función de la edificación, y los requerimientos del propietario y/u operador de la edificación. Si la edificación tiene muy baja capacidad sísmica y/o no es económicamente factible su reforzamiento se debe evaluar si se debe restringir su uso o si se debe demoler.

En el caso normal, la edificación se reforzara siguiendo el siguiente procedimiento:

- Investigación previa; conocer la función de la edificación y requerimientos especiales etc. del propietario y/u operador de la edificación y del arquitecto del diseño original, e inspeccionar la condición de los componentes estructurales.
- Definición del objetivo del refuerzo; refuerzo debido a falta de resistencia o ductilidad, y/o una mezcla de ambos como se muestra en la Figura 3.5.17.
- Selección del método de reforzamiento; método de reforzamientos adecuado para cada estructura.
- Planificación del reforzamiento; en cuanto al efecto de reforzamiento, y uso y función de la edificación.
- Confirmación del efecto del refuerzo; estimación de la capacidad sísmica y costo de la nueva estructura reforzada.

(5) Selección del Método de Reforzamiento Sísmico para cada Tipo de Edificación

Un ingeniero estructural seleccionará el método adecuado de reforzamiento sísmico para una edificación vulnerable según su función, uso y condición estructural. Cada método de reforzamiento sísmico tiene una característica especial como incremento de la resistencia, incremento de la ductilidad y la combinación de ellos. Los métodos de reforzamiento sísmico para cada tipo de estructura son los siguientes;

1) Método de reforzamientos para Edificaciones de Estructuras de Concreto Reforzado (CR) en el área urbana

El tipo principal de estructura de edificaciones es de Pórticos de Concreto Reforzado (CR) que representan un 82% de las edificaciones según la muestra estudiada. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras de CR son las siguientes y se muestran en la Figura 3.5.18, y de la Figura 3.5.21 a la 3.5.25.

a) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia (Rigidez)

- Instalación de muros de corte de CR; con o sin aperturas (Véase Figura 3.5.21 y 3.5.22)
- Instalación de paneles de acero con marco con o sin aperturas (Véase Figura 3.5.23)
- Instalación de arrostramiento de acero con marco (Véase Figura 3.5.23 y 3.5.24)
- Instalación de muros de bloques de concreto con cabillas (Véase Informe de Soporte S7)
- Instalación de paredes laterales de CR (Véase Figura 3.5.18)
- Instalación de pórticos adicionales (Véase Figura 3.5.18)
- Instalación de contrafuerte de CR (Véase Figura 3.5.18)

b) Métodos de reforzamientos para Incrementar la Resistencia/ Ductilidad

- Instalación de muros de corte de CR; con o sin aperturas (Véase Figura 3.5.21 y 3.5.22)
- Instalación de paneles de acero con marco con o sin aperturas (Véase Figura 3.5.23)
- Instalación de arrostramiento de acero con marco (Véase Figura 3.5.23 y 3.5.24)
- Instalación de muros de bloques de concreto con cabillas (Véase Informe de Soporte S7)

- c) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Ductilidad
 - Refuerzo de columnas y/o vigas con placas de acero o plástico reforzado con fibra (Véase Figura 3.5.18)
 - Ranuras en las paredes en columnas cortas (Véase Figura 3.5.18)
 - d) Métodos de Reforzamiento por Balancear la Distribución de la Rigidez
 - Instalación de muros de corte de CR en pisos blandos (Véase Figura 3.5.18)
 - Remoción de pesos no balanceados
 - Ranuras en las paredes en columnas cortas
 - e) Métodos de Reforzamiento por Reducción de Peso de Edificaciones
 - Remover o quitar el penthouse o los pisos sobre cargados
 - Reducir la carga del techo
 - f) Reforzamiento de las Fundaciones
 - Fundaciones adicionales en asentamientos desiguales
 - Mejora de Suelos
 - Pilotes adicionales
 - g) Sistema de Aislamiento de Bases o de Control de Respuesta Sísmica
 - Sistema de Aislamiento de Bases con dispositivos de aislamiento sísmico y amortiguadores (Véase Figura 3.2.25)
 - Sistema de Control de Respuesta Sísmica
- 2) Métodos de Reforzamiento para Edificaciones de Estructura de Acero
- El tipo de estructura menos frecuente en el de acero que representa un 3.7% de las edificaciones según la muestra utilizada en este estudio. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras de acero son las siguientes y se muestran en la Figura 3.5.18.
- a) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia (Rigidez)

- Instalación de paneles de acero con marco con o sin aperturas (Véase Figura 3.5.23)
 - Instalación de arrostramiento de acero con o sin marco (Véase Figura 3.5.23)
 - Instalación de muros de bloques de concreto con cabillas (Véase Informe de Soporte S7)
 - Instalación de pórticos adicionales (Véase Figura 3.5.18)
 - Fijar las bases de las columnas con pernos de anclaje o pedestales de CR
- b) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Resistencia/ Ductilidad
- Instalación de paneles de acero con marco con o sin aperturas (Véase Figura 3.5.23)
 - Instalación de arrostramiento de acero con o sin marco (Véase Figura 3.5.23)
 - Instalación de columnas de momento
 - Fijar las bases de las columnas con pernos de anclaje o pedestales de CR
- c) Métodos de Reforzamiento para Incrementar la Ductilidad
- Refuerzo de columnas y/o vigas con placas de acero (Véase Figura 3.5.18)
 - Instalación de columnas de momento
 - Fijar las bases de las columnas con pernos de anclaje o pedestales de CR
- d) Métodos de Reforzamiento para Balancear la Distribución de la Rigidez
- Fijar las bases de las columnas con pernos de anclaje o pedestales de CR
 - Remover el peso no balanceado
- e) Métodos de Reforzamiento por Reducción de Peso de la Edificación
- Remover o quitar el penthouse o los pisos sobre cargados
- f) Reforzamiento de Fundaciones
- Mejora de Suelo
 - Pilotes adicionales
- g) Sistema de Control de Respuesta Sísmica

- Sistema de Control de Respuesta Sísmica
- 3) Métodos de Reforzamiento para Edificaciones con Estructuras de Mampostería de Ladrillo y Adobe
- Edificaciones con estructuras de Mampostería de Ladrillo y Adobe representan el 3,7% de edificaciones de acuerdo a las muestras estudiadas en este Estudio. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras de mampostería de ladrillo y adobe están dadas de la manera siguiente, y se muestra en la Figura 3.5.27.
- a) Métodos de reforzamiento para el Incremento de Fuerza (Rigidez)
- Hacer mas anchas las paredes de mampostería; sin apertura o sin apertura.
 - Reforzamiento de paredes exteriores a trabes del método de enchaquetamiento (Véase Figura 3.5.27)
 - Instalación de una pared de mampostería adicional; con apertura o sin apertura.
 - Instalación de vigas de concreto reforzado (CR) y/o losas de concreto reforzado.
- b) Métodos de reforzamiento para el Incremento de Fuerza/ Ductilidad
- Reforzamiento de paredes exteriores a través del método de enchaquetamiento (Véase Figura 3.5.25)
 - Instalación de dinteles de concreto reforzado en la apertura
 - Instalación de reforzamientos de concreto reforzado donde la termina la pared y/o aperturas
- c) Métodos de reforzamiento para el Incremento de Ductilidad
- Instalación de vigas de concreto reforzado y/o losas de concreto reforzado
 - Reemplazar con nuevos ladrillos o adobe en vez de partes de paredes deterioradas
- d) Métodos de Reforzamiento para Balancear la Distribución de la Rigidez
- Remover el peso no balanceado
- e) Métodos de Reforzamiento para la Reducción del Peso de la Edificación
- Remover o quitar el penthouse o los pisos sobre cargados

f) Reforzamiento de la Fundación

- Fundaciones adicionales en asentamientos desiguales
- Mejora de Suelos

g) Sistema de Aislamiento de Bases

- Sistema de Aislamiento de Bases con dispositivos de aislamiento sísmico y amortiguadores (Véase Figura 3.5.25)

4) Métodos de Reforzamiento para Edificaciones sin Ingeniería en Área de Barrios y Rural

Las edificaciones sin ingeniería en áreas de Barrio y Rurales representan el 73% en el número total de edificaciones del área estudio. De acuerdo al resultado de prueba de resistencia de las edificaciones, la fuerza del concreto es muy baja lo cual es aproximadamente de un 1/3 a 1/4 de la fuerza de concreto normal de una edificación con ingeniería. Los métodos de reforzamiento sísmico para estructuras sin ingeniería están dados a continuación, y se muestran en la Figura 3.5.26.

a) Métodos de Reforzamiento para el Incremento de la Fuerza (Rigidez)

- Instalación de viga de fundación de CR (Véase Informe de Soporte “S-7”)
- Instalación de muros de corte de CR; con o sin apertura (Véase Figura 3.5.19, Figura 3.5.20 y Figura 3.5.26.)
- Instalación de paneles de acero con marco; sin o con apertura (Véase Figura 3.5.23)
- Instalación de arrostramiento de acero con marco (Véase Figura 3.5.23)
- Instalación paredes de bloques de concreto con cabillas de reforzamiento (Véase Informe de Soporte “S-7”)
- Instalación de marcos adicionales (Véase Figura 3.5.18)
- Instalación de contrafuertes (Véase Figura 3.5.18)

b) Métodos de Reforzamiento para el Incremento de Fuerza/Ductilidad

- Instalación de muros de corte de CR; sin o con apertura (Véase Figuras 3.5.20 y 3.5.27)
- Instalación de paneles de acero con marco; con o sin apertura (Véase Figura 3.5.23)

- Instalación de arrostramiento con marco (Véase Figura 3.5.23)
- Instalación de paredes de bloques de concreto con cabillas de reforzamiento (Véase Informe de Soporte “S-7”)
- c) Métodos de Reforzamiento para el Incremento de la Ductilidad
 - Reforzamiento de Columna y/o Viga mediante una placa de acero o con plástico reforzado con fibra (Véase 3.5.18)
- d) Métodos de Reforzamiento para Balancear la Distribución de la Rigidez
 - Remover el peso no balanceado
- e) Métodos de Reforzamiento para la Reducción del Peso de la Edificación
 - Remover el penthouse o los pisos sobrecargados
 - Reducción del peso sobre el techo
- f) Reforzamiento de la Fundación y el Suelo Inclinado
 - Mejora de Suelos
 - Instalación de Muro de Contención
 - Protección para superficies de suelos inclinados mediante suficiente material

Las recomendaciones de los métodos de reforzamiento sísmico para las casas de barrio se muestran en las Figuras 3.5.19 y 3.5.20. Estos métodos de reforzamiento sísmico para cada número de piso están dados basados en el estudio de los resultados de la prueba de resistencia de edificaciones. Los métodos de reforzamiento sísmico para una vivienda unifamiliar se muestra en la Figura 3.5.19, y los de las viviendas multifamiliares se muestra en la Figura 3.5.20.

(6) Efecto del Reforzamiento sísmico

El efecto del reforzamiento sísmico es hacer menos vulnerables las edificaciones existentes ya que al hacer cumplir los trabajos de reforzamiento para las edificaciones existentes, la función del daño es mejorada en cada tipo de estructuras. Como resultado del reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes se tendrá que cuando ocurra un fuerte terremoto, se disminuirá el

número de edificaciones dañadas y colapsadas y también el numero de victimas y heridos debido al daño a edificaciones.

1) Nueva función de daño después del Reforzamiento Sísmico

Luego de un adecuado trabajo de reforzamiento para todas las edificaciones vulnerables se mejorara la curva de función de daño de cada edificación (Informe de Avance (2) pagina 3-61) cuya estimación aproximada a objeto del cálculo de beneficios del Plan, se presenta en la Tabla 3.5.10.

2) Efecto Estimado o Aproximado del Reforzamiento Sísmico

a) Pérdidas Monetarias de Edificaciones debido a Daños Moderados a Colapso

El efecto del reforzamiento sísmico de todas las edificaciones existentes en el área de estudio se demuestra por la diferencia entre las perdidas por el desastre antes y después del reforzamiento sísmico.

Las perdidas por desastre producto de fuertes danos y colapso de edificaciones se muestra en las Tablas 3.5.11 y 3.5.13. La perdida monetaria debido a danos moderados a edificaciones (costo de reparaciones) se muestra en las Tablas 3.5.12 y 3.5.14. Sin embargo, las pérdidas humanas no pueden ser estimadas por las pçérdidas monetarias.

b) Estimado de Costos de Ingeniería para la Evaluación Sísmica y el Diseño de Reforzamiento Físico

Tarifa Total de Ingeniería = 1.466.100 M. Bs = 764 M. US\$

Donde;

- Numero de Edificaciones, Área Urbana = 83.449 Edificaciones

Área Rural = 25.175 Edificaciones

Área de Barrio = 205.983 Edificaciones

- SVR (Sondeo Visual Rápido) Tarifa

Urbano: $62.600 \times 300.000 \text{ Bs./ Edificación} = 18.800.000.000$

Rural: $20.140 \times 60.000 \text{ Bs./ Edificación} = 1.210.000.000$

Barrio: $164.760 \times 60.000 \text{ Bs./ Edificación} = 9.890.000.000$

Total = 29.900 M. Bs. = 16 M.US\$

- Costo de Evaluación Sísmica

Urbano: $50.080 \times 9.000.000 \text{ Bs./ Edificación} = 450.700.000.000$

Rural: $18.100 \times 1.800.000 \text{ Bs./ Edificación} = 32.600.000.000$

Barrio: $148.300 \times 1.800.000 \text{ Bs./ Edificación} = 266.900.000.000$

Total = 750.200 M. Bs = 391 M. US\$

- Costo del Diseño de Reforzamiento Sísmico

Urbano: $40.060 \times 10.000.000 \text{ Bs./ Edificación} = 400.600.000.000$

Rural: $15.510 \times 2.000.000 \text{ Bs./ Edificación} = 31.000.000.000$

Barrio: $127.170 \times 2.000.000 \text{ Bs./ Edificación} = 254.400.000.000$

Total = 686.000 M. Bs = 357 M. US\$

3) Cronograma del Plan de Reforzamiento Sísmico para Edificaciones

El cronograma a seguir del reforzamiento sísmico para edificaciones entre el año 2005 y el año 2020 se muestra en la figura 3.5.28. Este incluye el Sondeo Visual Rápido (SVR), Evaluación Sísmica Detallada, Diseño del Reforzamiento Sísmico y el Trabajo de Construcción.

(7) Análisis de Costo de Edificaciones

El efecto del reforzamiento físico en las edificaciones existentes se puede observar mediante el costo efectivo por el costo de inversión. Sin embargo, las víctimas humanas, especialmente las pérdidas humanas no puede ser estimado por las pérdidas monetarias. En este estudio, los precios actuales en Caracas fueron establecidos en Febrero de 2004.

1) Costo Unitario de Trabajo de Construcción de Nueva Edificación (Costo de Reemplazo de Edificación)

El grupo de Estudio JICA investigó cada uno de los costos de Trabajos de Construcción de Nuevas Edificaciones de otra manera los costos de reemplazo de edificaciones se muestra en la Tabla 3.5.18.

El precio de referencia de los materiales y de los materiales más la mano de obra se muestra en las Tabla 3.5.15 y 3.5.16.

El costo típico bruto de trabajos de reemplazo de edificaciones se muestra en la Tabla 3.5.17.

2) Costo Total del Reemplazo y Reforzamiento Sísmico de Edificaciones Existentes

De acuerdo a la data o información del inventario de edificaciones, el Grupo de Estudio JICA supuso e investigó el número de edificaciones y el área total de construcción para

cada uso, el costo de reemplazo de edificaciones y el trabajo de reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes en el área de estudio. A través de nuestra evaluación sísmica y la planificación de reforzamiento, nosotros supuso e investigamos la proporción requerida para la evaluación sísmica y los trabajos de reforzamiento, y el costo del reforzamiento sísmico por costo de reemplazo de edificaciones.

En la Tabla 3.5.18 se muestra el área total de construcción, el costo total de reemplazo y el trabajo de reforzamiento sísmico de las edificaciones existentes en el área de estudio. El número de edificaciones en cada área y sus usos se muestra en la Tabla 3.5.19. En la Tabla 3.5.20 se muestra la proporción de la evaluación sísmica requerida y reforzamiento, y el costo de reforzamiento sísmico por costo de reemplazo para cada categoría de edificaciones existentes

3. 5. 2. Estudio sobre Medidas No Estructurales

En este estudio, los estudios de aspectos sociales están enfocados en como promover el reforzamiento sísmico. Para un punto de vista de aspectos legales y institucionales, véase el Informe de Soporte S21. Para el estudio de educación, comunitario y social con respecto a la promoción del reforzamiento sísmico, vease del Informe de Soporte S22 al S24.

Referencias

- Aagaard C., Alicia, Capecchi B., Ana and Pablo S. Mo. Isabel, Tipificación y Características Generales Del Suelo del Valle de Caracas, Trabajo especial de grado, Universidad Metropolitana, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil.
- Acosta, L., De Santis F., Licuación de Suelos: Su Ocurrencia en la Historia Sísmica de Venezuela, FUNVISIS
- Alicia, A.C., Ana, C.B., Isabel, P. S. M., 1984, Tipificación y Características Generales del Suelo del Valle de Caracas, Trabajo Especial de Grado, Universidad Metropolitana, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Caracas.
- Altez, R., 2000. Terremotos confundidos: los sismos del 26 de marzo de 1812 en Caracas y Mérida. Anuario de Estudios Bolivarianos, Instituto de Investigaciones Históricas Bolivarium, Universidad Simón Bolívar, Año VIII, N° 9, pp. 1-32. Caracas.
- Altez, R., 2004. Detailed Damage Evaluation of the 1812 Caracas Earthquake, Report submitted to JICA.
- Audemard, F., and Singer, A., 1996, Active fault recognition in northwestern Venezuela and its seismogenic characterization: Neotectonic and paleoseismic approach, Geofísica Internacional, Vol. 35, No. 3, pp 245-255, Audemard et al (2000)
- Campbell, K.W., 1997, Empirical Near-Source Attenuation Relationships for Horizontal and Vertical Components of Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Pseudo-Absolute Acceleration Response Spectra, Seismological Research Letters, Vol. 68, No. 1, pp.154-189.
- Campos, A, Schmitz, M., Cataldi, A., 2004. Definición de las relaciones entre parámetros geofísicos y geotécnicos en pozos disponibles a lo largo de la línea 4 del Metro de Caracas. XVIII Seminario de Geotecnia, Caracas, CD, 12pp.
- Consortium of Organizations for Strong-Motion Observation Systems, <http://db.cosmos-eq.org/>
- Díaz, A., Vázquez, R., and Sobiesiak, M., 2002, Red Local Caracas/Vargas y su importancia en el estudio de la sismicidad de la zona central de Venezuela, XI Congreso Venezolano de Geofísica (CD-Rom)
- Feliziani, P., 2003. A Project for Boring Database Development, (funded by FONACIT - Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología), unpublished.
- FUNVISIS, 2001, Evaluación de la Amenaza Sísmica del Estado del Vargas, Proyecto Avila
- FUNVISIS, 1997. Estudio neotectónico y geología de fallas activas en el Piedemonte surandino de los Andes venezolanos, Proyecto INTEVEP 95-061, Abril.
- Fiedler, G. 1961, Areas afectadas por terremotos en Venezuela. Memorias del Tercer Congreso Geológico Venezolano, Tomo IV, p. 1791-1814

- Fiedler, G., 1968, Estudio Sismológico de la Región de Caracas con Relación al Terremoto del 29-7-67 Reporte y Evaluaciones, Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, No. 23-24, p. 127-222
- Grases, J., 1990. Terremotos destructores del Caribe. 1502-1990. 1º ed., Orcyt-Unesco, Montevideo, Uruguay. 132 pp.
- Grases, J., and Altez, R., and Lugo, M., 1999, Catálogo de Sismos o Destructores Venezuela 1530/1998, Facultad de Ingeniería, UCV
- Grases, J., and Rodríguez, J.A., 2001, Estimaciones de Magnitud de Sismos Venezolanos a partir de mapas de isosistas, mem. 2do seminario Iberoamericano de Ingeniería Sísmica, Madrid
- Grau, M. C., 1969, Estudios Sismológicos
- Housner, G.W., 1952, Spectrum Intensities of Strong Motion Earthquakes, Proceedings of the symposium on Earthquakes and Blast Effects on Structures, Earthquake Engineering Research Institute.
- Imai, T., Tonouchi, K., 1977, P- and S-wave Velocities of the Ground in Japan, Proc. 9th ICSMFE, Vol.2, p.257-260, in Japanese.
- Imazu and Fukutake. 1986, Dynamic shear modulus and dumping of gravel materials, Geotechnical conference No.21, p.509-511, in Japanese.
- Iwasaki, Tatsuoka, Takagi. 1977, Strain dependency of shear modulus and dumping of sand materials, Geotechnical conference No.12, p.417-420, in Japanese.
- Iwasaki, Tatsuoka, Yokota. 1977, Dynamic shear modulus and dumping of undisturbed sampled clay, Geotechnical conference No.12, p.433-436, in Japanese.
- Iwasaki, Tatsuoka, Tokita, Yoshida. 1978, Dynamic shear modulus of recent clay deposits by resonant-column test and cyclic triaxial test, Geotechnical conference No.13 1978, p.569-572, in Japanese.
- Iwasaki, Tatsuoka, et al. 1980, On the prediction and estimation of liquefaction potential, Soil and Foundation, Vol. 28, No. 4
- Japan Road Association, 1996, Japanese Design Specification of Highway Bridge, P121-133 (in Japanese)
- Japan Road Association, 2002, Japanese design Specification of Highway Bridge, p.357
- Kantak, P., 2001, Espesores de los sedimentos y principales unidades geológicas del valle de Caracas, Taller Internacional “Estudios de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas(1999-2001)” Serie Técnica No.1, pp.99-104.
- Lopez. V., 1948, Mapa Preliminar de la Clasificación de los Tipos de Aluviones.
- Matsuda I., 2001, Taller Internacional “Estudios de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas (1999 – 2001)”, Serie Técnica No.1, 121 – 127.
- Metro de Caracas, Estudio de suelo para el proyecto Línea III del Metro de Caracas. Tramo El Valle-Coche., Informe N° 1269

- Pacific Earthquake Engineering Research Center Strong Motion Database, <http://peer.berkeley.edu/smcat/index.html>
- Rial, J. A., 1977, El Terremoto de Caracas de 1967. Estudio del Proceso Focal (Investigación en Proceso), Boletín Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, No. 57-58, p. 53-72
- Rial, J. A., 1978, The Caracas, Venezuela Earthquake of July 1967: A Multiple Source Event, Journal of Geophysical Research, Vol. 83, No. B11, p. 5405-5414
- Rocabado, V., Schmitz, M., Malavé, G., Enomoto, T., 2001, Períodos fundamentales y amplificación del suelo de la ciudad de Caracas utilizando la técnica de Nakamura, Taller Internacional “Estudios de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas (1999 – 2001)” – Serie Técnica No.1, 135 – 144.
- Rodríguez, L., Audemard, F., Rodríguez, J., 2002, Casos históricos y contemporáneos de licuación de sedimentos inducidos por sismos en Venezuela desde 1530, III Jornadas Venezolanas de Sismología Histórica – Serie Técnica No 1
- Safina, S., 2003. Propuesta Preliminar de Funciones de Daño para Las Principales Categorías de Edificaciones de la Ciudad de Caracas. Unpublished report.
- Sánchez R. Javier R., Orihuela, N., Meza, R., and Ambrosio, R., 2001, Modelaje Gravimétrico del Basamento de la Cuenca de Los Palos Grandes Taller Internacional “Estudios de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas (1999 – 2001)” – Serie Técnica No.1, 158 – 165
- Sanchez, J., Schmitz, M., and Cano, V., 2002, Mediciones sísmicas profundas en Caracas para la determinación del espesor de sedimentos y velocidades sísmicas como aporte para el estudio de microzonificación sísmica, III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, Serie Técnica No.1, 119-124.
- Schmitz, M., Sanchez J., Rocabado, V. and Enomoto T., 2003. Geophysical Investigations as the base for a seismic microzoning study in Caracas, Venezuela. International Conference Risk, Vulnerability / Reliability in Construction. Algiers, October 11-12, 2003, Actes Volume I, 123-131.
- Seed, H., Idriss, I., and Dezfulian, H., 1970, Relationships between Soil Condition and Building Damage in the Caracas Earthquake of July 29, 1967, University of California, Earthquake research center, Report No. EERC 70-2
- Singer, A., 1977, Tectónica Reciente, Morfogénesis Sísmica y Riesgo Geológico en el Graben de Caracas, Venezuela; Seminario Sobre Riesgo Geológico, Caracas, 1-41
- Sobiesiak, M., 2001, Seismicity in the Central Coastal Region of Venezuela and the Caracas/Vargas Local Network, Taller Internacional “Estudios de métodos y acciones para contrarrestar los efectos producidos por terremotos en Caracas (1999 – 2001)”, pp. 176- 180
- Sobiesiak, M., 2003, Personal communication

- Sozen M. A., Jennings P.C., Matthiesen R.B., Housner G. W., Newmark N. M., 1968, Engineering Report on the Caracas Earthquake of July 1967, National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA.
- Suarez, G., Nabelek, J., 1990, The 1967 Caracas Earthquake: Fault Geometry, Direction of Rupture Propagation and Seismotectonic Implications, Journal of Geophysical Research, Vol. 95, No. B11, p. 17459-17474
- Weston Geophysical Engineers International, Inc., 1969, Seismic investigations, Valley of Caracas and the Litoral Central; Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo de Caracas de 1967

Tabla 3.1.1 Fallas Cuaternarias en el Entorno de Caracas (Audemard et. al.,2000)

No.	Nombre de la falla	Longitud ext. a ext. (km)	Longitud acumulativa (km)	Máximo creíble Ms	Intervalo de recurrencia	Tasa de deslizamiento (mm/año)	Dirección promedio	Inclinación promedio	Sentido del movimiento	Actividad reciente
8	La Victoria	354	466				N 78 E±17			
8a	Guacamaya	146	235	7,0	2000	0,6	N 80 E±22	Subvertical	lateral derecho	<1,6Ma
8b	La Cabrera	26	26	6,3	545	1,1	N 72 E±0	Subvertical	lateral derecho	<15ka
8c	El Homo	34	34	6,4	1200	0,5	N 72 E±2	Subvertical	lateral derecho	<1,6Ma
8d	La Victoria	52	52	6,7	1500	0,55	N 77 E±3	Subvertical	lateral derecho	<1,6Ma
8e	Pichao	118	118	6,9	2300	0,4	N 76 E±3	Subvertical	lateral derecho	<1,6Ma
9	Rio Guárico	120	131				N 71 E±19			
9a	Sección norte	33	40	6,6	2300+	<0,3	N 59 W±2	desconocida	lateral derecho	<1,6Ma
9b	Sección sur	89	91	6,6	2300+	<0,3	N 77 W±18	desconocida	lateral derecho	<1,6Ma
10	Tacagua-El Ávila	67,6	70,2				N 77 W±13			
10a	Tacagua	19,7	20,1	6,5	4000	0,17	N 71 W	fuerte inclinación al sur	lateral derecho con componente normal importante	<1,6Ma
10b	El Ávila	48,8	50,1	6,8	2300-	<0,4	N 83 W	fuerte inclinación al sur	lateral derecho con componente normal importante	<1,6Ma
11	Tácata	78	80	6,7	2000+	<0,4	N 64 W±10	fuerte inclinación al norte	lateral derecho	<1,6Ma
12	Píritu	157	166	7,1	3250	0,3-0,4	N 65 W±14	fuerte inclinación al norte	lateral derecho	<1,6Ma
16	San Sebastián	483	529	N/A	N/A	3-5(?)	N 86 E±11	Subvertical	lateral derecho	<15 ka

**Tabla 3.1.2 Lista de Terremotos que Han Afectado a Caracas (Centeno Grau (1969),
Grases (1990), Grases et al., (1999))**

Año	Mes	Día	Hora Local	Magnitud	Intensidad Sísmica en Caracas	Descripción
1641	6	11	8:15			El terremoto destruyó la primera ciudad de Cúa. La nueva ciudad fue fundada en 1690 con el nombre de El Rosario de Cúa, 1 km al norte del primer lugar. El terremoto afectó a Caracas, donde una iglesia y otros edificios se derrumbaron.
1766	10	21	4:30	7.9	V	Por la extensión del área afectada y por la duración de las réplicas, este terremoto es probablemente el de mayor magnitud que ha afectado el noreste de Venezuela. Las réplicas fueron sentidas cada hora durante 14 meses. El terremoto causó daños en varias ciudades del este de Venezuela y en Caracas.
1812	3	26	16:07 (Caracas) 17:00 (Mérida)	6.3 (Caracas), 6.2 (Barquisimeto - San Felipe), 7 (Mérida),	IX	El terremoto afectó severamente en lugares distantes como Mérida, Barquisimeto, San Felipe y Caracas. A partir de la base de la distribución de los daños, se postula que son tres eventos diferentes. El número de víctimas fue de alrededor de 5.000 en Mérida, 3.000 en San Felipe, 4.000 a 5.000 en Barquisimeto, y 10.000 en Caracas. En total, el número de víctimas fue de cerca de 40.000 desde Mérida a Caracas. En Caracas, los sectores del Norte de la ciudad fueron casi completamente destruidos, en los sectores del Sur y del Este, el daño fue menor. En el Ávila hubo grandes derrumbes y se formaron grietas de gran dimensión. El movimiento del suelo duró 48 segundos en Caracas, en la dirección Oeste a Este. El estudio reciente revela que cerca de 60% de las edificaciones fueron severamente dañadas en Caracas, y el total de muertes en Caracas pudo ser reducido a 2.000. (Altez, 2004)
1837	9	10	14:00			Fuerte terremoto en Caracas. Destructor en Santa Teresa del Tuy y Santa Lucía. Destrucción de alguna consideración, algunas casas se derrumbaron. Hubo pocas víctimas y la mayoría de ellas resultó lesionada.
1878	4	12	20:40	5.9	VI-VII	Terremoto destructor del sur de Caracas que arruinó la ciudad de Cúa donde murieron de 300 a 400 personas bajo los escombros de un total de 3000 habitantes para la fecha. El trabajo de campo indicó que las casas en la parte baja de la ciudad sobre la planicie aluvial sufrieron relativamente poco daño, mientras que las que estaban en áreas altas de la ciudad, como colinas rocosas, fueron destruidas (Ernst 1878). El número de víctimas se estimó en 600 (The Times, Londres 18 de mayo, 1878). En Caracas, las edificaciones sufrieron grietas. El movimiento del terreno duró de 8 a 10 segundos en Caracas.
1900	10	29	4:42	7.6	VII	El terremoto afectó Macuto, Naiguatá, Guatire, Guarenas, Higuerote, Carenero, y otras ciudades de Barlovento que sufrieron grandes daños y víctimas. Muchas edificaciones se agrietaron y algunas se derrumbaron en Caracas. El segundo piso de la Embajada Británica desapareció (The Times, Londres, Octubre 30 a Noviembre 2, 1900). Hubo 250 réplicas en 3 años. En Caracas, 20 casas se derrumbaron y más de 100 se deterioraron, 21 muertos y más de 50 heridos.
1967	7	29		6.3	VI-VIII	El terremoto causó importantes daños en Caraballeda, algunas zonas de Caracas y la costa central y se sintió en la región centro norte del país. Rial (1977) concluye que fueron múltiples terremotos, tres eventos en dirección de noroeste a sudeste, posiblemente debidos al sistema de fallas de Tacagua. De acuerdo a Grases (1990), el saldo de muertos fue de 274, el número de heridos de 2000, y las pérdidas materiales por 100 millones de dólares. Se derrumbaron cuatro edificios de diez a doce pisos, construidos entre 1962 y 1966, y otros edificios de similar altura en Caracas sufrieron daños parciales. No hubo interrupciones de servicio. Las líneas de telégrafos y teléfonos se conservaron.

(Grau (1969), Grases (1990), Grases et. al. (1999))

Tabla 3.1.3 Comparación de Parámetros para el Terremoto de 1812

	Fiedler, 1961			Fiedler, 1968	Grases, 1990			FUNVISIS, 1997	Altez, 2000	Grases et. al, 2001		Altez, 2004
M	7	6.2	6.3	7.1	7	7.2	6.3			6.5-7	6.9-7.2	
Lat.	8.5	10.2	10.6	10.8	8.5	10.2	10.6					
Lon	71.3	69.1	66.9	66.9	71.3	69.1	66.9					
Depth	19	7	6	10-20	19	7	6					
MMI				IX+	IX	IX	VIII	X	IX		IX	
MMI in CCS				8-8.5								
Area				Near Caracas	Merida	Barquisimeto-San Felipe	Caracas			Mérida	San Felipe	Caracas
Time					17:00		16:07					
Death				10000	5000	8000	10000					2000

Tabla 3.1.4 Comparación de Parámetros para el Terremoto de 1878

12/4/1878	Fiedler 1968	Grases 1990	Grases et. al. 2001
MC	6,1		6,4-6,5
Lat	10,2 N	10,3 N	
Lon	66,9 W	66,8 W	
Profundidad	10-15 km	13 km	
MMI	7,5-8	VIII-IX	
MMI en Caracas	6-6,5	VII	
Hora	21:11	20:40	
Muertos		300-400	

Tabla 3.1.5 Comparación de Parámetros para el Terremoto de 1967

1967/7/29	ISC	CAG	USGS	Fiedler 1968	Rial 1977	Rial 1978	Suarez & Nabelek 1990	Grases 1990
Ms	6.6		6.5	6.3		6.7		6.3
mb	5.5	6.3		5.6		6.5		
Mw							6.6	
Mm					7.1-7.2 ?			
Lat	10.68 N	11.06 N	10.56 N	11.00 N			10.68 N	11.06 N
Lon	67.40 W	67.15 W	67.26 W	67.25 W			67.40 W	67.15 W
Depth	26 km	20 km	10 km	12 km			14km	20 km
MMI max								VIII
MMI Caracas				7±1				VII-VIII
Distance to fault				60±5 km				
Length				13 km				
Events						3 events in NW-SE	4 events in E-W	

Tabla 3.1.6 Escenario de Terremotos y Sus Parámetros

Escenario	Mw	Profundidad Sismogénica (km)	Largura de la Falla	Mecanismo	Sistema de la Falla
1967	6.6	5 km	42 km	Falla Transcurrente	San Sebastián
1812	7.1	5 km	105 km	Falla Transcurrente	San Sebastián
1878	6.3	5 km	30 km	Falla Transcurrente	La Victoria
Ávila	6	5 km	20 km	Falla Transcurrente	Tacagua-El Ávila

Tabla 3.1.7 Densidades de los Suelos y Rocas

Tipo de Suelo/ Roca	Densidad (g/cm ³)
Arcilla	1.8
Arena	2.0
Gravilla	2.1
Depósito Duro	2.1
Roca Base	2.6

Fuente: Asociación Vial del Japón, 2002

Tabla 3.1.8 Parámetros de los Terremotos que Generan Ondas de Entrada

Escenario	Terremoto	País	Fecha	Mecanismo	M	MI	Ms	Mw	Prof. (km)
1967	Imperial Valley	USA	1979/10/15	Falla Transcurrente	6.5	6.6	6.9		12.1
1812	Duzce	Turkey	1999/11/12	Falla Transcurrente	7.1	7.2	7.3		14
1878	Big Bear Lake	USA	1992/6/28	Falla Transcurrente	6.5		6.6	6.4	7
Ávila	Morgan Hill	USA	1984/04/24	Falla Transcurrente	6.2	6.2	6.1		10

Tabla 3.1.9 Lista de Ondas de Entradas Seleccionadas

Escenario	Nombre del sitio	Distancia más cercana a la ruptura de falla	Condición del lugar Geomatrix	Condición del lugar USGS	Componente	PGA (G)	Fuente	Fuente
1967	6604 Cerro Prieto	26.5 km	Roca	Vs=360-750m/s	H-CPE237	0.157	UNAM/U CSD	PEER
1812	Mudurnu	33.6 km	Roca	--	MDR000	0.12	ERD	PEER
1878	Snow Creek	37.9* km	Granito duro del lecho rocoso		Ch1 90Deg	0.164	CSMIP	COSMOS
Ávila	47379 Gilroy Array #1	16.2 km	Roca	Vs>= 750m/s	G01230	0.069	CDMG	PEER

(* Distancia hipocentral)

Tabla 3.1.10 Susceptibilidad de Licuación por el Método PL

Terremoto Tipo de Terremoto Coord. de Celda	Valor PL			
	1967	1812	1878	Ávila
	Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II
C48R20	0,0	0,0	0,0	0,0
C49R20	0,0	1,4	0,0	1,7
C50R12	0,0	0,4	0,0	3,4
C51R12	0,0	0,0	0,0	0,0
C52R17	5,4	15,9	3,0	12,1
C53R16	0,0	0,5	0,0	0,0
C53R17	12,6	31,3	11,2	22,7
C54R16	0,0	1,2	0,0	0,0
C54R17	0,0	9,8	0,0	6,0
C55R16	0,0	0,1	0,0	0,0
C55R26	0,0	0,0	0,0	0,0
C55R27	0,0	6,7	0,0	3,6
C55R28	0,0	6,3	0,0	2,9
C55R29	0,0	5,8	0,0	2,2
C56R17	2,8	20,2	1,0	15,0
C56R27	0,0	6,4	0,0	3,9
C56R28	0,0	6,0	0,0	3,2
C57R24	0,0	1,4	0,0	1,1
C58R24	0,0	1,3	0,0	1,2
C58R25	0,0	1,3	0,0	1,1
C58R26	0,0	1,2	0,0	1,0
C59R24	0,0	1,3	0,0	1,2
C60R23	0,0	3,2	0,0	4,2
C78R19	0,0	0,0	0,0	4,0

Potencial de Licuación	Criterio
Muy Alto	$15 < PL$
Relativamente Alto	$5 < PL \leq 15$
Relativamente Bajo	$0 < PL \leq 5$
Muy Bajo	$PL=0$

Tipo Límite de Placa	Tipo I
Tipo en Tierra	Tipo II

Tabla 3.2.1 Características del Área Urbanizada y del Área de Barrio y Rural

Título	PROPÓSITO	TIPO	Año	Fuente
Mapa Base	General	Datos GIS	2000	HIDROCAPITAL
	Número de edificaciones			
Área de Manzana	Unidad analizada para el área urbana	Datos GIS	2000	Departamento de Planificación, Alcaldía Mayor
Área de Barrios	Base del área de barrios	Datos GIS	2000	
DTM	Grado de pendiente	Datos GIS	2000	Equipo de Estudio JICA
Fotografías Aéreas	Área de barrios y áreas rurales	Fotos aéreas	2002	CGSB
	Número de edificaciones			
Censo 2001	Población	Base de datos	2003	INA
	Número de personas/familia			
Premio Nacional de Investigación en Vivienda 1993	Número de personas/edificación en el área de barrio	Documento	1993	CONAVI
Densificación y Vivienda en los Barrios Caraqueños				
Un Plan para los Barrios de Caracas	Número de personas/edificación en el área de barrio	Documento	1995	CONAVI
Premio Nacional de Investigación en Vivienda	Áreas de barrios			
Crónicas de Desastres del Terremoto en Cariaco, Venezuela	Número de personas fallecidas o heridas en el terremoto de Cariaco en 1997	Documento	1997	OPS, Organización Panamericana de la Salud
Dimensiones Sociales y Económicas de los Efectos del Terremoto en el Eje Cafetero. Diagnóstico de Reconstrucción	Número de personas fallecidas o heridas en el terremoto de Quindío en 1999	Documento	1999	DANE, Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Colombia
Informe Ingenieril del Terremoto de Caracas del 29 de Julio de 1967	Número de personas fallecidas en el terremoto de Caracas de 1967	Documento	1968	Sozen M. A., Jennings P. C., Matthiesen R. B., Housner G. W., Newmark N. M., Academia Nacional de Ciencias, Washington, D. C., EUA

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.2 Resumen de Datos Recopilados

	El Área de Estudio		
	Área Urbanizada	Área de Barrio y Rural	
Unidad de Área	"Manzana"	Áreas que contienen edificios agregados existentes	
Datos SIG	Existen	Existen	Creado por el Equipo de Estudio
Fuente	Secretaría de Planificación ADMC		Fotos aéreas 2002
Categoría de Edificio en una Unidad	Varias categorías	Categoría Individual (excepto fabricas y edificios altos)	
Estudio de Campo	Hecho	no	
Mapa de Trabajo a 1/5.000	Mapa de trabajo a 1/5.000 cubre el área completa	Mapa de trabajo a 1/5.000 no cubre el área completa	

Fuente: Equipo de Estudio de

Tabla 3.2.3 Categorías del Inventario de Edificios y la Función de Daños para el Barrio y el Área Rural

Inventario de Edificios		Función de Daños				
Área	Pendiente	No	Estructura	Pisos	Año Const.	Pendiente
Barrios	Menos 20 grados	16	INFORMAL (Barrio)	N. A.	N. A.	Menos 20 grados
	Más de 20 grados	18	INFORMAL (Barrio)	N. A.	N. A.	Más de 20 grados
Edificios Rurales Bajos	Menos 20 grados	15	INFORMAL (Rural)	N. A.	N. A.	Menos 20 grados
	Más de 20 grados	17	INFORMAL (Rural)	N. A.	N. A.	Más de 20 grados
Fabrica Rural	N. A.	12	ACERO	1-2F	N. A.	N.A.
Edificios Rurales Altos	N. A.	7	RC-MOMENT FRAME	9F-	82-	N.A.

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 3.2.4 Resultado de la Inspección de

la Muestra de Campo

(Resumida por Tipo, Pisos y Año de Construcción)

Tipo	Pisos		Año		Cant.
	Categoría	%	Categoría	%	
Adobe	1-3	0.5%	- '67	0.5%	5
Ladrillo	1-3	13.2%	- '67	12.8%	128
			'68 - '82	0.4%	4
	4-8	0.5%	- '67	0.5%	5
CR			- '67	29.8%	299
	1-3	65.1%	'68 - '82	28.4%	285
			'83 -	6.9%	69
	4-8	12.2%	- '67	5.9%	59
			'68 - '82	4.6%	46
Acero			'83 -	1.7%	17
	9-	4.7%	- '67	1.1%	11
			'68 - '82	2.5%	25
	1-3	3.9%	'83 -	1.1%	11
			- '67	1.0%	10
Total	---	100.0%	'68 - '82	1.6%	16
			'83 -	1.3%	13
			---	100.0%	1003

Tabla 3.2.5 Resultado de la Inspección de

la Muestra de Campo

(Resumida por las Categorías Propuestas de la Función de Daño)

Tipo		Pisos		Año		Cant.
Categoría	%	Categoría	%	Categoría	%	
Mampostería	14.2%	1-3	14.2%	- '67	14.2%	142
CR - Marco Momento	82.0%	1-3	65.1%	- '67	29.8%	299
				'68 - '82	28.4%	285
				'83 -	6.9%	69
		4-8	12.2%	- '67	5.9%	59
				'68 - '82	4.6%	46
Acero	3.9%			'83 -	1.7%	17
		9-	4.7%	- '67	1.1%	11
		1-3	3.9%	'68 - '82	2.5%	25
				'83 -	1.1%	11
				---	---	39
Total	100.0%	---	100.0%	---	96.1%	1003

Tabla 3.2.6 Número de Edificaciones Contabilizadas de las Unidades de Vulnerabilidad Analizadas

	Física UVA	Social UVA	Ubicación	Número de Edificios
En el Proyecto Ávila	0	N.A.	----	----
	1	1	Altamira	3.535
	2	2	Caracas Country Club	895
	3	3	Candelaria	10.813
	4	4	California	2.989
	5	5	El Bosque	2.937
	6	6	Bello Campo	7.059
	7	7	La Urbina	2.267
	8	2	San Bernardino y El Rosario	3.598
	9	N.A.	Los Ruices	2.457
	10	12	Catía y Sarria	10.957
	11	8	23 de Enero y Pedro Camejo	2.694
	12	N.A.	A.V. Coromoto	166
Fuera del Proyecto Ávila	101	12	Gramoven	9.620
	102	8	La Silsa	187
	103	10	Artigas	5.903
	104	3	San Juan	1.320
	105	2	Paraíso y Washington	2.457
	106	13	La Vega	2.788
	107	7	Montalbán	1.116
	108	12	Antímano	469
	109	9	SAMBIL	3.081
	110	3	Los Carmenes	7.382
	111	9	Coche y EL Valle	3.656
	112	10 y 5	Las Acacias y Santa Mónica	4.877
	113	4	El Llanito	3.223
	114	7	Palo Verde	769
	115	7	Terrazas del Ávila	177
	116	N.A.	Miranda	484
	201	N.A.	Petare	361
Total				98.237

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.7 Los Resultados de Inspección de Muestra en Campo

(Resumido por Categoría de Cuantificación de Daño y UVA, Número de Muestra)

No	Type	Story	Year	nos	1	2	3	16	4	5	6	7	8	9	10	11	12	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
1		1-3F	'67	299	1	3	16	17	2	22	1	14	4	31	6			40	10	16	8	11	28		1		50	2	15				
2		1-3	'68-'82	285	18	1	12	10	3	21	6	27	6	27	6			17	3	7			4	3	2	2	27	22	11	26			
3		1-3	'83 -	69	2		10				2	4	5	16	3			9							3	1	2	2		2	4		
4		4-8F	'67	59	2		10		7	7	1	1	4	1	1	1		7	1				1		1		6	2	6	1			
5	RC	4-8	'68-'82	46	4		5	1	3	1	3	1	2	1	4	2			3	1	1	1		2		3	2	5	3	1			
6		4-8	'83 -	17	3		1				2		1					1															
7		9F-	'67	11			6											1															
8		9-	'68-'82	25	2		4		1	1	1	1				1	2	1		1	2	2				1		2	1	1			
9		9-	'83 -	11									3	1																			
14	Steel	1-3F		39	1	0	5	2	1	4	1	3	5	2	1	2	0	0	7	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	2	
16	Memory	1-3F		142	2	3	44	0	10	10	2	5	1	18	2	0	17	5	5	1	0	0	1	0	0	0	11	0	5	0	0	0	
Total					1003	35	7	113	30	28	71	21	40	26	98	23	6	118	16	49	16	21	29	8	11	7	98	36	44	31	10	2	9

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.8 Los Resultados de Inspección de Muestra en Campo

(Resumido por Categoría de Cuantificación de Daños y UVA, Proporción %)

No	Type	Story	Year	nos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	
1		1-3F	- '67	299	2.9%	42.9%	14.2%	56.7%	7.1%	31.0%	4.8%	35.0%	15.4%	31.6%	26.1%	0.0%	33.9%	62.5%	32.7%	50.0%	52.4%	86.0%	0.0%	9.1%	0.0%	51.0%	5.6%	34.1%	0.0%	0.0%	11.1%		
2		1-3	'68-'82	285	51.4%	14.3%	10.6%	33.3%	10.7%	29.6%	47.6%	17.5%	23.1%	27.6%	26.1%	0.0%	33.9%	0.0%	34.7%	18.8%	33.3%	0.0%	50.0%	27.3%	28.6%	27.6%	61.1%	25.0%	83.9%	0.0%	0.0%	22.2%	
3		1-3	'83 -	69	5.7%	0.0%	8.8%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	10.0%	19.2%	16.3%	13.0%	0.0%	7.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	14.3%	2.0%	5.6%	4.5%	6.5%	40.0%	0.0%	22.2%	
4		4-8F	- '67	59	5.7%	0.0%	8.8%	0.0%	25.0%	9.9%	4.8%	10.0%	3.8%	1.0%	4.3%	0.0%	5.9%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	9.1%	0.0%	6.1%	5.6%	13.6%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	
5	RC	4-8	'68-'82	46	11.4%	0.0%	4.4%	3.3%	10.7%	1.4%	9.5%	2.5%	15.4%	0.0%	8.7%	0.0%	1.7%	0.0%	6.1%	6.3%	4.8%	0.0%	25.0%	0.0%	42.9%	2.0%	13.9%	6.8%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	
6		4-8	'83 -	17	8.6%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	2.5%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	20.0%	0.0%	33.3%			
7		9F-	- '67	11	0.0%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.3%	0.0%	33.3%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
8		9-	'68-'82	25	5.7%	0.0%	3.5%	0.0%	3.6%	1.4%	4.8%	0.0%	0.0%	1.0%	4.3%	0.0%	0.8%	0.0%	2.0%	12.5%	9.5%	0.0%	12.5%	0.0%	14.3%	0.0%	5.6%	2.3%	10.0%	10.0%	0.0%	0.0%	
9		9-	'83 -	11	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	0.0%	14.3%	2.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	0.0%	0.0%	30.0%	100.0%	0.0%	0.0%	
14	Steel	1-3F		39	2.9%	0.0%	4.4%	0.0%	6.7%	5.6%	4.8%	7.5%	19.2%	2.0%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%	14.3%	6.3%	0.0%	0.0%	0.0%	27.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
16	Memory	1-3F		142	5.7%	42.9%	38.9%	0.0%	35.7%	14.1%	9.5%	12.5%	3.8%	18.4%	8.7%	0.0%	14.4%	31.3%	10.2%	6.3%	0.0%	12.5%	0.0%	12.5%	0.0%	11.2%	0.0%	11.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
Total					1003	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.9 Número de Edificios en los Barrios y en el Área Rural Dentro del Área del Mapa de Trabajo de 1/5.000

Angulo de Pendiente	Barrio	Rural	Fabrica Rural	Edif. Rural Alto	Total	%
Más de 20 grados	78.101	5.179	76	28	83.384	47,4
Menos de 20 grados	85.024	7.384	273	32	92.713	52,6
Total	163.125	12.563	349	60	176.097	100,0
%	92,6	7,1	0,2	0,03	100,0	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.10 Número de Edificios en los Barrios y en el Área Rural Fuera del Área del Mapa de Trabajo de 1/5.000

Angulo de Pendiente	Barrio	Rural	Fabrica Rural	Edif. Rural Alto	Total	%
Más de 20 grados	261	5.887	4	81	6.233	36,7
Menos de 20 grados	702	9.306	34	722	10.764	63,3
Total	963	15.193	38	803	16.998	100,0
%	5,7	89,4	0,2	0,0	100,0	

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.11 Resumen de la Información Requerida Para el Cálculo de Daño Humano

Tipo	Pisos	Información Requerida	
RC MOMENT- FRAME	Medio y Alto	N. A.	
	bajo	Personas/Casa	4.5
INFORMAL	N. A.		

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.12 Número de Casas y Personas que Moran en Ellas

	Número de casas	Número de personas	Personas/Casa
Libertador	209,610	939,113	4.5
Sucre	68,033	302,630	4.4
Chacao	1,268	6,249	4.9
Total	278,911	1,247,982	4.5

Fuente: Censo 2001, INE

Tabla 3.2.13 Categorías de Edificios según la Función de Daños Utilizadas en este Estudio

Tipo	Estructura	No. Pisos	Año	Pendiente
1	CR – MOMENT FRAME	1-3	-67	---
2			68 – 82	
3			83-	
4		4-8	-67	
5			68 – 82	
6			83-	
7		9 -	-67	
8			68 – 82	
9			83-	
10	CR – SHEAR WALL	4-8	---	---
11		9-		
12	PRECOLADO	1-2	---	---
13		9-		
14	ACERO	1-3	---	---
15		4-		
16	MAMPOSTERIA/ LADRILLO	---	---	---
17	INFORMAL (Rural)	---	---	Más de 20°
18	INFORMAL (Barrio)	---	---	
19	INFORMAL (Rural)	---	---	Menos de 20°
20	INFORMAL (Barrio)	---	---	

Tabla 3.2.14 El Factor del Peso de la Clase de la Vulnerabilidad para la Tipología Estructural

Tipo	A	B	C	D	E	F
1	0.05	0.20	0.40	0.35		
2		0.15	0.35	0.45	0.05	
3		0.05	0.25	0.55	0.15	
4	0.05	0.25	0.50	0.20		
5		0.05	0.30	0.45	0.20	
6		0.01	0.14	0.40	0.35	0.10
7	0.05	0.40	0.45	0.10		
8		0.10	0.35	0.45	0.10	
9		0.05	0.20	0.40	0.30	0.05
10			0.30	0.50	0.20	
11		0.05	0.30	0.50	0.15	
12		0.05	0.30	0.55	0.10	
13	0.05	0.40	0.45	0.10		
14		0.05	0.10	0.50	0.35	
15			0.15	0.35	0.45	0.05
16	0.05	0.30	0.60	0.05		
17	0.25	0.60	0.15			
18	0.40	0.55	0.05			
19	0.40	0.60				
20	0.60	0.40				

Tabla 3.2.15 Estadísticas de Daños Humanos y Edificios del Terremoto de Cariaco

Municipios	Edificios Dañados				Víctimas	
	FUNREVI		FUNDOSOES		Muertes	Heridos
	Moderado	Severo	Moderado	Severo		
Ribero	687	799	1141	1308	35	360
Sucre	168	100	757	214	33	20
Andres E.. Blanco	699	133	90	130	1	65
Andres Mata	777	733	711	745	4	35
Mejias	140	36	35	57		12
Bolivar	119	10	625	76		29
Benitez	322	96	328	181		7
Marino	1	2	16	7		
Montes	22	3	52	16		
Bermudez	86	22	38	85		
Arismendi	576	50	33	5		
Valdez	25	10	19	9		
Cruz Salmeron	35	13	267	69		
Total	3657	2007	4112	2902	73	528

Fuente: Crónicas de Desastres Terremoto de Cariaco, Venezuela, 1997, PAHO

Tabla 3.2.16 El Número de Muertos y Número de Edificaciones Dañadas Severamente Durante el Terremoto de Quindío, Colombia 1999

Municipio	Población	Muertos	Afetados Primarios	Edificaciones	Cantidad de Daños			Daños Severos
					Totalmente	Inhabitable	Parcial	
Chinchina	71.621	1	200	207	21	24	154	45
Armenia	280.922	929	90.534	49.163	11.163	10.380	19.734	21.543
Buenavista	5.194	2	383	218	37	58	117	95
Calarca	74.409	84	21.591	10.558	2.200	2.632	4.990	4.832
Circasia	26.422	8	2.483	1.510	240	312	809	552
Córdoba	6.951	2	1.410	594	204	130	219	334
Filandia	14.260	0	561	553	30	83	424	113
Génova	12.131	4	9	113	1	1	104	2
La Tebaida	27.527	59	10.562	5.129	1.806	736	1.902	2.542
Montenegro	41.040	11	5.041	2.550	364	689	1.261	1.053
Pijao	9.777	4	2.287	1.351	235	349	607	584
Quimbaya	40.070	7	2.484	2.021	160	348	1.357	508
Salento	8.609	0	325	308	18	56	211	74
Pereira	438.290	61	10.978	9.391	761	1.700	6.275	2.461
Desquebradas	172.831	6	1.219	1.126	65	199	783	264
Marsella	22.959	0	158	214	5	27	173	32
Santa Rosa de Cabal	73.947	1	270	293	30	33	210	63
Cajamarca	20.856	3	1.372	1.369	83	212	1.050	295
Roncesvalles	8.528	0	40	58	0	7	49	7
Alcala	10.184	0	203	390	24	16	334	40
Argelia	9.555	0	101	73	9	12	51	21
Bolívar	20.138	0	32	84	1	3	79	4
Caicedonia	47.353	2	1.173	1.321	46	233	985	279
La Victoria	16.810	0	244	272	16	39	215	55
Obando	16.762	0	95	422	6	14	393	20
Sevilla	62.396	1	461	853	21	84	712	105
Ulloa	6.671	0	181	333	6	43	278	49
TOTAL	1.546.213	1.185	160.397	90.474	17.552	18.420	43.476	35.972

Tabla 3.2.17 Número de Muertos y Heridos Durante el Terremoto de Quindio (1999, Colombia)

Departamento	Muertos	Heridos
Caldas	1	8
Quindio	1.110	7.166
Risaralda	70	1.218
Tolima	3	23
Valle de Cauca	3	108
Total	1.187	8.523

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.2.18 Resumen de la Cuantificación del Número de Edificios

PARROQUIA	Número de Edificaciones				
	Urbana -3F	Urbana 4F-	Total Urbana	Barrio y Rural	Total
23 DE ENERO	486	102	588	5,319	5,907
ALTAGRACIA	1,386	415	1,801	265	2,066
ANTIMANO	617	65	681	21,277	21,958
CARICUAO	805	1,129	1,934	9,240	11,174
CATEDRAL	544	160	704	2	706
CAUCAGUITA	0	440	440	7,093	7,533
CHACAO	4,703	1,547	6,250	274	6,524
COCHE	1,426	597	2,023	4,080	6,103
EL CAFETAL	2	0	2	0	2
EL JUNQUITO	0	105	105	10,279	10,384
EL PARAÍSO	4,587	576	5,163	4,454	9,617
EL RECREO	5,729	1,703	7,432	2,156	9,588
EL VALLE	693	266	959	16,913	17,872
FILA DE MARICHE	0	90	90	5,036	5,126
LA CANDELARIA	1,492	301	1,793	108	1,901
LA DOLORITA	0	529	529	9,128	9,657
LA PASTORA	3,514	465	3,979	7,352	11,331
LA VEGA	1,482	505	1,986	14,223	16,209
LEONCIO MARTÍNEZ	5,054	1,115	6,169	597	6,766
MACARAO	306	445	752	8,101	8,853
NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO DE BARUTA	40	13	53	0	53
PETARE	8,236	2,372	10,608	36,213	46,821
SAN AGUSTÍN	1,122	317	1,440	3,197	4,637
SAN BERNARDINO	1,609	345	1,954	632	2,586
SAN JOSÉ	767	226	993	1,633	2,626
SAN JUAN	1,967	274	2,241	9,369	11,610
SAN PEDRO	3,562	1,183	4,746	429	5,175
SANTA ROSALÍA	4,704	540	5,244	11,332	16,576
SANTA TERESA	657	196	853	0	853
SUCRE	10,777	1,215	11,992	42,456	54,448
Total	66,265	17,234	83,499	231,158	314,657

Tabla 3.2.19 Resumen del Resultado de la Cuantificación de Daños

Caso 1967

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	849	8.5	19	3.2	144	3.3
Urbana 4P-	17,234	5.5	170	1.7	170	28.2	1,225	28.4
Urbana Suma	83,499	26.5	1,019	10.2	189	31.4	1,369	31.8
Barrio y Rural	231,158	73.5	9,001	89.8	413	68.6	2,937	68.2
Total	314,657	100.0	10,020	100.0	602	100.0	4,306	100.0

Caso 1812

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	2,656	8.2	85	3.4	619	3.5
Urbana 4P-	17,234	5.5	533	1.6	529	21.0	3,775	21.4
Urbana Suma	83,499	26.5	3,189	9.8	614	24.3	4,394	24.9
Barrio y Rural	231,158	73.5	29,217	90.2	1,910	75.7	13,226	75.1
Total	314,657	100.0	32,406	100.0	2,524	100.0	17,620	100.0

Caso 1878

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	74	4.1	0	0.0	0	0.0
Urbana 4P-	17,234	5.5	15	0.8	15	24.2	90	19.8
Urbana Suma	83,499	26.5	89	4.9	15	24.2	90	19.8
Barrio y Rural	231,158	73.5	1,713	95.1	47	75.8	365	80.2
Total	314,657	100.0	1,802	100.0	62	100.0	456	100.0

Caso Ávila

	Número de Edif.		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3P	66,265	21.1	2,758	10.2	89	4.1	658	4.3
Urbana 4P-	17,234	5.5	604	2.2	603	28.1	4,310	28.3
Urbana Suma	83,499	26.5	3,361	12.4	692	32.2	4,968	32.7
Barrio y Rural	231,158	73.5	23,696	87.6	1,455	67.8	10,240	67.3
Total	314,657	100.0	27,057	100.0	2,147	100.0	15,208	100.0

Tabla 3.2.20 Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso 1967

Municipio	PARROQUIA	Urbana 4F-			Urbana 3F-			Barrio y Rural			Suma		
		Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos
Liberador	23 DE ENERO	1	1	0	3	0	0	220	7	51	224	8	51
	ALTAGRACIA	9	9	66	32	1	9	27	0	0	68	10	76
	ANTIMANO	1	1	0	5	0	0	982	49	347	987	50	347
	CARICUJO	1	1	9	1	0	0	240	8	58	242	9	67
	CATEDRAL	3	3	26	12	0	0	0	0	0	16	3	26
	COCHE	2	2	18	6	0	0	132	4	30	141	6	47
	EL JUNQUITO	1	1	8	0	0	0	346	13	94	347	14	102
	EL PARAISO	4	4	32	77	2	18	235	8	58	316	14	108
	EL RECREO	30	30	218	112	3	27	226	7	51	368	40	296
	EL VALLE	1	1	10	4	0	0	695	32	228	701	33	238
	LA CANDELARIA	9	9	67	40	1	9	7	0	0	56	10	76
	LA PASTORA	6	6	43	34	1	9	439	17	123	479	24	175
	LA VEGA	3	3	25	19	0	0	499	21	151	521	24	176
	MACARAO	1	1	0	0	0	0	216	7	51	218	8	51
	SAN AGUSTIN	6	6	47	26	0	0	192	6	44	224	12	91
	SAN BERNARDINO	6	6	48	32	1	9	79	2	15	117	9	72
	SAN JOSE	7	7	48	24	0	0	156	5	37	186	12	85
	SAN JUAN	4	4	29	42	1	9	482	20	144	528	25	182
	SAN PEDRO	13	13	96	44	1	9	17	0	0	75	14	105
	SANTA ROSALIA	8	8	57	53	1	9	454	18	130	515	27	196
	SANTA TERESA	5	5	41	20	0	0	0	0	0	25	5	41
	SUCRE	12	12	85	94	3	0	2,224	142	987	2,329	157	1,072
Sub-total		133	133	971	680	15	108	7,869	366	2,600	8,682	514	3,679
Chacao	CHACAO	15	15	109	70	2	18	22	0	0	107	17	127
Sucre	CAUCAGUITA	1	1	0	0	0	0	92	2	15	93	3	15
	FILA DE MARICHE	0	0	0	0	0	0	39	1	8	39	1	8
	LA DOLORITA	2	2	13	0	0	0	120	3	22	122	5	35
	PETARE	6	6	41	41	1	9	827	40	284	874	47	334
	LEONCIO MARTINEZ	13	13	92	58	1	9	31	1	8	102	15	108
Sub-total		22	22	145	99	2	18	1,110	47	337	1,230	71	500
Sum		170	170	1,225	849	19	144	9,001	413	2,937	10,020	602	4,306

Tabla 3.2.21 Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso 1812

Municipio	PARROQUIA	Urbana 4F-				Urbana 3F-				Barrio y Rural				Suma		
		Edif. Dañadas	Muertos	Heridos		Edif. Dañadas	Muertos	Heridos		Edif. Dañadas	Muertos	Heridos		Edif. Dañadas	Muertos	Heridos
Libertador	23 DE ENERO	2	2	15			12	0	0	724	32	229		738	34	244
	ALTAGRACIA	39	39	277			140	4	30	93	2	15		273	45	322
	ANTIMANO	5	5	37			33	1	8	4,251	322	2,211		4,289	328	2,256
	CARICUAO	6	6	44			6	0	0	660	29	208		673	35	252
	CATEDRAL	8	8	58			28	1	8	0	0	0		36	9	66
	COCHE	22	22	158			60	1	8	636	27	194		718	50	359
	EL JUNQUITO	4	4	30			0	0	0	1,217	63	445		1,221	67	475
	EL PARAISO	14	14	101			229	8	59	635	27	194		878	49	354
	EL RECREO	83	83	581			302	12	88	491	19	137		876	114	807
	EL VALLE	9	9	66			28	1	8	2,670	176	1,221		2,708	186	1,295
	LA CANDELARIA	16	16	115			90	2	15	17	0	0		123	18	131
	LA PASTORA	42	42	298			207	7	52	1,843	109	763		2,092	158	1,113
	LA VEGA	11	11	80			55	1	8	1,474	81	570		1,540	93	657
	MACARAO	2	2	15			2	0	0	569	24	173		573	26	187
	SAN AGUSTIN	21	21	151			86	2	15	464	18	130		571	41	296
	SAN BERNARDINO	16	16	115			80	2	15	185	5	37		281	23	167
Chacao	SAN JOSE	13	13	94			46	1	8	551	23	165		611	37	267
	SAN JUAN	11	11	80			120	3	23	1,491	83	584		1,622	97	686
	SAN PEDRO	50	50	353			168	5	37	40	1	8		258	56	398
	SANTA ROSALIA	26	26	186			211	7	52	1,556	87	611		1,793	120	849
	SANTA TERESA	12	12	87			43	1	8	0	0	0		55	13	95
	SUCRE	45	45	319			356	14	103	7,525	677	4,588		7,925	736	5,010
	Sub-total	459	459	3,258			2,301	73	544	27,095	1,805	12,483		29,855	2,335	16,284
	CHACAO	29	29	207			118	3	23	37	1	8		184	33	237
	CAUCAGUITA	2	2	15			0	0	0	150	4	30		153	6	45
	FLA DE MARICHE	0	0	0			0	0	0	51	1	8		52	1	8
	LA DOLORITA	3	3	22			0	0	0	219	7	51		222	10	74
	PETARE	16	16	115			134	4	30	1,588	90	632		1,738	110	777
	LEONCIO MARTINEZ	22	22	158			103	3	23	76	2	15		202	27	195
	Sub-total	45	45	310			237	7	53	2,085	104	736		2,367	154	1,099
	Sum	533	533	3,775			2,656	85	619	29,217	1,910	13,226		32,406	2,528	17,620
Sucre	Sub-total	459	459	3,258			2,301	73	544	27,095	1,805	12,483		29,855	2,335	16,284
	CHACAO	29	29	207			118	3	23	37	1	8		184	33	237
Sucre	CAUCAGUITA	2	2	15			0	0	0	150	4	30		153	6	45
	FLA DE MARICHE	0	0	0			0	0	0	51	1	8		52	1	8
Sucre	LA DOLORITA	3	3	22			0	0	0	219	7	51		222	10	74
	PETARE	16	16	115			134	4	30	1,588	90	632		1,738	110	777
Sucre	LEONCIO MARTINEZ	22	22	158			103	3	23	76	2	15		202	27	195
	Sub-total	45	45	310			237	7	53	2,085	104	736		2,367	154	1,099
	Sum	533	533	3,775			2,656	85	619	29,217	1,910	13,226		32,406	2,528	17,620

Tabla 3.2.22 Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso 1878

Municipio	PARROQUIA	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos
Libertador	23 DE ENERO	0	0	0	0	0	0	15	0	0	15	0	0
	ALTAGRACIA	0	0	0	0	1	0	2	0	0	3	0	0
	ANTIMANO	0	0	0	0	1	0	206	6	47	207	6	47
	CARICUAO	0	0	0	0	0	0	68	2	16	68	2	16
	CATEDRAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	COCHE	1	1	10	2	0	0	72	2	16	75	3	26
	EL JUNQUITO	0	0	0	0	0	0	22	0	0	22	0	0
	EL PARAISO	0	0	0	5	0	0	31	1	8	36	1	8
	EL RECREO	3	3	22	8	0	0	24	0	0	35	3	22
	EL VALLE	0	0	0	1	0	0	227	7	54	229	7	54
	LA CANDELARIA	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0
	LA PASTORA	0	0	0	2	0	0	28	0	0	30	0	0
	LA VEGA	0	0	0	1	0	0	97	2	16	98	2	16
	MACARAO	0	0	0	0	0	0	70	2	16	70	2	16
	SAN AGUSTIN	1	1	0	3	0	0	32	1	8	35	2	8
	SAN BERNARDINO	0	0	0	1	0	0	5	0	0	6	0	0
	SAN JOSE	0	0	0	1	0	0	12	0	0	12	0	0
	SAN JUAN	0	0	0	2	0	0	47	1	8	49	1	8
	SAN PEDRO	2	2	18	7	0	0	3	0	0	12	2	18
	SANTA ROSALIA	1	1	0	7	0	0	99	2	16	108	3	16
	SANTA TERESA	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	SUCRE	0	0	0	3	0	0	63	1	8	66	1	8
Chacao	Sub-total	8	8	50	48	0	0	1,123	27	212	1,183	35	260
	CHACAO	1	1	9	3	0	0	2	0	0	7	1	9
Sucre	CAUCAGUITA	1	1	0	0	0	0	44	1	8	45	2	8
	FILA DE MARICHE	0	0	0	0	0	0	50	1	8	51	1	8
	LA DOLORITA	1	1	0	0	0	0	71	2	16	71	3	16
	PETARE	3	3	23	18	0	0	411	16	122	432	19	145
	LEONCIO MARTINEZ	1	1	10	5	0	0	12	0	0	18	1	10
	Sub-total	6	6	32	23	0	0	588	20	154	616	26	186
Sum		15	15	90	74	0	0	1,713	47	365	1,802	62	455

Table 3.2.23 Resultados de la Cuantificación de Daños para el Caso Ávila

Municipio	PARROQUIA	Urbana 4F-			Urbana 3F-			Barrio y Rural			Suma		
		Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos	Edif. Dañadas	Muertos	Heridos
Libertador	23 DE ENERO	2	2	16		11	0	0	650	29	210	663	31
	ALTAGRACIA	31	31	225		111	3	22	75	2	15	217	36
	ANTIMANO	1	1	9		8	0	0	1,192	63	450	1,201	64
	CARICUAO	1	1	0		1	0	0	124	3	23	125	4
	CATEDRAL	8	8	59		29	1	8	0	0	0	37	9
	COCHE	8	8	57		21	0	0	296	10	74	325	18
	EL JUNQUITO	1	1	0		0	0	0	173	5	37	174	6
	EL PARAISO	7	7	50		117	3	22	503	20	146	626	30
	EL RECREO	102	102	715		374	15	108	582	25	181	1,057	142
	EL VALLE	5	5	37		15	0	0	2,168	136	958	2,188	141
	LA CANDELARIA	22	22	156		110	3	22	19	0	0	151	25
	LA PASTORA	27	27	196		152	5	37	1,400	77	548	1,580	109
	LA VEGA	4	4	33		34	1	8	774	36	260	813	41
	MAGARAO	0	0	0		0	0	0	74	2	15	74	2
	SAN AGUSTIN	19	19	139		78	2	15	553	23	167	650	44
	SAN BERNARDINO	20	20	144		99	3	22	200	6	45	319	29
	SAN JOSE	16	16	119		59	1	8	473	19	139	548	36
	SAN JUAN	9	9	68		89	2	15	1,279	69	492	1,377	80
	SAN PEDRO	46	46	327		155	5	37	54	1	8	255	52
	SANTA ROSALIA	24	24	172		193	6	44	1,604	92	653	1,821	122
	SANTA TERESA	12	12	86		42	1	8	0	0	0	54	13
	SUCRE	23	23	166		224	8	58	2,956	204	1,427	3,203	235
Chacao	Sub-total	388	388	2,776		1,920	59	433	15,151	822	5,847	17,460	1,269
Sucre	CHACAO	58	58	413		247	9	65	65	1	8	370	68
	CAUCAGUITA	17	17	122		0	0	0	1,006	50	359	1,023	67
	FILA DE MARICHE	2	2	15		0	0	0	211	7	52	213	9
	LA DOLORITA	21	21	149		0	0	0	1,066	54	387	1,087	75
	PETARE	59	59	420		317	12	87	6,031	516	3,551	6,408	587
	LEONCIO MARTINEZ	58	58	415		273	10	73	166	5	37	497	73
	Sub-total	157	157	1,121		590	22	159	8,480	632	4,386	9,228	811
	Sum	604	603	4,310		2,758	89	658	23,696	1,455	10,240	27,057	2,147
													15,208

Tabla 3.3.1 Desglose del Examen Visual Rápido en 32 Edificios Importantes

Uso del Edificio	Edificio Gubernamental: 9 edificios	Escuela: 8 edificios	Hospitales: 5 edificios
	Servicio de Emergencia: 5 edificios	Comercio: 3 edificios	Estadio: 2 edificios
Año de Construcción	Antes de 1955: 10 (31%)	1956 ~ 1967: 5 (16%)	1968 ~ 1982: 8 (25%)
	Después de 1982: 6 (19%)	Desconocido: 3 (9%)	-
Tipo de Estructura	Estructura de CR: 24 (75 %)	Pared de CR Sear: 1 (3 %)	-
	Estructura de Acero: 4 (13 %)	Ladrillo: 3 (9 %)	-

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.3.2 Resultado de EVR: Número de Edificios Requiriendo Evaluación Sísmica

Evaluación sísmica no Requerida = OK: 13 edificios (40 %)			
Evaluación Sísmica Requerida: 19 edificios (60 %)			
Uso del Edificio	Edificio gubernamental 5/ 9	Escuela: 7/ 8	Hospital: 3/ 5
	Servicio de emergencia: 2/ 5	Comercio: 1/ 3	Estadio: 1/ 2
Año de Construcción	Antes de 1955: 9/ 10	1956~67: 5/ 5	1968~ 82: 4/ 8
	Después de 1982: 0/ 6	Desconocido: 1/ 3	-
Tipo de Estructura	Estructura de CR: 16/ 24	Pared de CR Sear: 1/ 1	-
	Estructura de Acero0/ 4	Ladrillo: 2/ 3	-

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.4.1 Escenarios de Terremoto y sus Parámetros

Escenario	Mw	Profundidad Sismogénica	Largo de la Falla	Mecanismo	Sistema de Fallas
1967	6,6	5 Km	42 Km	Transcurrente	San Sebastián
1812	7,1	5 Km	105 Km	Transcurrente	San Sebastián

Tabla 3.4.2 Evaluación de Estabilidad de Puentes

Estabilidad	Puntuación Total
Riesgo sísmico alto	$S > 30$
Riesgo sísmico medio	$26 < S < 30$
Riesgo sísmico bajo	$S < 26$

Tabla 3.4.3 Factor de Evaluación de Daño Sísmico

Aspecto	Categoría		Puntuación	Nota
(1) Tipo de Terreno	Duro		0,5	La clasificación del terreno depende de la división de “Diseño de Puentes Viales para Indicador de Sismo Resistencia”
	Medio		1,0	
	Blando		1,5	
	Muy Blando		1,8	
(2) Licuefacción	Ninguna		1,0	Depende de la Fórmula para “Diseño de Puentes Viales”
	Posible		1,5	
	Probable		2,0	
(3) Tipo de Viga	Arco / Marco Rígido		1,0	
	Continuo		2,0	
	Simple / Gelber		3,0	
(4) Soporte	Conector		0,6	F: Soporte fijo M: Soporte movable
	F M		1,0	
	M M		1,15	
(5) Altura Máxima del Empalme / Pilar	= 5m		1,0	Altura es el valor máximo desde el nivel del terreno
	5m ~ 10m		Valor Interpolado	
	=10		1,7	
(6) Número de Tramos	=1		1,0	
	=2		1,75	
(7) Largo del Asiento del Puente	Largo (A/S= 1)		0,8	A= (Largo del asiento) cm S=(70+0,5L) cm L= (Largo del tramo) m Tipo de Terreno muy blando D=A/70 Otros tipos de terreno D=A/60
	Corto (A/S < 1)		1,2	
	Soporte Gelber en Pilar	D = 1	0,8	
		D < 1	1,2	
(8) Escala de Intensidad del Terremoto	5*	120~209 gal	1,0	Asterisco * significa intensidad sísmica en Japón
	5,5*	210~349 gal		
	6*	350~699 gal	1,7	
	6,5*	700~1299 gal	3,0	
	7*	1300~3299 gal		
	(9) Tipo de Fundación	Excluyendo Pila doblada		
Pila doblada		1,4		
(10) Material del Empalme / Pilar	Ladrillos / Concreto Simple		1,4	
	Otros		1,0	
Puntuación Total	=(1)x(2)x(3)x(4)x(5)x(6)x(7)x(8)x(9)x(10)			

Tabla 3.4.4 Daño Sísmico de Viaductos en Autopistas

Intensidad del Terremoto	Colapsados	Daño de Asiento de Soporte	Daño del Pilar	Extensión del Viaducto (Km.)	Tasa de Colapso (lugares/Km.)	Tasa de Daños (lugares/Km.)
7	19	-	1	18,8 Km.	1,010	0,053
6+	5	5	7	58,2 Km.	0,086	0,021
6-	1	1	4	347,3 Km.	0,003	0,014
Total	25	6	12	424,3 Km.	-	-

Nota: 6+ significa 6.0 = 6+ < 6.5 y 6-significa 5,5 = 6-<6.0

Tabla 3.4.5 Daño Sísmico a Puentes (Vías Ordinarias)

Intensidad del Terremoto	Colapsados	Desplazamiento de Viga y Pilar	Daño del Empalme y Asiento de Soporte	Daño del Pilar	Grietas en el Tronco del Pilar
7	1	-	-	1	-
6+	1	3	5	1	-
6-		-	6	4	2
Total	2	3	11	6	2

Nota: 6+ significa 6.0 = 6+ < 6.5 y 6-significa 5,5 = 6-<6.0

Tabla 3.4.6 Daño Sísmico a la Estructura del Metro en el Desastre de Hanshin/Awaji

Intensidad	Túnel Tipo Corte Abierto			Túnel de Montaña	Tipo Escudo
	Colapso de la Columna Media	Daño a Paredes Laterales	Otros	Daños al Lining	
7	Hanshin Railway: 344 piezas Kobe City Trans.: 457 piezas Kobe Express: 362 piezas Kobe Railway: 59 piezas Sanyo Railway: 36 piezas	Hanshin Railway: 365m Kobe Express: 595m Kobe Railway: 14m	-	Rokkou T. Higashiyama T. Kaishimoyama T	Sin Daños
6+	Sanyo Railway: 1 pieza	-	-		
6-	-	Kobe Railway: 84m	-	Kikusuiyama T Arima T. Gosha T. Kitakami T	

Tabla 3.4.7 Factores de Corrección para C_2 y C_3

Material	Factor de Corrección C_2	Factor de Corrección C_3	
		$C_3 < 75\text{mm}$	
Hierro Fundido Dúctil	0,3	$100\text{mm} < C_3 < 450\text{mm}$	2
		$500\text{mm} < C_3 < 900\text{mm}$	1,0
		$1000\text{mm} < C_3$	0,3
			0,15
Hierro Fundido	1,0	$C_3 < 75\text{mm}$	1,7
		$100\text{mm} < C_3 < 250\text{mm}$	1,2
		$300\text{mm} < C_3 < 900\text{mm}$	0,4
		$1000\text{mm} < C_3$	0,15
Acero Soldado	0,3	$C_3 < 75\text{mm}$	2,8
		$100\text{mm} < C_3 < 250\text{mm}$	1,4
		$300\text{mm} < C_3$	0,8
Cloro-etileno	1,5	$C_3 < 75\text{mm}$	1,0
		$100\text{mm} < C_3$	0,8
Asbestos	3,0	$C_3 < 75\text{mm}$	2,3
		$100\text{mm} < C_3 < 250\text{mm}$	0,9
		$300\text{mm} < C_3$	0,4

Tabla 3.4.8 Factor de Corrección por Licuación (C_1)

Potencial de Licuación	Factor de Corrección C_1
PL = 0	1,0
$0 < \text{PL} < 5$	1,2
$5 < \text{PL} < 15$	1,5
$15 < \text{PL}$	3,0

Tabla 3.4.9 Factor de Corrección por Licuación (C_1)

Potencial de Licuación	Factor de Corrección C_1
PL = 0	1,0
$0 < \text{PL} < 5$	1,2
$5 < \text{PL} < 15$	1,5
$15 < \text{PL}$	0,068

Tabla 3.4.10 Factor de Corrección por Material de Tubería (C₂)

Material de Tubería		Factor de Corrección (C ₂)
Media Presión	Acero	0,01
	Hierro Fundido	0,02
Baja Presión	Acero (soldado)	0,02
	Acero (atornillado)	1,00
	Acero (mecánico)	0,02
	Hierro Fundido Dúctil (junta 1)	0,46
	Hierro Fundido Dúctil (junta 2)	0,23
	Hierro Fundido Dúctil (tipo gas)	0,05
	Hierro Fundido Dúctil (tipo mecánico)	0,02
	Polietileno	0,00
	PVC	0,70

Tabla 3.4.11 Relación de Daño para Postes Eléctricos

Intensidad*	R(%)
Menos de 5	0,00
6	0,55

* Intensidad Sísmica en Japón

Tabla 3.4.12 Relación de Daño para Líneas Eléctricas

Intensidad*	R(%)
Menos de 5	0,00
6	0,30

* Intensidad Sísmica en Japón

Tabla 3.4.13 Factor de Corrección por Licuación

Valor PL	C1
PL=0	1,0
0 < PL <5	1,1
5 < PL <15	1,3
15 < PL	2,1

Tabla 3.4.14 Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo, Tipo de Daño y Relación de Daño del Área Metropolitana de Tokio.

Categoría de Instalaciones de Alto Riesgo	Tipo de Daño	PGA										
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
1. Tanque de Almacenamiento Grande de Líquidos Inflamables	1. Derrame pequeño del tanque o las juntas de las tuberías	4.10E-05	1.50E-04	4.90E-04	1.40E-03	3.30E-03	6.90E-03	1.30E-02	2.00E-02	3.00E-02	3.80E-02	4.70E-02
	2. Derrame continuo de cierto volumen	1.00E-05	3.80E-05	1.20E-04	3.40E-04	8.20E-04	1.70E-03	3.20E-03	4.90E-03	7.50E-03	9.40E-03	1.20E-02
	3. Derrame del dique de protección	2.40E-06	8.90E-06	2.90E-05	8.00E-05	1.90E-04	4.00E-04	7.40E-04	1.10E-03	1.70E-03	2.20E-03	2.80E-03
	4. Incendio del dique de protección	1.00E-06	3.80E-06	1.20E-05	3.40E-05	8.20E-05	1.70E-04	3.20E-04	4.90E-04	7.50E-04	9.40E-04	1.20E-04
	5. Gran incendio extendiéndose en el patio de tanques	2.40E-07	8.90E-07	2.90E-06	8.00E-06	1.90E-05	4.00E-05	7.40E-05	1.10E-04	1.70E-04	2.20E-04	2.80E-04
2. Tanques y Contenedores de Gases Inflamables	6. Fuga de junta de tubería al tanque (cierre de emergencia)	1.50E-05	4.20E-05	1.10E-04	2.50E-04	5.60E-04	1.10E-03	2.20E-03	3.70E-03	6.30E-03	9.50E-03	1.40E-02
	7. Fuga continua de cierto volumen (peligro de explosión)	3.80E-06	1.00E-05	2.70E-05	6.30E-05	1.40E-04	2.80E-04	5.40E-04	9.20E-04	1.60E-03	2.40E-03	3.50E-03
	8. Incendio de fuga de gas en el dique de contención	3.80E-07	1.00E-06	2.70E-06	6.30E-06	1.40E-05	2.80E-05	5.40E-05	9.20E-05	1.60E-04	2.40E-04	3.50E-04
	9. Explosión de fuga grande de gas.	3.80E-08	1.00E-07	2.70E-07	6.30E-07	1.40E-06	2.80E-06	5.40E-06	9.20E-06	1.60E-05	2.40E-05	3.50E-05
3. Tanques de Gases Tóxicos / Nitrógeno Líquido	10. Fuga de juntas de tubería o tanque	3.00E-06	8.40E-06	2.10E-05	5.10E-05	1.10E-04	2.30E-04	4.30E-04	7.40E-04	1.30E-03	1.90E-03	2.80E-03
	11. Fuga continua de cierto volumen (peligro ciudadano)	7.60E-08	2.10E-07	5.30E-07	1.30E-06	2.80E-06	5.70E-06	1.10E-05	1.80E-05	3.20E-05	4.70E-05	7.10E-05

Fuente: Relación de daño de instalaciones de alto riesgo en el Estudio de Micro Zonificación del Gobierno Metropolitano de Tokio.

Tabla 3.4.15 Lista de Puentes con Estimado de Riesgo A y B

Nivel de Riesgo	N° de Código	Nombre o Número de Puente	Nombre o N° de Vía	Nombre o Número de Vía/Río/Metro que cruza	Año de Construcción Antes del 87: 1 Desconocido : 2 Después del 87: 3
A	61	Dist. ciempiés, Pte. S/Autopista enlace Norte-Sur	Rampa de entrada Autopista del Este desde Chacao	Autopista Fco. Fajardo (2 vías)	1
	62	Dist. ciempiés, Pte. S/Autopista enlace Sudeste-Oeste	Salida a Autopista Fco. Fajardo sentido Oeste desde Autopista del Este	Salida a las Mercedes desde Chacao ida y vuelta (2 vías)	1
	63	Dist. ciempiés, Pte. S/Autopista enlace Sudeste-Este	Salida desde Autopista del Este hacia Chacao	Salida a las Mercedes desde Chacao ida y vuelta (2 vías)	1
	82	Dist. Baralt, Pte. Oeste	Entrada desde Av. Baralt hacia el Paraíso (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías) y Río Guaire	1
	83	Dist. Baralt, Pte. Este	Entrada desde la Av. Baralt hacia Autopista sentido Este (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías) y Río Guaire	1
	86	Dist. La Araña, Pte. Paraíso-Planicie	Salida desde Planicie dirección El paraíso (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos Sentidos (2 vías)	1
	87	Dist. La Araña, Pte. Caricuao-Paraíso	Vía Caricuao-Paraíso (1 vía)	Una (1 vía)	1
	88	Dist. La Araña, Pte. Paraíso- Qta. Crespo	Vía Qta. Crespo-Paraíso (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías)	1
	89	Dist. La Araña, Pte. Caricuao-Planicie	Vía Caricuao-Planicie (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías) y entrada a Barrio (1 vía)	1
	90	Dist. La Araña, Pte. Qta. Crespo-Planicie 1	Vía Qta Crespo-Planicie (1 vía)	Paralela una vía del Dist. La Araña	1
	91	Dist. La Araña, Pte. Qta. Crespo-Planicie 2	Vía Planicie-Qta Crespo (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías)	1
	92	Dist. La Araña, Pte. Planicie-Caricuao	Vía desde Planicie 1 hacia Caricuao (1 vía)	Paralela una vía del Dist. La Araña	2
	93	Dist. La Araña, Pte. Planicie 2-Qta. Crespo	Vía Planicie-Qta. Crespo (1 vía)	Autopista Fco. Fajardo ambos sentidos (2 vías)	1
	94	Dist. La Araña, Pte. Qta. Crespo-Paraíso	Vía Qta. Crespo-El Paraíso (1 vía)	Río Guaire	1

Nivel de Riesgo	N° de Código	Nombre o Número de Puente	Nombre o N° de Vía	Nombre o Número de Vía/Río/Metro que cruza	Año de Construcción Antes del 87: 1 Desconocido : 2 Después del 87: 3
	95	Dist. La Araña, Pte. Planicie 2-Caricuao	Vía Planicie-Caricuao (1 vía)	Paralela una vía del Dist. La Araña	1
B	15	Puente Santander (Puente Lara)	Avenida Santander	Autopista Fco. Fajardo, Río Guaire	1
	98	Pte. Ricardo Zuluaga	Vía Sta. Mónica-Los Chaguaramos ambos sentidos (2 vías)	Autopista Valle-Coche ambos sentidos (2 vías) y Río Guaire	1

Riesgo A: Riesgo Sísmico Alto

Riesgo B: Riesgo Sísmico Medio.

Tabla 3.4.16 Estimación de Daños a Puentes en Caso de un Terremoto como el de 1967

N° Cod	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	Punt. Total	N° Cod
	Tipo de Terreno	Licuefacción	Tipo de Viga	Tipo de soporte	Max. Altura de Emp/Pilar	Numero de Tramos	Ancho Min. de Asiento del Puente	PGA Intensidad Sísmica de Japón	Fundaciones	Material de Empalme y Pilar		
	Duro : 0.5	Ninguna : 1.0	Rígida : 1.0	Dispositivo conector de viga: 0.6 Fijoy Mov: 1.0 Mov y Mov: 1.15	Menos de 5 m: 1.0	Uno: 1.0	Ancho: 0.8	5* 120-209: 1.0	Pila Doblada: 1.4	Ladrillo: 1.4		
	Medio: 1.0	Posible: 1.5	Continua : 2.0		5 a 9.9 m: 1.35	Más de 2: 1.75	Angosto: 1.2	5.5* 210-349 : 1.7	Otras: 1.0	Otros: 1.0		
	Suave: 1.5	Probable: 2.0	Simple :3.0		Más de 10m: 1.7			6* 349-699: 2.4				
Muy Suave: 1.8							6.5* 700-1299: 3.0					
								7* 1300-3299: 3.5				
15	1.0	1.5	2.0	1.00	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	8.5	15
61	1.5	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	18.5	61
62	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	62
63	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	63
82	1.5	1.5	2.0	1.15	1.35	1.75	0.80	1.0	1.0	1.0	9.8	82
83	1.5	1.5	2.0	1.15	1.35	1.75	0.80	1.0	1.0	1.0	9.8	83
86	1.0	1.5	3.0	1.00	1.70	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	16.1	86
87	1.0	1.5	3.0	1.00	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	12.8	87
88	1.0	1.5	3.0	1.15	1.00	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	10.9	88
89	1.0	1.5	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	89
90	1.0	1.5	3.0	1.15	1.00	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	10.9	90
91	1.0	1.5	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	91
92	1.0	1.5	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	92
93	1.0	1.5	3.0	1.15	1.70	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	18.5	93
94	1.0	1.5	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	94
95	1.0	1.5	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	14.7	95
98	1.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.20	1.0	1.0	1.0	10.9	98

Estabilidad	Puntuación Total
Riesgo Sísmico Alto	30 < S
Riesgo Sísmico Medio	26 < S < 30
Riesgo Sísmico Bajo	S < 26

Tabla 3.4.17 Estimación de Daños a Puentes en Caso de un Terremoto como el de 1812

N° Cod	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	Punt. Total	N° Cod
	Tipo de Terreno	Licuefacción	Tipo de Viga	Tipo de soporte	Max. Altura de Emp/Pilar	Numero de Tramos	Ancho Min. de Asiento del Puente	PGA Intensidad Sísmica de Japón	Fundaciones	Material de Empalme y Pilar		
	Duro : 0.5	Ninguna : 1.0	Rígida : 1.0	Dispositivo	Menos de 5 m: 1.0	Uno: 1.0	Ancho: 0.8	5* 120-209: 1.0	Pila Doblada: 1.4	Ladrillo: 1.4		
	Medio: 1.0	Posible: 1.5	Continua : 2.0	conector de viga: 0.6	5 a 9.9 m: 1.35	Más de 2: 1.75	Angosto: 1.2	5.5* 210-349: 1.7	Otras: 1.0	Otros: 1.0		
	Suave: 1.5	Probable: 2.0	Simple : 3.0	Fijo y Mov: 1.0	Más de 10m: 1.7			6* 349-699: 2.4				
Muy Suave: 1.8			Mov y Mov: 1.15				7* 1300-3299: 3.5					
15	1.0	2.0	2.0	1.00	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	27.2	15
61	1.5	1.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	43.3	61
62	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	35.2	62
63	1.5	1.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	35.2	63
82	1.5	2.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.80	2.4	1.0	1.0	31.3	82
83	1.5	2.0	2.0	1.15	1.35	1.75	0.80	2.4	1.0	1.0	31.3	83
86	1.0	2.0	3.0	1.00	1.70	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	51.4	86
87	1.0	2.0	3.0	1.00	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	40.8	87
88	1.0	2.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	34.8	88
89	1.0	2.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	46.9	89
90	1.0	2.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	34.8	90
91	1.0	2.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	46.9	91
92	1.0	2.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	46.9	92
93	1.0	2.0	3.0	1.15	1.70	1.75	1.20	3.0	1.0	1.0	73.9	93
94	1.0	2.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	46.9	94
95	1.0	2.0	3.0	1.15	1.35	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	46.9	95
98	1.5	1.0	3.0	1.15	1.00	1.75	1.20	2.4	1.0	1.0	26.1	98

Estabilidad	Puntuación Total
Riesgo Sísmico Alto	30 < S
Riesgo Sísmico Medio	26 < S < 30
Riesgo Sísmico Bajo	S < 26

Tabla 3.4.18 Resultados de la Estimación de Daños a Puentes

Escenario de Terremoto	Terremoto de 1967	Terremoto de 1812
Riesgo Sísmico Alto	0	15
Riesgo Sísmico Medio	0	2
Riesgo Sísmico Bajo	115	98
Total de Puentes	115	115

Tabla 3.4.19 IMM del Viaducto y Estimación del Daño en base al Desastre Hanshin/Awaji

Localización	Largo Total (Km.)	Terremoto de 1967						Terremoto de 1812					
		IMM	JMI	Tasa de Colapso (lugares/Km)	Nº de Lugares Colapsados	Tasa de Daño (lugares/Km)	Nº de Lugares Dañados	IMM	JMI	Tasa de Colapso (lugares/Km)	Nº de Lugares Colapsados	Tasa de Daño (lugares/Km)	Nº de Lugares Dañados
Distribuidor La Araña	13,4	VIII+	5,5 6	0,003	0,04	0,014	0,19	IX-	6	0,086	1,15	0,206	2,76
Distribuidor Ciempiés	4,0	VII+ VII-	5 5,5	0,003	0,01	0,014	0,06	VIII+	5,5 6	0,003	0,01	0,014	0,06
Distribuidor El Pulpo	3,2	VII+	5	-	-	-	-	VIII+	5,5 6	0,003	0,01	0,014	0,04
Francisco Fajardo	3,3	VII- VII+	4,5 5	-	-	-	-	VIII- VIII+	5 6	0,003	0,01	0,014	0,05
Planicie	1,1	VII- VII+	4,5 5	-	-	-	-	VIII+	5,5 6	0,003	0,00	0,014	0,02
Cota Mil	2,2	VII- VII+	4,5 5	-	-	-	-	VII+ VIII-	5 5,5	0,003	0,01	0,014	0,03
Cementerio	0,8	VI+	4,5	-	-	-	-	VIII+	5,5 6	0,003	0,00	0,014	0,01
Total	28,0				0,05		0,25				1,19		2,97

JMI	PGA
5	120 - 209
5,5	210 - 349
6-	350 - 524
6+	525 - 699
6,5	700 - 1299
7	1300 - 3299

- 1) IMM Intensidad Modificada de Mercalli
2) JMI Intensidad Meteorológica de Japón
Relación entre IMM y PGA
 $IMM = (\text{Log}(PGA) - 0,014) / 0,3$

Tabla 3.4.20 Información Básica del Metro

Nombre de la Línea	Longitud Total (Km.)	Año Completada	No. Estaciones	Longitud (Km.)				
				Tipo de Escudo	Tipo Túnel de Montaña	Tipo Corte Abierto	Otros	Estación
Línea 1. Propatria-Palo Verde	20.6	1983	22	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Línea 2. Silencio-Zoológico/Las Adjuntas	18.4	1987	13	1.6	1.7	4.5	8.4	2.2
Línea 3: Plaza Venezuela-El Valle	5.3	1994	5	2.2	1.0	1.2	0	0.9

Tabla 3.4.21 Daños Estimados en los Cables de Telecomunicaciones en Cada Área

Central	Longitud (Km.)	Escenario de Terremoto de 1967					Escenario de Terremoto de 1967				
		AvMMI	AvJMI	R (%)	C ₁	N _d	AvMMI	AvJMI	R (%)	C ₁	N _d
23 de Enero	38,1	7,42	5,0	0,0	1,0	0,00	8,26	5,5	0,3	1,0	0,11
Alta Florida	75,3	7,77	5,5	0,3	1,0	0,23	8,41	6,0	0,3	1,0	0,23
Alto Prado	5,5	6,77	4,5	0,0	1,0	0,00	7,35	5,0	0,0	1,0	0,00
Bello Monte	113,9	7,37	5,0	0,0	1,0	0,00	8,12	5,5	0,3	1,0	0,34
Boleita	184,3	7,37	5,0	0,0	1,0	0,00	7,92	5,5	0,3	1,1	0,61
Caobos	98,7	7,94	5,5	0,3	1,0	0,30	8,52	6,0	0,3	1,0	0,30
Caracas	75,2	8,33	5,0	0,0	1,0	0,00	8,70	6,0	0,3	1,0	0,23
Caricuao	238,0	6,92	5,5	0,3	1,0	0,71	7,71	5,5	0,3	1,0	0,71
Chacao	226,8	7,77	5,0	0,0	1,0	0,00	8,21	5,5	0,3	1,0	0,68
Chaguaramos	73,8	7,44	5,0	0,0	1,0	0,00	8,30	5,5	0,3	1,0	0,22
Chuao	5,0	7,59	5,0	0,0	1,0	0,00	8,35	5,5	0,3	1,0	0,02
Coche	69,0	7,02	4,5	0,0	1,0	0,00	7,81	5,5	0,3	1,1	0,23
El Cafetal	168,6	6,84	5,5	0,3	1,0	0,51	7,35	5,0	0,0	1,0	0,00
El Rosal	46,2	7,85	5,0	0,0	1,0	0,00	8,46	6,0	0,3	1,0	0,14
Fajardo	202,1	7,29	5,0	0,0	1,0	0,00	8,14	5,5	0,3	1,1	0,67
Fco. Salias	2878,0	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00	7,50	5,0	0,0	1,0	0,00
Jardines	78,0	7,25	5,5	0,3	1,0	0,23	8,09	5,5	0,3	1,1	0,26
La Florida	130,3	7,91	5,5	0,0	1,0	0,00	8,65	6,0	0,3	1,0	0,39
La Salle	54,9	7,73	5,0	0,0	1,0	0,00	8,46	6,0	0,3	1,0	0,16
La Urbina	33,7	6,90	5,5	0,3	1,0	0,10	7,31	5,0	0,0	1,0	0,00
Las Mercedes	160,7	7,85	4,5	0,0	1,0	0,00	8,52	6,0	0,3	1,0	0,48
Los Guayabitos	13,0	6,70	5,0	0,0	1,0	0,00	7,28	5,0	0,0	1,0	0,00
Los Palos Grandes	156,7	7,60	5,0	0,0	1,0	0,00	8,04	5,5	0,3	1,0	0,47
Macaracuay	57,4	7,18	5,5	0,3	1,0	0,17	7,66	5,0	0,0	1,0	0,00
Maderero	134,6	7,76	5,0	0,0	1,0	0,00	8,52	6,0	0,3	1,3	0,52
Miranda	1,9	6,68	4,5	0,0	1,0	0,00	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00
Palo Verde	63,0	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00	7,39	5,0	0,0	1,0	0,00
Pastora	282,1	7,65	5,0	0,0	1,0	0,00	8,50	6,0	0,3	1,0	0,85
Petare	11,2	6,91	5,0	0,0	1,0	0,00	7,35	5,0	0,0	1,0	0,00
Prado de María	36,8	7,39	5,0	0,0	1,0	0,00	8,33	5,5	0,3	1,0	0,11
Rdo. Zuloaga	106,1	7,46	5,0	0,0	1,0	0,00	8,31	5,5	0,3	1,1	0,35
San Agustín	30,3	8,16	5,5	0,3	1,0	0,09	8,72	6,0	0,3	1,0	0,09
San Martín	69,2	7,62	5,0	0,0	1,1	0,00	8,34	5,5	0,3	1,3	0,27
Urb. Valle Arriba	98,8	6,59	5,0	0,0	1,0	0,00	7,54	5,0	0,0	1,0	0,00
Total (Km.)	3417,20					2,34					8,43
Total (%)	100%					0,07%					0,25%

Nota: IMM Intensidad Modificada de Mercalli, JMI Intensidad Meteorológica de Japón

Tabla 3.4.22 Máx. PGA y Área de las Estaciones de Gasolina.

Aspecto	N° de Código Localización	No. of E.G.	PGA	Nombre del Área
Área Máx. PGA.	No.37, No.26	2	714, 723	Antímano, Catedral La Candelaria
Área E.G. En Alto PGA (I)	No.17, No.19 No.21~No.24	6	356~559	Neverí (cerca del Dist. La Araña)
Área E.G. En Alto PGA (I)	No.10~No.13 No.15 No.28~No.30	8	359~590	Las Acacias, Valle Abajo Colinas Las Acacias Los Chaguaramos

Tabla 3.5.1 Refuerzo Sísmico e Impacto en Costos de cada Modelo

No.	REFUERZO	Impacto de Costo	Método de Reforzamiento
1	No	0 %	Ninguno
2	Si	5 a 7 %	Vigas de Nivelación
3	Si	10%	Vigas de Nivelación y pared de ladrillos
4	Si	15 %	Vigas de Nivelación y pared de ladrillos de concreto

Tabla 3.5.2 Peso del Modelo

Carga Pasiva

Piso Concreto $t=3,4\text{cm} \times 2,4\text{kg/cm}^2$	= 82kg/m^2	
Tabelone (8kg/pieza (20cm x 80cm x 6cm))	= 50kg/m^2	
Juntas de Acero (7kg/m@800)	= 9kg/m^2	total 141kg/m^2
Viga 20cm x 20cm x $2,400\text{kg/m}^3$	= 96kg/m	
20cm x 30cm x $2,400\text{kg/m}^3$	= 144kg/m	
Columna 20cm x 20cm x $2,400\text{kg/m}^3$	= 96kg/m	
Pared Ladrillos:		
$3\text{kg/pieza} \times 17\text{pieza/m}^2 + \text{junta mortero } 30\text{ (ver.)} + 6\text{ (hor)} \text{ kg/m}^2 = 88\text{kg/m}^2$		

Techo

Piso $141\text{kg/m}^2 \times 2,6\text{m} \times 3,6\text{m}$	= $1,320\text{kg}$
Viga $144\text{kg/m} \times (2,8\text{m} + 3,8\text{m}) \times 2$	= $1,901\text{kg}$
Columna $96\text{kg/m} \times 2,2\text{m}/2 \times 4$	= 422kg

Piso

Piso $141\text{kg/m}^2 \times 2,6\text{m} \times 3,6\text{m}$	= $1,320\text{kg}$
Viga $144\text{kg/m} \times (2,8\text{m} + 3,8\text{m}) \times 2$	= $1,901\text{kg}$
Columna $96\text{kg/m} \times (2,2\text{m}/2 \times 4 + 0,6 \times 2 + 2,2 \times 2)$	= 422kg
Pared ladrillo $88\text{kg/m}^2 \times (0,9\text{m} \times 1,2 \times 4\text{m} + 3,6\text{m} \times 1,1\text{m} \times 2)$	= $1,077\text{kg}$

Sub total 8,901kg

Total 900kg de bolsas de arena (20 no x 45 kg) son suministradas sobre el piso para compensar carga activa ($40\text{kg/m}^2 \times 2,8\text{m} \times 3,8\text{m} = 420\text{kg}$) y pared de ladrillo trasnversal ($60\text{kg/m}^2 \times 2,0\text{m} \times 2,0\text{m} \times 2 = 480\text{kg}$, de puertas es calculado, y mortero interno no es considerado).

Total 9,800kg

Tabla 3.5.3 Pruebas de Materiales (Concreto, Cabillas, Bloque de Arcilla, Bloque de Concreto)

Prueba de Concreto

Cilindro	Max. Presión (kg/cm ² , para la sección completa)	
1	124	Fundaciones
2	113	
3	96	
4	97	
5	122	
6	121	
7	103	
8	101	
9	49	Columnas sobre fundaciones de vigas
10	53	
13	58	
14	68	
15	72	Vigas
16	68	
17	37	Vigas de carga
18	39	
19	66	Viga de carga modelo 1
20	57	
21	69	Piso
23	64	Columnas modelo 1 -2
25	62	Viga de techo modelo 1
26	66	Columna modelo 3 - viga modelo 2
28	29	techo
29	133	techo
40	62	pared
41	40	pared

Barra Reforzada

Diámetro	Presión Aplicada	Max. Presión (Kg/cm ²)
3/8"	4729	6643
3/8	4761	6789
1/2	4532	6683
1/2	4532	6532

Diámetro: 3,85 mm Carga max.: 840 kgf Presión max.: 7216 kg/cm²

Ladrillo de arcilla: Presión Max. (kg/cm² para la sección completa)

10 cms 23

10 cms 23

10 cms 17

10 cms 21,8

10 cms 23

Medidas ladrillos de arcilla:

9,60 x 19,6 x 29,7cm peso 3,80 kg

9,60 x 19,9 x 29,7cm peso 3,80 kg

9,80 x 20,2 x 29,8cm --- 3,9 kg

Medidas bloques de concreto:

14,3 x 19,8 x 39,0 peso 10,40 Kg

Resistencia bloque concreto (kg/cm², para la sección completa)

15cms 19

Tabla 3.5.4 Modelo 1 Carga y Deflexión

Manometer	Pressure	Loading (t)	Reading #5 (mm)		Reading #2 (mm)		Deflection #5 (mm)	Deflection#2 (mm)	Average Deflection(mm)	
	3	0	0	19.74	19.36	19.74	19.36	0	0	0
	6	3	0.75	19.74	19.36	19.65	19.3	0.09	0.06	0.075
	8	5	1.25	19.74	19.36	19.26	19.14	0.48	0.22	0.35
	10	7	1.75	19.74	19.36	18.84	18.78	0.9	0.58	0.74
	12	9	2.25	19.74	19.36	18.98	18.15	0.76	1.21	0.985
	14	11	2.75	19.74	19.36	17.11	17.4	2.63	1.96	2.295
	16	13	3.25	19.74	19.36	15.74	16.26	4	3.1	3.55
	18	15	3.75	19.74	19.36	14.48	15.23	5.26	4.13	4.695
	20	17	4.25	19.74	19.36	13.23	14.14	6.51	5.22	5.865
	22	19	4.75	19.74	19.36	12.28	13.24	7.46	6.12	6.79
	24	21	5.25	19.74	19.36	11.75	12.58	7.99	6.78	7.385
	26	23	5.75	19.74	19.36	11.44	11.94	8.3	7.42	7.86
	28	25	6.25	19.74	19.36	11.2	11.25	8.54	8.11	8.325
	30	27	6.75	19.74	19.36	11.02	10.54	8.72	8.82	8.77
	32	29	7.25	19.74	19.36	10.85	9.88	8.89	9.48	9.185
	34	31	7.75	19.74	19.36	10.69	9.16	9.05	10.2	9.625
	36	33	8.25	19.74	19.36	10.49	8.39	9.25	10.97	10.11
	38	35	8.75	19.74	19.36	10.3	7.54	9.44	11.82	10.63
	40	37	9.25	19.74	19.36	9.72	5.7	10.02	13.66	11.84
	42	39	9.75	19.74	19.36	8.49	2.75	11.25	16.61	13.93
	44	41	10.25	19.74	19.36	6.43	-0.1	13.31	19.46	16.385
	46	43	10.75	20.39	20.78					

Reading #6 (mm)	Reading #3 (mm)	Deflection#6 (mm)	Deflection#3 (mm)	Reading #7 (mm)	Reading #8 (mm)	Deflection#7 (mm)	Deflection#8 (mm)	Reading #1 (mm)	Reading #4 (mm)	Deflection#1 (mm)	Deflection#4 (mm)
20.8	20.2	0	0	0.39	0.95	0	0	53.6	48.39	0	0
20.8	20.2			0.39	0.95			53.6	48.39		
20.72	20.19	0.08	0.01	0.42	0.96	0.03	0.01	53.6	48.29	0	0.1
20.52	20.05	0.28	0.15	0.47	0.99	0.08	0.04	53.6	47.95	0	0.44
20.21	19.81	0.59	0.39	0.56	1.05	0.17	0.1	53.12	47.48	0.48	0.91
19.6	19.35	1.2	0.85	0.77	1.18	0.38	0.23	52.35	46.58	1.25	1.81
18.96	18.78	1.84	1.42	1.04	1.36	0.65	0.41	52.35	45.6	1.25	2.79
17.98	17.84	2.82	2.36	1.49	1.72	1.1	0.77	50.12	44.22	3.48	4.17
17.05	16.88	3.75	3.32	1.95	2.09	1.56	1.14	49.35	42.92	4.25	5.47
16.14	16.07	4.66	4.13	2.46	2.49	2.07	1.54	47.82	41.65	5.78	6.74
15.44	15.28	5.36	4.92	2.84	2.85	2.45	1.9	46.78	40.67	6.82	7.72
15.05	14.69	5.75	5.51	3.05	3.11	2.66	2.16	46	40.15	7.6	8.24
14.81	14.14	5.99	6.06	3.23	3.37	2.84	2.42	45.4	39.82	8.2	8.57
14.62	13.45	6.18	6.75	3.41	3.67	3.02	2.72	44.5	39.6	9.1	8.79
14.52	12.78	6.28	7.42	3.55	3.97	3.16	3.02	43.7	39.4	9.9	8.99
14.37	12.09	6.43	8.11	3.68	4.28	3.29	3.33	42.86	39.27	10.74	9.12
14.28	11.41	6.52	8.79	3.82	4.56	3.43	3.61	41.85	39.12	11.75	9.27
14.17	10.66	6.63	9.54	4.04	4.87	3.65	3.92	41.1	38.94	12.5	9.45
14.04	9.95	6.76	10.25	4.24	5.22	3.85	4.27	40.12	38.73	13.48	9.66
13.55	8.58	7.25	11.62	4.59	5.97	4.2	5.02	38.27	37.92	15.33	10.47
12.61	6.7	8.19	13.5	5.19	6.91	4.8	5.96	35.73	36.71	17.87	11.68
11.05	4.09	9.75	16.11	5.98	8.15	5.59	7.2	31.42	34.72	22.18	13.67

Tabla 3.5.5 Modelo 2 Carga y Deflexión

Manometer	Pressure	Loading (t)	Reading #5 (mm)	Reading #2 (mm)	Deflection #5 (mm)	Deflection#2 (mm)	Average Deflection(mr	Reading #6 (mm)	Reading #3 (mm)	Deflection#6 (mm)	Deflection#3 (mm)
8	5	1.25	18.21	17.26				17.01	19.25		
10	7	1.75	18.06	17.25	0.15	0.01	0.08	17.01	19	0	0.25
12	9	2.25	18.06	17.19	0.15	0.07	0.11	16.98	19	0.03	0.25
14	11	2.75	17.87	16.98	0.34	0.28	0.31	16.85	18.93	0.16	0.32
16	13	3.25	17.7	16.84	0.51	0.42	0.465	16.77	18.83	0.24	0.42
18	15	3.75	17.44	16.55	0.77	0.71	0.74	16.61	18.69	0.4	0.56
20	17	4.25	17.16	16.3	1.05	0.96	1.005	16.45	18.51	0.56	0.74
22	19	4.75	16.81	15.93	1.4	1.33	1.365	16.27	18.31	0.74	0.94
24	21	5.25	16.5	15.65	1.71	1.61	1.66	16.08	18.17	0.93	1.08
26	23	5.75	16.18	15.24	2.03	2.02	2.025	15.88	17.89	1.13	1.36
28	25	6.25	15.8	14.89	2.41	2.37	2.39	15.62	17.66	1.39	1.59
30	27	6.75	15.41	14.4	2.8	2.86	2.83	15.37	17.33	1.64	1.92
32	29	7.25	15.24	14.08	2.97	3.18	3.075	15.29	17.15	1.72	2.1
34	31	7.75	15.08	13.83	3.13	3.43	3.28	15.23	17	1.78	2.25
36	33	8.25	15.02	13.65	3.19	3.61	3.4	15.21	16.89	1.8	2.36
38	35	8.75	14.91	13.35	3.3	3.91	3.605	15.17	16.66	1.84	2.59
40	37	9.25	14.81	13.11	3.4	4.15	3.775	15.14	16.54	1.87	2.71
42	39	9.75	14.71	12.83	3.5	4.43	3.965	15.11	16.38	1.9	2.87
44	41	10.25	14.59	12.6	3.62	4.66	4.14	15.07	16.36	1.94	2.89
46	43	10.75	14.39	12.04	3.82	5.22	4.52	15.02	15.91	1.99	3.34
48	45	11.25	13.83	10.28	4.38	6.98	5.68	14.72	14.7	2.29	4.55
50	47	11.75	13.18	8.22	5.03	9.04	7.035	14.45	13.69	2.56	5.56
52	49	12.25	12.99	5.92	5.22	11.34	8.28	14.29	13.04	2.72	6.21
54	51	12.75	12.57	5.5	5.64	11.76	8.7	14.08	12.43	2.93	6.82
56	53	13.25	12.34	4.15	5.87	13.11	9.49	13.88	11.65	3.13	7.6
58	55	13.75	11.92	2.74	6.29	14.52	10.405	13.59	10.95	3.42	8.3
60	57	14.25	11.46	0.5	6.75	16.76	11.755	13.06	9.33	3.95	9.92
62	59	14.75	11.46	15.44	6.75	17.81	12.28	10.99		6.02	
62	59	14.75	9.59	5.99	8.62	27.26	17.94				
64	61	15.25	7.8		10.41						
66	63	15.75									

Reading #7 (mm)	Reading #8 (mm)	Deflection#7 (mm)	Deflection#8 (mm)	Reading #1 (mm)	Reading #4 (mm)	Deflection#1 (mm)	Deflection#4 (mm)
3.2	1.9			47.78	49.49		
3.2	1.9	0	0	47.78	49.49	0	0
3.2	1.92	0	0.02	47.78	49.38	0	0.11
3.22	1.98	0.02	0.08	47.63	49.12	0.15	0.37
3.26	2.01	0.06	0.11	47.45	49	0.33	0.49
3.3	2.09	0.1	0.19	47.15	48.66	0.63	0.83
3.35	2.14	0.15	0.24	46.88	48.33	0.9	1.16
3.42	2.21	0.22	0.31	46.52	48.02	1.26	1.47
3.51	2.29	0.31	0.39	46.26	47.68	1.52	1.81
3.58	2.39	0.38	0.49	45.8	47.25	1.98	2.24
3.67	2.51	0.47	0.61	45.37	46.8	2.41	2.69
3.76	2.64	0.56	0.74	44.81	46.34	2.97	3.15
3.83	2.72	0.63	0.82	44.45	46.15	3.33	3.34
3.86	2.81	0.66	0.91	44.15	46.02	3.63	3.47
3.89	2.85	0.69	0.95	43.98	45.97	3.8	3.52
3.91	2.92	0.71	1.02	43.62	45.93	4.16	3.56
3.94	3.01	0.74	1.11	43.28	45.85	4.5	3.64
3.99	3.1	0.79	1.2	42.87	45.81	4.91	3.68
4.03	3.19	0.83	1.29	42.4	45.69	5.38	3.8
4.1	3.37	0.9	1.47	41.63	45.55	6.15	3.94
4.28	3.72	1.08	1.82	39.7	44.89	8.08	4.6
4.46	4.04	1.26	2.14	38.05	44.5	9.73	4.99
4.56	4.32	1.36	2.42	36.87	44.21	10.91	5.28
4.67	4.55	1.47	2.65	35.49	43.82	12.29	5.67
4.81	4.91	1.61	3.01	34.05	43.5	13.73	5.99
4.95	5.24	1.75	3.34	32.57	43.03	15.21	6.46
5.17	5.86	1.97	3.96	30.29	42.37	17.49	7.12
5.49	7.1	2.29	5.2				

Tabla 3.5.6 Modelo 3 Carga y Deflexión

Manometer	Pressure	Loading (t)	Deflection #5 (mm)	Deflection#2 (mm)	Average Deflection(mn (mm)	Deflection#6 (mm)	Deflection#3 (mm)	Deflection#7 (mm)	Deflection#8 (mm)	Deflection#1 (mm)	Deflection#4 (mm)
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	0.75	0	0	0	0	0	0.01	0.02	0	0.17
8	5	1.25	0.05	0.06	0.055	0.01	0	0.01	0.02	0.07	0.17
10	7	1.75	0.13	0.15	0.14	0.07	0.08	0.03	0.03	0.16	0.17
12	9	2.25	0.22	0.28	0.25	0.1	0.11	0.04	0.06	0.29	0.16
14	11	2.75	0.29	0.34	0.315	0.11	0.13	0.06	0.06	0.39	0.27
16	13	3.25	0.45	0.51	0.48	0.18	0.19	0.09	0.1	0.58	0.41
18	15	3.75	0.61	0.66	0.635	0.25	0.24	0.12	0.13	0.73	0.59
20	17	4.25	0.79	0.84	0.815	0.28	0.29	0.15	0.18	0.95	1.02
22	19	4.75	0.99	1.08	1.035	0.3	0.37	0.19	0.22	1.25	1.38
24	21	5.25	1.24	1.34	1.29	0.37	0.44	0.22	0.28	1.53	1.52
26	23	5.75	1.61	1.71	1.66	0.43	0.53	0.28	0.36	1.91	2.17
28	25	6.25	2.22	2.36	2.29	0.5	0.64	0.38	0.49	2.65	2.65
30	27	6.75	2.82	2.99	2.905	0.58	0.77	0.48	0.61	3.32	3.27
32	29	7.25	3.24	3.48	3.36	0.65	0.82	0.57	0.72	3.79	3.77
34	31	7.75	3.62	3.97	3.795	0.71	0.95	0.64	0.84	4.35	4.09
36	33	8.25	3.94	4.52	4.23	0.75	1.07	0.69	0.96	4.9	4.47
38	35	8.75	4.08	4.82	4.45	0.77	1.15	0.74	1.04	5.2	4.72
40	37	9.25	4.19	5.17	4.68	0.79	1.23	0.78	1.11	5.59	4.73
42	39	9.75	4.28	5.47	4.875	0.8	1.31	0.81	1.18	5.87	4.87
44	41	10.25	4.36	5.94	5.15	0.81	1.41	0.83	1.32	6.4	5.27
46	43	10.75	4.645	6.43	5.5375	0.875	1.58	0.9	1.455	7.065	5.46
48	45	11.25	4.81	6.845	5.8275	0.91	1.73	0.945	1.57	7.535	5.705
50	47	11.75	5.28	7.43	6.355	1.07	2.04	1.07	1.75	8.2	6.3
52	49	12.25	5.465	7.875	6.67	1.115	2.265	1.125	1.855	8.38	6.64
54	51	12.75	5.635	8.505	7.07	1.16	2.585	1.17	1.995	9.36	6.765
56	53	13.25	5.95	9.31	7.63	1.22	3	1.24	2.15	10.24	7.36
58	55	13.75	6.07	10.09	8.08	1.23	3.35	1.28	2.27	10.99	7.37
60	57	14.25	6.3	12.17	9.235	1.24	4.33	1.34	2.61	12.91	7.94
62	59	14.75	6.38	14	10.19	1.24	4.95	1.4	2.87	14.47	7.94
64	61	15.25	6.62	16.07	11.345	1.24	5.475	1.485	3.115	16.665	8.365
66	63	15.75	7.81	19.52	13.665	1.24	6.08	1.65	3.21	20.27	9.76
68	65	16.25	8.82	22.42	15.62	1.17	6.95	1.81	3.43	23.39	10.34
70	67	16.75	9.53	25.595	17.5625	1.155	8.01	1.995	3.55	25.87	10.57
72	69	17.25	14.14	37.23	25.685	1.35	9.18	2.2	3.49	38.71	14.6
72.5	69.5	17.375		50	25					50	

Tabla 3.5.7 Modelo 4 Carga y Deflexión

Manometer	Pressure	Loading (t)	Deflection #5 (mm)	Deflection#2 (mm)	Average Deflection(mn (mm)	Deflection#6 (mm)	Deflection#3 (mm)	Deflection#7 (mm)	Deflection#8 (mm)	Deflection#1 (mm)	Deflection#4 (mm)
3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.00	3.00	0.75	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23
8.00	5.00	1.25	0.07	0.08	0.07	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.26
10.00	7.00	1.75	0.12	0.12	0.12	0.06	0.07	0.00	0.00	0.26	0.33
12.00	9.00	2.25	0.17	0.16	0.17	0.09	0.09	0.00	0.00	0.26	0.41
14.00	11.00	2.75	0.24	0.21	0.23	0.13	0.13	0.00	0.01	0.31	0.49
16.00	13.00	3.25	0.30	0.25	0.28	0.16	0.16	0.00	0.02	0.34	0.56
18.00	15.00	3.75	0.42	0.32	0.37	0.22	0.20	0.00	0.04	0.44	0.76
20.00	17.00	4.25	0.44	0.41	0.43	0.31	0.26	0.00	0.05	0.59	0.95
22.00	19.00	4.75	0.64	0.46	0.55	0.35	0.29	0.00	0.07	0.64	1.00
24.00	21.00	5.25	0.67	0.53	0.60	0.39	0.33	0.00	0.07	0.64	1.11
26.00	23.00	5.75	0.91	0.62	0.76	0.43	0.39	0.00	0.09	0.66	1.21
28.00	25.00	6.25	1.07	0.71	0.89	0.63	0.46	0.00	0.10	0.66	1.38
30.00	27.00	6.75	1.25	0.83	1.04	0.75	0.54	0.00	0.13	0.78	1.62
32.00	29.00	7.25	1.45	0.96	1.21	0.86	0.63	0.00	0.16	1.15	1.87
34.00	31.00	7.75	1.61	1.09	1.35	0.95	0.71	0.03	0.18	1.16	2.02
36.00	33.00	8.25	1.82	1.27	1.55	1.06	0.83	0.07	0.23	1.33	2.23
38.00	35.00	8.75	1.94	1.39	1.67	1.13	0.92	0.09	0.25	1.52	2.42
40.00	37.00	9.25	2.07	1.51	1.79	1.20	1.00	0.12	0.27	1.58	2.61
42.00	39.00	9.75	2.19	1.66	1.93	1.26	1.11	0.14	0.30	1.99	2.88
44.00	41.00	10.25	2.26	1.78	2.02	1.31	1.18	0.15	0.32	2.32	2.95
46.00	43.00	10.75	2.32	1.88	2.10	1.34	1.27	0.17	0.35	2.32	2.95
48.00	45.00	11.25	2.38	2.01	2.20	1.37	1.35	0.20	0.38	2.41	2.99
50.00	47.00	11.75	2.45	2.22	2.34	1.42	1.48	0.20	0.43	2.54	3.08
52.00	49.00	12.25	2.49	2.37	2.43	1.43	1.58	0.21	0.46	2.56	3.16
54.00	51.00	12.75	2.54	2.59	2.57	1.48	1.70	0.21	0.53	2.76	3.33
56.00	53.00	13.25	2.59	2.74	2.67	1.50	1.80	0.22	0.58	3.27	3.41
58.00	55.00	13.75	2.62	2.89	2.76	1.53	1.90	0.22	0.63	3.52	3.51
60.00	57.00	14.25	4.42	3.17	3.79	2.41	2.41	0.51	0.90	4.52	5.47
62.00	59.00	14.75	6.74	4.30	5.52	3.81	3.04	0.88	1.22	6.26	7.61
64.00	61.00	15.25	16.73	6.68	11.71	8.98	4.79	2.12	2.10	9.38	18.52
66.00	63.00	15.75	25.63		12.82	13.36					25.79
68.00	65.00	16.25									
70.00	67.00	16.75									
72.00	69.00	17.25									
72.50	69.50	17.38									

Tabla 3.5.8 Instalaciones Clave a ser Reforzadas**Gobierno**

Municipio	Central	AMDC	Municipal	Estatad
Libertador	23	3	22	0
Chacao			3	
Sucre	3	0	5	1
Área de Estudio	26	3	30	1

Fuente: Datos SIG por la Secretaría de Planificación y Gestión Ambiental GIS, AMDC

Organismos de Respuesta de Rescate

Municipio	Cuerpo de Bomberos	Policía		
		Central	ADMC	Municipal
Libertador	13	13	14	1
Chacao	3	1		
Sucre	1	1	3	1
Área de Estudio	17	15	17	2

Fuente: Datos SIG por la Secretaría de Planificación y Gestión Ambiental GIS, AMDC

Facilidades Educativas

Municipio	Escuelas-Colegios	Universidades	Institutos Universitarios
Libertador	468	13	41
Chacao	53	4	9
Sucre	95	9	12
Área de Estudio	616	26	62

Fuente: Datos SIG por la Secretaría de Planificación y Gestión Ambiental GIS, AMDC

Tabla 3.5.9 Criterios del Plan de Refuerzo Sísmico

	Terremoto Menor & Frecuente	Terremoto Moderado & Raro (1967)	Terremoto Fuerte y Muy Raro (1812)
Viviendas Privadas	Sin daño	Proteger la Propiedad	Proteger la Vida
Edificios Públicos	Sin daño	Proteger la Función	Proteger la Propiedad
Instalaciones Principales	Sin daño	Sin daño	Proteger la Función

Fuente: Equipo de Estudio de JICA

Tabla 3.5.10 Nuevas Función de Daños a Edificaciones

Área Urbana				Área Rural y Barrio	
(Nuevo) Después del Reforzamiento	Antes del Reforzamiento	(Nuevo) Después del Reforzamiento	Antes del Reforzamiento	(Nuevo) Después del Reforzamiento	Antes del Reforzamiento
Curva 9	Curva 10	Curva 9	Curva 10	Curva 9	Curve 11
Curva 9	Curva 11	Curva 9	Curva 11	Curva 9	Curve 8
Curva 15	Curva 12	Curva 15	Curva 12	Curva 15	Curve 2
Curva 15	Curva 13	Curva 15	Curva 13	Curva 15	Curve 1
Curva 14	Curva 14	Curva 14	Curva 14	Curva 14	----
Curva 14	Curva 15	Curva 14	Curva 15	Curva 14	----
----	Curva 16	----	Curva 16	----	----

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.5.10 (2) Resumen de los Resultados de la Estimación de Daños por Caso
(Con Reforzamiento Sísmico)**

Caso 1967 con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	390	30,0	7	13,7	54	13,8
Urbana 4F-	17.234	5,5	24	1,8	24	47,1	182	46,7
Urbana Suma	83.499	26,5	414	31,9	31	60,8	236	60,5
Barrio y Rural	231.158	73,5	884	68,1	20	39,2	154	39,5
Total	314.657	100,0	1.298	100,0	51	100,0	390	100,0

Caso 1812 con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	1.288	24,5	33	12,0	248	12,3
Urbana 4F-	17.234	5,5	103	2,0	103	37,6	762	37,7
Urbana Suma	83.499	26,5	1.392	26,4	136	49,6	1.010	50,0
Barrio y Rural	231.158	73,5	3.868	73,5	138	50,4	1.011	50,0
Total	314.657	100,0	5.260	100,0	274	100,0	2.021	100,0

Caso 1878 con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	29	19,6	0	0,0	2	6,7
Urbana 4F-	17.234	5,5	2	1,4	2	66,7	16	53,8
Urbana Suma	83.499	26,5	31	20,9	2	66,7	18	60,5
Barrio y Rural	231.158	73,5	117	79,1	1	33,3	12	39,5
Total	314.657	100,0	148	100,0	3	100,0	29	100,0

Caso Ávila con Reforzamiento Sísmico

	Número de Edificaciones		Edif. Severamente Dañadas		Muertos		Heridos	
	Número	%	Número	%	Número	%	Número	%
Urbana -3F	66.265	21,1	1.346	30,2	35	13,7	263	14,0
Urbana 4F-	17.234	5,5	121	2,7	121	47,5	890	47,3
Urbana Suma	83.499	26,5	1.467	32,9	156	61,3	1.152	61,3
Barrio y Rural	231.158	73,5	2.989	67,1	99	38,7	728	38,7
Total	314.657	100,0	4.456	100,0	255	100,0	1.880	100,0

**Tabla 3.5.11 Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños
Severos y Colapso por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)**

Área	Categoría		Edificación	Pérdida Monetaria de Edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (M. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	3,000	1,500	1,500
		Clase media	2,271,000	27,600	12,200	15,400
		Clase baja	1,754,000	22,000	9,900	12,100
		Subtotal	4,551,000	52,600	23,600	29,000
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	19,400	10,800	8,600
		4 ~ 8P	7,594,000	95,600	6,800	88,800
		9P ~	6,074,000	59,200	9,100	50,100
		Subtotal	15,110,000	174,200	26,700	147,500
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	14,300	10,000	4,300
		4 ~ 8P	4,131,000	52,800	3,300	49,500
		9 P~	4,506,000	43,200	7,200	36,000
		Subtotal	9,576,000	110,300	20,500	89,800
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	17,100	5,700	11,400
		Sin camas	440,000	3,400	1,000	2,400
		Oficinas g.	2,570,000	30,800	5,500	25,300
		Subtotal	3,489,000	51,300	12,200	39,100
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	11,000	5,500	5,500
		4 ~ 8P	1,102,000	5,500	1,100	4,400
		9P ~	900,000	3,600	1,800	1,800
		Subtotal	2,503,000	20,100	8,400	11,700
	Total Área Urbana			35,229,000	408,500	91,400
Área Rural	Vivienda Casa	Pendiente > 20º	611,000	18,700	1,400	17,300
		Pendiente = 20 º	5,216,000	19,400	900	18,500
Área Barrio	Vivienda Casa	Pendiente > 20 º	2,349,000	112,600	16,400	96,200
		Pendiente = 20 º	3,058,000	138,400	8,900	129,500
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	289,100	27,600	261,500
Total (Mill. Bs)			46,463,000	697,600	130,700	566,900
M. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	363	68	295

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.12 Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1967 (Feb. 2004)

Área	Categoría		Edificación	Pérdida Monetaria de Edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (Mill. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	600	300	300
		Clase media	2,271,000	5,500	2,400	3,100
		Clase baja	1,754,000	4,400	2,000	2,400
		Subtotal	4,551,000	10,500	4,700	5,800
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	3,900	2,200	1,700
		4 ~ 8P	7,594,000	19,100	1,400	17,700
		9P ~	6,074,000	11,800	1,800	10,000
		Subtotal	15,110,000	34,800	5,400	29,400
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	2,900	2,000	900
		4 ~ 8P	4,131,000	10,600	700	9,900
		9 P~	4,506,000	8,600	1,400	7,200
		Subtotal	9,576,000	22,100	4,100	18,000
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	3,400	1,100	2,300
		Sin camas	440,000	700	200	500
		Oficinas g.	2,570,000	6,200	1,100	5,100
		Subtotal	3,489,000	10,300	2,400	7,900
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	2,200	1,100	1,100
		4 ~ 8P	1,102,000	1,100	200	900
		9P ~	900,000	800	400	400
		Subtotal	2,503,000	4,100	1,700	63,500
	Total Área Urbana		35,229,000	81,800	18,300	63,500
Área Rural	Vivienda	Pendiente > 20°	611,000	5,600	400	5,200
	Casa	Pendiente = 20°	5,216,000	5,800	300	5,500
Área Barrio	Vivienda	Pendiente > 20°	2,349,000	33,800	4,900	28,900
	Casa	Pendiente = 20°	3,058,000	41,500	2,700	38,800
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	86,700	8,300	78,400
Total (Mill. Bs)			46,463,000	168,500	26,600	141,900
Mill. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	88	14	74

Fuente: Equipo de Estudio JICA

**Tabla 3.5.13 Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Severos y Colapso
por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)**

Área	Categoría		Edificación	Pérdida monetaria de edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (Mill. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	10,200	5,100	5,100
		Clase media	2,271,000	63,800	29,600	34,200
		Clase baja	1,754,000	80,500	37,600	42,900
		Subtotal	4,551,000	154,500	72,300	82,200
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	56,900	11,500	45,400
		4 ~ 8P	7,594,000	293,500	45,500	248,900
		9P ~	6,074,000	186,600	54,600	132,000
		Subtotal	15,110,000	537,000	111,600	425,400
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	42,000	25,800	16,200
		4 ~ 8P	4,131,000	160,100	24,800	135,300
		9 P~	4,506,000	138,000	39,600	98,400
		Subtotal	9,576,000	340,100	90,200	249,900
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	45,600	11,400	34,200
		Sin camas	440,000	13,400	7,700	5,700
		Oficinas g.	2,570,000	91,300	28,600	62,700
		Subtotal	3,489,000	150,300	47,700	102,600
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	34,500	17,000	17,500
		4 ~ 8P	1,102,000	17,600	4,400	13,200
		9P ~	900,000	12,600	3,600	9,000
		Subtotal	2,503,000	64,700	25,000	39,700
	Total Área Urbana		35,229,000	1,246,600	346,800	899,800
Área Rural	Vivienda	Pendiente > 20°	611,000	58,900	6,400	52,500
	Casa	Pendiente = 20°	5,216,000	66,600	5,300	61,300
Área Barrio	Vivienda	Pendiente > 20°	2,349,000	354,300	64,300	290,000
	Casa	Pendiente = 20°	3,058,000	454,000	45,900	408,100
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	933,800	121,900	811,900
Total Total (Mill. Bs)			46,463,000	2,180,400	468,700	1,711,700
Mill. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	1,135	244	891

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.14 Pérdida Monetaria de Edificaciones debido a Daños Moderados por un Terremoto como el de 1812 (Feb. 2004)

Área	Categoría		Edificación	Pérdida monetaria de edificación (Mill. Bs)		
	Tipo de edificación	Item	Costo de reemplazo (Mill. Bs)	(A) Antes Reforzamiento	(D) Después Reforzamiento	Ahorro de pérdida (A) - (D)
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase alta	526,000	2,000	1,000	1,000
		Clase media	2,271,000	12,800	5,900	6,900
		Clase baja	1,754,000	16,100	7,500	8,600
		Subtotal	4,551,000	30,900	14,400	16,500
	Apartamento	1 ~ 3P	1,442,000	11,400	2,300	9,100
		4 ~ 8P	7,594,000	58,700	9,100	49,600
		9P ~	6,074,000	37,300	10,900	26,400
		Subtotal	15,110,000	107,400	22,300	85,100
	Edificio de oficina	1 ~ 3P	939,000	8,400	5,200	3,200
		4 ~ 8P	4,131,000	32,000	5,000	27,000
		9P ~	4,506,000	27,600	7,900	19,700
		Subtotal	9,576,000	68,000	18,100	49,900
	Hospitales Y Oficina de Gob.	/c camas	479,000	9,100	2,300	6,800
		Sin camas	440,000	2,700	1,500	1,200
		Oficinas g.	2,570,000	18,300	5,700	12,600
		Subtotal	3,489,000	30,100	95,000	20,600
	Otros edificios importantes	1 ~ 3P	501,000	6,900	3,400	3,500
		4 ~ 8P	1,102,000	3,500	900	2,600
		9P ~	900,000	2,500	700	1,800
		Subtotal	2,503,000	12,900	5,000	7,900
	Total Área Urbana			35,229,000	249,300	69,300
Área Rural	Vivienda	Pendiente > 20º	611,000	17,700	1,900	15,800
	Casa	Pendiente = 20º	5,216,000	20,000	1,600	18,400
Área Barrio	Vivienda	Pendiente > 20º	2,349,000	106,300	19,300	87,000
	Casa	Pendiente = 20º	3,058,000	136,200	13,800	124,400
Total Área Rural y de Barrio			11,234,000	280,200	36,600	243,600
Total (Mill. Bs)			46,463,000	529,500	105,900	423,600
Mill. US\$ (1920 Bs= 1US\$)			24,200	276	55	221

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.15 Precios de Referencia en Caracas para Febrero de 2004
(Continúa en la Siguiente Página) (1920Bs = 1US\$)

A. Materiales básicos: (+IVA)	
1. Concreto mezclado listo: Fc250	240,000 Bs/ m3 + mano de obra
2. Concreto para mezclar en el sitio	200,000 Bs/ m3 + mano de obra
3. Barra de reforzamiento: fy4,200 (12m largo)	1,400 Bs/ Kg : 1 paquete: 2 tons
4. Mallado de acero de fábrica	1,500 Bs/ m ²
5. Ladrillo 15 cm de espesor	380 Bs/ No. 17 Nos./m ²
6. Bloque de concreto 15 cm de espesor	500 Bs/ No. 17 Nos./m ²
7. Cemento	10,000 Bs/paquete 42.5 Kg/ 1 paquete
8. Grava/ Arena/ Material de Yeso	18,500/ 22,500/ 20,000 Bs/ m ³
9. Wooden form: placa; 0.3m x 2.4m x 25mm	30,000 Bs/ m ² : para viga & columna
lámina; 1.2m x 0.6m x 25mm	10,000 Bs/ Bs: para losa & pared
Barra cuadrada; 50mm x 100mm	3,000 Bs/ ml: para soporte
10. Baldosa de Cerámica: 33cm x 33cm	10,000 Bs/ m ² : 9 unidades/ 1m ²
B. Mano de obra y material: (+IVA)	
1. Nueva construcción (Precio total)	500,000 ~ 600,000 Bs/ m ²
2. Estructura y albañilería de pared (sin acabado)	280,000 Bs/ m ²
3. Mano de obra de sólo estructura	60,000 Bs/ m ²
4. Mano de obra de sólo pared	4,000 Bs/ m ²
pared + enyesado de los dos lados	12,000 Bs/ m ²
5. Acabado de pintura	8,000 Bs/ m ²
6. Impermeabilización de asfalto 6mm espesor.	12,000 Bs/ m ²
7. Instalación de baldosas de cerámica c/ mortero	10,000 Bs/ m ²
8. Trabajo estructural de fabricación del acero	6,500 Bs/ kg
9. Tubo cuadrado de acero	8,000 Bs/ kg
10. Placa de base	10,500 Bs/ kg
11. Ancla de perno (A-32S)	16,500 Bs/ kg

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.16 Precios de Referencia en Caracas para Febrero de 2004
(Continuación) (1920Bs = 1US\$)

C. Otros: (+IVA)	
1. Demolición a mano y eliminación de escombros	6,000 Bs/ m ³
2. Excavación a máquina	5,000 Bs/ m ³
3. Excavación a mano	7,000 Bs/ m ³
4. Trabajo eléctrico (Cable 12mm)	45,000 Bs/ punto : 6 puntos/ 50 m ²
5. Plomería sanitaria (PVC)	30,000 Bs/ punto : 2 puntos/ 50 m ²

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.17 Costo Unitario Típico de Reemplazo de Edificaciones en Caracas
(Feb. 2004, 1920Bs = 1US\$)

1A. Casas de domicilio en área urbana	
1) Domicilio de clase baja(80-100 m ²) (100 m ²)	400,000 - 600,000 Bs/ m ² 50,000,000 Bs/ 1 Casa
2) Domicilio de clase media (100-200 m ²) (150 m ²)	600,000 - 800,000 Bs/ m ² 105,000,000 Bs/ 1 Casa
1B. Casas de domicilio en área de barrio (70-100 m ²)	150,000 - 200,000 Bs/ m ²
(100 m ²)	17,500,000 Bs/ 1 Casa
Costo de venta	300,000 Bs/ m ²
2A. Apartamentos en área urbana (150 m ²)	600,000 Bs/ m ² 90,000,000 Bs/ 1 Familia
2B. Apartamento en área de barrio (100 m ²)	300,000 - 400,000 Bs/ m ² 35,000,000 Bs/ 1 Familia
3. Edificios de oficina	

1). Edificaciones de concreto reforzado	
Trabajo arquitectónico	210,000 Bs/ m ² (42%)
Trabajo estructural	190,000 Bs/ m ² (38%)
Equipo de construcción	100,000 Bs/ m ² (20%)
Trabajo eléctrico	30,000 Bs/ m ²
Trabajo de plomería	20,000 Bs/ m ²
Trabajo de aire acondicionado	20,000 Bs/ m ²
Ascensor	30,000 Bs/ m ²
Total	500,000 Bs/ m ²
2). Edificios con estructuras de acero	
Trabajo arquitectónico	250,000 Bs/ m ² (41.7%)
Trabajo estructural	250,000 Bs/ m ² (41.7%)
Trabajo de equipo de construcción	100,000 Bs/ m ² (16.6%)
Total	600,000 BS/ M²
3). Edificaciones de albañería (Edificio existente)	
Trabajo arquitectónico	330,000 Bs/ m ² (60%)
Trabajo estructural	150,000 Bs/ m ² (25%)
Trabajo de construcción	120,000 Bs/ m ² (20%)
Total	600,000 BS/ M²
4). Edificación comercial (excluye acabados de adentro)	500,000 Bs/ m ²
5). Edificios de hospital (Excluyendo equipos médicos)	
Hospital pequeño (sin camas)	600,000 Bs/ m ²
Hospital grande (con camas)	900,000 - 1,000,000 Bs/ m ²
6. Edificios escolares	400,000 Bs/ m ²
7. Edificación de fábrica (Estructura de hierro con techo ligero)	200,000 Bs/ m ²

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.18 Área Total de Construcción, Costo de Reemplazo y Refuerzo Sísmico de Edificaciones Existentes en Caracas (Feb. 2004)

Área	Categoría		Área Total de Planta o pisto(m2)	Costo de Reemplazo De Edificación (Mill. Bs)	Reforzamiento Sísmico Costo (Mill. Bs)
	Tipo de Edificación	Item			
Área Urbana	Vivienda Casa	Clase Alta	526,000	526,000	36,200
		Clase Media	3,244,000	2,271,000	156,500
		Clase Baja	3,507,000	1,754,000	120,900
		Subtotal	7,277,000	4,551,000	313,600
	Apartamento	Altura Baja: 1 ~ 3	2,404,000	1,442,000	99,400
		Altura Media: 4 ~ 8	11,683,000	7,594,000	629,500
		Altura Alta: 9 ~	9,345,000	6,074,000	434,900
		Subtotal	23,432,000	15,110,000	1,163,800
	Edificio de Oficina	Altura Baja: 1 ~ 3	1,878,000	939,000	64,700
		Altura Media: 4 ~ 8	7,511,000	4,131,000	342,500
		Altura Alta: 9 ~	7,510,000	4,506,000	322,600
		Subtotal	16,899,000	9,576,000	729,800
	Hospitales Y Oficina de Gob.	Con camas	504,000	479,000	39,700
		Sin camas	734,000	440,000	30,300
		Oficina gubernamental	4,672,000	2,570,000	213,000
		Subtotal	5,910,000	3,489,000	283,000
	Otros edificios importantes	Altura Baja: 1 ~ 3	1,002,000	501,000	34,500
		Altura Media: 4 ~ 8	2,004,000	1,102,000	91,400
		Altura Alta: 9 ~	1,500,000	900,000	64,400
		Subtotal	4,506,000	2,503,000	190,300
	Total Área Urbana			58,024,000	35,229,000
Área Rural	Vivienda Casa	Pendiente > 20º	1,527,000	611,000	58,700
		Pendiente = 20 º	9,639,000	816,000	173,000
Área Barrio	Vivienda Casa	Pendiente > 20 º	13,424,000	2,349,000	300,700
		Pendiente = 20 º	17,474,000	3,058,000	275,200
	Total Área Rural y de Barrio			42,064,000	11,234,000
Total			100,088,000	46,463,000	3,488,100
US\$ (1920 Bs= 1US\$)				24,200 Mill.US\$	1,817 Mill.US\$

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.19 Número de Edificaciones en cada Área y sus Usos

Área	# de Edf.	%	Categoría	# de Edf.	%	Clase, Piso	# de Edf.	%
Área Urbana	83,449	100	Domicilio	58,449	70	High C.	1,753	3
						Mid. C.	21,626	37
						Low C.	35,070	60
			Casa de apartamento	6,680	8	1 ~ 3	2,004	30
						4 ~ 8	3,340	50
						9 -	1,336	20
			Edificio de oficina	12,526	15	1 ~ 3	3,758	30
						4 ~ 8	5,010	40
						9 -	3,758	30
			Hospitales Y oficinas gubernamentales	3,340	4	c/ camas	84	2.5
						Sin cama	918	27.5
						Ofc Gub.	2,338	70
			Otros Edificios Importantes	2,504	3	1 ~ 3	1,002	40
						4 ~ 8	1,002	40
						9 -	500	20
			Total área urbana	83,449	100		83,449	
Área Rural	25,175	10.9	Pendiente > 20°	10,182	40.4	---	---	
			Pendiente = 20 °	14,993	59.6	---	---	
			Subtotal	25,175	100			
Área	205,983	89.1	Pendiente > 20°	89,491	43.4	---	---	
Barrio			Pendiente = 20 °	116,492	56.6	---	---	
			Subtotal	205,983	100			
	231,158	100	Total Área Rural y de Barrio	231,158	100			
	314,657		Gran Total	314,657	100			

Fuente: Equipo de Estudio JICA

Tabla 3.5.20 Relación entre Evaluación Sísmica Requerida y Refuerzo, y Costo de Refuerzo Sísmico entre Costo de Reemplazo de la Edificación

Area	Category			Ratio of Building Number	Ratio of Required Seismic Evaluation (Ratio of Seismic Reinforcement)	Cost of Seismic Reinforcement / Building Replacement Cost
	Type	Item	Year Built			
Urban Area	Type of Structure	R. C. Structure		82.1%		
		Steel Structure		3.7%		
		Masonry		14.2%		
	Year Built	Before 1967 *1		51.7%		15%
		1968 ~ 1982 *2		37.4%		10%
		After 1983		10.9%		5%
	Number of Story		*1	44.1%	80%, (80%)	15%
		Low Rise: 1 ~ 3	*2	30.4%	75%, (70%)	10%
			*3		70%, (60%)	5%
			*1	6.4%	90%, (90%)	15%
		Middle Rise: 4~8	*2	4.6%	80%, (80%)	10%
			*3		70%, (70%)	5%
			*1	1.1%	95%, (70%)	15%
		High Rise: 9 ~	*2	2.5%	90%, (60%)	10%
			*3		85%, (50%)	5%
Rural Area	Dwelling House	Slope > 20degree	---	40.4%	80%, (80%)	15%
		Slope ≤ 20degree	---	54.6%	80%, (75%)	10%
Barrio Area	Dwelling House	Slope > 20degree	---	43.4%	80%, (80%)	20%
		Slope ≤ 20degree	---	56.6 ^{oo} %	80%, (75%)	15%

Source: JICA Study Team