

SEGUNDA SECCION
PODER EJECUTIVO
SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO

RESOLUCIÓN que modifica la diversa por la que se expiden los formatos oficiales de los avisos e informes que deben presentar quienes realicen actividades vulnerables.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

RESOLUCIÓN QUE MODIFICA LA DIVERSA POR LA QUE SE EXPIDEN LOS FORMATOS OFICIALES DE LOS AVISOS E INFORMES QUE DEBEN PRESENTAR QUIENES REALICEN ACTIVIDADES VULNERABLES.

ALBERTO BAZBAZ SACAL, Titular de la Unidad de Inteligencia Financiera, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6, fracciones I, II y VIII; 12, fracción V; 17, fracción V; 18, fracción VI; 23 y 24 de la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita; 3, fracciones II y III; 4, fracción V, y 10 del Reglamento de la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita; 15, fracción IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, y 24; 25 y 27 de las Reglas de Carácter General a que se refiere la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita, y

CONSIDERANDO

Que el 17 de octubre de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita, en lo sucesivo la Ley, la cual tiene por objeto proteger el sistema financiero y la economía nacional, estableciendo medidas y procedimientos para prevenir y detectar actos u operaciones que involucren recursos de procedencia ilícita, a través de una coordinación interinstitucional que tenga como fines recabar elementos útiles para investigar y perseguir los delitos de operaciones con recursos de procedencia ilícita, los relacionados con estos últimos, las estructuras financieras de las organizaciones delictivas y evitar el uso de los recursos para su financiamiento;

Que los días 16 y 23 de agosto de 2013 se publicaron en el mismo órgano de difusión oficial el Reglamento de la Ley y las Reglas de Carácter General a que se refiere la Ley, respectivamente;

Que dichos instrumentos normativos tienen por objeto establecer las bases y disposiciones para la debida observancia de la Ley, así como los términos y modalidades conforme a los cuales quienes realicen actividades vulnerables deben presentar los avisos a que se refiere la Ley;

Que la Unidad de Inteligencia Financiera emitió la Resolución por la que se expiden los formatos oficiales de los avisos e informes que deben presentar quienes realicen actividades vulnerables, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de 2013, misma que fue modificada el 24 de julio de 2014 y el 29 de septiembre de 2015;

Que conforme al artículo 3, fracción II del Reglamento de la Ley, la Unidad de Inteligencia Financiera está facultada para requerir a quienes realicen las actividades vulnerables a que se refiere el artículo 17 de la Ley, la información, documentación, datos e imágenes necesarios para el ejercicio de sus facultades, las cuales

están dirigidas a recabar elementos útiles para prevenir, investigar y perseguir los delitos de operaciones con recursos de procedencia ilícita, los relacionados con éstos, las estructuras financieras de las organizaciones delictivas y evitar el uso de esos recursos para su financiamiento, según se establece en el artículo 1 del Reglamento de la Ley;

Que en el Anexo "5" de la Resolución por la que se expiden los formatos oficiales de los avisos e informes que deben presentar quienes realicen actividades vulnerables, se estableció el formato oficial por medio del cual quienes realizan las Actividades Vulnerables previstas en el artículo 17, fracción V de la Ley deben presentar los Avisos correspondientes; sin embargo, dicho formato está enfocado a las operaciones de compraventa de inmuebles;

Que resulta necesario que la Unidad de Inteligencia Financiera expida el formato oficial que sea acorde a las circunstancias específicas del sector de desarrolladores de bienes inmuebles, que permita obtener elementos útiles para cumplir con el objeto de la Ley, atendiendo no solo a las operaciones de compraventa de inmuebles que están involucrados, sino también a las transacciones que se presentan al llevar a cabo el desarrollo de bienes inmuebles, actividad que está prevista como vulnerable en términos del citado artículo 17, fracción V de la Ley, por lo que se ha tenido a bien expedir la siguiente

RESOLUCIÓN

ARTÍCULO ÚNICO.- Se **reforma** el artículo 3, inciso g); el Anexo "5" en su denominación, para ser Anexo "5-A", y se **adiciona** el Anexo "5-B" de la Resolución por la que se expiden los formatos oficiales de los avisos e informes que deben presentar quienes realicen actividades vulnerables, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de 2013 y sus modificaciones publicadas en el mismo órgano de difusión oficial el 24 de julio de 2014 y 29 de septiembre de 2015, para quedar como sigue:

"Artículo 3.- ...

a) a f) ...

g) Quienes realicen las Actividades Vulnerables referidas en la fracción V, del artículo 17 de la Ley, relacionadas con los servicios de construcción o desarrollo inmobiliario, con la intermediación en la transmisión de la propiedad o con la constitución de derechos sobre dichos bienes, tomando en consideración el Anexo "5-A", y las relacionadas con el propio desarrollo de bienes inmuebles, tomando en consideración el Anexo "5-B".

Para efectos del Anexo "5-B", se entenderá como desarrollo de bienes inmuebles aquellas obras consistentes en desarrollos inmobiliarios o fraccionamientos de lotes, en los que se involucren operaciones de compra o venta de bienes inmuebles.

h) al r) ...

...

...

...

ANEXO "5-A"

...

ANEXO “5-B”

NO.	NOMBRE DEL CAMPO	ETIQUETA XML	OBLIGATORIEDAD	TIPO DE DATO	LONGITUD	FORMATO
A	Archivo XML	<archivo>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
AA	Informe	<informe>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
1	Mes reportado	<mes_reportado>	Obligatorio	Numérico	6	AAAAMM
2	Datos de identificación de quien realiza la Actividad Vulnerable	<sujeto_obligado>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
2.1	Clave de la Entidad Colegiada por medio de la cual se remiten los avisos	<clave_entidad_colegiada>	Obligatorio	Alfanumérico	12	Patrón: LLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X=alfanumérico
2.2	Clave de quien realiza la Actividad Vulnerable que genera el aviso	<clave_sujeto_obligado>	Obligatorio	Alfanumérico	12-13	Patrón: LLLLAAMMDDXXX/LLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres &o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X=alfanumérico
2.3	Clave de la actividad vulnerable	<clave_actividad>	Obligatorio	Alfanumérico	3	Patrón: AAA
2.4	¿El envío del informe corresponde a la realización de actos u operaciones previstos en el artículo 27 Bis de las Reglas de Carácter General de la LFPIORPI?	<exento>	Obligatorio	Numérico	1	N/A
3	Datos del Aviso	<aviso>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.1	Referencia del Aviso	<referencia_aviso>	Obligatorio	Alfanumérico	1 -14	
3.2	Datos si el aviso es modificadorio	<modificadorio>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.2.1	Folio del Aviso previo que se modifica	<folio_modificacion>	Obligatorio	Alfanumérico	6 - 14	Patrón: AAAA-9999999999 (sin ceros a la izquierda)
3.2.2	Descripción de la modificación	<descripcion_modificacion>	Obligatorio	Alfanumérico	1-3000	
3.3	Prioridad de aviso	<prioridad>	Obligatorio	Numérico	1	Patrón: 9
3.4	Alertas	<alerta>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.4.1	Tipo de alerta	<tipo_alerta>	Obligatorio	Numérico	3-4	Patrón: 9999
3.4.2	Descripción de alerta	<descripcion_alerta>	Obligatorio	Alfanumérico	1-3000	
3.5	Detalle de la(s) operación(es) o acto(s)	<detalle_operaciones>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1	Datos de la Operación	<datos_operacion>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.1	Tipo de operación	<tipo_operacion>	Obligatorio	Numérico	3-4	Patrón: 9999
3.5.1.2	Detalle de lo(s) desarrollo(s) inmobiliario(s) al(los) que le(s) corresponde la aportación	<desarrollos_inmobiliarios>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A

3.5.1.2.1	Datos del desarrollo inmobiliario	<datos_desarrollo>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.2.1.1	El desarrollo inmobiliario fue objeto de un aviso anterior	<objeto_aviso_anterior>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.2.1.2	Las características del desarrollo inmobiliario objeto de un aviso anterior sufrió alguna modificación	<modificacion>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.2.1.3	Entidad Federativa que autorizó, registró o emitió la licencia del desarrollo inmobiliario	<entidad_federativa>	Obligatorio	Alfanumérico	2	N/A
3.5.1.2.1.4	Identificador único de autorización, registro o licencia de obra del desarrollo inmobiliario	<registro_licencia>	Obligatorio	Alfanumérico	1 - 200	
3.5.1.2.1.5	Características del desarrollo inmobiliario	<caracteristicas_desarrollo>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.2.1.5.1	Código Postal de la ubicación del desarrollo inmobiliario (principal)	<codigo_postal>	Obligatorio	Alfanumérico	5	
3.5.1.2.1.5.2	Colonia de la ubicación del desarrollo inmobiliario (principal)	<colonia>	Obligatorio	Alfanumérico	1-50	
3.5.1.2.1.5.3	Calle, avenida o vía de la ubicación del desarrollo inmobiliario (principal)	<calle>	Obligatorio	Alfanumérico	1-100	
3.5.1.2.1.5.4	Tipo de desarrollo inmobiliario	<tipo_desarrollo>	Obligatorio	Númérico	1-2	Patrón: 99
3.5.1.2.1.5.5	Descripción del tipo de desarrollo inmobiliario, en caso de ser otro	<descripcion_desarrollo>	Opcional	Alfanumérico	1-3000	
3.5.1.2.1.5.6	Monto estimado total de costo de desarrollo del proyecto inmobiliario	<monto_desarrollo>	Obligatorio	Númérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.2.1.5.7	Número de unidades individuales a comercializar	<unidades_comercializadas>	Obligatorio	Númérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.2.1.5.8	Costo comercial promedio estimado por unidad	<costo_unidad>	Obligatorio	Númérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.2.1.5.9	Existe(n) otra(s) empresa(s) participando en el desarrollo de este proyecto inmobiliario	<otras_empresas>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.3	Datos de la(s) aportación(es)	<aportaciones>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.1	Fecha de la aportación	<fecha_aportacion>	Obligatorio	Númérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2	Datos del tipo de aportación(es)	<tipo_aportacion>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.1	Datos cuando la aportación es a través de recursos propios	<recursos_propios>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.1.1	Datos de la aportación	<datos_aportacion>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.1.1.1	Datos cuando la aportación es numerario	<aportacion_numeraria>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A

3.5.1.3.2.1.1.1.1	Instrumento monetario con el que se realizó la aportación	<instrumento_monetario>	Obligatorio	Numérico	1-2	Patrón: 99
3.5.1.3.2.1.1.1.2	Tipo de moneda o divisa de la aportación	<moneda>	Obligatorio	Numérico	1-3	Patrón: 999
3.5.1.3.2.1.1.1.3	Monto de la aportación	<monto_aportacion>	Obligatorio	Numérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.1.1.1.4	La aportación fue realizada por medio de un Fideicomiso	<aportacion_fideicomiso>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.3.2.1.1.1.5	Nombre de la institución fiduciaria del fideicomiso	<nombre_institucion>	Obligatorio	Alfanumérico	1-254	
3.5.1.3.2.1.1.2	Datos cuando la aportación es en especie	<aportacion_especie>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.1.1.2.1	Descripción del bien	<descripcion_bien>	Obligatorio	Alfanumérico	1-3000	
3.5.1.3.2.1.1.2.2	Monto estimado del valor de la aportación en especie en moneda nacional	<monto_estimado>	Obligatorio	Numérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.2	Datos cuando la aportación es a través de socio(s)	<socios>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.1	Número de socios de la aportación	<numero_socios>	Obligatorio	Numérico	1-8	Patrón: 99999999
3.5.1.3.2.2.2	Datos de los socios	<detalle_socios>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1	Datos del socio	<datos_socio>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.1	El socio que realizó la aportación fue reportado en un aviso anterior	<aportacion_anterior_socio>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.3.2.2.2.1.2	Registro Federal de Contribuyentes (RFC) del socio	<rfc_socio>	Obligatorio	Alfanumérico	12-13	Patrón: LLLLAAMDDXXX/LLLLAAMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres &o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X=alfanumérico
3.5.1.3.2.2.2.1.3	Datos del tipo de socio	<tipo_persona_socio>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1	Datos del socio cuando se trata de persona física	<persona_fisica>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.1	Nombre(s)	<nombre>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.2	Apellido Paterno	<apellido_paterno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.3	Apellido Materno	<apellido_materno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.4	Fecha de Nacimiento	<fecha_nacimiento>	Opcional	Numérico	8	Patrón: AAAAMDD
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.5	Clave Única de Registro de Población	<curp>	Opcional	Alfanumérico	18	Formato: AAAAAAAAAAAAAAAAAA Patrón: LLLLLAAMDDGEFCCC99; en donde, L=(A-Z) letra, AA=año, MM=mes, DD=día, G=M ó H, EF= Entidad federativa CC= (A-Z) letras 99=(0-9) número

3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.6	Clave país de nacionalidad	<pais_nacionalidad>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.2.2.1.3.1.7	Actividad económica u ocupación	<actividad_economica>	Obligatorio	Numérico	7	Patrón: 9999999
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2	Datos del socio cuando se trata de persona moral	<persona_moral>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.1	Denominación o Razón Social	<denominacion_razon>	Obligatorio	Alfanumérico	1-254	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.2	Fecha de Constitución	<fecha_constitucion>	Opcional	Numérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.3	Clave país de nacionalidad	<pais_nacionalidad>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.4	Actividad económica o giro mercantil u objeto social	<giro_mercantil>	Obligatorio	Numérico	7	Formato: 9999999
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5	Representante o apoderado legal o persona que realice la aportación a nombre de la persona moral	<representante_apoderado>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5.1	Nombre(s)	<nombre>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5.2	Apellido Paterno	<apellido_paterno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5.3	Apellido Materno	<apellido_materno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5.4	Fecha de Nacimiento	<fecha_nacimiento>	Obligatorio	Numérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5.5	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	13	Patrón: LLLLAAMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.2.2.1.3.2.5.6	Clave Única de Registro de Población	<curp>	Obligatorio	Alfanumérico	18	Formato: AAAAAAAAAAAAAAAAAA Patrón: LLLLAAMDDGEFCCC99; en donde, L=(A-Z) letra, AA=año, MM=mes, DD=día, G=M ó H, EF= Entidad federativa CC= (A-Z) letras 99=(0-9) número
3.5.1.3.2.2.2.1.3.3	Datos del socio cuando se trata de fideicomiso	<fideicomiso>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.3.3.1	Denominación o Razón Social del Fiduciario	<denominacion_razon>	Obligatorio	Alfanumérico	1-254	
3.5.1.3.2.2.2.1.3.3.2	Número, referencia o identificador del fideicomiso	<identificador_fideicomiso>	Opcional	Alfanumérico	1-40	
3.5.1.3.2.2.2.1.4	Datos de tipo de domicilio del socio	<tipo_domicilio_socio>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.4.1	Datos del domicilio si es nacional	<nacional>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.4.1.1	Colonia	<colonia>	Obligatorio	Alfanumérico	1-50	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.1.2	Calle, avenida o vía	<calle>	Obligatorio	Alfanumérico	1-100	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.1.3	Número exterior	<numero_exterior>	Obligatorio	Alfanumérico	1-56	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.1.4	Número interior	<numero_interior>	Opcional	Alfanumérico	1-40	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.1.5	Código Postal	<codigo_postal>	Obligatorio	Alfanumérico	5	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2	Datos del domicilio si es extranjero	<extranjero>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.1	Clave del país donde se encuentra el domicilio	<pais>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA

3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.2	Estado, provincia, departamento o demarcación política similar que corresponda	<estado_provincia>	Obligatorio	Alfanumérico	1-100	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.3	Ciudad o población	<ciudad_poblacion>	Obligatorio	Alfanumérico	1-100	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.4	Colonia	<colonia>	Obligatorio	Alfanumérico	1-50	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.5	Calle, avenida o vía	<calle>	Obligatorio	Alfanumérico	1-100	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.6	Número exterior	<numero_exterior>	Obligatorio	Alfanumérico	1-56	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.7	Número interior	<numero_interior>	Opcional	Alfanumérico	1-40	
3.5.1.3.2.2.2.1.4.2.8	Código Postal	<codigo_postal>	Obligatorio	Alfanumérico	4-12	
3.5.1.3.2.2.2.1.5	Datos del número telefónico y correo electrónico	<telefono>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.5.1	Clave del país	<clave_pais>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.2.2.1.5.2	Número de teléfono	<numero_telefono>	Obligatorio	Numérico	10-12	Formato: Clave de región + número telefónico
3.5.1.3.2.2.2.1.5.3	Correo electrónico	<correo_electronico>	Opcional	Alfanumérico	5 - 60	Patrón: ([A-Z][0-9]._-')+@([A-Z][0-9]._-')+
3.5.1.3.2.2.2.1.6	Datos de la(s) aportacion(es) del socio	<detalle_aportaciones>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1	Datos del tipo de aportación del socio	<datos_aportacion>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.1	Datos cuando la aportación es numerario	<aportacion_numeraria>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.1.1	Instrumento monetario con el que se realizó la aportación	<instrumento_monetario>	Obligatorio	Numérico	1-2	Patrón: 99
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.1.2	Tipo de moneda o divisa de la aportación	<moneda>	Obligatorio	Numérico	1-3	Patrón: 999
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.1.3	Monto de la aportación	<monto_aportacion>	Obligatorio	Numérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.1.4	La aportación fue realizada por medio de un Fideicomiso	<aportacion_fideicomiso>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.1.5	Nombre de la institución fiduciaria del fideicomiso	<nombre_institucion>	Obligatorio	Alfanumérico	1-254	
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.2	Datos cuando la aportación es en especie	<aportacion_especie>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.2.1	Descripción del bien	<descripcion_bien>	Obligatorio	Alfanumérico	1-3000	
3.5.1.3.2.2.2.1.6.1.2.2	Monto estimado del valor de la aportación en especie en moneda nacional	<monto_estimado>	Obligatorio	Numérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.3	Datos cuando la aportación es a través de terceros	<terceros>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A

3.5.1.3.2.3.1	Número de terceros de la aportación	<numero_terceros>	Obligatorio	Númérico	1-8	Patrón: 99999999
3.5.1.3.2.3.2	Datos de los terceros	<detalle_terceros>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1	Datos del tercero	<datos_tercero>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.1	Tipo de tercero	<tipo_tercero>	Obligatorio	Númérico	1-2	Patrón: 99
3.5.1.3.2.3.2.1.2	Descripción del tipo de tercero cuando es "Otro"	<descripcion_tercero>	Opcional	Alfanumérico	1-3000	
3.5.1.3.2.3.2.1.3	Datos del tipo de tercero	<tipo_persona_tercero>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1	Datos del tercero cuando se trata de persona física	<persona_fisica>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.1	Nombre(s)	<nombre>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.2	Apellido Paterno	<apellido_paterno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.3	Apellido Materno	<apellido_materno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.4	Fecha de Nacimiento	<fecha_nacimiento>	Obligatorio	Númérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.5	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	13	Patrón: LLLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.6	Clave Única de Registro de Población	<curp>	Obligatorio	Alfanumérico	18	Formato: AAAAAAAAAAAAAAAAAA Patrón: LLLLAAMMDDGEFCCC99; en donde, L=(A-Z) letra, AA=año, MM=mes, DD=día, G=M ó H, EF= Entidad federativa CC= (A-Z) letras 99=(0-9) número
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.7	Clave país de nacionalidad	<pais_nacionalidad>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.3.2.1.3.1.8	Actividad económica u ocupación	<actividad_economica>	Obligatorio	Númérico	7	Patrón: 9999999
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2	Datos del tercero cuando se trata de persona moral	<persona_moral>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.1	Denominación o Razón Social	<denominacion_razon>	Obligatorio	Alfanumérico	1 -254	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.2	Fecha de Constitución	<fecha_constitucion>	Obligatorio	Númérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.3	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	12	Patrón: LLLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.4	Clave país de nacionalidad	<pais_nacionalidad>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.5	Actividad económica o giro mercantil u objeto social	<giro_mercantil>	Obligatorio	Númérico	7	Formato: 9999999
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6	Representante o apoderado legal o persona que realice la aportación a nombre de la persona moral	<representante_apoderado>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6.1	Nombre(s)	<nombre>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6.2	Apellido Paterno	<apellido_paterno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6.3	Apellido Materno	<apellido_materno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6.4	Fecha de Nacimiento	<fecha_nacimiento>	Obligatorio	Númérico	8	Patrón: AAAAMMDD

3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6.5	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	13	Patrón: LLLLAAMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.3.2.1.3.2.6.6	Clave Única de Registro de Población	<curp>	Obligatorio	Alfanumérico	18	Formato: AAAAAAAAAAAAAAAAAA Patrón: LLLLAAMDDGEFCCC99; en donde, L=(A-Z) letra, AA=año, MM=mes, DD=día, G=M ó H, EF= Entidad federativa CC= (A-Z) letras 99=(0-9) número
3.5.1.3.2.3.2.1.3.3	Datos del tercero cuando se trata de fideicomiso	<fideicomiso>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.3.3.1	Denominación o Razón Social del Fiduciario	<denominacion_razon>	Obligatorio	Alfanumérico	1 -254	
3.5.1.3.2.3.2.1.3.3.2	Registro Federal de Contribuyentes (RFC) del Fideicomiso	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	12	Patrón: LLLAAMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.3.2.1.3.3.3	Número, referencia o identificador del fideicomiso	<identificador_fideicomiso>	Obligatorio	Alfanumérico	1-40	
3.5.1.3.2.3.2.1.4	Datos de la(s) aportacion(es) del tercero	<detalle_aportaciones>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1	Datos del tipo de aportación del tercero	<datos_aportacion>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1	Datos cuando la aportación es numerario	<aportacion_numeraria>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1.1	Instrumento monetario con el que se realizó la aportación	<instrumento_monetario>	Obligatorio	Número	1-2	Patrón: 99
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1.2	Tipo de moneda o divisa de la aportación	<moneda>	Obligatorio	Número	1-3	Patrón: 999
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1.3	Monto de la aportación	<monto_aportacion>	Obligatorio	Número	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1.4	La aportación fue realizada por medio de un Fideicomiso	<aportacion_fideicomiso>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: SI/NO
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1.5	Nombre de la institución fiduciaria del fideicomiso	<nombre_institucion>	Obligatorio	Alfanumérico	1-254	
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.1.6	Valor total pactado del inmueble en preventa en moneda nacional	<valor_inmueble_preventa>	Obligatorio	Número	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.2	Datos cuando la aportación es en especie	<aportacion_especie>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.2.1	Descripción del bien	<descripcion_bien>	Obligatorio	Alfanumérico	1-3000	
3.5.1.3.2.3.2.1.4.1.2.2	Monto del valor estimado de la aportación en especie en moneda nacional	<monto_estimado>	Obligatorio	Número	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.4	Datos cuando la aportación es a través de crédito o préstamo financiero	<prestamo_financiero>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A

3.5.1.3.2.4.1	Datos del crédito o préstamo financiero	<datos_prestamo>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.4.1.1	Tipo de institución financiera	<tipo_institucion>	Obligatorio	Númérico	1-2	Patrón: 99
3.5.1.3.2.4.1.2	Institución que otorga el financiamiento	<institucion>	Obligatorio	Alfanumérico	1-254	
3.5.1.3.2.4.1.3	Tipo de crédito	<tipo_credito>	Obligatorio	Númérico	1-2	Patrón: 99
3.5.1.3.2.4.1.4	Monto del préstamo	<monto_prestamo>	Obligatorio	Númérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.4.1.5	Tipo de moneda o divisa del préstamo	<moneda>	Obligatorio	Númérico	1-3	Patrón: 999
3.5.1.3.2.4.1.6	Plazo en meses del préstamo	<plazo_meses>	Obligatorio	Númérico	1-8	Patrón: 99999999
3.5.1.3.2.5	Datos cuando la aportación es a través de crédito o préstamo no financiero	<prestamo_no_financiero>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1	Datos del crédito o préstamo no financiero	<datos_prestamo>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.1	Monto del préstamo	<monto_prestamo>	Obligatorio	Númérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.5.1.2	Tipo de moneda o divisa del préstamo	<moneda>	Obligatorio	Númérico	1-3	Patrón: 999
3.5.1.3.2.5.1.3	Plazo en meses del préstamo	<plazo_meses>	Obligatorio	Númérico	1-8	Patrón: 99999999
3.5.1.3.2.5.1.4	Detalle de los acreedores	<detalle_acreedores>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.4.1	Datos del tipo de persona del acreedor	<tipo_persona_acreedor>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1	Datos del acreedor cuando se trata de persona física	<persona_fisica>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.1	Nombre(s)	<nombre>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.2	Apellido Paterno	<apellido_paterno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.3	Apellido Materno	<apellido_materno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.4	Fecha de Nacimiento	<fecha_nacimiento>	Obligatorio	Númérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.5	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	13	Patrón: LLLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.6	Clave Única de Registro de Población	<curp>	Obligatorio	Alfanumérico	18	Formato: AAAAAAAAAAAAAAAAAA Patrón: LLLLAAMMDDGEFCCC99; en donde, L=(A-Z) letra, AA=año, MM=mes, DD=día, G=M ó H, EF= Entidad federativa CC= (A-Z) letras 99=(0-9) número
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.7	Clave país de nacionalidad	<pais_nacionalidad>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.5.1.4.1.1.8	Actividad económica u ocupación	<actividad_economica>	Obligatorio	Númérico	7	Patrón: 9999999

3.5.1.3.2.5.1.4.1.2	Datos del acreedor cuando se trata de persona moral	<persona_moral>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.1	Denominación o Razón Social	<denominacion_razon>	Obligatorio	Alfanumérico	1 -254	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.2	Fecha de Constitución	<fecha_constitucion>	Obligatorio	Numérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.3	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	12	Patrón: LLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.4	Clave país de nacionalidad	<pais_nacionalidad>	Obligatorio	Alfabético	2	Formato: AA
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.5	Actividad económica o giro mercantil u objeto social	<giro_mercantil>	Obligatorio	Numérico	7	Formato: 99999999
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6	Representante o apoderado legal o persona que realice la aportación a nombre de la persona moral	<representante_apoderado>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6.1	Nombre(s)	<nombre>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6.2	Apellido Paterno	<apellido_paterno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6.3	Apellido Materno	<apellido_materno>	Obligatorio	Alfanumérico	1-200	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6.4	Fecha de Nacimiento	<fecha_nacimiento>	Obligatorio	Numérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6.5	Registro Federal de Contribuyentes (RFC)	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	13	Patrón: LLLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.5.1.4.1.2.6.6	Clave Única de Registro de Población	<curp>	Obligatorio	Alfanumérico	18	Formato: AAAAAAAAAAAAAAAAAA Patrón: LLLLAAMMDDGEFCCC99; en donde, L=(A-Z) letra, AA=año, MM=mes, DD=día, G=M ó H, EF= Entidad federativa CC= (A-Z) letras 99=(0-9) número
3.5.1.3.2.5.1.4.1.3	Datos del acreedor cuando se trata de fideicomiso	<fideicomiso>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.5.1.4.1.3.1	Denominación o Razón Social del Fiduciario	<denominacion_razon>	Obligatorio	Alfanumérico	1 -254	
3.5.1.3.2.5.1.4.1.3.2	Registro Federal de Contribuyentes (RFC) del Fideicomiso	<rfc>	Obligatorio	Alfanumérico	12	Patrón: LLLAAMMDDXXX; en donde, L=(A-Z) letra o caracteres & o Ñ, AA=año, MM=mes, DD=día, X= alfanumérico.
3.5.1.3.2.5.1.4.1.3.3	Número, referencia o identificador del fideicomiso	<identificador_fideicomiso>	Obligatorio	Alfanumérico	1-40	
3.5.1.3.2.6	Aportación a través de financiamiento bursátil (emisión de deuda o capital)	<financiamiento_bursatil>	Obligatorio	Etiqueta	N/A	N/A
3.5.1.3.2.6.1	Fecha de la emisión	<fecha_emision>	Obligatorio	Numérico	8	Patrón: AAAAMMDD
3.5.1.3.2.6.2	Monto solicitado en la emisión en moneda nacional	<monto_solicitado>	Obligatorio	Numérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.
3.5.1.3.2.6.3	Monto recibido en moneda nacional	<monto_recibido>	Obligatorio	Numérico	4 - 17	Formato: 14 dígitos con 2 decimales obligatorios.

TRANSITORIOS

PRIMERO.- La presente Resolución entrará en vigor el 2 de enero de 2017.

SEGUNDO.- A partir de la entrada en vigor de esta Resolución, la Unidad de Inteligencia Financiera, por conducto del Servicio de Administración Tributaria, dará a conocer el Instructivo correspondiente al Anexo "5-B" mediante publicación en el Portal en Internet de dicho órgano desconcentrado, para que quienes realicen Actividades Vulnerables relacionadas con el desarrollo de bienes inmuebles capturen la información relativa a los Avisos que deban presentar en los términos establecidos por el artículo 17, fracción V de la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita.

TERCERO.- Los Avisos presentados conforme al Anexo "5-B" por parte de quienes realicen las Actividades Vulnerables relacionadas con el desarrollo de bienes inmuebles en términos del artículo 17, fracción V de la Ley Federal para la Prevención e Identificación de Operaciones con Recursos de Procedencia Ilícita, contendrán la información referente a los actos u operaciones relacionados con dichas Actividades que hayan sido realizadas a partir de la fecha de entrada en vigor de la presente Resolución.

Ciudad de México, a 12 de diciembre de 2016.- El Titular de la Unidad de Inteligencia Financiera de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, **Alberto Bazbaz Sacal**.- Rúbrica.

ACUERDO por el que se comunican los días en que la Comisión Nacional Bancaria y de Valores suspenderá labores para efecto de diligencias o actuaciones.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Hacienda y Crédito Público.- Comisión Nacional Bancaria y de Valores.

**ACUERDO POR EL QUE SE COMUNICAN LOS DÍAS EN QUE LA COMISIÓN
NACIONAL BANCARIA Y DE VALORES SUSPENDERÁ LABORES
PARA EFECTO DE DILIGENCIAS O ACTUACIONES**

A LAS AUTORIDADES, ENTIDADES Y PERSONAS SUJETAS A LA SUPERVISIÓN DE ESTA COMISIÓN Y AL PÚBLICO EN GENERAL

Con fundamento en el artículo 16, fracción I de la Ley de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores y, en términos de lo previsto por el artículo 4 de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo y demás disposiciones legales aplicables, así como en el numeral 76, fracción IV de las Disposiciones en las materias de Recursos Humanos y del Servicio Profesional de Carrera, contenidas en el artículo Tercero del Acuerdo por el que se emiten las Disposiciones en materia de Planeación, Organización y Administración de los Recursos Humanos, y se expide el Manual Administrativo de Aplicación General en dicha materia, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de julio de 2010 y reformado mediante Acuerdos publicados en el mismo Órgano de Difusión el 29 de agosto de 2011, el 6 de septiembre de 2012, el 23 de agosto de 2013 y el 4 de febrero de 2016, respectivamente, se comunica lo siguiente:

ÚNICO.- Que de conformidad con las disposiciones legales respectivas, se suspenden las labores de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores del día veintiuno de diciembre de dos mil dieciséis, hasta el tres de enero de dos mil diecisiete, considerándose como inhábiles los días mencionados para efectos de las diligencias o actuaciones de los procedimientos que se tramitan o deban tramitarse en esta Comisión, reanudándose las labores el miércoles cuatro de enero de dos mil diecisiete.

Atentamente,

Ciudad de México, a 12 de diciembre de 2016.- El Presidente de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, **Jaime González Aguadé**.- Rúbrica.

CIRCULAR Modificatoria 21/16 de la Única de Seguros y Fianzas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Hacienda y Crédito Público.- Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

CIRCULAR MODIFICATORIA 21/16 DE LA ÚNICA DE SEGUROS Y FIANZAS

(Disposiciones 5.1.3., 5.3.1., 5.5.11., y 6.3.8.; Anexos 5.1.5-a, 5.1.6-a, 5.3.1., 5.5.11. y 6.3.8.)

La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 366, fracción II, 369, fracción I, 372, fracciones V, VI y XLII, 373 y 381 de la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas, y

CONSIDERANDO

Que el 4 de abril de 2013 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el “Decreto por el que se expide la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas y se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley sobre el Contrato de Seguro”, a través del cual, en términos de su Artículo Primero, se expide la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas.

Que el 19 de diciembre de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Circular Única de Seguros y Fianzas, mediante la cual se dan a conocer las disposiciones de carácter general que emanan de la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas, sistematizando su integración y homologando la terminología utilizada, a fin de brindar con ello certeza jurídica en cuanto al marco normativo al que las instituciones y sociedades mutualistas de seguros, instituciones de fianzas y demás personas y entidades sujetas a la inspección y vigilancia de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas deberán sujetarse en el desarrollo de sus operaciones.

Que con el objetivo de brindar mayor certeza jurídica en cuanto al marco normativo al que deberán sujetarse las entidades antes mencionadas, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas ha estimado necesario realizar algunas modificaciones y adiciones relacionadas con aspectos técnicos y operativos de la Circular Única de Seguros y Fianzas.

Que resulta necesario precisar el tratamiento aplicable para el cálculo de reservas técnicas y requerimiento de capital de solvencia, así como el registro contable de aquellos seguros de vida de largo plazo en los que existe la constitución de un fondo conformado por el ahorro del asegurado, y el pago de la prima puede realizarse con cargo a dicho fondo.

Que para aquellas instituciones de seguros y sociedades mutualistas de seguros que utilicen los métodos estatutarios para la valuación de la reserva de riesgos en curso y de la reserva para obligaciones pendientes de cumplir por siniestros ocurridos no reportados y de gastos de ajuste asignados al siniestro, resulta necesario dar a conocer los parámetros de mercado para fines de la valuación de dichas reservas.

Que toda vez que ya no resulta aplicable la presentación de una metodología para la estimación de curvas de tasas de interés equivalentes que reflejen el promedio de las tasas de interés técnico previstas originalmente para la valuación de la reserva de riesgos en curso (“Tasa Técnica Pactada”), resulta necesario derogar la Disposición 5.5.11. de la Circular Única de Seguros y Fianzas y su correspondiente Anexo 5.5.11.

Que para los seguros de terremoto y los de huracán y otros riesgos hidrometeorológicos, es necesario precisar la forma en que se determinará la pérdida máxima probable para aquellos riesgos que por sus características no pueden ser valuados con las bases técnicas establecidas para el cálculo de la prima de riesgo y la pérdida máxima probable (denominados riesgos no valuables), incluyéndose al respecto, la definición de este tipo de riesgos y el procedimiento de cálculo de la pérdida máxima probable.

Por lo anteriormente expuesto, la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas ha resuelto expedir la siguiente modificación a la Circular Única de Seguros y Fianzas, en los siguientes términos:

CIRCULAR MODIFICATORIA 21/16 DE LA ÚNICA DE SEGUROS Y FIANZAS**(Disposiciones 5.1.3., 5.3.1., 5.5.11. y 6.3.8.; Anexos 5.1.5-a, 5.1.6-a, 5.3.1., 5.5.11. y 6.3.8.)**

PRIMERA.- Se modifican las Disposiciones 5.1.3, 5.3.1. y 6.3.8. para quedar como se indica a continuación:

5.1.3. ...

I. a IV. ...

V. ...

Tratándose de operaciones a recibo, los compromisos deberán valuarse conforme a la naturaleza de la obligación y al plazo de cobertura previsto en el contrato, es decir, considerando la temporalidad de la obligación establecida en el mismo. En ese sentido, la reserva de riesgos en curso deberá valuarse conforme al plazo y la prima de cada recibo si el compromiso es sólo por el plazo establecido en el recibo, o bien, valuarse de acuerdo a la temporalidad prevista en el contrato si la prima del recibo cubre únicamente el riesgo correspondiente de una fracción del plazo de la obligación, en cuyo caso la valuación de la reserva de riesgos en curso deberá calcularse conforme al plazo del contrato y no el del recibo. Para estos efectos deberá hacerse una estimación del ingreso de primas futuras a efecto de registrarlas como un deudor por prima. Lo previsto en el presente párrafo, no será aplicable a aquellos seguros de vida de largo plazo en los que existe la constitución de un fondo conformado por el ahorro del asegurado, y el pago de la prima puede realizarse con cargo a dicho fondo;

VI. ...

VII. ...

Tratándose de aquellos seguros de vida de largo plazo en los que existe la constitución de un fondo conformado por el ahorro del asegurado, y el pago de la prima puede realizarse con cargo a dicho fondo, la reserva de riesgos en curso no podrá ser, en ningún caso, inferior al valor del fondo alcanzado al momento de la valuación.

VIII. a XI. ...

...

5.3.1. ...

...

La Institución de Seguros o Sociedad Mutualista que se ubique en el supuesto de la presente Disposición, deberá aplicar, para efectos de valuación de sus reservas, los parámetros financieros y técnicos determinados con la información del mercado, que se indican en los Anexos 5.3.1, 5.3.3-a y 5.3.3-b.

6.3.8. ...

I. ...

II. ...

III. La variable $L_{P,VLP}$ se calculará como:

$$L_{P,VLP} = \sum_{i=1}^{n_A} L_{P,VLP,i} + L_{P,VLP,flex}$$

donde:

n_A es el número total de pólizas y/o certificados de la cartera, vigentes al momento del cálculo del RCS;

$L_{P,VLP,i}$ representa la pérdida generada por la póliza y/o certificado i en el período (0,1), y

$L_{P,VLP,flex}$ corresponde a la variable de pérdida de los seguros flexibles o de inversión que se determinará según el modelo y las bases técnicas señaladas en el Anexo 6.3.8.

La pérdida $L_{P,VLP,i}$ se calculará de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$L_{P,VLP,i} = P_{VLP,i}(1) + G_{VLP,i}(0,1) - P_{VLP,i}(0),$$

donde:

$P_{VLP,i}(1)$ es el valor al tiempo de proyección $t = 1$, del pasivo técnico para la póliza y/o certificado i , traído a valor presente, sin considerar el margen de riesgo. Éste se determinará según el modelo y las bases técnicas señaladas en el Anexo 6.3.8;

$G_{VLP,i}(0,1)$ es el valor presente total de las reclamaciones de la póliza y/o certificado i durante el período (0,1) el cual se determinará según el modelo y las bases técnicas señaladas en el Anexo 6.3.8, y

$P_{VLP,i}(0)$ es el valor del pasivo técnico al tiempo de cálculo del RCS, $t = 0$, para la póliza y/o certificado i , sin considerar el margen de riesgo. Este valor se determinará según el modelo y las bases técnicas señaladas en el Anexo 6.3.8.

Los valores $P_{VLP,i}(1)$, $G_{VLP,i}(0,1)$ y $P_{VLP,i}(0)$ deberán calcularse considerando las hipótesis demográficas utilizadas en la determinación de la reserva de riesgos en curso de conformidad con lo establecido en el Título 5.

SEGUNDA.- Se deroga la Disposición 5.5.11. de la Circular Única de Seguros y Fianzas.

TERCERA.- Se modifican los Anexos 5.1.5-a, 5.1.6-a. y 6.3.8; se adiciona el Anexo 5.3.1., y se deroga el Anexo 5.5.11., todos de la Circular Única de Seguros y Fianzas.

CUARTA.- Se modifica la "RELACIÓN DE ANEXOS" de la Circular Única de Seguros y Fianzas para hacer referencia al Anexo 5.3.1. denominado "Parámetros de mercado para fines de la valuación de las reservas de riesgos en curso y para obligaciones pendientes de cumplir por siniestros ocurridos no reportados y de gastos de ajuste asignados al siniestro, empleando el método estatutario" y se elimina la referencia al Anexo 5.5.11. denominado "Forma y términos para la presentación de la metodología para la estimación de curvas de tasas de interés equivalentes que reflejen las tasas de interés técnico previstas originalmente para la valuación de la reserva de riesgos en curso ("Tasa Técnica Pactada")" por virtud de su derogación.

TRANSITORIA

ÚNICA.- La presente Circular Modificatoria entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Lo anterior se hace de su conocimiento, con fundamento en los artículos 366, fracción II, 369, fracción I, 372, fracciones V, VI y XLII, 373 y 381 de la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas.

Atentamente

Sufragio Efectivo. No Reelección.

Ciudad de México, 28 de noviembre de 2016.- La Presidenta de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, **Norma Alicia Rosas Rodríguez.**- Rúbrica.

ANEXO 5.1.5-a.**BASES TÉCNICAS PARA EL CÁLCULO DE LA PRIMA DE RIESGO Y LA PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE PARA LOS SEGUROS DE TERREMOTO**

La prima de riesgo y la pérdida máxima probable correspondiente a la cartera de pólizas en vigor de los seguros de terremoto, deberán calcularse mediante el procedimiento técnico e información que se indican a continuación.

PARTE I**DE LAS BASES TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRIMA DE RIESGO Y LA PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE DE LOS SEGUROS DE TERREMOTO.****Capítulo 1: Amenaza sísmica****1. Generalidades**

La identificación de las amenazas que pueden afectar una región constituye uno de los primeros pasos en el análisis de riesgo. El conocimiento de las condiciones regionales de ocurrencia de eventos peligrosos, así como las características reportadas sobre eventos históricos, proveen una primera idea del potencial de los fenómenos que amenazan la región, y permiten conocer, de manera preliminar y aproximada, los periodos de retorno de los eventos más importantes.

El análisis de amenaza está basado en la frecuencia histórica de eventos y en la severidad de cada uno de ellos. La severidad se mide mediante parámetros de intensidad válidos para una ubicación geográfica específica. Una vez que se definen los parámetros de amenaza, es necesario generar un conjunto de eventos estocásticos que definen la frecuencia y severidad de miles de eventos, representando así la ocurrencia de la amenaza en la región.

Los avances actuales en el desarrollo y presentación de la información geográfica y georreferenciada permiten adelantos importantes en la visualización y entendimiento de las amenazas y de los eventos que las generan. El manejo de esta información por medio de capas en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite la automatización de los procesos de cálculo de riesgo, así como una visualización ambiciosa y comunicación simple y ágil de resultados. Sin embargo, el cálculo de las capas de amenaza generalmente recae en programas especializados que no necesariamente son parte de los SIG.

El cálculo de la amenaza exige la generación de eventos estocásticos, cada uno con una frecuencia de ocurrencia definida, y que entre todos representen de manera adecuada las diferentes combinaciones de intensidad y ubicación geográfica de las posibles fuentes generadoras de amenaza. Se deben desarrollar modelos analíticos probabilistas para cada uno de los fenómenos naturales tales como sismo, huracanes, lluvias intensas, inundaciones, deslizamientos y volcanes, entre otros, y que la evaluación de cada amenaza se haga en términos de parámetros de intensidad que estén correlacionados con los daños observados.

Identificación de amenazas y análisis de información histórica

Para una adecuada caracterización de cada amenaza es necesario realizar un análisis exhaustivo de la información histórica y registros globales y de la región con relación a su ocurrencia y afectación. El objetivo es obtener una base de datos que nos permita determinar la frecuencia e intensidades observadas y generar curvas de intensidad-frecuencia. Para años y décadas recientes existirá en general información más confiable e instrumental, y para periodos más largos contaremos con información histórica que nos permite al menos fijar algunos parámetros de recurrencia de los eventos de mayor intensidad.

Análisis probabilista

El objetivo principal del análisis probabilista de amenazas es proporcionar la información necesaria para calcular el riesgo con incertidumbres para diferentes periodos de retorno. El cálculo de la amenaza se basa en eventos que siguen la distribución de intensidad-frecuencia observada. Para cada uno de los peligros se construye un conjunto de escenarios estocásticos cada uno de ellos calificado con su frecuencia y severidad con base en la mejor información disponible al igual que en la opinión general de expertos de cada campo.

Como resultado de la evaluación completa de cada amenaza se obtiene una base de datos (resultados) que contiene todos los posibles escenarios de esta amenaza y que son mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos.

Sismicidad mundial

Los sismos se definen como el proceso de liberación súbita de energía mecánica acumulada dentro de la corteza terrestre a lo largo de largos periodos de tiempo. Su efecto inmediato es la transmisión de la energía liberada en el punto de origen del sismo o foco al terreno circundante mediante vibración.

La mayoría de los sismos se generan dentro y en los alrededores de la interacción de las placas tectónicas. En la Figura 1 se muestran las fronteras entre placas y el tipo de interacción en cada región. Dicha interacción se produce a velocidades de desplazamiento lentas. Por ejemplo, en la región Centroamericana, la placa de Cocos se subduce bajo la placa del Caribe a una velocidad de entre 5 y 8 *cm/año*. En la misma figura se indican con flechas las direcciones en las que se mueven las placas.

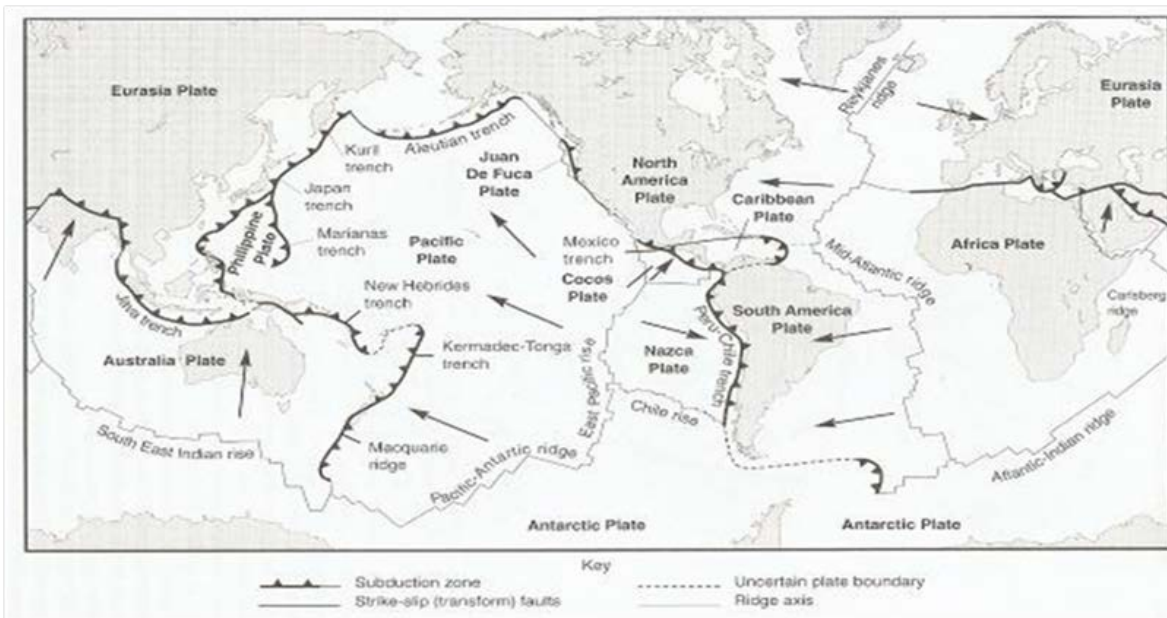


Figura 1 Límites de placas tectónicas (Kramer, 1996)

La sismicidad es recurrente (episódica) en cada región donde se producen sismos o región sísmogénica. Los sismos de magnitudes bajas y medianas ($M \leq 6$) tienen una probabilidad mayor de producirse ($Tr = 50$ años o menos), mientras que el periodo de recurrencia Tr de los sismos de magnitudes superiores ($M \geq 6$) pueden superar los 50 años en cada una de sus fuentes sísmogénicas (así sea interplaca o intraplaca). La variabilidad de la recurrencia, según las magnitudes, implica la necesidad de modelar la sismicidad de manera probabilística.

La amenaza sísmica de una región determinada depende de un gran número de variables, algunas de las cuales son difíciles de cuantificar. Sin embargo, se han desarrollado modelos que permiten estimar las variables involucradas en el cálculo de la amenaza sísmica, lo cual permite dar un tratamiento científico al problema.

2. Actividad sísmica en México

México es uno de los países del mundo con mayor actividad sísmica. Según datos estadísticos, se registran más de 90 sismos por año con magnitud superior a 4 grados en la escala de Richter, lo que equivale a un 6 por ciento de todos los movimientos telúricos que se registran en el mundo. Durante el siglo XX se presentaron sismos de elevada intensidad en cada una de las décadas que han causado daños materiales considerables y de número de muertos. Se citan a continuación los de mayor intensidad y que han causado mayor número de víctimas fatales. La Figura 2 muestra las zonas donde ocurren los sismos en México.

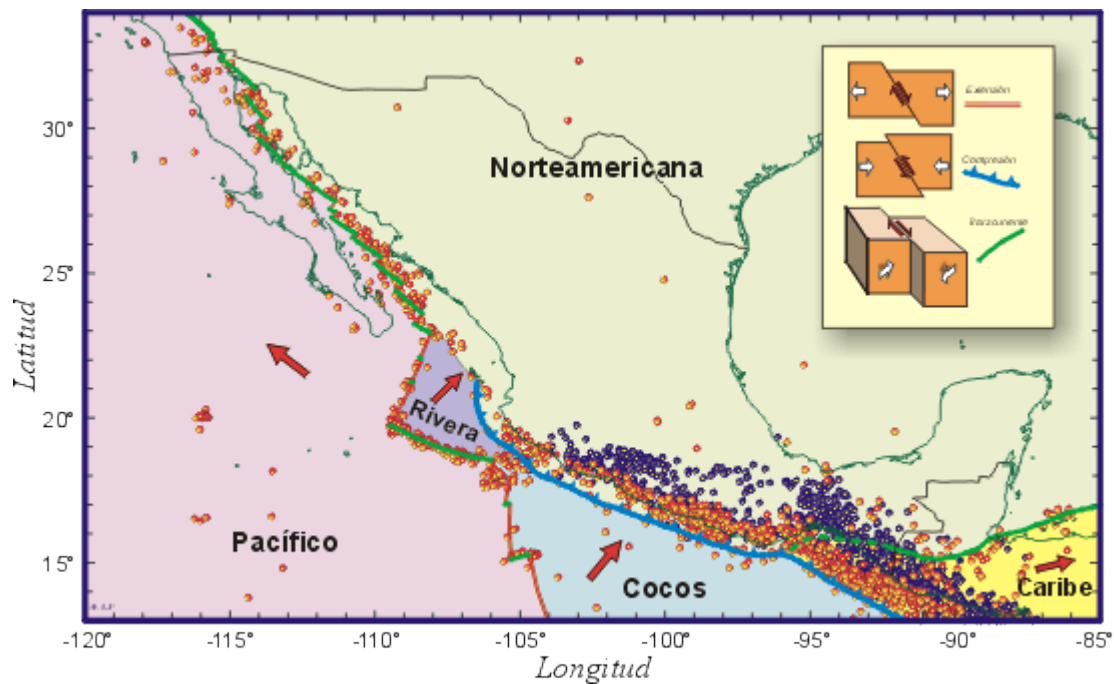


Figura 2 Tectónica, fuentes sísmicas y epicentros en México: puntos naranjas, sismos superficiales y de subducción, puntos azules, sismos de profundidad intermedia o de falla normal

Los grandes temblores en México ($M_s > 7.0$) a lo largo de la costa del Pacífico, son causados por la subducción de las placas oceánicas de Cocos y de Rivera bajo la placa de Norteamérica y por ello son conocidos como sismos de subducción. La placa de Rivera, que es relativamente pequeña, se desplaza bajo el estado de Jalisco con velocidad relativa de 2.5 cm/año frente a la costa de Manzanillo. Algunos trabajos recientes sugieren que esta velocidad podría alcanzar 5 cm/año (Kostoglodov y Bandy, 1994). La frontera entre las placas de Rivera y de Norteamérica es algo incierta, pero se estima que intersecta la costa de México cerca de Manzanillo (19.1°N , 104.3°W). Por otra parte, la velocidad relativa de la placa de Cocos con respecto al continente varía desde unos 5 cm/año cerca de Manzanillo hasta 7 cm/año en Chiapas. El terremoto de Jalisco del 3 de junio de 1932 ($M_s 8.2$) que ocurrió sobre la interfaz de la placa de Rivera y la de Norteamérica (Singh *et al.*, 1985a), muestra que una placa pequeña, joven y con una velocidad relativamente baja de subducción es capaz de generar grandes temblores. Este terremoto es el más grande que ha ocurrido en México en el presente siglo. En la Figura 3a se muestran las fuentes sísmicas con las que se ha caracterizado la ocurrencia de estos sismos.

Los grandes temblores también ocurren en el continente con profundidades de unos 60 km. En este caso los temblores presentan un mecanismo de fallamiento normal que refleja el rompimiento de la litosfera oceánica subducida (Singh *et al.*, 1985b). Si bien este tipo de eventos es poco frecuente, se sabe que pueden causar grandes daños. Algunos ejemplos de este tipo de sismos son el de Oaxaca del 15 de enero de 1931 ($M_s 7.8$), el de Orizaba del 23 de agosto de 1973 ($M_s 7.3$) y el de Huajuapán de León del 24 de octubre de 1980 ($M_s 7.0$). En la Figura 3b se muestran las fuentes sísmicas con las que se ha caracterizado la ocurrencia de este tipo de sismos.



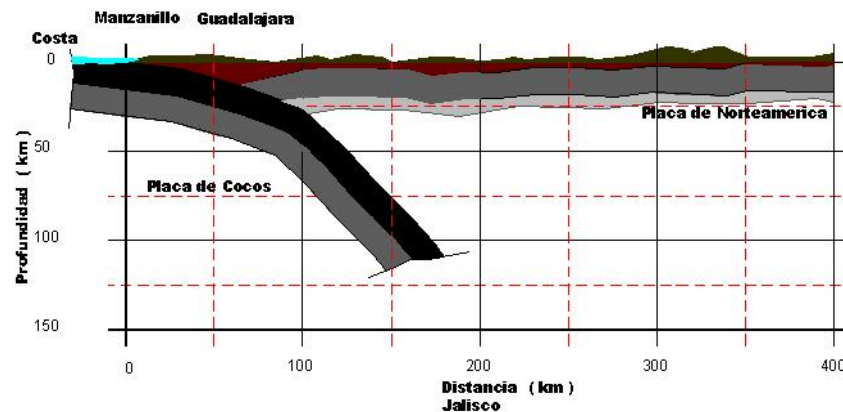
Figura 3 Fuentes sísmicas con las que se caracteriza la ocurrencia de sismos en México: (a) sismos de subducción (b), sismos de profundidad intermedia y (c) sismos superficiales

Aún menos frecuentes son los temblores que ocurren dentro de la placa continental ($M < 7$). Dependiendo de su ubicación, tales eventos pueden generar daños considerables en diversos asentamientos humanos. Dos ejemplos son: el temblor de Jalapa del 3 de enero de 1920 (M_s 6.4) y el de Acambay del 19 de noviembre de 1912 (M_s 7.0). En la Figura 3c se indican las fuentes sísmicas correspondientes a este tipo de sismos. Dentro de estos sismos existen también lo que forman la llamada sismicidad de fondo, consistente en temblores con ($M < 5.5$), cuyo origen no puede asociarse a ninguna estructura geológica en particular.

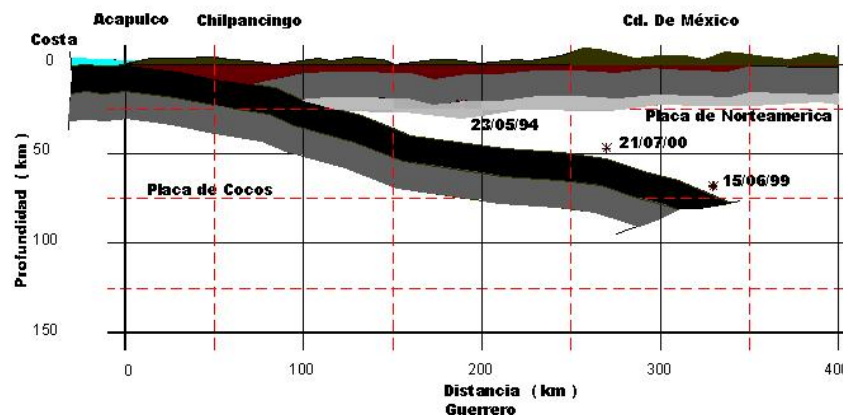
En México, el Eje Neovolcánico no es paralelo a la trinchera. Esto es algo anormal en comparación con otras zonas de subducción en el mundo y es muy probable que se deba a la morfología de la placa de Cocos. Gracias a los esfuerzos de varios investigadores ha habido un avance significativo en el conocimiento de la morfología de la placa subducida bajo el continente (Singh *et al.*, 1985b; Suárez *et al.*, 1990; Ponce *et al.*, 1992; Singh y Pardo, 1993; Pardo y Suárez, 1993, 1994). Las evidencias sugieren una subducción con un ángulo de $\sim 45^\circ$ en Jalisco (Figura 4a), casi horizontal en Guerrero (Figura 4b), con un ángulo de $\sim 12^\circ$ en Oaxaca y de $\sim 45^\circ$ en Chiapas. El contorno de los 80 a 120 km de profundidad de la zona de Benioff aproximadamente coincide con la línea de los volcanes. Existe una evidencia, aunque no definitiva, que la placa continental entre la costa grande de Guerrero y el Valle de México está en un estado de esfuerzo tensional, contrariamente a lo esperado (Singh y Pardo, 1993).

3. Cálculo de la amenaza sísmica

El cálculo de la amenaza sísmica emplea las definiciones y métodos presentados anteriormente, para establecer el nivel de peligro esperado en un sitio o zona determinada, bajo la influencia de la actividad sísmica de fuentes aledañas identificadas. Históricamente los ingenieros, geólogos y sismólogos se han preocupado por desarrollar metodologías de cálculo que representan cada vez mejor el comportamiento de las fuentes, el tránsito de las ondas dentro del medio rocoso, la respuesta de los suelos y la respuesta estructural en el sitio de interés. De esta manera, es posible identificar dos metodologías primordiales de evaluación de amenaza, que engloban los esfuerzos realizados en el pasado en diferentes estudios en el ámbito mundial.



(a)



(b)

Figura 4 Ángulo de inclinación de la placa de Cocos debajo de la de Norteamérica: (a) $\sim 45^\circ$ en Jalisco y (b) $\sim 12^\circ$ en Guerrero

Análisis determinista de amenaza sísmica

Durante muchos años el *análisis determinista de amenaza sísmica* (Deterministic Seismic Hazard Analysis DSHA) fue la herramienta primordial de la ingeniería sísmica para la evaluación de la amenaza en una zona determinada. El uso del DSHA implica la definición de un escenario particular, en el cual se basa la estimación del movimiento del terreno y los efectos secundarios relacionados. El escenario se define como un sismo de magnitud conocida, el cual sucede en un sitio determinado. Los pasos a seguir, para llevar a cabo un DSHA, son:

1. Caracterización de las fuentes generadoras de terremotos con influencia en el sitio de análisis. Se requiere definir cada fuente en términos de su geometría y sismicidad.
2. Selección de la distancia de la fuente al sitio. Generalmente se toma la menor distancia existente entre la fuente y el lugar de análisis.
3. Selección del sismo de análisis, el cual representa de la mejor manera el potencial sísmico de la fuente en consideración, en términos de la intensidad en el sitio bajo estudio. Se debe escoger a partir de comparación de los niveles de intensidad generados por sismos históricos de la región, o de otras regiones con características neotectónicas similares, de tal manera que sea posible definir una magnitud del sismo de análisis para las distancias anteriormente definidas.
4. Selección de las funciones de atenuación que permitan caracterizar completamente la amenaza en el sitio. Según el alcance del análisis se requerirán funciones de atenuación de aceleración, velocidad, desplazamiento, componentes espectrales de los anteriores parámetros, duración, o cualquier otro parámetro.

El DSHA indica el peor caso posible del efecto sísmico en el sitio de análisis. Cuando se emplea el DSHA para la evaluación de la amenaza en estructuras primordiales, puede estimarse la mayor intensidad que puede afectar dichas estructuras. Sin embargo, no se toma en cuenta cuál es la probabilidad de ocurrencia de ese evento, si es probable o no que ocurra en el sitio escogido, qué tan probable es que suceda a lo largo de un período determinado, ni cuál es el grado de incertidumbre asociado a las variables involucradas en el problema.

En general, el análisis determinista no se emplea ni se recomienda como herramienta única del análisis de la amenaza sísmica. Puede ser usado principalmente como herramienta de calibración de modelos más refinados, siempre y cuando se cuente con información histórica suficiente, o para el análisis retrospectivo de eventos históricos específicos.

Análisis probabilístico de amenaza sísmica

En la últimas décadas se ha desarrollado el enfoque probabilístico en los análisis de amenaza sísmica, con el fin de involucrar de manera analítica la incertidumbre asociada con las variables que intervienen en el peligro sísmico de una región. Parámetros como la frecuencia de ocurrencia de determinado sismo, la probabilidad de que ocurra en un sitio específico, probabilidades de excedencia de intensidades sísmicas, etc., son incluidos en los modelos de cálculo, para conformar un *análisis probabilístico de amenaza sísmica* (PSHA por sus siglas en inglés). Los pasos a seguir para llevar a cabo un PSHA son:

1. Caracterización de las fuentes generadoras de terremotos con influencia en el sitio de análisis, en términos de su geometría y distribución de probabilidad de puntos de inicio de la ruptura en el área de falla definida. Es usual asumir una distribución de probabilidad uniforme, lo cual implica que la ocurrencia de sismos se espera con igual probabilidad en cualquier lugar de la geometría de fuente definida. Determinación de la sismicidad de las fuentes consideradas, a partir del registro histórico de eventos ocurridos sobre la geometría anteriormente definida (catálogo sísmico), y de información y estudios de neotectónica y paleosismología para la fuente. La sismicidad se establece por medio de una curva de recurrencia de magnitudes, la cual es una relación específica para cada fuente, que indica cual es la tasa de excedencia de una magnitud sísmica particular.
2. Selección de las funciones de atenuación que permitan caracterizar completamente la amenaza en el sitio. Según el alcance del análisis se requerirán funciones de atenuación de aceleración, velocidad, desplazamiento, componentes espectrales de los anteriores parámetros, duración, etc. Debe involucrarse la incertidumbre asociada a la estimación de los parámetros, generalmente indicada en cada modelo de atenuación.
3. Finalmente se combinan las incertidumbres asociadas a localización, tamaño y atenuación y se obtiene una *curva de amenaza*, la cual indica la probabilidad que una intensidad específica sea igualada o excedida en un periodo de tiempo determinado.

Herramientas computacionales existentes

Existe una diversidad de herramientas computacionales y aplicaciones en software para la evaluación de la amenaza sísmica. La mayoría de estas aplicaciones se basan en modelos de amenaza probabilística (PSHA), brindando diferentes utilidades en términos de definición de fuentes sísmicas, sismicidad y relaciones de atenuación de movimiento fuerte. La Tabla 1 presenta algunos ejemplos de los principales sistemas existentes y en el Anexo CRISIS se presenta el manual de uso de este sistema elaborado en la UNAM.

Tabla 1 Algunas herramientas computacionales

Programa	Descripción	Método de cálculo	Referencia
EZ-FRISK	Programa de cálculo para estimar amenaza sísmica, respuesta local, manipulación de señales sísmicas, obtención de señales consistentes con espectros de respuesta determinados. Cuenta con archivos predeterminados de fuentes sísmicas, sismicidad y atenuación.	- Amenaza sísmica: PSHA - Respuesta local de suelos: Método lineal equivalente	Risk Engineering Inc. http://www.ez-frisk.com
HAZUS-MH	Programa de cálculo de riesgos por diversas amenazas naturales (Sismo, Huracán, Inundación)	PSHA	FEMA http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/
OpenSHA	Sistema en código Open Source para el cálculo de amenaza sísmica.	PSHA	USGS- SCEC http://www.opensha.org/
CRISIS2007	Sistema para la integración de la amenaza sísmica en una zona determinada. Permite la definición de fuentes, sismicidad, atenuación y sitios de análisis.	PSHA / DSHA	Instituto de Ingeniería. UNAM

Procedimiento de análisis

Los pasos de la metodología utilizada en el modelo de amenaza sísmica son los siguientes:

- (1) *Definición y caracterización de las fuentes sismogénicas principales:* a partir de la información geológica y neotectónica se define la geometría de las fuentes sismogénicas.
- (2) *Asignación de parámetros de sismicidad a las diferentes fuentes sísmicas:* con base en el catálogo sísmico histórico se asignan los parámetros de sismicidad a cada fuente.
- (3) *Generación de un conjunto de eventos estocásticos compatible con la distribución de ubicación, profundidad, frecuencias y magnitudes:* a partir de toda la información anterior, se genera un conjunto de eventos sísmicos por medio de un muestreo basado en división recursiva de la geometría de las fuentes, y se asignan parámetros de sismicidad a cada segmento de manera ponderada según su aporte de área en el área total. Para cada segmento se generan una serie de escenarios de diversas magnitudes, cuyas probabilidades de ocurrir se calculan a partir la curva de recurrencia de magnitudes específica de esa fuente.
- (4) *Modelo de atenuación de parámetros de movimiento del terreno:* se seleccionan las leyes de atenuación que mejor representen las condiciones del movimiento entre las fuentes y los sitios donde se calcula la amenaza, ya sean leyes existentes en la literatura o creadas con información y datos locales.
- (5) *Generación de mapas de amenaza de eventos representativos:* se generan los mapas de distribución espacial de intensidad sísmica (valores espectrales) para cada evento.
- (6) *Amplificación de parámetros de amenaza por efectos de sitio:* la respuesta dinámica de depósitos de suelo modifica las características del movimiento en amplitud, contenido de frecuencias y duración. El efecto de amplificación y deamplificación de la intensidad por efecto de los depósitos de suelo blando superficiales se cuantifica por medio de cocientes de espectros de respuesta de manera que modifican directamente los mapas calculados en el paso (5).
- (7) *Aplicación del modelo probabilístico de amenaza sísmica:* obtención de mapas de amenaza sísmica para diferentes periodos de retorno.

Parámetros de sismicidad de fuentes sismogénicas

En este estudio la República Mexicana se ha dividido en 476 fuentes generadoras de sismos (Figura 3). Estas fuentes están dictadas por la tectónica del país y por la historia instrumental de sismos registrados en el pasado (Zúñiga, 1994). Cada una de estas fuentes genera temblores a una tasa constante.

La actividad de la i -ésima fuente sísmica se especifica en términos de la tasa de excedencia de las magnitudes, $\lambda_i(M)$, generadas por esta fuente. La tasa de excedencia de magnitudes mide qué tan frecuentemente se generan temblores con magnitud superior a una dada. Para la mayor parte de las fuentes sísmicas, la función $\lambda_i(M)$ es una versión modificada de la relación de Gutenberg y Richter. En estos casos, la sismicidad queda descrita de la siguiente manera:

$$\lambda_i(M) = \lambda_{0i} \frac{e^{-b_i M} - e^{-b_i M_{ui}}}{e^{-b_i M_0} - e^{-b_i M_{ui}}} \quad (1)$$

donde,

- M_0 es la mínima magnitud relevante, tomada como 4.5 en este estudio
- λ_{0i} , corresponde al número promedio de eventos por año de sismos con magnitud mayor que 4.5 que se producen en una determinada fuente
- b_i es la pendiente del tramo inicial de la curva de recurrencia de magnitudes
- M_{ui} es la máxima magnitud que puede generarse en cada fuente y se estima con base en la máxima longitud de ruptura posible de cada una de las fuentes y en otras características morfológicas

Estos parámetros, diferentes para cada fuente, definen la tasa de excedencia de cada una de las fuentes sísmicas, y se estiman por medio de procedimientos estadísticos bayesianos (Rosenblueth y Ordaz, 1989; Ordaz y Arboleda, 1995) que incluyen información sobre regiones tectónicamente similares a las del país (a través de información validada por expertos), especialmente sobre el valor de M_{ui} .

En la Figura 6 se muestran tres tasas de excedencia para zonas sísmicas distintas, una para una zona de alta sismicidad capaz de generar sismos con $M_{ui} > 7.5$ (por ejemplo, para una zona de profundidad intermedia, Fuente 3), con $M_{ui} > 7.0$ (una fuente en Guerrero o Michoacán, Fuente 1) y otra de baja sismicidad (en Baja California Norte, Fuente 2). La tabla 2 muestra los parámetros de sismicidad de estas tres fuentes. Es claro que para una misma tasa de excedencia o tasa constante, estas fuentes generarán sismos con distinta magnitud; por ejemplo, si tomamos una tasa de 0.01 (periodo de retorno de 100 años), esperaremos sismos mayores o iguales que 5.7 en la fuente de baja sismicidad, en la fuente de mediana sismicidad encontraremos sismos mayores o iguales a 7.1 y, por último, mayores o iguales que 7.4 en la de alta sismicidad. Esto quiere decir que con la misma probabilidad o para la misma tasa de excedencia estas fuentes generarán sismos de distinto tamaño.

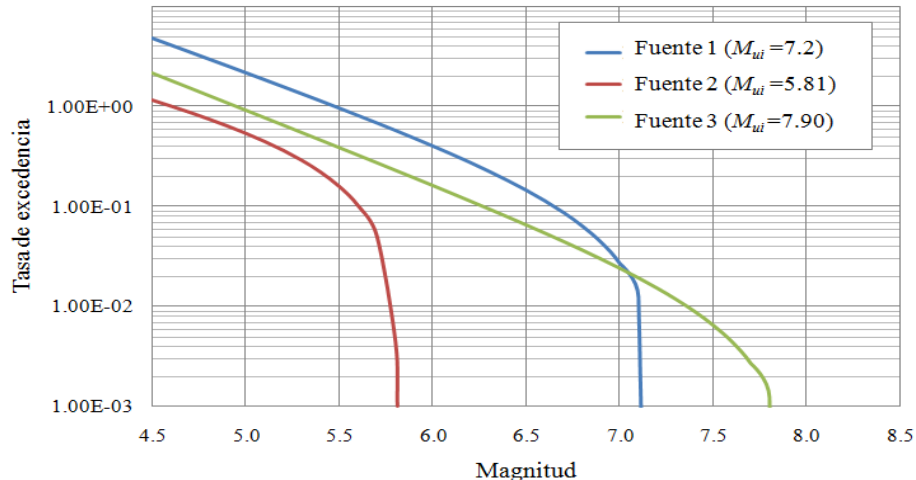


Figura 6 Tasas de excedencia de magnitudes para tres fuentes con distinta sismicidad

Aunque la forma funcional para $\lambda_i(M)$ dada en la Ec. (1) se utiliza para la mayor parte de las fuentes sísmicas, se ha observado que la distribución de magnitudes de los grandes temblores de subducción ($M_s > 7$) se aparta sensiblemente de la predicha por la relación de Gutenberg y Richter, dando origen al llamado sismo característico (Singh et al., 1981). Por lo anterior, para los grandes temblores de subducción, $\lambda_i(M)$ se define de la siguiente manera:

$$\lambda(M) = \lambda(7) \left[1 - \Phi \left(\frac{M - EM}{\sigma_M} \right) \right], \text{ si } M > 7 \quad (2)$$

donde $\lambda(7)$, EM y σ_M son parámetros que se deben obtener estadísticamente para la zona mexicana de subducción, y Φ es la función de distribución normal estándar.

Tabla 2 Parámetros de sismicidad para la modificación de la relación Gutenberg y Richter

Ubicación de la fuente	$\lambda(M_0)$	β	Mu	M_0
1 Guerrero o Michoacán	4.79	1.55	7.20	4.5
2 Baja California Norte	1.14	0.97	5.81	4.5
3 Profundidad intermedia	2.16	1.70	7.90	4.5

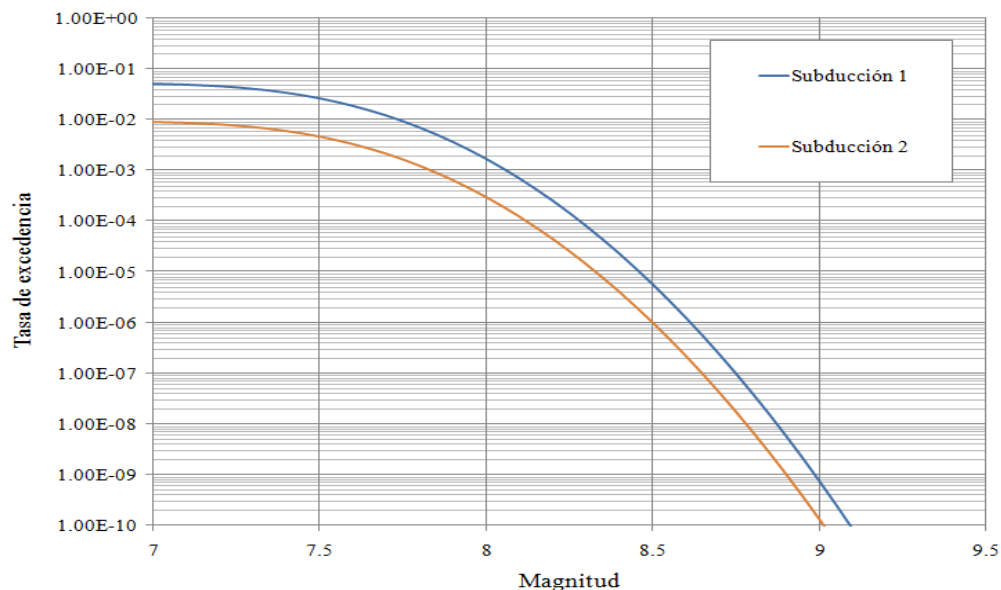


Figura 7 Tasas de excedencia de magnitudes para dos fuentes de sismos característicos con distinta sismicidad

Tabla 3 Parámetros de sismicidad para fuentes de sismos característicos

Ubicación Subducción No.	$1/\lambda(7)$	EM	σ_M
1 Chiapas	18.70	7.50	0.27
2 Oaxaca	77.90	7.50	0.27

Integración espacial

Para realizar la integración espacial, el programa CRISIS asume que, dentro de una fuente, la sismicidad está uniformemente repartida por unidad de área. Para considerar correctamente esta suposición, se realiza una integración espacial subdividiendo las fuentes originales por medio de una función recursiva. Una vez divididas en subfuentes, la sismicidad asociada a cada subfuente se asigna a un punto, y la integración espacial adopta la forma de una suma. Las fuentes son polígonos en tres dimensiones. Primero, el área se divide en $N - 2$ triángulos, y estos triángulos se siguen subdividiendo hasta que se llega a cualquiera de las dos siguientes condiciones:

- 1) El tamaño del triángulo es más pequeño que un valor dado, el "tamaño mínimo del triángulo". Esto es, el triángulo se subdivide si es demasiado grande.
- 2) El cociente de la distancia fuente a sitio y el tamaño del triángulo es mayor que el cociente "Distancia Mínima/Tamaño del Triángulo". En otras palabras, el triángulo se subdivide si el sitio no está suficientemente lejos.

Nótese que las fuentes están modeladas como áreas y no como líneas. Esto se debe a que la zona de subducción en México tiene un contacto entre las placas de entre 80 y 120 km, por lo que las fuentes modeladas como áreas representan mejor la sismicidad.

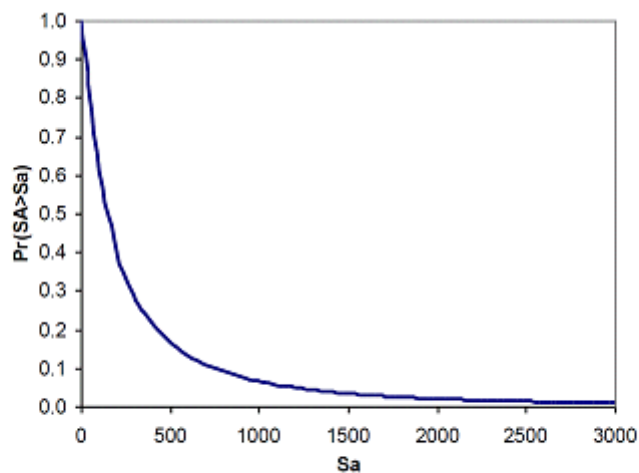


Figura 8 Función de probabilidad de que la pseudoaceleración (Sa) sea excedida

Atenuación de los parámetros de amenaza

Una vez determinada la tasa de actividad de cada una de las fuentes sísmicas, es necesario evaluar los efectos que, en términos de intensidad sísmica, produce cada una de ellas en un sitio de interés. Para ello se requiere saber qué intensidad se presentaría en el sitio en cuestión, hasta ahora supuesto en terreno firme, si en la i -ésima fuente ocurriera un temblor con magnitud dada. A las expresiones que relacionan magnitud, posición relativa fuente-sitio e intensidad sísmica se les conoce como *leyes de atenuación*. Usualmente, la posición relativa fuente-sitio se especifica mediante la distancia focal, es decir, la distancia entre el foco sísmico y el sitio. Las leyes de atenuación pueden adoptar formas muy diversas. En este caso se utilizan diversas leyes de atenuación dependiendo del tipo de sismo. Como se verá más adelante, se considera que las intensidades sísmicas relevantes son las ordenadas del espectro de respuesta a , (pseudoaceleraciones, 5% del amortiguamiento crítico), cantidades que son aproximadamente proporcionales a las fuerzas laterales de inercia que se generan en las estructuras durante sismos.

El cálculo de la intensidad sísmica no puede considerarse determinista puesto que tiene incertidumbre. Por esta razón, se supone que la intensidad sísmica Sa es una variable aleatoria de distribución lognormal con mediana dada por la ley de atenuación y desviación típica del logaritmo natural igual a $\sigma_{\ln Sa}$, como se aprecia en la Figura 8.

En este trabajo se clasifican las fuentes sísmicas en dos grupos: fuentes activas o intraplaca y fuentes de subducción. A cada uno de estos tipos de fuentes está asociada una ley de atenuación diferente. Se utilizan leyes de atenuación espectrales que toman en cuenta el hecho de que la atenuación es diferente para ondas de diferentes frecuencias, con lo cual es posible calcular el espectro de respuesta esperado dadas una magnitud y una distancia. Las siguientes son las leyes de atenuación adoptadas:

1. Temblores costeros. Se utiliza, para la aceleración máxima del terreno provocada por temblores generados en la costa sur del Pacífico, la ley de atenuación de Ordaz *et al.* (1989). Esta ley fue construida a partir de numerosos registros de aceleración obtenidos por la Red Acelerográfica de Guerrero, que incluyen los del gran temblor del 19 de septiembre de 1985. La relación entre la aceleración máxima del terreno y las ordenadas del espectro de respuesta a otros periodos se obtiene del modelo teórico de fuente y trayecto reportado por Singh *et al.* (1989).
2. Temblores de profundidad intermedia. Se emplea en este caso un modelo de atenuación desarrollado por García *et al.* (2005). Esta fue construida de 16 sismos con magnitudes que se encuentran entre 5.2 y 7.4 y profundidades entre 35 y 138 km (Figura 9).

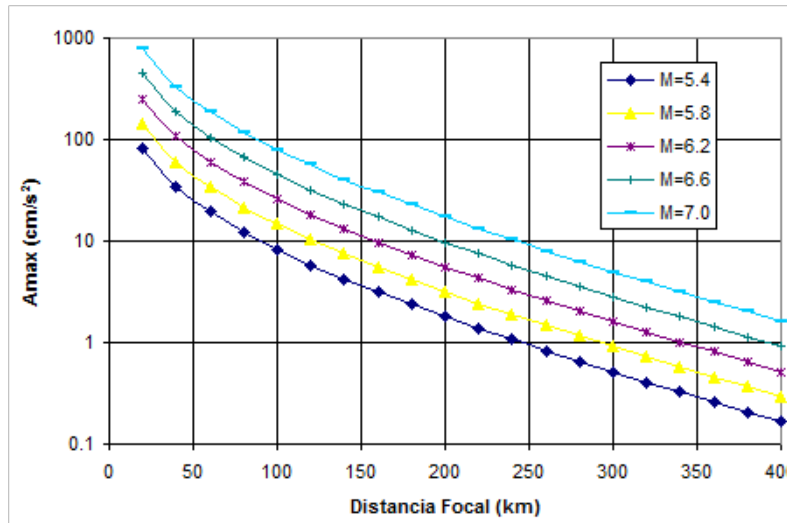


Figura 9. Ley de atenuación (García *et al.*, 2005) de la aceleración máxima del suelo (A_{max}) para temblores de profundidad intermedia

3. Temblores superficiales. Para modelar la atenuación de los temblores superficiales, tanto los que ocurren en el Eje Neovolcánico como los que se presentan en la parte noroeste del país, se utilizan leyes de atenuación construidas con datos registrados en California (Abrahamson y Silva, 1997).
4. Temblores costeros afectando la zona firme del Valle de México. Se sabe que aun el terreno firme del Valle de México está afectado por amplificaciones debidas, casi seguramente, a la constitución del subsuelo profundo de la cuenca. Esto hace que no exista propiamente "terreno firme" en el D.F., por lo que es necesario modelar la atenuación de las ondas de una manera específica. Para ello se utilizan las leyes de atenuación de Jaimes *et al.* (2006) construidas con datos registrados exclusivamente en la estación Ciudad Universitaria de la Ciudad de México durante la ocurrencia de temblores costeros.

A manera de ejemplo, en la Figura 10 se muestran dos grupos de curvas de atenuación para periodos estructurales de 0.0 y 1 segundos. Las curvas superiores corresponden a sismos de mayor magnitud que las curvas inferiores. En cada gráfica se aprecia el efecto de la magnitud del sismo y es claro que sismos pequeños son poco eficientes para generar ondas de periodo largo.

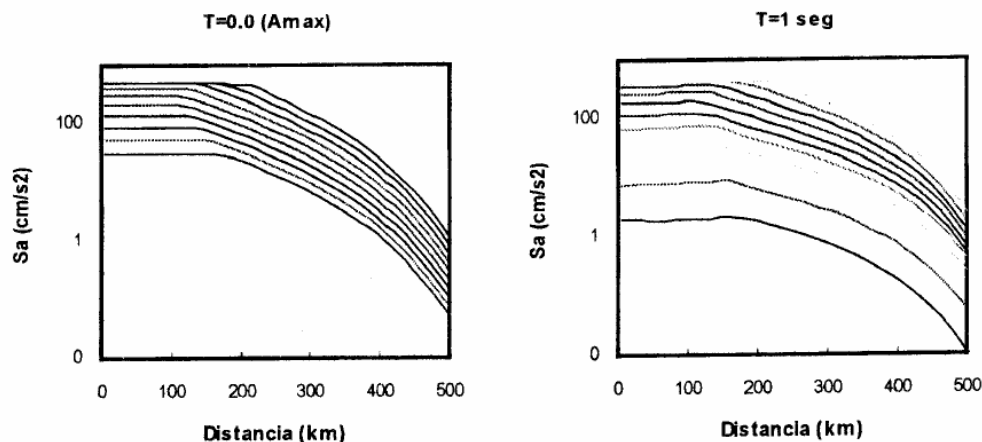


Figura 10 Atenuación de la amplitud espectral para dos periodos estructurales y para diez magnitudes. La curva superior corresponde a M 8.5, mientras que la inferior corresponde a M 4

Amenaza sísmica en términos de tasa de excedencia de intensidades

Una vez conocidas la sismicidad de las fuentes y los patrones de atenuación de las ondas generadas en cada una de ellas, puede calcularse la amenaza sísmica considerando la suma de los efectos de la totalidad de las fuentes sísmicas y la distancia entre cada fuente y el sitio donde se encuentra la estructura. La amenaza $v(Sa)$, expresada en términos de las tasas de excedencia de intensidades Sa , se calcula mediante la siguiente expresión:

$$v(Sa) = \sum_{i=1}^N \int_{M_0}^{M_{ui}} -\frac{d\lambda_i(M)}{dM} \Pr(SA > Sa|M, R_i) dM \quad (3)$$

donde la sumatoria abarca la totalidad de las fuentes sísmicas N , y $\Pr(SA > Sa|M, R_i)$ es la probabilidad de que la intensidad exceda un cierto valor dadas la magnitud del sismo, N , y la distancia entre la i -ésima fuente y el sitio, R_i . Las funciones $\lambda_i(M)$ son las tasas de actividad de las fuentes sísmicas. La integral se realiza desde M_0 hasta M_{ui} , lo que indica que se toma en cuenta, para cada fuente sísmica, la contribución de todas las magnitudes.

Conviene hacer notar que la ecuación anterior sería exacta si las fuentes sísmicas fueran puntos. En realidad son volúmenes, por lo que los epicentros no sólo pueden ocurrir en los centros de las fuentes sino, con igual probabilidad, en cualquier punto dentro del volumen correspondiente. Se debe tomar en cuenta esta situación subdividiendo las fuentes sísmicas en triángulos, en cuyo centro de gravedad se considera concentrada la sismicidad del triángulo. La subdivisión se hace recursivamente hasta alcanzar un tamaño de triángulo suficientemente pequeño como para garantizar la precisión en la integración de la ecuación anterior.

En vista de que se supone que, dadas la magnitud y la distancia, la intensidad tiene distribución lognormal, la probabilidad $\Pr(SA > Sa|M, R_i)$ se calcula de la siguiente manera:

$$\Pr(SA > Sa|M, R_i) = \Phi\left(\frac{E(\ln Sa|M, R_i) - \ln Sa}{\sigma_{\ln Sa}}\right) \quad (4)$$

siendo Φ la distribución normal estándar, $E(\ln Sa|M, R_i)$ el valor esperado del logaritmo de la intensidad (dado por la ley de atenuación correspondiente) y $\sigma_{\ln Sa}$ su correspondiente desviación estándar.

La amenaza sísmica se expresa, entonces, en términos de la tasa de excedencia de valores dados de intensidad sísmica. Como se ha indicado en este trabajo la intensidad sísmica, Sa , se mide con las ordenadas del espectro de respuesta de pseudoaceleraciones para 5 por ciento del amortiguamiento crítico y el periodo natural de vibración de la edificación de interés, T .

En la Figura 11 se presenta como ejemplo de tasa de excedencia de intensidad, la curva de amenaza sísmica para la Ciudad de Guadalajara. Esta tasa de excedencia indica qué tan frecuentemente se exceden, en Guadalajara, intensidades sísmicas de cierto valor. En esa curva se obtiene, por ejemplo, para una intensidad $Sa = 100 \text{ cm/s}^2$, un valor de $v(Sa) = 0.002/\text{año}$. Esto quiere decir que esta intensidad se excederá, en promedio, 0.002 veces por año o, en otras palabras, una vez cada $\frac{1}{0.002}$ años (cada 500 años).

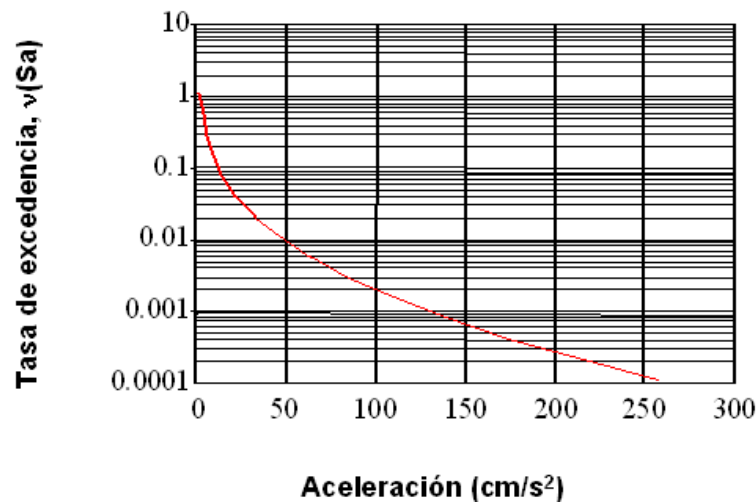


Figura 11 Tasa de excedencia de aceleración máxima del suelo en Guadalajara

4. Modificación de la amenaza sísmica por efectos de sitio

Las condiciones locales del terreno afectan las características del movimiento sísmico. Lo descrito en el capítulo 3 nos permite conocer la intensidad sísmica en cualquier sitio en roca. Sin embargo, en general, nos interesa conocer la intensidad sísmica en cualquier tipo de suelo. Esto se logra a partir del movimiento en roca, considerado como de referencia, multiplicado por un factor que considera los efectos de sitio. Este factor se puede obtener mediante modelos matemáticos o valores empíricos, pero en cualquier caso lo que se obtienen son funciones de transferencia espectrales, las cuales permiten conocer el valor de amplificación por el cual se deben modificar las aceleraciones espectrales calculadas en roca. Estas funciones de transferencia deben construirse para diferentes valores de aceleración máxima del terreno con el fin de tener en cuenta el efecto no lineal de degradación de los suelos.

Definición de efectos de sitio

Los efectos de sitio son las alteraciones que sufren las ondas sísmicas debido a cambios en la geología local, es decir, en la geometría y composición de la superficie, incluyendo la presencia de depósitos superficiales compuestos por arcillas o arenas. Las modificaciones producto de estos factores se dan en la duración, amplitud y contenido de frecuencia de los movimientos. La correcta cuantificación de los efectos de sitio es indispensable para la elaboración de atlas de riesgos, estimación de pérdidas y diseño de construcciones.

Tipos de efectos de sitio

Existen efectos de sitio que solamente modifican las características del movimiento sísmico como los ocasionados por la presencia de topografías distintas a una superficie plana (montañas, cañones, entre otros), o por la presencia de valles con arcillas con contenidos de agua. Pero existen otros efectos de sitio, donde existen depósitos de arena o pendientes inestables, que ocasionan la falla del suelo con asentamientos o desplazamientos súbitos y permanentes.

a) Topografía del terreno

La superficie irregular del terreno puede provocar amplificación o de amplificación del movimiento. Esto se presenta en cañones, montañas, pendientes, cimas y simas. Los detalles de los efectos de sitio dependerán de la topografía, del tipo de onda sísmica y de su ángulo de incidencia. Existen muy pocas mediciones instrumentales de estos efectos y dependemos de modelos matemáticos para estimarlos.

b) Presencia de depósitos de arcillas

En valles aluviales o lacustres, se presenta amplificación dinámica debido al contraste de la velocidad del suelo superficial con respecto a los depósitos más profundos. Entre mayor sea el contraste, mayor será la amplificación. Dependen también de la geometría tridimensional del valle aluvial. Debido a una extraña costumbre generalizada o a una curiosa coincidencia, es común clasificar los suelos en zona I, zona II y zona III. Esto significa que en general habrá suelos con las siguientes características: Terreno firme, formado por suelos bien compactados con velocidades de ondas de corte arriba de 500 m/s , Transición o intermedio, formado por suelos con características entre suelos firmes y blandos, y Blandos o lacustres, formado por depósitos superficiales que experimentan amplificación dinámica. Debido a las características dinámicas de esta amplificación, la mejor manera de caracterizarla es mediante cocientes de espectros de respuesta, es decir, cuantas veces se amplifica, con respecto a terreno firme, la aceleración para un amortiguamiento y un periodo estructural.

c) Presencia de estratos y depósitos de arenas

En estos depósitos se puede presentar el fenómeno de licuación en el cual el suelo pierde su capacidad de carga debido al aumento de la presión de poro. En algunos casos la licuación de estratos completos de arena han provocado enormes deslizamientos de tierra (sismo de Alaska, 1964). Su estudio se impulsa por los daños causados por el sismo en Nigata, Japón. Es más factible su ocurrencia en arenas sueltas que en compactas, y más factible en arenas con granulometría uniforme. Si ocurre a profundidad causa flujo vertical de agua que se manifiesta en pequeños volcanes. Los estudios que se pueden realizar para conocer los peligros de licuación son pruebas de penetración y estudio de agua subterránea, como pruebas de campo, y estudios de densidad relativa y de tamaño de partículas en el laboratorio.

También es factible la ocurrencia de asentamiento de arenas secas; esto se puede conocer con estudios de resistencia a la penetración y de densidad relativa.

d) Deslizamientos y deslaves

Provocados por las fuerzas sísmicas que encuentran perfiles inestables. Son los responsables de gran parte de los daños en vías de comunicación como carreteras.

e) Cambios en estructura superficial

Debidos a heterogeneidad en los materiales que forman la superficie del terreno en sitios poco distantes entre sí. Esto es particularmente relevante para estructuras largas como puentes y conductos ya que las características del movimiento sísmico afectarán de manera distinta a los diversos apoyos. Estos cambios geológicos no deben confundirse con un fenómeno cada vez más común que es la presencia de grietas en la superficie debidas a la extracción excesiva de agua de pozos, comúnmente confundidas con fallas sísmicas.

Identificación y medición de efectos de sitio

Existen distintos métodos para conocer o estimar el peligro potencial de los efectos de sitio. Estos estudios serán indispensables para la elaboración de reglamentos urbanos y de diseño de estructuras y para la construcción de presas, plantas nucleares, puentes de grandes claros y, en general, para desarrollos civiles importantes.

a) Métodos experimentales

Observaciones macrosísmicas. De sismos históricos registrados en códigos, relatos, periódicos, libros y tradición oral, entre otros, y sismos recientes que han causado grietas, licuación y fallas de obras civiles.

Microtemblores o microtemblores. Instrumentos muy sensibles que miden velocidad causada por ruido ambiental provocado por tráfico, sismos lejanos o pequeños, vibraciones terrestres. Las mediciones tienen que realizarse durante varias horas y con distintas condiciones. En general sirve para obtener periodos dominantes del suelo en sitios con presencia de depósitos de arcilla; funciona mejor con periodos dominantes de terreno largos (*$T_s > 1$ segundo*).

Movimientos débiles. Causados por explosiones artificiales, nucleares, réplicas, sismos pequeños. No es muy eficiente cuando el suelo tiene comportamiento no lineal ya que los valores de amplitud son mayores, y los periodos medidos menores que los que se presentan durante sismos intensos.

Movimientos fuertes. Es el movimiento sísmico durante terremotos intensos, Se necesita estar perfectamente listo para captar la ocurrencia de eventos muy esporádicos. Se obtienen registros de aceleración. Es la mejor alternativa para medir efectos de sitio aunque resulta costoso y de cuidadoso mantenimiento.

Observaciones de campo y estudios en sitio. En numerosas ocasiones se pueden reconocer mediante vuelos, inspecciones y fotografías aéreas fallas y otras características que ayuden a conocer mejor los posibles efectos de sitio. De igual manera, los estudios geológicos, geofísicos y de mecánica de suelos.

b) Modelos y métodos numéricos

Las soluciones matemáticas a problemas generales de acústica y elastodinámica han sido aplicadas para estudiar la difracción de ondas sísmicas en valles aluviales y topografías. Las soluciones analíticas son exactas y no se requieren de procesos numéricos. Su desventaja es que solo se aplican para geometrías sencillas, como círculos o semicírculos, lo que no es común encontrar en la realidad. A pesar de estas limitaciones, estas soluciones han servido como base para calibrar los métodos numéricos que son los que prometen modelar casos reales.

Los métodos numéricos son los más conocidos. Se basan en formulaciones de elementos finitos, diferencias finitas (basados en ecuaciones diferenciales) y elementos de frontera (basado en ecuaciones integrales con condiciones de frontera).

Modelado de topografías

Durante el arribo de las ondas sísmicas se produce en la superficie o campo libre una amplificación constante. El tamaño de esta amplificación dependerá del tipo de onda que se estudie. Por ejemplo, para ondas SH el valor es dos, uno por la onda que incide y otro por la onda que rebota. Para otro tipo de ondas el cálculo es más complejo pero esencialmente es el mismo.

Ante la presencia de una irregularidad en la superficie terrestre como lo es una montaña o un cañón, las ondas sísmicas incidentes sufrirán una alteración. La solución a este problema consiste en sumar la respuesta del campo libre más la debida a las ondas difractadas por la irregularidad. En estos casos es posible que ante ciertas combinaciones la respuesta en algunos sitios de la irregularidad sea menor que la de campo libre, lo que significa una deamplificación del movimiento.

Típicamente se han calculado amplificaciones en topografías de dos a tres veces la de campo libre, pero se han observado, a partir de registros obtenidos durante sismos, amplificaciones de hasta 10 veces para algunas frecuencias. En general, las amplificaciones son mayores en las crestas que en las bases, y son complejas y sin tendencias claras en las pendientes. Utilizando modelos 3D se aprecia que la dispersión provocada por topografías depende de su geometría, del tipo de onda incidente y del azimut; se observa también enfocamiento de ondas en algunos sitios y resonancia múltiple.

La relevancia de estudiar la influencia de estos efectos es que movimientos sísmicos intensos pueden incrementarse por efectos de sitio que provoquen deslaves y desprendimientos. Por ello, el estudio de topografías con métodos numéricos nos puede arrojar resultados importantes sobre fenómenos locales de amplificación.

Amplificación dinámica en valles aluviales: modelos 1D, 2D ó 3D

Cuando las ondas sísmicas chocan con estratos de menor velocidad tienen que ganar amplitud para conservar la energía. Por ello, entre mayor sea el contraste de propiedades entre la roca o suelo firme y los estratos blandos mayores serán los efectos de amplificación. Al contraste de propiedades se le conoce como contraste de impedancias, que es el cociente de la velocidad de las ondas de corte y la densidad de la roca entre las mismas propiedades pero del suelo. Pero la amplificación no solo dependerá del contraste mencionado sino de la forma del valle y de la incidencia de las ondas.

Para conocer en forma teórica la amplificación dinámica en cualquier suelo blando es necesario recurrir a modelos de propagación de ondas. El método más sencillo para cuantificar la amplificación dinámica en suelos es el modelo 1D. Este modelo considera que los estratos tienen una extensión horizontal infinita, lo que implica que el valle no tiene bordes ni cambios en la distribución horizontal de los sedimentos. Desafortunadamente, todos los valles presentan distribución irregular de estratos y dimensiones finitas, por lo que para conocer mejor su comportamiento sísmico se requiere de modelos en dos (2D) y tres (3D) dimensiones y así poder explicar los patrones de amplificación. Estos modelos son en general más sofisticados que el 1D y requieren de mayores recursos matemáticos, numéricos y de cómputo. Si bien las simplificaciones del modelo 1D parecerían grandes y burdas, muchos de los valles aluviales más relevantes en ingeniería sísmica, como el de México, tienen un comportamiento fundamentalmente unidimensional.

Los modelos 2D son sensiblemente más limitados pero también más prácticos que los 3D, tanto por los requerimientos de cómputo como por la obtención de las propiedades para alimentar al modelo. En el caso 2D, la solución más sencilla es para ondas SH que produce movimiento en el sentido perpendicular al plano de estudio; el problema es entonces escalar y se resuelven las ecuaciones de la acústica. Si se requiere estudiar el movimiento en el plano provocado por ondas SV, P o de Rayleigh, se requiere modelar las ecuaciones de la elastodinámica y el problema es ahora vectorial.

Aunque estos modelos, por flexibles y versátiles, pueden arrojar información conceptual y cualitativa de mucha utilidad, la calidad de los resultados dependerá de la información de las características de los suelos con la que se cuente como la densidad, la velocidad de las ondas de corte, el módulo de Poisson y el amortiguamiento.

5. Amplificación dinámica en valles aluviales

Introducción

La amplificación de las ondas sísmicas en depósitos lacustres está controlada principalmente por las propiedades geotécnicas de los materiales que conforman el suelo, especialmente por sus características dinámicas, así como el espesor de las capas y la profundidad a la que se encuentra la base rocosa, (Aki, 1988, Borchardt, 1994, Seed *et al.*, 1997).

Un ejemplo dramático de efectos de sitio, es el que se presenta en el Valle de México, donde se registran amplificaciones de hasta 60 veces la registrada en terreno firme (Reinoso y Ordaz, 1999).

En el presente estudio, la estimación de los efectos de sitio se basa principalmente en la obtención de datos de vibración ambiental y en el uso de modelos matemáticos a partir de información de geotecnia en el análisis de acelerogramas disponibles en la zona de estudio.

Vibración ambiental

La técnica de vibración ambiental es una de las más usadas en la estimación de los efectos de sitio en los últimos años. Esto se debe a la facilidad y bajo costo con la que se puede obtener información acerca de las condiciones locales del terreno con la simple utilización de un equipo de registro (por ejemplo un acelerómetro).

La técnica utilizada para conocer la frecuencia del terreno es la propuesta por Nakamura, que establece que la frecuencia de un sitio dado, del cual se tienen registros de vibración ambiental, se puede conocer al realizar el cociente del espectro de Fourier de la señal en cualquiera de sus direcciones horizontales con respecto de la dirección vertical (**cocientes H/V**).

En la Figura 12 se muestran tres señales correspondientes a las dos direcciones horizontales y a la dirección vertical de un registro de vibración ambiental, de las cuales se ha calculado su respectivo espectro de Fourier (graficas de la derecha, en fondo rojo).

Los cocientes espectrales de los componentes horizontales con respecto al vertical tienen, en teoría, una máxima amplitud que corresponde a la frecuencia predominante del terreno. Generalmente, para esta frecuencia, la curva muestra un pico bien definido por una forma característica. En la Figura 13 se muestra un ejemplo de un cociente H/V en donde se identifica claramente la frecuencia dominante del sitio en 1.05 Hz (0.95 s). Estos picos son más definidos en suelos formados por depósitos blandos, mientras que son más anchos y con baja definición en terreno firme (Figura 14).

La identificación de la frecuencia predominante del suelo mediante esta técnica, funciona de manera adecuada, sobre todo cuando el contraste entre las propiedades de los depósitos de suelo y el semiespacio o estrato (en particular la velocidad de las ondas S) profundo resistente es grande; sin embargo, no sucede lo mismo con la amplitud relativa. En algunas zonas donde se ha aplicado la técnica con fines de microzonificación, los resultados muestran valores de amplificación satisfactorios comparados con los obtenidos de mediciones de movimiento fuerte (Lermo et al., 1991; Lermo y Chávez- García, 1994b), mientras que para la mayoría, las diferencias son muy importantes y los resultados obtenidos con la técnica de Nakamura son poco confiables (Gutiérrez y Singh, 1992). Existen casos en que la identificación de la frecuencia predominante no resulta obvia, lo que con alta probabilidad significa que es terreno firme, pero también es posible que la energía proveniente de las fuentes de excitación no sea lo suficientemente grande como para provocar un movimiento intenso para observar los efectos de sitio en el registro; en este caso se deberán hacer varias mediciones en distintas circunstancias para verificar que el sitio es terreno firme.

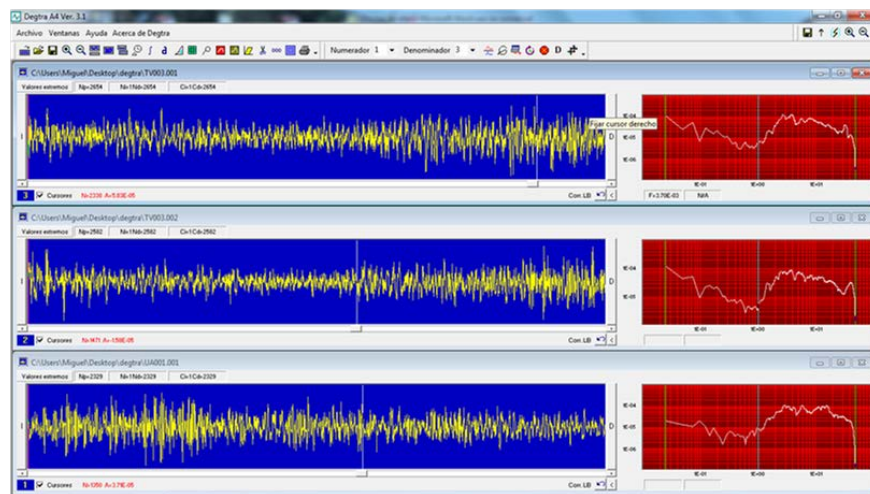


Figura 12 Señales correspondientes a las direcciones horizontales (primeras dos ventanas) y vertical (tercera ventana), a las cuales se les ha calculado su respectivo espectro de Fourier (gráficas de la derecha, en fondo rojo)

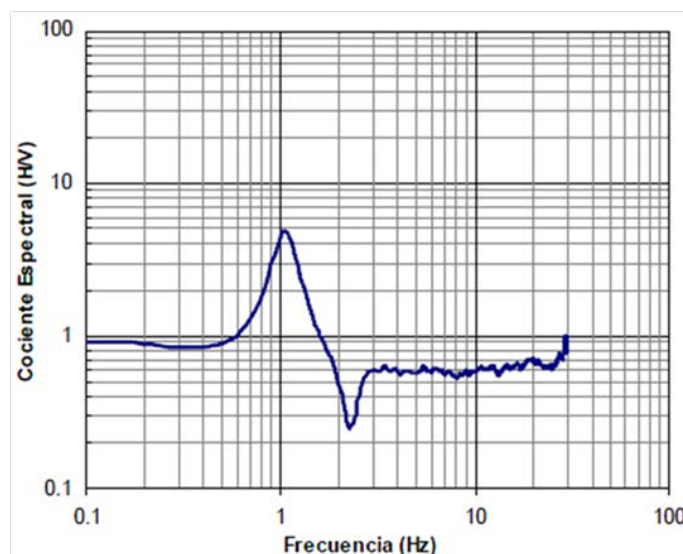


Figura 13 Cociente espectral obtenido con la técnica de Nakamura (H/V) para un sitio de terreno blando (zona de Lago, Ciudad de México)

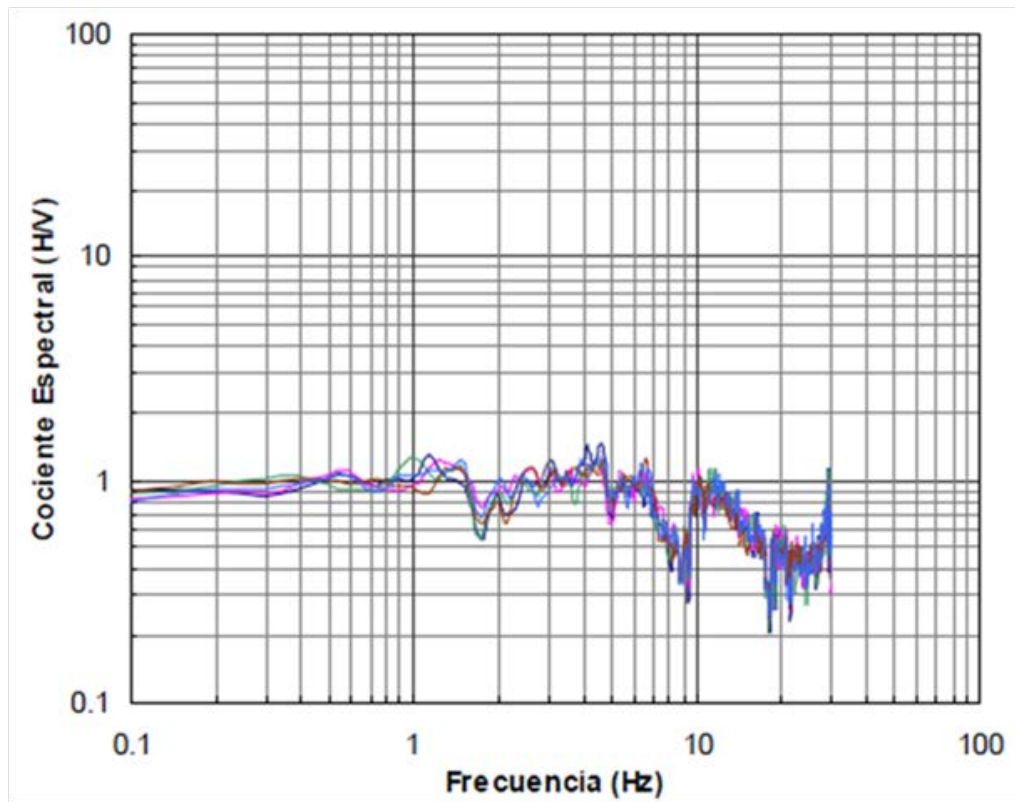


Figura 14 Cocientes espectrales obtenidos con la técnica de Nakamura (H/V) para un sitio aparentemente de terreno firme (Hermosillo, Sonora) puesto que no se puede identificar la frecuencia fundamental del suelo aún para muchas mediciones realizadas en circunstancias distintas (líneas de colores)

Se ha visto que los valores de frecuencia obtenidos mediante esta técnica presentan dispersiones que pueden llegar a ser del orden de hasta 30% respecto a los valores que se obtendrían utilizando información proveniente del análisis de acelerogramas (Reinoso y Lermo, 1991), por lo que se deberá considerar esta incertidumbre.

El uso de estudios de vibración ambiental resulta económico y los resultados se obtienen con relativa facilidad y rapidez, y supera, sobretodo en el conocimiento del periodo del suelo, a otros procedimientos.

Modelo del suelo a partir de datos geotécnicos

El uso de modelos de propagación de ondas a partir de los datos geotécnicos del suelo es una de las principales técnicas utilizadas para conocer la amplificación dinámica del sitio. Esta técnica supone que el suelo está formado por estratos que tienen espesor uniforme, y que las propiedades de densidad, coeficiente de amortiguamiento y velocidad de onda de corte de cada estrato es también uniforme. El modelo plantea que el suelo está conformado por estratos que se extienden infinitamente en dirección horizontal hacia todas las direcciones, y por eso se le llama conoce como modelo unidimensional, ya que sólo importa la dimensión vertical; se supone, además, que estos estratos de suelo se encuentran sometidos a la acción de ondas S que se propagan verticalmente.

El espesor y la densidad de los estratos pueden conocerse a partir de pruebas de origen geotécnico (por ejemplo, sondeos de penetración estándar) y de pruebas de laboratorio. Las velocidades de ondas de corte de los estratos se obtienen mediante correlaciones entre los parámetros obtenidos de las pruebas geotécnicas y dichas velocidades (Ovando y Romo, 1991; Ohta y Goto, 1976), o mediante pruebas dinámicas realizadas para tal fin (prueba de sonda suspendida).

En estas expresiones la velocidad generalmente está en función del número de golpes que se obtiene de una prueba de penetración estándar; en el caso de las expresiones de Ovando y Romo (1991) determinadas para las arcillas del valle de México, la velocidad depende también del grado de consolidación del suelo. La limitación en el uso de estas expresiones viene del hecho de que el suelo que se analiza debe tener propiedades mecánicas y dinámicas similares a los suelos a partir de los cuales se obtuvieron las correlaciones.

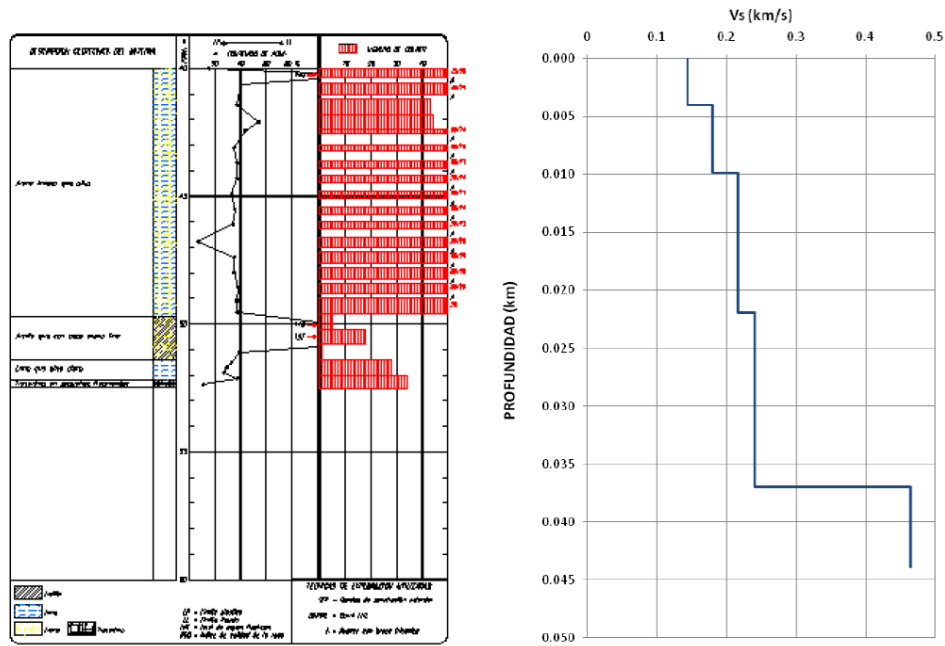


Figura 15 Perfil estratigráfico del suelo (obtenido por medio de una prueba de penetración estándar), y ejemplo de perfil de velocidades de onda de corte V_s , obtenido a partir de la correlación propuesta por Otha y Goto (a la derecha, las gráficas mostradas no están correlacionadas entre sí)

El resultado del análisis de un modelo geotécnico del suelo, es su función de transferencia, que representa la respuesta dinámica del terreno en función de la frecuencia, hasta la profundidad explorada en el sondeo geotécnico. Estas funciones de transferencia se desarrollan a partir de modelos matemáticos unidimensionales del suelo utilizando el método de Haskell (SHAKE 91).

En vista de que sólo se mide la amplificación hasta la profundidad explorada, ésta juega un papel muy importante en la capacidad del modelo para predecir la respuesta de los depósitos reales. Esta es una de sus principales limitaciones, ya que en la mayoría de los casos, los sondeos se realizan a poca profundidad. Teniendo esto en mente, un modelo que considere sólo algunos metros del depósito de suelo, resulta poco confiable al momento de establecer las características dinámicas del terreno.

Mediante el modelo unidimensional del suelo puede conocerse fácilmente la amplificación esperada, sin embargo, al estar limitada su profundidad, la frecuencia obtenida muchas veces no equivale a la correspondiente a las características dinámicas del terreno. Esta limitación hace que sea necesario que se cuente con información adicional, que la mayoría de las veces es un estudio de vibración ambiental, y si es el caso, se puede recurrir a la información acelerométrica disponible del sitio.

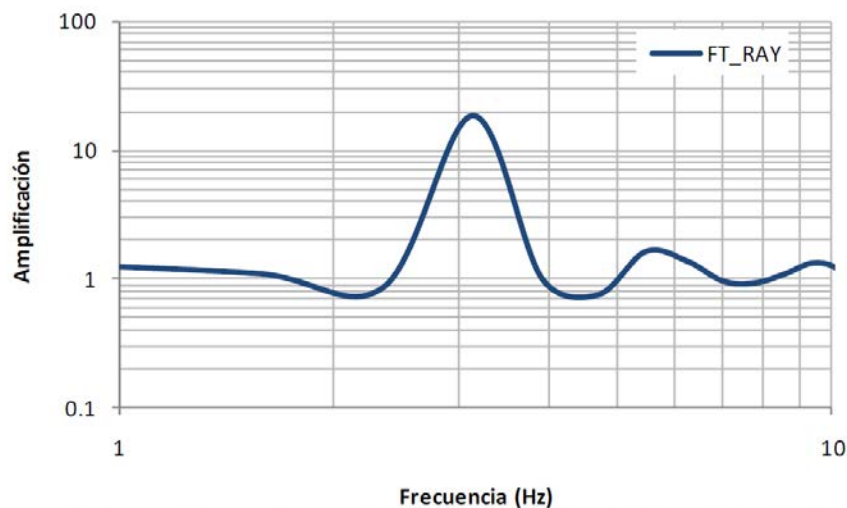


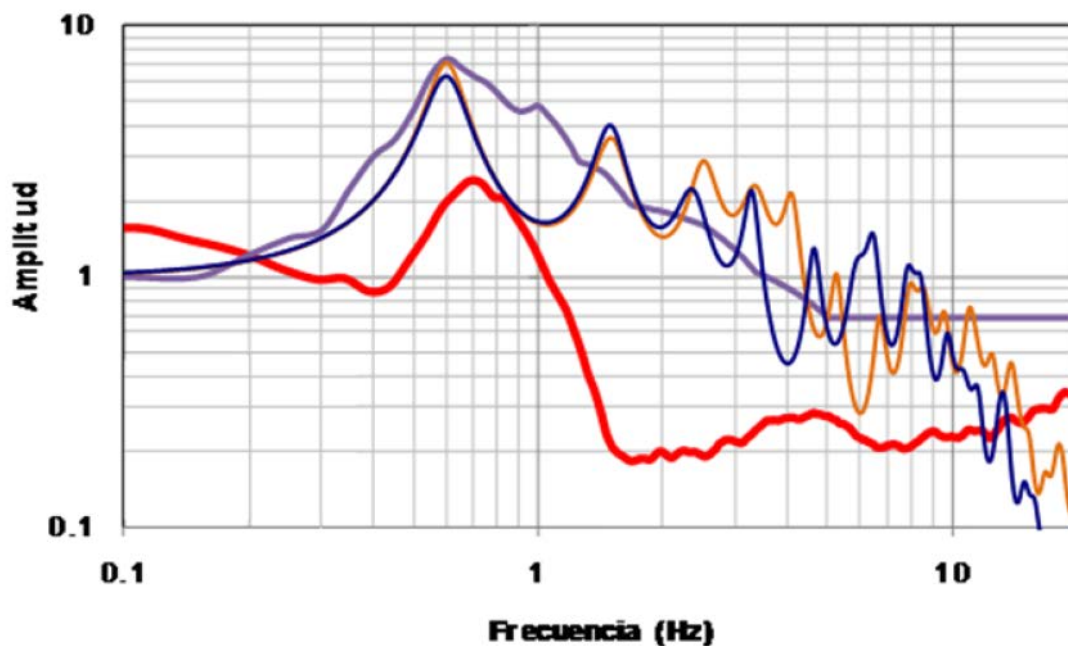
Figura 16 Función de transferencia obtenida mediante el modelo matemático del suelo

Cuando se cuenta por lo menos con un estudio adicional, y conocida la frecuencia del sitio, el modelo del suelo se puede ajustar de manera que se reproduzca la frecuencia obtenida mediante este estudio, pudiéndose aminorar las limitaciones que esta técnica implica.

En la Figura 17 se muestra un ejemplo de dos estudios de diferente origen realizados en la misma ubicación, los cuales pueden combinarse para determinar los efectos de sitio.



Figura 17 Estudios de vibración ambiental y geotécnico (sondeo de penetración estándar, SPT) realizados en ubicaciones contiguas, que se complementan en el cálculo de los efectos de sitio



Cuando las velocidades de los estratos de suelo se determinan por medio de pruebas dinámicas, la confiabilidad del modelo es mayor; sin embargo, estas pruebas tienen limitaciones de profundidad de exploración y, como se ha señalado, no es muy útil conocer muy bien las velocidades de los primeros estratos cuando los depósitos van más allá de la profundidad explorada.

Modelo del suelo a partir de datos geofísicos

Los estudios geofísicos reportan velocidades de ondas P y S , y estiman el peso volumétrico de los materiales, así como los parámetros geodinámicos E (módulo de Young), G (módulo de Cortante) y ν (módulo de Poisson). Los modelos para analizar el suelo empleando datos geofísicos son idénticos a los usados con datos geotécnicos.

A diferencia de un estudio geotécnico, que reporta datos en puntos discretos del terreno, un estudio geofísico reporta datos para un perfil transversal a lo largo o ancho del terreno, por medio de los llamados *tendidos de refracción*, lo que permite visualizar la variación de las características dinámicas del terreno en forma continua. Un tendido consiste en la colocación de geófonos (sensores de velocidad de alta frecuencia) a lo largo de una línea sobre la superficie del terreno y espaciados uniformemente. Mientras más largo sea el tendido, mayor puede ser la profundidad explorada en el terreno, la cual puede llegar hasta los 150 m o más, dependiendo de la fuente de energía provocada artificialmente durante la prueba (punto de tiro).

Los resultados de pruebas geofísicas también muestran la variación de las propiedades de los estratos con la profundidad, aunque muchas veces no es posible definir con precisión el límite inferior del último estrato registrado. De la misma forma, no es posible conocer detalladamente la variación de las características de los estratos más superficiales del terreno, lo cual sí es posible mediante sondeos geotécnicos.

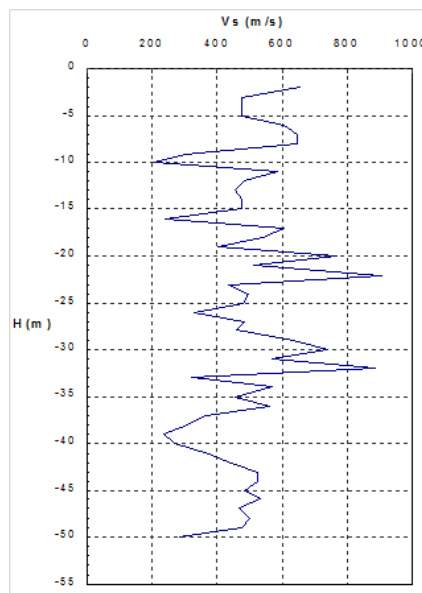


Figura 19 Perfil de velocidades de ondas de corte obtenidas de una prueba de cono eléctrico

Análisis de acelerogramas

La técnica de analizar la información acelerométrica registrada durante eventos sísmicos importantes es una de las más confiables en la estimación de efectos de sitio. El análisis consiste en determinar el cociente espectral de amplitudes de Fourier entre un sitio instrumentado en terreno blando y un sitio instrumentado en terreno firme, el cual se toma como referencia. De esta forma, se puede inferir el movimiento en los sitios de terreno blando por medio de los cocientes empíricos obtenidos para los temblores disponibles (Singh *et al.*, 1988; Reinoso, 1991; Pérez Rocha *et al.*, 2000).

El procedimiento común para la ejecución de esta técnica en México consiste en la consulta la Base Mexicana de Sismos Fuertes. Esta base consta de un catálogo de información de los sismos registrados por la red acelerométrica correspondiente al sitio.

Generalmente, en cada ciudad que cuenta con una red acelerométrica, se establece una estación en terreno firme que se considera como referencia, esto se hace con la intención de conocer el nivel de amplificación que se tiene en un sitio de terreno blando o intermedio (en el caso de la ciudad de México, este sitio se estableció en la estación ubicada en Ciudad Universitaria, CU).

Una vez que se cuenta con la información deseada correspondiente la estación o estaciones de interés, se dispone la ejecución del análisis, consistente en efectuar cocientes de los espectros de Fourier del registro en suelo blando, entre el espectro de Fourier correspondiente del sitio de referencia. Este procedimiento da como

resultado la función de transferencia empírica del sitio, que es comparable a las funciones de transferencia obtenidas mediante la técnica de vibración ambiental, con la diferencia que se trata de sismos reales, por lo que se puede tener la certeza de que los datos obtenidos son muy confiables cuando se cuenta con la información acelerométrica suficiente.

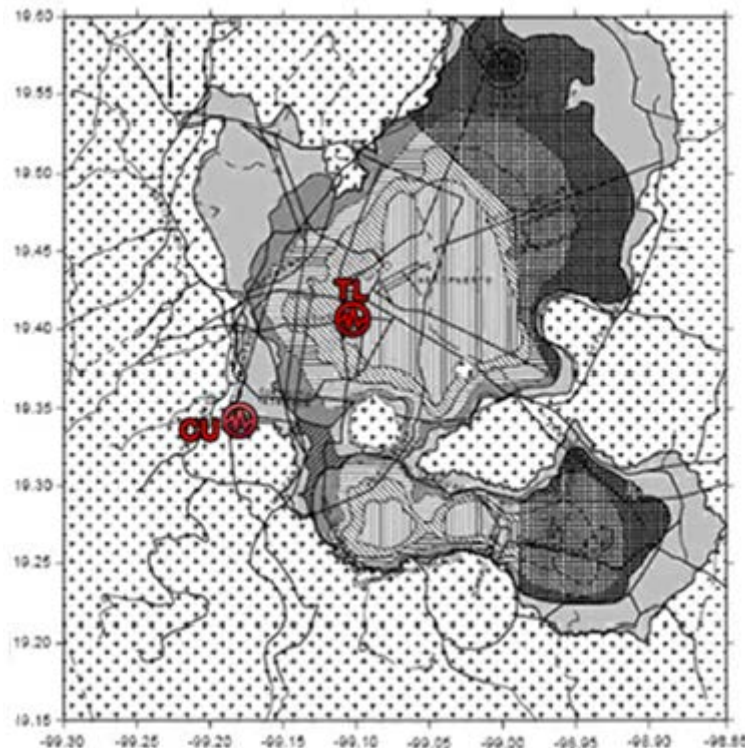


Figura 20 Estaciones correspondientes a la Red Acelerométrica del Valle de México. La estación CU representa el sitio de referencia en terreno firme de la red, en tanto que TL, ubicada en la zona de Lago (suelo blando), representa un sitio en el que se pretenden estimar los efectos de sitio por medio del cociente de los espectros de Fourier correspondientes a sus direcciones horizontales, con respecto a los correspondientes de la estación CU

Efectos de sitio en la Ciudad de México y Acapulco

Efectos de sitio en la ciudad de México

Lo anterior es particularmente importante en la Ciudad de México donde las amplificaciones por efectos de sitio son notables y únicas en el mundo. También existen amplificaciones importantes en la ciudad de Acapulco en donde existe evidencia de comportamiento no lineal del terreno. Estos efectos también pueden encontrarse en otras ciudades de la República Mexicana, aunque en menor medida. Para considerar los efectos de sitio se emplea la función de amplificación del suelo que se define como el cociente de los espectros en el sitio (en suelo blando) con los espectros en suelo firme o roca.

La Ciudad de México cuenta con más de 100 sitios dotados de instrumentos de registro de movimiento fuerte o acelerómetros. Para caracterizar la respuesta en estos sitios se utilizan cocientes de espectros de respuesta promedio (**CER**), los cuales se interpretan como funciones de transferencia entre cada sitio instrumentado y el sitio de referencia. Los cocientes espectrales se calculan analizando registros obtenidos durante sismos previos. Aunque estos cocientes no tienen un significado físico, se han utilizado con éxito para reproducir los espectros de respuesta de sitios en zona de lago a partir de espectros de respuesta en sitios en terreno firme. En la Figura 21 se muestra, a manera de ejemplo, los **CER** para tres sitios (Central de Abastos, cd, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sc, y Viveros de Coyoacán, vi) obtenidos durante dos sismos: el 19 de septiembre de 1985, con línea continua, y el 25 de abril de 1989, con línea punteada. Los sismos utilizados para los cocientes abarcan muchas magnitudes y distancias focales, lo que permite tomar en cuenta directamente los efectos en la amplificación del movimiento debidos a estos factores.

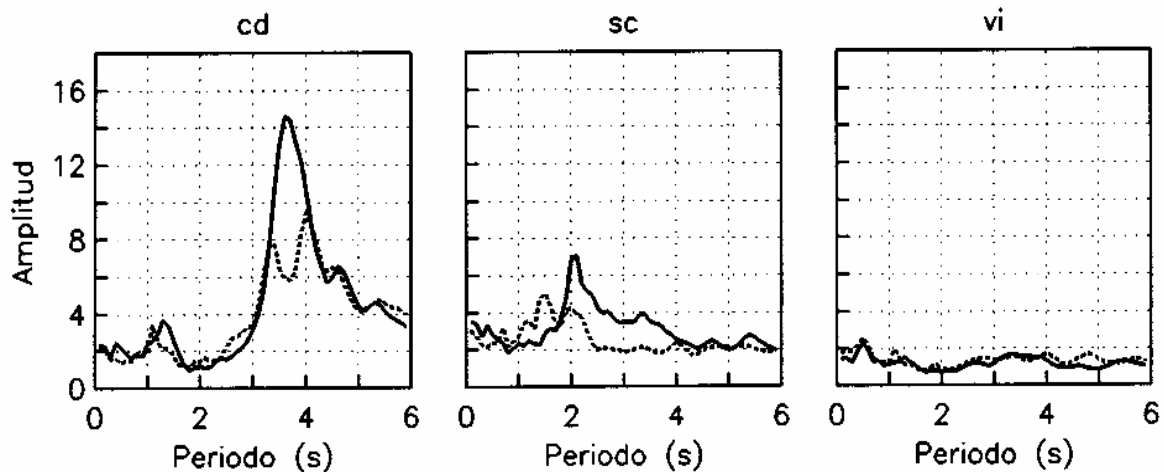


Figura 21 Cocientes de espectros de respuesta para tres sitios de la zona de lago de la Ciudad de México durante dos sismos: el del 19 de septiembre de 1985 (línea continua) y el del 25 de abril de 1989 (línea punteada)

Los cocientes sólo pueden estimarse para los sitios de suelo blando instrumentado en que se hayan obtenido registros sísmicos. Se necesita un cociente espectral de respuesta (*CER*) en cada sitio para el que se requiera estimar las pérdidas; estos puntos, en general, no coinciden con los sitios instrumentados. Para obtener los cocientes en cualquier sitio de la ciudad es necesario desarrollar un procedimiento de interpolación con las siguientes bases: primero, las abscisas de la función de transferencia empírica (*FTE*, periodos) en puntos instrumentados se normalizan con respecto al periodo dominante del sitio. La información acerca de los periodos dominantes es obtenida usando técnicas de microtemblores, sondeos geotécnicos y registros de movimientos fuertes (Reinoso y Lermo, 1991). En la Figura 22 se muestra un mapa de la ciudad con curvas de igual periodo. Posteriormente las *FTE* normalizadas se utilizan en una interpolación bidimensional para obtener las *FTE* normalizadas en sitios arbitrarios. Finalmente, las *FTE* interpoladas se renormalizan con respecto al periodo dominante apropiado. Esta interpolación supone variaciones suaves en la velocidad promedio de las ondas *S* (o, alternativamente, profundidad de la capa dura), y es exacta para la respuesta unidimensional de un estrato. Sin embargo, los efectos bi o tridimensionales quedan incluidos en vista de que las *FTE* se obtuvieron de registros reales.

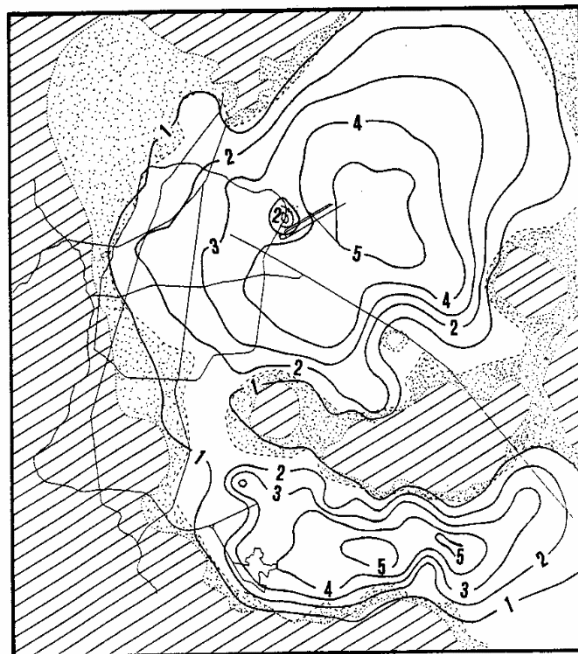


Figura 22 Mapa de la Ciudad de México con curvas de igual periodo obtenidas con datos de sismos, de microtemblores y de propiedades del suelo

Efectos de sitio en la ciudad de Acapulco

Los cocientes espectrales pueden estimarse utilizando los acelerogramas disponibles en la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes, Vol. 2, registrados por las estaciones instaladas en Acapulco (Figura 23). Para realizar los cocientes es necesario establecer una estación de referencia, y se seleccionó a *VNTA* por estar en suelo firme y porque funciona ininterrumpidamente desde 1985.

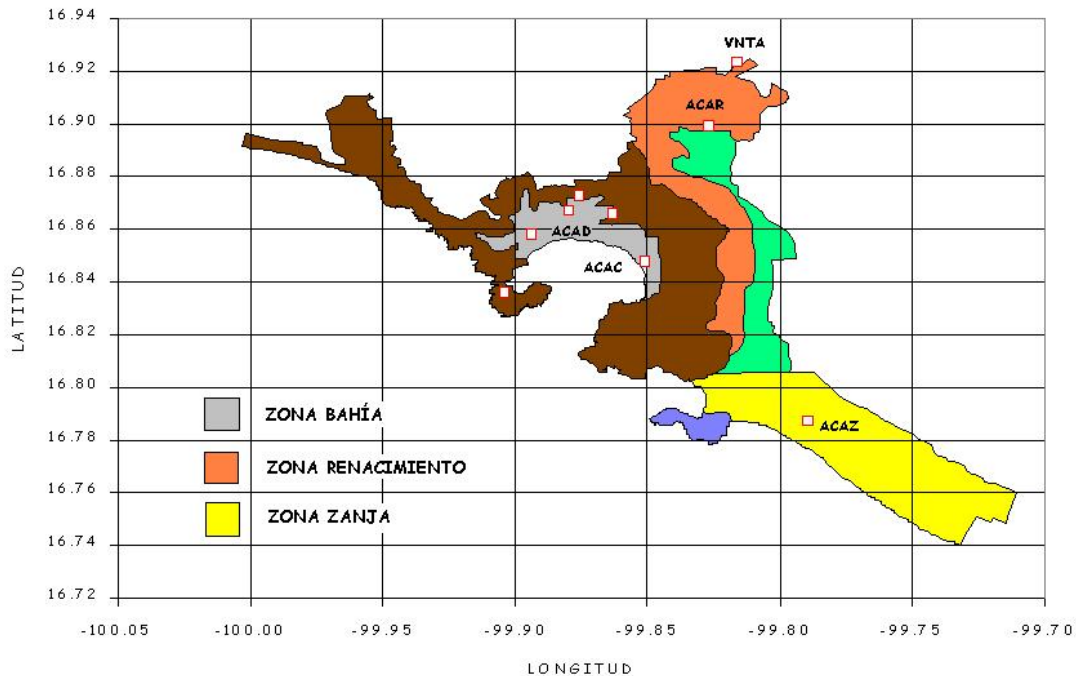


Figura 23 Estaciones acelerográficas instaladas en la ciudad de Acapulco y microzonificación

A partir de los cocientes promedio empíricos en las estaciones *ACAC*, *ACAD*, *ACAR* y *ACAZ* se estima una estratigrafía en cada uno de estos cuatro sitios, utilizando el modelo de Haskell unidimensional y elástico de capas.

Se encuentran relaciones funcionales entre cada uno de los parámetros de las estratigrafías encontradas en el punto anterior con el periodo fundamental del sitio, de tal manera que en otros sitios de la ciudad, donde no se cuenta con registros, sea posible estimar la función de transferencia del suelo con el conocimiento de su periodo y con ayuda del modelo de Haskell.

Efectos de sitio en otras localizaciones

Para otros sitios de la República Mexicana en que las condiciones del suelo no han sido tan estudiadas como en la Ciudad de México, se estima el movimiento a partir de funciones de transferencia promedio obtenidas de movimientos sísmicos registrados en roca, suelos firmes y suelos blandos en diferentes partes del mundo (Figura 24). Para este propósito se toman en cuenta los estudios hechos por Miranda (1991 y 1993a). La función de transferencia de roca a suelo firme está dada por

$$FT(T) = \frac{(1+23T^{1.8})(1+35T^{2.94})}{(1+22T^{3.35})(1+25T^{1.5})} \quad (5)$$

y para suelos blandos por

$$FT(T) = \frac{(0.9 + 8.6T^{1.2})(1 + 35T^{2.94})}{(1 + 5T^{2.8})(1 + 25T^{1.5})} \quad (6)$$

en estas expresiones, T es el periodo de la función de transferencia, FT .

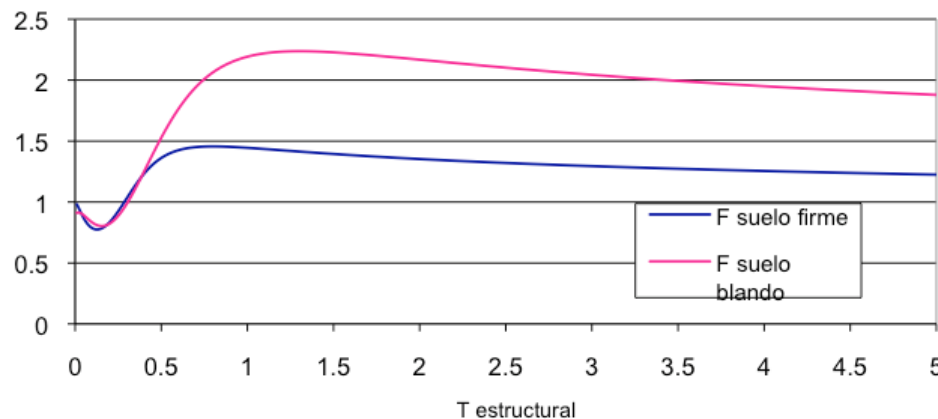


Figura 24 Funciones de transferencia

Recomendaciones sobre las distintas técnicas para estimar efectos de sitio

Sin lugar a dudas, la estimación de los efectos de sitio no es una tarea fácil, sin embargo, la existencia de diferentes métodos aplicables a esta tarea, hace que se tengan más posibilidades de determinar de forma confiable el efecto de amplificación que ocasiona la presencia de estratos de suelo blandos en la proximidad de la superficie del suelo.

Definitivamente lo idóneo sería que se tuviera una gran cantidad de datos acelerométricos en cualquier sitio del cual se quieran conocer sus características dinámicas. Sin embargo, el establecimiento de una red de registro sísmico no resulta tan fácil.

Ante esta situación, la implementación de la técnica de vibración ambiental ha ganado terreno, gracias a la practicidad con la que se puede obtener información de gran utilidad y fácil manipulación de prácticamente cualquier sitio. Sin embargo, ante las desventajas que muestra esta técnica, conlleva a que se deba contar con análisis alternos que ayuden a determinar de mejor manera tanto la frecuencia como el nivel de amplificación del terreno.

La elaboración de modelos matemáticos del suelo es una buena opción cuando se trata de modelar la amplificación del movimiento sísmico ante la presencia de estratos blandos, sin embargo, dadas sus limitaciones, por ejemplo, la profundidad de exploración de los sondeos muchas veces hace que al efectuar su modelo no se obtenga la verdadera respuesta del suelo.

Sin embargo, el caso anterior no sucede la mayor parte del tiempo, teniéndose en cambio, situaciones en las que solamente se cuenta con un determinado tipo de información, que casi siempre son estudios de vibración ambiental. En este caso, sería importante la ejecución de estudios geotécnicos o geofísicos que complementen al estudio de vibración ambiental.

El caso opuesto también se presenta, en este caso, es importante la ejecución de un estudio de vibración ambiental, por medio del cual se pueda estimar la frecuencia del sitio.

Finalmente se tiene el caso en el que sólo se cuenta con información acelerométrica. Esta situación puede no ser tan crítica, sin embargo, algunas veces no se tiene suficiente información que caracterice al sitio, por lo que es importante la ejecución de otro tipo de estudios.

En general, el mejor caso en la estimación de los efectos de sitio, es el que se presenta al contar con más de un tipo de estudio, ya que como se ha visto, estos estudios resultan en alto grado complementarios.

Ventajas y desventajas del estudio de vibración ambiental

Algunas de las ventajas de la aplicación del método de vibración ambiental se presentan a continuación:

- Facilidad de ejecución del estudio.
- Bajo costo.
- Rapidez en la obtención de resultados.
- La obtención de la frecuencia del sitio comúnmente es muy acertada, sobre todo en suelos blandos.
- Se puede obtener información de manera práctica en lugares poco accesibles, o que no cuenta con una red acelerométrica local.

Algunas de las desventajas del método son:

- No se tiene una buena aproximación de la amplificación en el sitio de estudio.
- La respuesta obtenida depende del nivel de ruido que se tenga al momento de efectuar los registros de campo.
- No es muy efectiva en sitios donde se presentan estratos de suelo muy consolidados, o en aquellos en los que se tienen intercalaciones de estratos blandos y firmes en el depósito de suelo, lo que conlleva, con frecuencia, a una mala interpretación de resultados.

Los datos registrados se ven fuertemente influenciados por las condiciones ambientales (temperatura, viento, humedad, lluvia, etc.).

Ventajas y desventajas del modelo matemático del suelo a partir de datos geotécnicos y geofísicos

Algunas de las ventajas de la aplicación de este método se enumeran a continuación:

- Si se tiene un estudio previo (vibración ambiental, análisis de acelerogramas), se puede modelar eficientemente la amplificación que se presenta en el sitio de estudio.
- La frecuencia del sitio puede ser fácilmente estimada.

Algunas de las desventajas del método son:

- Depende de la profundidad de exploración de las pruebas que se ejecuten.
- En muchas ocasiones, los datos reportados en estudios geotécnicos y/o geofísicos contienen errores, que si no son identificados, conllevan a errores en el modelo.

Depende de correlaciones que la mayor parte del tiempo corresponden a suelos de lugares con características diferentes.

Ventajas y desventajas del análisis de acelerogramas

Algunas de las ventajas de este método son las siguientes:

- Se puede tener una estimación muy confiable sobre los efectos de amplificación que afectan a un sitio instrumentado.
- Si la información con que se cuenta es abundante, se puede tener una mejor aproximación de las características dinámicas de un sitio.

Algunas de las desventajas del método son:

- No es muy económica la instalación de una red de instrumentación sísmica.
- El correcto funcionamiento de esta red depende del mantenimiento constante al que debe someterse el equipo de registro, lo que muy comúnmente se ignora.
- La red de registro debe ser lo suficientemente densa, como para que se pueda obtener información suficiente con la que sea posible estimar la respuesta sitios cercanos que no cuenten con instrumentación, y que tengan características similares a las de los sitios instrumentados.
- Se requiere de un gran número de registros de sismos importantes para que se tenga la suficiente información que caracterice al sitio, que considere sismos de diferente origen.

Muchas de las veces se supone que un sitio cercano a otro en el que se tiene instrumentación tienen la misma respuesta, lo que no necesariamente es cierto.

6. Reconocimientos

Este documento ha sido elaborado a lo largo de varios años por los investigadores Mario Ordaz y Eduardo Reinoso.

7. Referencias

- Abrahamson N. A. and Silva W. J. (1997) "Empirical Response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes", Seism. Res. Letters, vol. 68, pag., 94-127.
- Acosta Chang J., Arellano Zepeda G., Ruiz Cruz E. "Microzonificación sísmica de Mexicali, Informe Final". CISESE, (2007).
- Aki, K., "Local site effects in strong ground motion" Earthquake engineering and soil dynamics II-Recent Advances in Ground Motion Evaluation (1988).

- Alamilla, J., Esteva, L., García P. J. y Díaz L., O. (2001), "Simulating earthquake ground motion at a site, for given intensity and uncertain source location", *Journal of Seismology*, Vol. 5, No. 4, pp. 475-485.
- Alfaro, A., Correlación entre el valor N del ensayo de penetración estándar y velocidad de ondas de corte para arcillas en Bogotá, Colombia. Epsilon, 008 (2007).
- ASCE7-05, Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE/SEI 7-05.
- Avilés J and Pérez-Rocha L E (2005a), Design concepts for yielding structures on flexible foundation, *Engineering Structures*, Vol. 27, 2005.
- Avilés J and Pérez-Rocha L E (2005b), Influence of foundation flexibility on R and C factors, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 131, No. 2, pp. 221-230, 2005.
- Bard, P.Y., A.M. Duval, B. Lebrun, C. Lachet, J. Riepl., and D. Hatzfeld (1997), "*Reliability of the H/V technique for site effects measurement and experimental assesment*", Seventh International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Istambul, July, 19-24.
- Bard, Pierre-Yves, "SESAME: Site Effects assessment using ambient excitations". European Commission, (2004).
- Bazurro P. y Cornell C. (1999), "Disaggregation of seismic hazard", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 89, No.2, pp. 501-520.
- Borcherdt, R. D. "Estimates of site-dependent response spectra for design (methodology and justification)", *Earthquake Spectra*, **10** (1994).
- Chapman M. (1995), "A probabilistic approach to ground-motion selection for engineering design", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 85, No. 3, pp. 937-942.
- Chopra A K (1995), Dynamics of Structures. Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prentice Hall, 1995.
- Clough R W y Penzien J (1975), Dynamics of Structures, McGraw-Hill, 1975.
- Cornell C. (1968), "Engineering seismic risk analysis", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606.
- Dobry R y Gazetas G (1988), Simple method for dynamic stiffness and damping of floating pile groups, *Geotechnique*, Vol. 38, 1988.
- Esteva, L. (1970), "Regionalización sísmica de México para fines de ingeniería", *Series del Instituto de Ingeniería*, No. 246.
- EUROCÓDIGO 8. *Disposiciones para el proyecto de estructuras sismoresistentes*: Norma Europea Experimental; Comité Europeo de Normalización, Bruselas; Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid (1998).
- Finn, W D L (1991), "Geotechnical engieneering aspects of microzonation", Proc, Fourth Int, Conf. on Seismic Zonation, Stanford, California, I, 199-259.
- García, D. Singh S. K., Herráiz M., Pacheco J. F. y Ordaz M. (2005), "Inslab earthquakes of central Mexico: Q, source spectra and stress drop", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 94, No. 3, pp. 789-802.
- Gazetas G (1983), Analysis of machine foundation vibrations: state of the art, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 2, 1983.
- Gazetas G, Foundation vibrations (1991), *Foundation Engineering Handbook*, Ed. H Y Fang, Van Nostrand Reinhold, 1991.
- Gutiérrez, C and S K Singh (1992), "A site effect study in Acapulco, Guerrero, Mexico: comparison of results", *Bull. Seism. Soc. Am.* 78, 42-63.
- Harmesen, S., y Frankel, A. (2001), "Geographic disaggregation of seismic hazard in the United States", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 91, No. 1, pp. 13-26.
- Haskell, N.H. "The dispersion of surface waves in multilayered media", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 43, pp. 17-34, 1953.
- Iervolino, I., y Cornell, C. A. (2005), "Record selection for nonlinear seismic analysis of structures", *Earthquake Spectra*, Vol. 21, No. 3, pp. 685-713.

- Iglesias, A., Singh S. K., Pacheco, J. F. y Ordaz M. (2002), "A source and wave propagation study of the Copalillo, Mexico earthquake of July, 2000 (Mw=5.9): Implications for seismic hazard in Mexico city from InsLab earthquakes", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 92, No. 3, pp. 1060-1071.
- Iguchi M (1982), An approximate analysis of input motions for rigid embedded foundations, Transactions of Architectural Institute of Japan, No. 315, 1982.
- Imai, T., "P and S velocities of the ground in Japan", Proc. 9th Int. Conf. Soil Mech. Found Eng. Tokio, 2 (1977).
- Imai, T., y Yoshimura, Y., "Elastic wave velocity and soil properties in Soft soil", Toshi-to-Kiso, 18, 1 (1970).
- Ishikawa Y. y Kameda H. (1988), "Hazard-consistent magnitude and distance for extended seismic risk analysis", *Proceedings of 9th World Conference on Earthquake Engineering*, II, pp. 89-94.
- Ishikawa Y. y Kameda H. (1991), "Probability-based determination of specific scenario earthquake", *Proceedings of Four International Conference of Seismic Zonation*, II, pp. 3-10.
- Jaimes M. A. y Reinoso E. (2006), "Comparación del comportamiento de edificios en el valle de México ante sismos de subducción y falla normal", *Revista de Ingeniería Sísmica*, SMIS, No. 74, pp. 1-21.
- Jaimes, M. A., Reinoso, E., y Ordaz, M. (2006), "Comparison of methods to predict response spectra at instrumented sites given the magnitude and distance of an earthquake", *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 10, No. 5, pp. 1-16.
- Jaimes M. A., Reinoso E., y Ordaz M. (2007), "Empirical Green's function modified by attenuation for sources located at intermediate and far distances from the original source", *Accepted for publication in Journal of Earthquake Engineering*.
- Japan Road Association. Specifications for Hiways Bridges, Part V, Seismic Design (2002).
- Jiménez, M. J., Giardini, D., Grünthal, G. and the SESAME Working Group (2001) "Unified seismic hazard modeling throughout the Mediterranean region", *Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata*.
- Joyner, W.B. y Boore, D.M. (1981), "Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the Imperial Valley, California", earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 71, 2011-2038.
- Kanai, K and Tanaka (1954), "Measurement of the microtremor", Bull Earthquake Res Inst. Tokyo Univ. 32, 199-209.
- Kausel E and Tassoulas J L (1992), Program SUPELM Versión 2.0, Foundations Embedded in Layered Media: Dynamic Stiffnesses and Response to Seismic Waves, 1992.
- Kausel E, Whitman R V, Morray J P y Elsabee F (1978), The spring method for embedded foundations, Nuclear Engineering and Design, Vol. 48, 1978.
- Lachet, C. and P Y Bard (1994), "Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's technique", *J. Phys. Earth.*, 42, 377-397.
- Lermo, J., J. Díaz de León, E. Nava, and M. Macías (1991). "Estimación de periodos dominantes y amplificación relativa del suelo en la zona urbana de Colima". IX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Manzanillo, Colima.
- Lermo, J. y F.J.Chávez-García (1994a), *Are microtremors useful in site response evaluation?*, Bull. Seism. Soc. Am., 84, 1350-1364.
- Lermo, J. y F.J.Chávez-García (1994b), *Site effect evaluation at Mexico City: dominant period and relative amplification from strong motion and microtremor records*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 13, 413-423.
- Malhotra, P. K. (2003), "Strong-motion records for site-specific analysis", *Earthquake Spectra*, Vol. 19, No. 3, pp. 557-578.
- McGuire R. K. (1995), "Probabilistic seismic hazard analysis and design earthquakes: closing the loop", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 85, No. 5, pp. 1275-1284.
- Midorikawa M., Okawa, I., Iida, M., Teshigawara, M. "Performance-Based Seismic Design Code for Buildings in Japan".

- Montalvo-Arrieta, J. (2002), "La respuesta sísmica del terreno firme en la Ciudad de México. Observaciones y modelos", *Tesis de doctorado, Posgrado de Ingeniería*, UNAM.
- Mylonakis G, Nikolaou S and Gazetas G (2006), Footings under seismic loading: Analysis and design issues with emphasis on bridge foundations", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol. 26, 2006.
- Nakamura Y (1989), "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface", *QR of RTRI*, 30, No.1, 25-33.
- Nishenko S. P. y Singh S. K. (1987), "The Acapulco-Ometepec, México earthquake of 1907-1982: evidence for a variable recurrence history", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 77, No. 4, pp. 1359-1367.
- NTC-RCDF, (2004) *Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal*, Gaceta oficial del Distrito Federal, México, D. F., 6 de octubre del 2004.
- Mario Ordaz (2005), Mapas de peligro sísmico en México con fines de calificación de equipo eléctrico, Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), realizado para el IIE, México.
- Ohba, S., y Toriumi, I. "Dynamic response characteristics of Osaka Plain." *Proc. Annual Meeting, A. I. J.* (1970).
- Ohta, Y. y Goto, N. "Empirical shear wave velocity equations in terms of characteristics soil indexes". *Earthq. Eng. Struc. Dyn.* 6. (1978).
- Okamoto, T., Kokusho, T., Yoshida, Y. y Kusunoki, K. "Comparisson of surface vs Subsurface wave sourse for P-S logging in sand layer". *Proc. 44th Annual Conference , JSCE* 3 (1989).
- Ordaz, M. (2003), *Degtra A4*, Program for accelerograms analysis.
- Ordaz, M., Aguilar, A. y Arboleda, J. (2003) "*Crisis 2003: programa para el cálculo de peligro sísmico*", Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ordaz, M., Miranda, E., Reinoso, E., y Perez-Rocha, L.E. (2000) "*Seismic loss estimation model for México city*", XII World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand.
- Ordaz, M., Arboleda, J. and Singh, S.K. (1995), "A scheme of random summation of an empirical Green's function to estimate ground motions from future large earthquakes", *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85-6.
- Ordaz, M. and Faccioli, E. (1994), "Site response analysis in the valley of Mexico: selection of input motion and extend of non-linear soil behaviour", *EQ. Eng. Struct. Dyn.*, Vol.23, 895-908.
- Ordaz, M., y Singh, S. K. (1992), "Source spectra and spectral attenuation of seismic waves from Mexican earthquakes, and evidence of amplification in the hill zone of Mexico City", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 82, No. 41, 24-42.
- Ordaz, M., Jara, J.M. y Singh, S.K. (1989) "*Riesgo sísmico y espectros de diseño en el estado de Guerrero*", Informe Interno No. 8782, Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Ordaz Schroeder, M., Veras Felipe, L. "Criterios generales para la definición de espectros sísmicos de sitio".
- Ovando E y Romo MP (1991) "*Estimación de la velocidad de onda S en la arcilla de la ciudad de México con ensayes de cono*", *Sismodinámica*, 2.
- Pérez A., Jaimes M.A. y Ordaz M. (2008), Spectral attenuation relations at soft sites based on existing attenuation relations for rock sites, Accepted for its publication in the *Journal of Earthquake Engineering*.
- Perez-Rocha, Luis Eduardo (1999) "*Respuesta sísmica estructural: efectos de sitio e interacción suelo-estructura*" Ph.D. Thesis, Faculty of Engineering, UNAM.
- Reinoso E. and Ordaz, M. (2001), "Duration of strong ground motion during Mexican earthquakes in terms of magnitude, distance to the rupture are and dominant site period," *Earthquake Engineering and Structural Dynamic*, Vol. 30, pp. 653-673.
- Reinoso E. y Jaimes M.A. (2008), Criterios para obtener acelerogramas de diseño en sitios afectados por varias fuentes sísmicas. Enviado para su posible publicación a la revista de Ingeniería Sísmica.
- Reinoso, E. y Lermo, J. (1991) "*Periodos del suelo del valle de México medidos en sismos y con vibración ambiental*", *Proceedings of the IX National Conference on Earthquake Engineering*, Manzanillo, Colima, México, pág. 2,149-2,156.

- Reyes, C. (1999), "*El estado límite de servicio en el diseño sísmico de edificios*", Ph.D.Thesis, Faculty of Engineering, UNAM.
- Roesset J M and Scaletti H (1979), "Nonlinear effects in dynamic soil-structure interaction", 3rd International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Aachen.
- Rosenblueth, E., Ordaz M., Sánchez-Sesma, F.J. y Singh S.K. (1989), "*Design Spectra for Mexico's Federal District*", Earthquake Spectra, 5, 273-291.
- Sadigh, K., Chang, C. Y., Egan, J.A., Makdise, F. y Youngs, R. R. (1997), "Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data", *Seismological Research Letters*, Vol. 68, No. 1, pp. 180-189.
- Schnable, P. B., Lysmer, J. y Seed, H. B. (1972) "*SHAKE: a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites*", UCB/EERC-72/12, University of California, Berkeley, december.
- Seed H. B. e I. M. Idriss (1970), "*Soil moduli and damping factors for dynamic response analyses*", EERC-70-10 december.
- Seed H. B., Wong R. T., Idriss I. M., y Tokimatsu K. (1986), "*Moduli and damping factors for dynamic analyses of cohesionless soils*", Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, vol 112, No. GT11, 1016-1032.
- Seed, R. B., Chang, S. W., Dickenson, S. E., and Bray, J. D. "Site-Dependent Seismic Response Including Recent Strong Motion Data." Proc., Special Session on Earthquake Geotechnical Engineering, XIV International Conf. On Soil Mechanics and Foundation Engineering, Hamburg, Germany, A. A. Balkema Publ. (1997).
- SHAKE91: equivalent linear seismic response analysis of horizontally layered soil deposits*, (1992), Developed by: P.B. Schnabel, J. Lysmer and H.B. Seed; Modified by: I. M. Idriss and J. I. Sun, Department of Civil & Environmental Engineering, University of California, Davis.
- Singh, S. K., Apsel, R., Fried, J., and Brune J. N., (1982), "Spectral attenuation of SH waves along the Imperial fault", *Bulletin Seismological Society of America*, Vol. 72, No.6A, pp. 2003-2016.
- Singh, S.K., Astiz, L. and Havskov, J. (1981) "*Seismic gaps and recurrence period of large earthquakes along the Mexican subduction zone: a re-examination*", Bull. Seism. Soc. Am., 71, 827-843.
- Singh, S.K., Lermo, J., Domínguez, T., Ordaz, M., Espinosa, M., Mena, E., and Quaas, R "A study of amplification of seismic waves in the Valley of Mexico with respect to a hill zone site (CU)", Earthquake Spectra 4, 1988, pp. 653-673.
- Singh, S.K., Ordaz, M., Anderson, J.G., Rodríguez, M., Quaas, R., Mena, E., Ottaviani, M., y Almora, D. (1989), "*Analysis of near-source strong motion recordings along the Mexican subduction zone*", Bull. Seism. Soc. Am., 79, 1697-1717.
- Singh S.K., Suárez G. and Domínguez T. (1985) "*The Oaxaca, México earthquake of 1931: Lithospheric normal faulting in subducted Cocos plate*", Nature 317, 56-58.
- SMIS (2000), Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes, Vol. 2., CD-ROM, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.
- Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, "Base nacional de datos de sismos fuertes". México, D. F. (2000).
- Stewart JP, Kim S, Bielak J, Dobry R and Power MS (2003), Revisions to soil-structure interaction procedures in NEHRP design provisions. Earthquake Spectra 2003; 19: 677-696.
- Tassoulas J L y Kausel E (1983), Elements for the numerical analysis of wave motion in layered strata, Journal of Numerical Methods in Engineering, Vol. 19, 1983.
- Tsige M., García Flórez, I. "Propuesta de clasificación geotécnica del 'Efecto Sitio' (Amplificación Sísmica) de las formaciones geológicas de la Región de Murcia" GACETA, 40 (2006).
- Trifunac, M.D. and Brady, A.G. (1975), "*A study on the duration of strong earthquake ground motion*", Bulletin of the Seismological Society of America, 65, 3, June 1975, pages 581-626.
- Zúñiga, R. (1994) "*Main seismogenic sources zones in Mexico*", Technical Report Proyecto 89-0190 IPGH, Panamerican Institute of Geography and History.
- Veletsos A S (1993), Design concepts for dynamics of soil-structure interaction, Eds. P Güllkan and R W Clough, Kluwer Academic Publishers, 1993.

Capítulo 2: Vulnerabilidad

1. Generalidades

La vulnerabilidad se define como la predisposición de un sistema, elemento, componente, grupo humano o cualquier tipo de elemento, a sufrir afectación ante la acción de una situación de amenaza específica. Como tal, la vulnerabilidad debe evaluarse y asignarse a cada uno de los componentes expuestos y para cada uno de los tipos de amenazas considerados.

La vulnerabilidad estructural se refiere al daño o afectación que sufrirá un activo determinado ante una amenaza dada. Usualmente se mide en términos de un porcentaje medio de daño o valor económico requerido para reparar el bien afectado y llevarlo a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento tomando en cuenta la incertidumbre asociada.

La vulnerabilidad se expresa por lo tanto en términos de la llamada “función de vulnerabilidad”. La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico. Se define mediante curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno amenazante.

Cada uno de los activos que conforman la base de exposición de componentes deberá tener asignada una función de vulnerabilidad para las pérdidas físicas.

Las funciones de vulnerabilidad pueden construirse mediante diferentes técnicas incluyendo:

- Observaciones del comportamiento de diferentes tipos estructurales ante fenómenos que producen daños
- Estudios experimentales de componentes estructurales sometidos a acciones externas que modelan los efectos de las amenazas a considerar
- Estudios analíticos de componentes estructurales o de estructuras completas sometidos a acciones externas que modelan los efectos de las amenazas a considerar
- Experiencia y opiniones de expertos

Por ejemplo, si los elementos o componentes de la construcción, tales como los acabados o los mismos contenidos, tienen funciones de vulnerabilidad similares a la de la estructura, pueden considerarse de manera simple como una proporción del valor total de la construcción y el análisis correspondiente con la función de vulnerabilidad asignada a la edificación. Por otro lado, los elementos o componentes tales como acabados o contenidos con funciones de vulnerabilidad muy diferentes pueden considerarse mediante la ponderación y modificación de la función de vulnerabilidad de la construcción, según los criterios del usuario para llevar a cabo esta aproximación.

Las funciones de vulnerabilidad para los tipos estructurales típicos y para los diferentes tipos de amenaza para cada país o región debe ser objeto de investigación y refinación permanente. El grado de precisión que se utilice en la función de vulnerabilidad definirá el grado de precisión de los resultados de riesgo. La utilización de funciones de vulnerabilidad de tipos constructivos similares con base en curvas propuestas en otros países o regiones es posible siempre y cuando se realice una validación y verificación de las mismas. Las universidades y centros de investigación deben estudiar y proponer las funciones de vulnerabilidad de cada país para cada uno de los componentes críticos de obras de infraestructura expuestos a riesgos.

2. Vulnerabilidad sísmica

La función de vulnerabilidad define la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico, para lo cual es necesario definir las curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno amenazante.

El daño se mide usualmente en términos de la relación media del daño RMD (MDR, Mean Damage Ratio en inglés) también llamada β (Miranda, 1999), y corresponde en general al costo de reparación de la estructura para llevarla a un estado equivalente al que tenía antes de la ocurrencia del evento, medida como porcentaje de su valor de reposición total. Por otro lado, la intensidad sísmica puede ser la aceleración, velocidad, desplazamiento o cualquier otra, la que mejor correlación presente frente al nivel de daño del componente a considerar.

En el desarrollo metodológico que se presenta a continuación la intensidad sísmica se mide principalmente con la aceleración espectral, desplazamiento espectral y deriva de entrepiso. En la metodología se han tenido en cuenta diversos parámetros de intensidad sísmica que resultan adecuados para correlacionar con el daño de cada uno de los tipos estructurales característicos. Por ejemplo para edificaciones muy rígidas o frágiles, para muros, taludes y componentes estructurales específicos, resulta conveniente utilizar la aceleración máxima del terreno. En otros casos resulta de mayor sensibilidad la velocidad máxima del terreno o la deriva espectral.

Funciones de vulnerabilidad para sismo

Están dadas en términos de aceleración, velocidad o desplazamientos espectrales, es decir para diferentes periodos estructurales dominantes de vibración. Los valores espectrales están dados en general en términos de respuesta elástica de las estructuras para un amortiguamiento dado, generalmente el 5%.

Desde el punto de vista de la función de vulnerabilidad, la medida de intensidad que se selecciona corresponde en general al parámetro que mejor se ajuste a la representación de daño de cada construcción en particular. En general se utilizan las siguientes representaciones:

- En estructuras rígidas, de poca altura, en mampostería estructural, adobe y materiales similares, el daño se correlaciona con la aceleración espectral inelástica. Para el caso de estructuras muy rígidas el parámetro que se utiliza normalmente es la aceleración máxima del terreno.
- En estructuras de varios pisos con sistemas de marcos, combinados o sistemas de muros estructurales el daño se correlaciona con la deriva espectral inelástica de la edificación

La Figura 1 presenta dos ejemplos de funciones de vulnerabilidad, uno en términos de la aceleración espectral inelástica y otro en términos de deriva espectral inelástica.

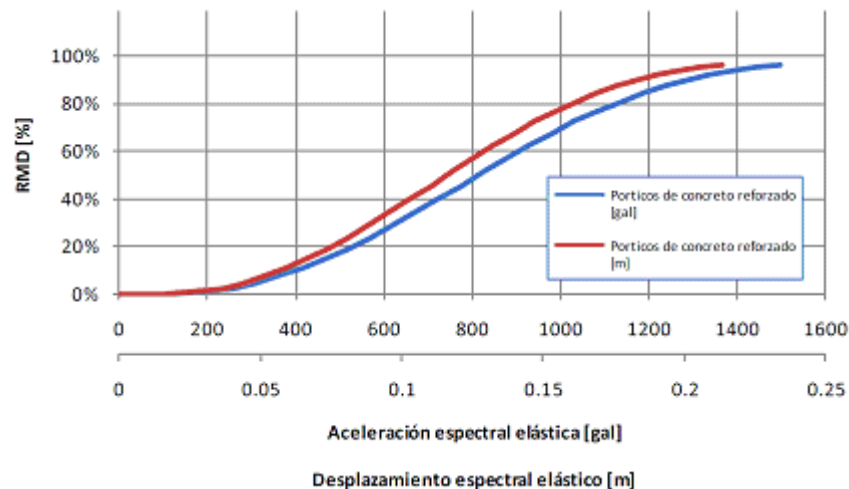


Figura 1 Función de vulnerabilidad para marcos de concreto reforzado

Para tomar en cuenta la no linealidad de las estructuras, es decir, la variación de su comportamiento con la intensidad del sismo, se plantean coeficientes de modificación de los parámetros de intensidad que permitan pasar de valores inelásticos a elásticos equivalentes. Lo anterior obliga a que prácticamente cada tipo de componente tenga una función de vulnerabilidad diferente ya que si el comportamiento inelástico varía de una estructura a otra, por ejemplo por el número de pisos, irregularidad o cualquier otro factor, esto generará una función diferente.

Cuando una función de vulnerabilidad está planteada en términos de respuesta inelástica de la estructura (normalmente la deriva inelástica de entrepiso) es necesario modificar la función de vulnerabilidad y expresarla en términos de derivas elásticas de entrepiso. La especificación de la amenaza correspondiente debe ser compatible con la función seleccionada.

La selección de funciones de vulnerabilidad debe hacerse teniendo en cuenta las siguientes precauciones:

- La Relación Media de Daño, RMD, asignada a un elemento estructural individual no es la misma para toda una estructura. Es necesario establecer cuál es la RMD global a partir de RMD de componentes o elementos individuales.
- El comportamiento global de la estructura puede variar significativamente con respecto al comportamiento de un elemento estructural dado, aún si este elemento es uno de los elementos principales de la estructura. En general es necesario realizar un análisis no lineal de la estructura global, teniendo en cuenta el comportamiento no lineal de algunos elementos estructurales claves dentro de la estructura. Los niveles de daño deben asignarse para toda la estructura.
- La medida de intensidad de entrada en la función de vulnerabilidad puede establecerse en términos de valores espectrales (aceleración o desplazamiento) o en términos de valores de referencia como aceleración o velocidad máxima del terreno. En este caso es necesario realizar las transformaciones necesarias y garantizar que la información de amenaza es compatible con la intensidad de entrada a la función de vulnerabilidad.

En muchos casos el parámetro de entrada de la función de vulnerabilidad corresponde, por ejemplo, a la deriva inelástica máxima demandada. Considerando que la amenaza está expresada en general en términos de la deriva elástica máxima, es necesario transformar las funciones de vulnerabilidad para que queden expresadas en términos del parámetro requerido por la amenaza. Esto implica que para su estimación debe considerarse el comportamiento inelástico de la estructura para lo cual debe recurrirse a algún método aproximado de cálculo inelástico de respuesta sísmica estructural.

Curvas de capacidad y curvas en formato $Sa - Sd$

La curva de capacidad (conocida como “pushover”) y las correspondientes curvas en formato $Sa - Sd$ ante cargas horizontales de un sistema estructural cualquiera representa una adecuada estimación de su comportamiento esperado tanto en el rango elástico como en el inelástico. Los métodos para calcular estas curvas se presentan en ATC-13 (1985). El análisis no lineal simplificado propuesto se basa en estimar el punto de comportamiento sobre esta curva ante una demanda sísmica determinada, la cual está dada por espectros inelásticos definidos para el sitio bajo análisis. El análisis considera las variaciones en la rigidez en el periodo estructural y en el amortiguamiento para niveles progresivos de deformación de entrepiso. La Figura 2 ilustra la representación típica de una curva de capacidad de una edificación cualquiera que se expresa normalmente en términos del cortante basal y el desplazamiento correspondiente a nivel de cubierta.

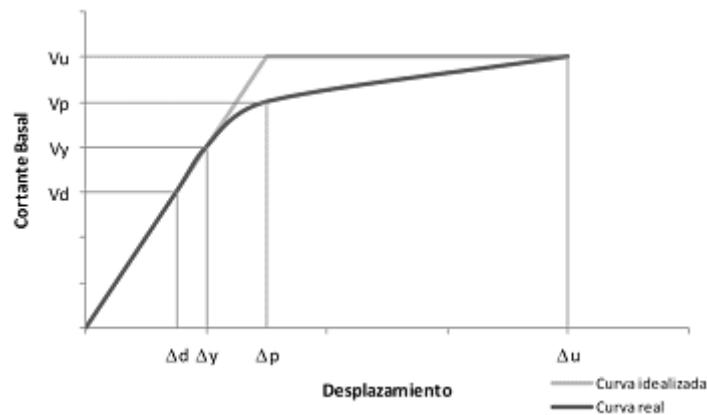


Figura 2 Curva de capacidad

Es posible modificar esta curva para expresarla en el formato $Sa - Sd$ (ATC-40, 1996) donde en el eje de las abscisas queda el desplazamiento espectral mientras que en el eje de las ordenadas queda el coeficiente sísmico espectral, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$Sa = \frac{V/M}{\alpha_1} - Sd \quad (1)$$

$$Sd = \Delta \cdot \alpha_2 \quad (2)$$

$$\alpha_1 = \frac{(\sum m_i \phi_i)^2}{\sum m_i \phi_i^2} \quad (3)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{FPM} \quad (4)$$

$$FPM = \frac{\sum m_i \phi_i}{\sum m_i \phi_i^2} \quad (5)$$

Los factores α_1 y α_2 corresponden al factor de participación de masa o fracción del peso del edificio en el primer modo de vibración, y al inverso del factor de participación modal FPM o fracción de la altura del edificio para el punto de observación del desplazamiento. Los términos m_i y ϕ_i corresponden a la masa total y al desplazamiento en cada uno de los niveles de la edificación para el primer modo de vibración.

Las curvas de capacidad en formato $Sa - Sd$ pueden representarse de manera conveniente utilizando una serie de coeficientes y unas funciones características que dependen de los siguientes factores (HAZUS, 2003):

- C_s , coeficiente de esfuerzo sísmico
- T_e , periodo estructural elástico
- α_1 , fracción del peso efectivo en el “pushover”
- α_2 , fracción de la altura total en el punto de observación del desplazamiento
- γ , relación entre el esfuerzo de fluencia y el de diseño
- λ , relación entre el esfuerzo último y el de fluencia
- μ , relación entre el desplazamiento último y λ veces el desplazamiento de fluencia

La Figura 3 ilustra la curva de capacidad en términos de los anteriores parámetros.

Definición de niveles de daño

Para generar la función de vulnerabilidad a partir de la curva de capacidad en formato $S_a - S_d$ es necesario definir niveles de daño. Se propone asignar niveles de daño para los puntos correspondientes a los estados de comportamiento siguientes (Figura 3):

- Punto de fluencia del sistema (S_{d_y}, S_{a_y}): daños nulos
- Punto de comportamiento plástico (S_{d_p}, S_{a_p}): daños hasta del 20%
- Punto de comportamiento último (S_{d_u}, S_{a_u}): daños entre el 80% y 100%

La asignación de niveles de daño en estos puntos permite la conformación de la función de vulnerabilidad en términos del daño esperado y de la desviación estándar. El ajuste final de la curva se realiza cambiando las curvaturas correspondientes a los dos tramos de curvas controlados en los anteriores puntos fijos. La Figura 4 ilustra un ejemplo de definición de la función de vulnerabilidad con esta metodología.

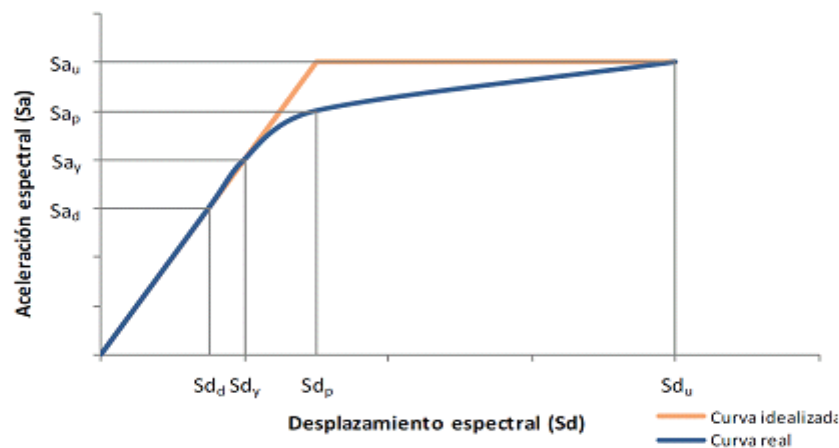


Figura 3 Curva de capacidad y curva en formato $S_a - S_d$

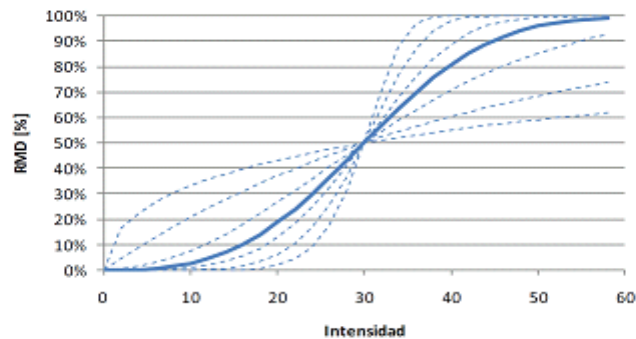


Figura 4 Grupo de curvas con diferentes formas

Estimación de la demanda inelástica

La estimación de la demanda inelástica de la edificación consiste en calcular la deformación horizontal piso a piso, la deriva máxima piso a piso o bien la aceleración máxima horizontal de respuesta de la edificación. Existen varios métodos propuestos para el cálculo aproximado de la demanda inelástica de edificaciones tales como el explicado en el ATC-40 (1996) utilizado por sistemas como el HAZUS (2003). En la presente metodología se utiliza el método de Miranda (1999) que se explica brevemente a continuación.

Para un valor dado de intensidad sísmica, γ_i , el valor esperado de β se puede calcular empleando la siguiente expresión (Miranda, 1999; Ordaz, 2000).

$$E(\beta|\gamma_i) = 1 - \exp \left[\ln 0.5 \left(\frac{\gamma_i}{\gamma_0} \right)^\varepsilon \right] \quad (6)$$

Se deben definir tipos constructivos característicos que representen el comportamiento esperado de las construcciones más frecuentes. Las edificaciones típicas de varios pisos incluyen construcciones en varios sistemas estructurales como son marcos resistentes a momentos, sistemas combinados o duales, sistemas de edificaciones con muros estructurales, sistemas prefabricados y otros, y en general comparten la característica de que el daño principal que puede llegar a ocurrir en ellos depende principalmente de la deformación relativa piso a piso.

El nivel de daño para edificaciones típicas se puede estimar tomando la deriva de entrepiso como parámetro de referencia, el cual se calcula como el desplazamiento relativo entre dos niveles contiguos, dividido entre la altura del piso. Existe un número importante de estudios que concluyen que dicho parámetro de la respuesta estructural presenta la mejor correlación con el daño estructural registrado (Bertero *et al.*, 1991; Priestley, 1997; Sozen, 1997). A partir de la aceleración espectral es posible determinar la máxima distorsión de entrepiso (demanda inelástica) con la siguiente expresión:

$$\gamma_i = \frac{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 (\eta N^\rho)^2}{4\pi^2 N h} S_a(T) \quad (7)$$

donde,

β_1 es la relación entre el máximo desplazamiento lateral en el nivel superior de la estructura y el desplazamiento espectral, considerando un modelo de comportamiento elástico lineal. Este factor depende del tipo estructural y del número de pisos de la estructura. Se calcula a partir de la solución de la ecuación diferencial que describe el comportamiento de un sistema acoplado, compuesto por una viga continua de cortante y otra de flexión, sometido a carga lateral que varía con la altura. El grado de participación de las deformaciones laterales de corte y de flexión en el sistema es función de un parámetro α que depende del sistema estructural. Por ejemplo, en un edificio flexible construido a base de marcos de concreto (sin muros estructurales ni arriostramiento) dominan las deformaciones laterales de corte, mientras que en una construcción con muros de concreto reforzado, las deformaciones de flexión son las predominantes. Mayor información sobre cómo estimar este parámetro se encuentra en Miranda (1997), donde se presentan resultados en la estimación de desplazamientos laterales máximos utilizando este enfoque.

β_2 describe la relación entre la máxima distorsión de entrepiso y la distorsión global de la estructura, que se define como el máximo desplazamiento lateral en la azotea dividido por la altura total. β_2 depende del grado de participación de las deformaciones laterales de corte y flexión, y del tipo estructural. Tiene en cuenta el hecho que en general las deformaciones laterales durante un sismo intenso no se distribuyen uniformemente con la altura de la edificación, pero que hay una tendencia a concentrar grandes deformaciones de entrepiso en algunos niveles (Miranda, 1997).

β_3 expresa la relación entre el máximo desplazamiento lateral del modelo de comportamiento inelástico, y el desplazamiento máximo del modelo elástico lineal. Este factor depende de la demanda de ductilidad al desplazamiento, el periodo fundamental de vibración de la estructura y el tipo de suelo que la soporta. Se calcula con funciones que han sido calibradas con estudios estadísticos de relaciones entre el máximo desplazamiento lateral de osciladores de un grado de libertad con comportamiento inelástico, y sus contrapartes en comportamiento elástico. Dichas calibraciones han sido realizadas para osciladores sometidos a cientos de acelerogramas registrados en diferentes tipos de suelo durante más de 25 sismos ocurridos a nivel mundial. Para estructuras sobre suelos blandos, β_3 no sólo depende del periodo fundamental de vibración de la estructura sino más bien de la relación entre este y el periodo dominante del suelo (Miranda 1991, 1993 y 1997). La demanda de ductilidad global de la estructura se estima con la aceleración espectral asociada al periodo de vibración de la estructura, la resistencia ante cargas laterales de la misma, y el factor de reducción de las cargas aplicadas. La resistencia lateral de la estructura depende de la ubicación y la edad de la misma, lo que hace posible clasificar las estructuras en términos de normativas y códigos de construcción vigentes en el momento de ser construidas.

β_4 es la relación entre los factores β_2 elástico e inelástico. Este factor tiene en cuenta que la distribución de la carga lateral con la altura es diferente en el modelo elástico y en el inelástico. En el caso de comportamiento inelástico se produce una gran concentración de fuerza. Este factor depende del número de pisos y del nivel de deformación inelástica de la estructura, que se mide en términos de la demanda de ductilidad al desplazamiento. Para más información al respecto véase Miranda (1997).

η y ρ son factores para estimar el periodo fundamental de la estructura a partir del número de pisos, N :

$$T = \eta N^\rho \quad (8)$$

Estos factores dependen de la ubicación de la estructura, el tipo estructural, el tipo de suelo y el año de construcción. Tienen en cuenta el hecho de que la rigidez lateral de las estructuras localizadas en zonas de alta sismicidad es mayor que el de estructuras ubicadas en zonas de baja sismicidad. También consideran que las estructuras construidas sobre suelos blandos son más flexibles que las construidas en suelos firmes debido a la flexibilidad de la cimentación. Estos parámetros han sido calibrados con modelos analíticos, resultados experimentales y diferentes consideraciones siguiendo los requerimientos que se presentan en las normas. Debe anotarse que se asigna un nivel de incertidumbre en la determinación del período fundamental de la estructura T , y es tomada en cuenta dentro del análisis.

h es la altura de cada piso de la estructura, que depende del tipo estructural, la ubicación geográfica y la fecha de construcción.

$Sa(T)$ es la aceleración espectral, que depende del periodo fundamental de vibración, el amortiguamiento de la estructura y la amenaza sísmica en el sitio. Se obtiene directamente a partir del archivo AME y con el periodo estructural estimado.

Una vez que se determina la máxima distorsión de entrepiso de la estructura, su vulnerabilidad puede ser incrementada por varios factores. Algunos de estos factores son: irregularidades en planta y en altura, golpeteo con edificaciones vecinas, daños previos no reparados, columnas cortas, entre otros.

El valor esperado del daño de la estructura, dado un valor de intensidad sísmica cualquiera (en particular aceleración máxima del terreno o distorsión máxima de entrepiso calculada a partir de la ecuación Ec. 9), es

$$E(\beta|\gamma_i) = K_1 K_2 K_3 K_4 \left(1 - \exp \left[\ln 0.5 \left(\frac{\gamma_i}{\gamma_0} \right)^\varepsilon \right] \right) \quad (9)$$

donde β es la pérdida bruta, γ_0 y ε son parámetros de vulnerabilidad estructural que dependen del sistema estructural y la fecha de construcción, y $E()$ es el valor esperado de la variable. Nótese que por definición, β es la proporción entre el costo de reparación y el costo total, y su valor está entre 0 y 1. Alternativamente, cuando el formato de la función de vulnerabilidad esté dado como una tabla de valores, $F(\gamma_i)$, el valor esperado del daño se calcula como:

$$E(\beta|\gamma_i) = K_1 K_2 K_3 K_4 (F(\gamma_i)) \quad (10)$$

donde,

K_1 = factor de modificación por irregularidades en planta

K_2 = factor de modificación por irregularidades en altura

K_3 = factor de modificación por golpeteo con edificaciones vecinas

K_4 = factor de modificación por daños previos no reparados, columnas cortas, entre otros

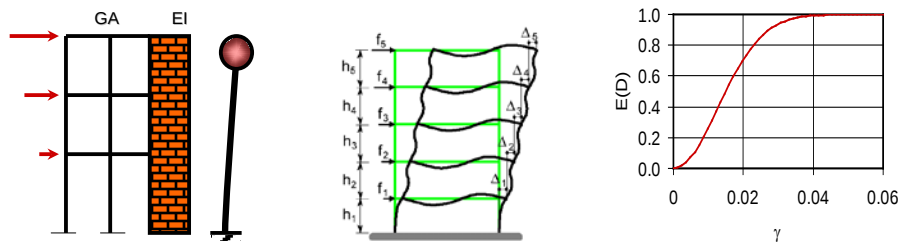


Figura 5 Procedimiento de cálculo de curvas de vulnerabilidad

Modificaciones para obtener funciones de vulnerabilidad

De acuerdo con lo planteado anteriormente, es necesario modificar o transformar el eje de las abscisas de las funciones de vulnerabilidad con el fin de compatibilizar el parámetro de intensidad con el dado por la evaluación de amenaza (usualmente en términos de respuesta elástica).

Dicha conversión consiste en transformar el eje de las abscisas de las funciones de vulnerabilidad por un factor, de tal manera que éstas queden expresadas en términos de la demanda elástica obtenida del mapa de amenaza disponible, y el resultado sería el equivalente que si se introduce la respuesta inelástica de la misma construcción.

También deben poderse realizar modificaciones de los ejes en la demanda por ejemplo cuando se desea considerar las pérdidas en los contenidos con distribuciones de pérdidas diferentes. En ese caso es necesario hacer ponderaciones del daño con respecto a los valores globales de las estructuras y de los contenidos respectivamente para definir una función de vulnerabilidad única.

La Figura 6 presenta varios ejemplos en una misma función de vulnerabilidad para un edificio determinado, se representan en términos de diferentes variables, todas ellas equivalentes.

Edificación	Marcos de concreto estructural (5 pisos)			
Parámetros básicos	Altura:	15.2 m	T_e :	0.75
	C_s :	0.13	γ :	1.25
	μ :	5.3	λ :	3

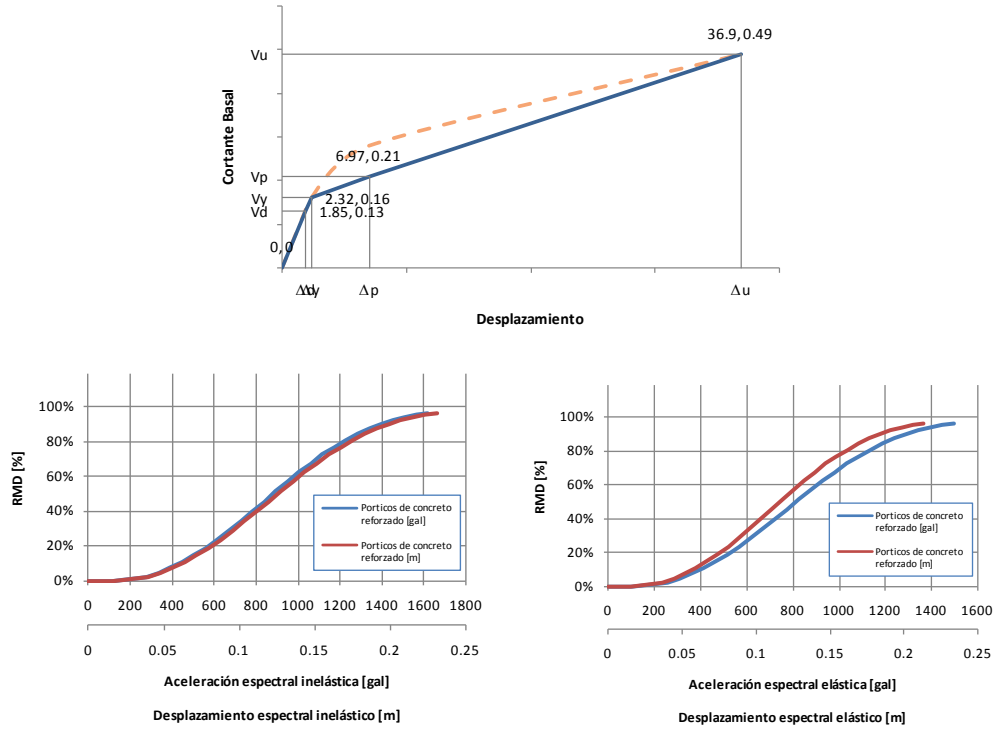


Figura 6 Función de vulnerabilidad para diferentes variables

Desviación estándar del daño

En forma complementaria a la estimación del valor esperado del daño como función del parámetro de intensidad de entrada, se debe plantear la desviación estándar de esta función. Para efectos de esta estimación se propone la utilización de la función que se presenta en la Figura 7, la cual relaciona la desviación estándar del daño con la misma medida de intensidad planteada anteriormente.

La densidad de probabilidades del daño se considera de tipo Beta y está dada por la siguiente ecuación:

$$p_{\beta|\gamma_i}(\beta) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \beta^{a-1} (1-\beta)^{b-1} \quad (11)$$

donde a y b son parámetros que pueden calcularse a partir de la media y el coeficiente de variación del daño, $aC(\beta)$, de la siguiente manera

$$a = \frac{1 - E(\beta|\gamma_i) - E(\beta|\gamma_i)C^2(\beta)}{C^2(\beta)} \quad (12)$$

$$b = a \left[\frac{1-E(\beta|\gamma_i)}{E(\beta|\gamma_i)} \right] \quad (13)$$

$C^2(\beta)$ se calcula como

$$C^2(\beta) = \frac{\sigma_\beta^2(\beta|\gamma_i)}{E(\beta|\gamma_i)} \quad (14)$$

donde $\sigma_\beta^2(\beta|\gamma_i)$ es la varianza de la pérdida.

Existe poca información para determinar la varianza (o el coeficiente de variación) del daño bruto. Se sabe, sin embargo, que cuando el valor esperado de la pérdida es nulo la dispersión también lo es. De igual forma, cuando el valor esperado de la pérdida es total, la dispersión es también nula. Para valores intermedios es difícil precisar, con bases empíricas, cuánto vale la varianza de la pérdida.

Para fijar la variación de la varianza de la pérdida se ha utilizado la expresión de la distribución de probabilidad asignada en el estudio clásico del ATC-13 (ATC-13, 1985) cuya varianza tiene la siguiente forma funcional:

$$\sigma_\beta^2(\beta|\gamma_i) = Q(E(\beta|\gamma_i))^{r-1} (1 - E(\beta|\gamma_i))^{s-1} \quad (15)$$

donde

$$Q = \frac{V_{max}}{D_0^{r-1}(1-D_0)^{s-1}} \quad (16)$$

$$s = \frac{r-1}{D_0} - r + 2 \quad (17)$$

V_{max} , D_0 y r son parámetros que dependen del tipo estructural. V_{max} es la varianza máxima, D_0 es el nivel de daño para el que ocurre esta varianza máxima y r ha sido tomado igual a tres.

Una vez determinados el valor esperado y la varianza de la pérdida queda completamente definida la distribución de probabilidades del daño bruto dado un valor de intensidad sísmica.

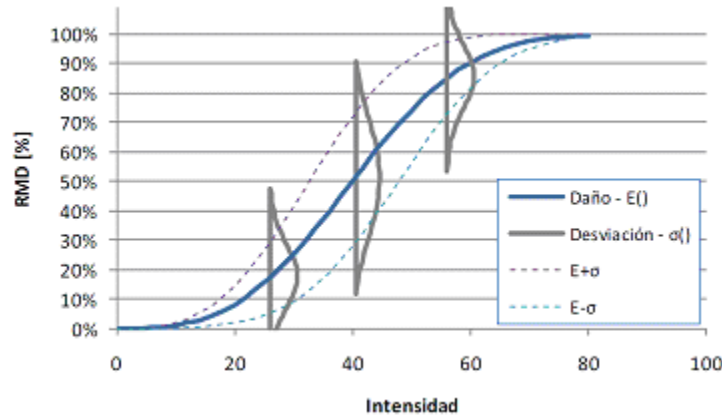


Figura 7 Desviación estándar típica del daño

3. Funciones genéricas de vulnerabilidad

Se considera que con las funciones de vulnerabilidad que se contemplan, se cubre el universo de infraestructura que abarca este proyecto. Para aquellas edificaciones que se consideran construidas a base de muros de mampostería, marcos de concreto o acero, como escuelas, guarderías, hospitales, hoteles, entre otros, la metodología empleada es aquella que se encuentra contenida en este documento.

Iglesias y edificios históricos

Debido a la cultura religiosa que ha predominado en México durante varios siglos, se han construido centenares de iglesias, las cuales generalmente albergan una gran cantidad de personas en los momentos de sus celebraciones. Es por esto que es importante conocer el comportamiento que éstas presentan durante la ocurrencia de un sismo, ya que por sus características estructurales y por el número de personas que las utilizan, una falla de la misma puede ocasionar grandes pérdidas, no solamente económicas, sino históricas, y peor aún, humanas.

En la literatura (Lagomarsino y Podestà, 2004) existen diferentes metodologías y filosofías para estimar el daño en este tipo de inmuebles, los cuales se pueden dividir en tipológicos, heurísticos o aquellos que están basado en la opinión de expertos. Para estudios a nivel regional, el uso de metodologías basadas en la tipología estructural es lo más común, entre ellas se encuentra aquella basada en una matriz de probabilidad de daños, la cual fue propuesta originalmente por el Grupo Nacional Italiano para la Defensa de los Sismos.

Matriz de probabilidad de daños

Esta metodología consiste en la subdivisión de edificios que pertenecen o presentan las mismas características estructurales o arquitectónicas. El daño se describe empleando una variable discreta que puede adquirir seis niveles de daño, y para cada tipología de construcción, dada la intensidad del sismo, el daño asignado o estimado se representa por un histograma de ocurrencia o por una distribución de probabilidades; generalmente, la función de probabilidades que se adopta es una binomial, la cual se define solamente por el grado medio de daño (μ_D), Ec. (18).

$$p_k = \frac{5!}{k!(5-k)!} \left(\frac{\mu_D}{5}\right)^k \left(1 - \frac{\mu_D}{5}\right)^{5-k} \quad (18)$$

donde p_k es la probabilidad de estar en el nivel de daño k ($k = 0,1,2,3,4,5$).

Para el caso de construcciones que no son iglesias, pero que emplean el mismo material de construcción (mampostería no confinada), el daño se divide solamente en tres niveles, con lo que la Ec. (18) se modifica quedando de la siguiente manera:

$$p_k = \frac{3!}{k!(3-k)!} d^k (1-d)^{3-k} \quad (19)$$

donde d es un parámetro que resulta del proceso estadístico de los datos colectados en Umbria (Lagomarsino y Podestà).

Es importante comentar que las curvas de vulnerabilidad que se emplean en este proyecto tienen sus bases en estas metodologías, pues son los resultados que se encuentran disponibles para definir el comportamiento sísmico de las iglesias.

Matriz de probabilidad de daños en macroelementos

Con base en lo anterior, se comenta que para estimar las curvas de vulnerabilidad se consideran los mecanismos de colapso más representativos de este tipo de inmuebles en cada una de las partes arquitectónicas que las componen (macroelementos). De esta manera, es posible definir una matriz de probabilidad de daños para cada uno de los mecanismos de daño que se consideren.

Posteriormente, es posible definir un nivel de daño global considerando el daño obtenido en cada macroelemento de manera individual, esto se hace a través de un promedio de los niveles de daño considerados ponderados por el puntaje obtenido. El puntaje de daño está definido por la siguiente ecuación:

$$i_d = \frac{1}{5N} \sum_{j=1}^N D_j \quad (20)$$

donde D_j es el daño del j -ésimo mecanismo que se presenta en la estructura, los cuales pueden llegar a $N = 18$. El objetivo del planteamiento anterior es obtener el valor esperado de daño del sistema estructural completo dada una intensidad sísmica.

Esta metodología también se ha empleado para estimar el nivel de daño en edificios ordinarios (Bernardini, 2000) y posteriormente para puentes (Gómez, 2006). Otra forma de emplear esta metodología es asociando los índices de vulnerabilidad a cada estructura, con lo anterior, es posible asociar una curva que permita correlacionar el daño esperado y la intensidad sísmica para cada valor del índice de vulnerabilidad.

Además de considerar la ocurrencia del daño en cada uno de los macroelementos, es importante verificar la correlación entre el daño presente estos y su tipología geométrica y constructiva. Esto es importante si la base de datos de daños con la que se cuente es considerablemente grande, sin embargo, algunos investigadores han llevado a cabo estos estudios donde relacionan diferentes características como el número de naves, las características de la planta central, las dimensiones de las iglesias, así como su edad, sin embargo, no han encontrado resultado que muestren una correlación definida de los parámetros anteriores.

Dentro de los mecanismos de falla que se están considerando en el inmueble se encuentran el desprendimiento de la fachada, la respuesta transversal de la(s) nave(s), como la vibración longitudinal de los muros junto con los arcos que sostienen el techo o las bóvedas.

Recordando una vez más que hasta el momento no existen datos suficientes para obtener una buena correlación entre el daño que se presenta en las iglesias y su tipología, en la Figura 8 se presenta una curva de vulnerabilidad que representa la pérdida esperada en las iglesias, la cual es independiente de la tipología de las mismas.

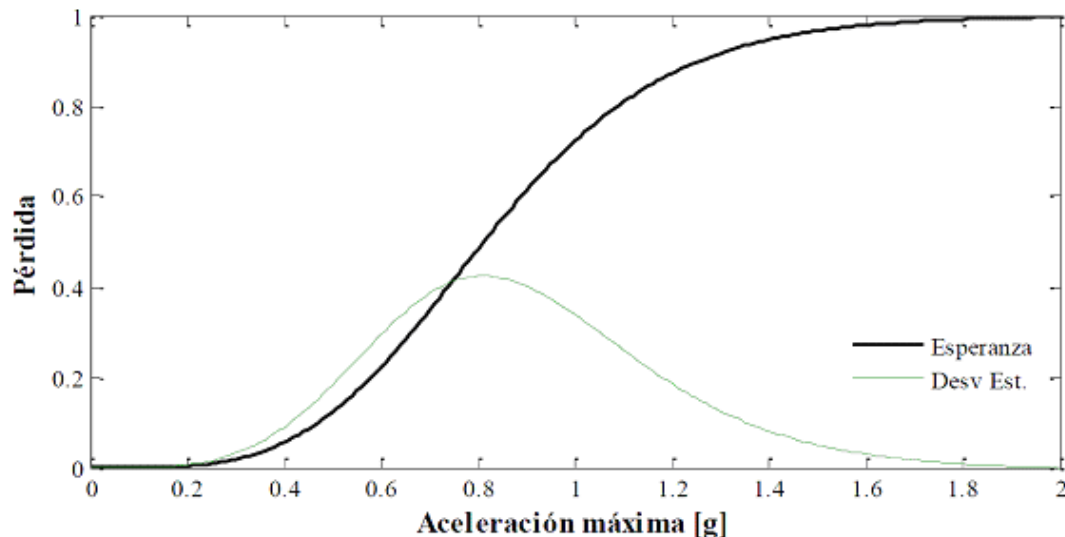


Figura 8 Curvas de vulnerabilidad de iglesias históricas

En muchos estados de la República, existen construcciones que datan de la época virreinal, los cuales fueron construidos con piezas de roca maciza sin algún tipo de confinamiento, a este tipo de mampostería se le define como mampostería histórica. Es importante conocer el daño que este tipo de construcciones pueden presentar durante un evento sísmico debido a su valor histórico, por lo que en este apartado se define el daño esperado asociado.

Lo anterior se hace tomando las suposiciones y metodologías empleadas para las iglesias, ya que éstas están construidas con el mismo material, sin embargo, los componentes de este tipo de edificios son diferentes, pues estos no presentan cúpulas o bóvedas, por mencionar algunas diferencias, por lo que hay que considerar como otro tipo de estructura a estas edificaciones.

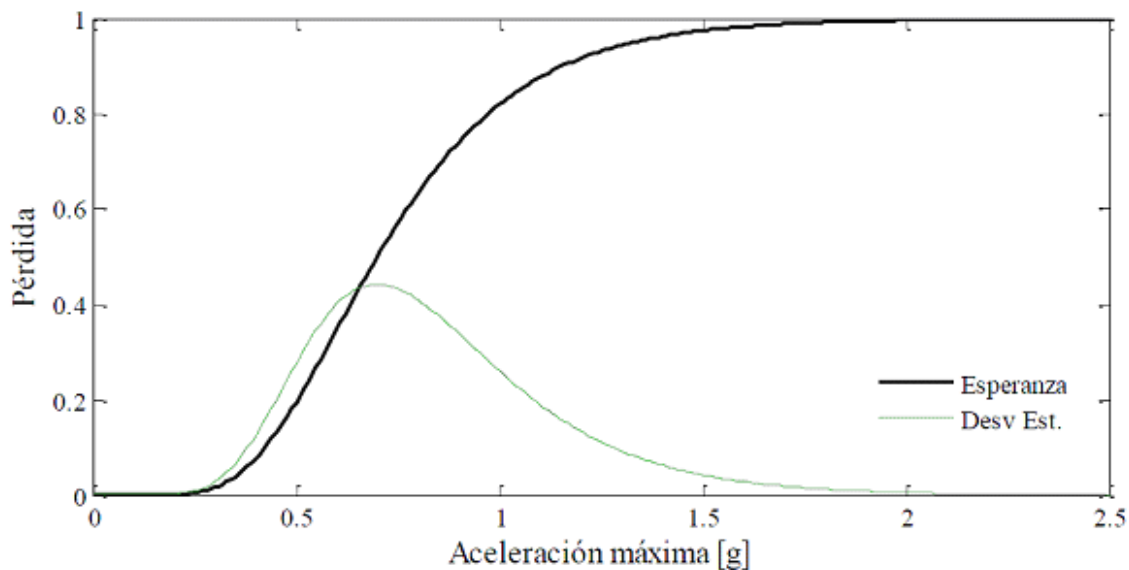


Figura 9 Curva de vulnerabilidad de edificaciones de mampostería histórica

Teatros y auditorios

Los teatros y auditorios se caracterizan por ser construcciones de grandes claros cuyas cubiertas, por lo general son ligeras y cuyos muros presentan una altura considerable. Debido a lo anterior, estos sistemas estructurales tienen un comportamiento característico y la importancia de estimar su daño dada la ocurrencia de un evento sísmico se debe a la cantidad de personas que pueden ser afectadas si éste llega a fallar.

Para esto, se hizo uso de la literatura como lo que establece el documento HAZUS-MH MR3 (FEMA, 2003) y el ATC-13, los cuales, a través de estudios estadísticos, experimentales y analíticos, presentan diferentes funciones de fragilidad para los diferentes niveles de daño que se consideran.

Las probabilidades de daño presentadas en el reporte ATC-13 (ATC, 1985) se desarrollaron para la evaluación de daño sísmico para estructuras en California; sin embargo, se considera que los parámetros pueden ser aplicados a instalaciones de México con algunas consideraciones.

En el ATC-13, las probabilidades de daño se expresan en términos de las matrices de probabilidad de daño, las cuales describen las probabilidades de las instalaciones a tener cierto estado de daño ante una intensidad sísmica. El ATC-13 utiliza la escala de Mercalli modificada (MMI) de VI a XII para representar intensidad sísmica. En la Figura 10 se presentan las curvas de fragilidad empleadas para estos sistemas estructurales.

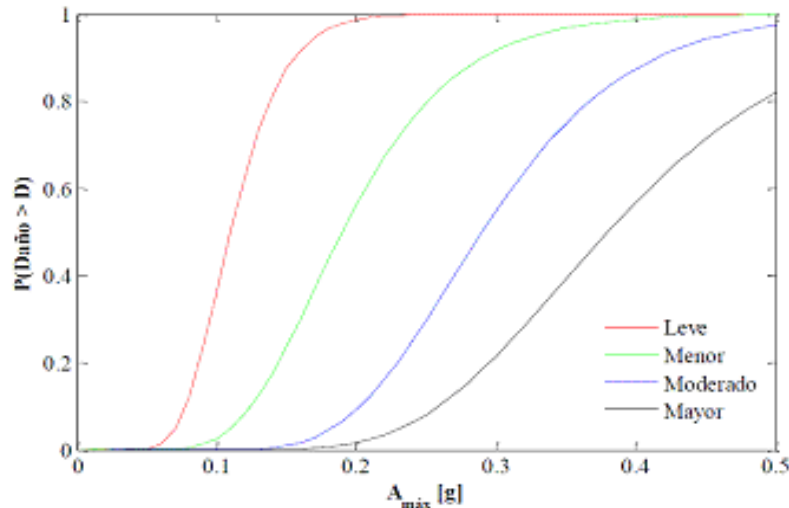


Figura 10 Curvas de vulnerabilidad teatros y auditorios

Las curvas de fragilidad no permiten calcular pérdidas, solamente estiman la probabilidad de alcanzar cierto estado de daño como función de la excitación, pero se desconoce el costo monetario (costo de reparación dividido por el costo de reemplazo). Estas funciones de fragilidad permiten calcular, a partir de matrices de probabilidad de daño, momentos estadísticos de la pérdida para valores de demanda conocidos.

Es por ello que a través de una matriz de probabilidad se pueden relacionar las probabilidades de estar o exceder un nivel de daño específico con la pérdida esperada asociada a una intensidad dada de una amenaza, en este caso, la amenaza sísmica.

Hasta el momento no existen datos suficientes para obtener una buena correlación entre el daño que se presenta en las teatros o auditorios con la tipología de los mismo, por esta razón, en la Figura 11 se presenta una curva de vulnerabilidad que representa la pérdida esperada en este tipo de estructuras, la cual es independiente de la tipología de las mismas.

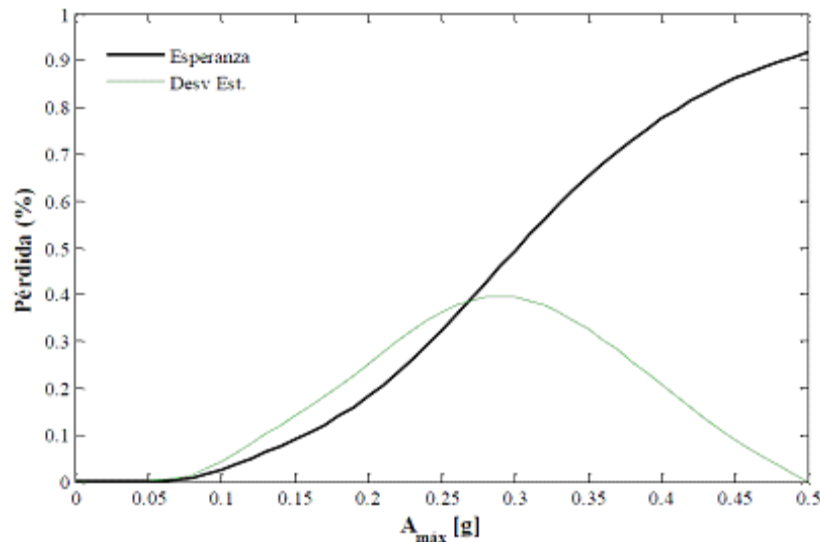


Figura 11 Curvas de vulnerabilidad de teatros y auditorios

4. Referencias

- Abrahamson N. A. and Silva W. J. (1997) "Empirical Response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes", *Seism. Res. Letters*, vol. 68, pag., 94-127.
- Alamilla, J., Esteva, L., García P. J. y Díaz L., O. (2001), "Simulating earthquake ground motion at a site, for given intensity and uncertain source location", *Journal of Seismology*, Vol. 5, No. 4, pp. 475-485.
- ASCE7-05, Minimum design loads for buildings and other structures, ASCE/SEI 7-05.
- ATC-13 (1985). "Earthquake damage evaluation for California", FEMA.
- Avilés J and Pérez-Rocha L E (2005a), Design concepts for yielding structures on flexible foundation, *Engineering Structures*, Vol. 27, 2005.
- Avilés J and Pérez-Rocha L E (2005b), Influence of foundation flexibility on R and C factors, *Journal of Structural Engineering*, ASCE, Vol. 131, No. 2, pp. 221-230, 2005.
- Bard, P.Y., A.M. Duval, B. Lebrun, C. Lachet, J. Riepl., and D. Hatzfeld (1997), "*Reliability of the H/V technique for site effects measurement and experimental assesment*", Seventh International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Istambul, July, 19-24.
- Bernardini, A. (ed.), (2000), The Vulnerability of Buildings: National Scale Evaluation of the Seismic Vulnerability of Ordinary Buildings (in Italian), CNR—Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Rome, 175 p.1CD-ROM
- Federal Emergency Managment Agency, (2003), "HAZUS-MH MR3, Multi-hazard Loss Estimation Methodology, Earthquake model" Washington, D.C.
- Gómez C., Barrera L. y Miranda D., (2006) "Metodología de estimación preliminar de la vulnerabilidad de puentes basada en procedimientos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Aplicación a puentes carreteros del Pacífico", *Memorias del XV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, Pto. Vallarta, Méx.
- Lagomarsino, S., y Podestà, S., (2004), "Seismic vulnerability of ancient churches: I: Damage assessment and emergency planning", *Earthquake Spectra*, Vol. 20, No. 2, pp. 377–394
- Lagomarsino, S., y Podestà, S., (2004), "Seismic vulnerability of ancient churches: II: Statistical analysis of surveyed data and methods for risk analysis", *Earthquake Spectra*, Vol. 20, No. 2, pp. 395–412

Capítulo 3: Modelación probabilista del riesgo sísmico

1. Introducción

El desarrollo de procesos naturales que constituyan una amenaza para la población y la infraestructura expuesta en una región determinada, está inevitablemente asociado con pérdidas económicas y de vidas humanas, siempre como función de la intensidad local que genera el evento amenazante, las condiciones de exposición y la vulnerabilidad de los elementos expuestos ante el evento. El crecimiento poblacional, la expansión de las ciudades y el desarrollo de proyectos de infraestructura han incrementado el número de activos expuestos en una región afectada por una gran diversidad de fenómenos naturales peligrosos.

Los devastadores impactos socioeconómicos sufridos durante las últimas décadas a raíz de desastres por fenómenos naturales, indican la alta vulnerabilidad que presentan las ciudades mexicanas, así como los niveles de protección financiera y social que se deben implementar para solventar el costo de las pérdidas económicas asociadas, no sólo referidas a las pérdidas directas, sino también a la disminución en la productividad de los sectores agrícola e industrial, la recesión en el ingreso tributario y la necesaria disposición de recursos para la atención de la emergencia.

A pesar de la considerable investigación que se ha desarrollado a nivel internacional con relación al impacto de los desastres en el desarrollo, la incorporación formalmente del riesgo de desastre en los procesos de planificación ha sido hasta ahora muy tímida. Aunque en nuestro país, como en la mayoría de los países en desarrollo, se incluyen en su presupuesto algunas partidas, principalmente para la preparación y atención de emergencias, y en algunos casos se hacen esfuerzos para orientar recursos hacia actividades de planificación referidas a la mitigación del riesgo, aún no se contabilizan las pérdidas probables por sucesos naturales como un componente permanente de su proceso presupuestario. Ahora bien, si no se contabilizan las pérdidas contingentes potenciales se carece de la información necesaria para considerar y evaluar alternativas para reducir o financiar dichas pérdidas. Como consecuencia, las políticas encaminadas hacia la reducción del riesgo no reciben realmente la atención que requieren.

El hecho de no contar con modelos o indicadores adecuados que permitan cuantificar de alguna manera el riesgo trae consigo implicaciones importantes: la más obvia es que al no valorar la exposición contingente ante las amenazas naturales se limita la capacidad del país para evaluar qué tan deseables son las herramientas de planeamiento para hacer frente al riesgo. Estas herramientas requieren que el riesgo esté razonablemente cuantificado como condición previa a su empleo. Si bien es posible adoptar decisiones de política con cierto tipo de aproximaciones o sin estimaciones probabilistas, el hecho de no cuantificar el riesgo cuando es posible hacerlo limita el proceso de toma de decisiones desde la perspectiva de la planificación física, la reducción y la financiación del riesgo.

2. Análisis probabilista del riesgo

El análisis probabilista del riesgo tiene como objetivo fundamental determinar las distribuciones de probabilidad de las pérdidas que pueden sufrir los activos expuestos, como consecuencia de la ocurrencia de amenazas naturales, integrando de manera racional las incertidumbres que existen en las diferentes partes del proceso. La pregunta que el análisis probabilista de riesgos debe contestar es: dado que se tiene un conjunto de activos expuestos a los efectos de una o varias amenazas naturales, ¿con qué frecuencia se presentarán pérdidas que superen un valor dado?

Puesto que la frecuencia de los eventos catastróficos es particularmente baja, queda descartada la posibilidad de contestar la pregunta anterior formulando modelos puramente empíricos del proceso de ocurrencia de estos eventos. Esto obliga a la construcción de modelos probabilistas como el que aquí se describe en este trabajo. El procedimiento de cálculo probabilista consiste entonces, en forma resumida, en evaluar las pérdidas en el grupo de activos expuestos durante cada uno de los escenarios que colectivamente describen la amenaza, y luego integrar probabilísticamente los resultados obtenidos utilizando como factores de peso las frecuencias de ocurrencia de cada escenario.

El análisis probabilista del riesgo involucra incertidumbres que no pueden despreciarse y deben propagarse a lo largo del proceso de cálculo. El presente numeral describe las bases generales de cálculo para alcanzar el objetivo planteado.

Procedimiento para el análisis del riesgo

La evaluación de riesgo requiere de tres pasos de análisis, que se describen a continuación:

1. *Evaluación de la amenaza:* se define un conjunto de eventos, con sus respectivas frecuencias de ocurrencia, que representan de manera integral la amenaza. Cada escenario contiene la distribución espacial de parámetros que permiten construir la distribución de probabilidad de las intensidades producidas por su ocurrencia.
2. *Definición del inventario de elementos expuestos:* debe definirse el inventario de elementos expuestos, el cual debe especificar la localización geográfica del bien expuesto más los siguientes parámetros, que califican el elemento:
 - o Valor físico o costo de reposición del bien
 - o Valor humano o número de ocupantes estimado
 - o Clase estructural a la que pertenece el bien
3. *Vulnerabilidad de las construcciones:* debe asignarse a cada una de las clases estructurales una función de vulnerabilidad sísmica. Esta función caracteriza el comportamiento de la construcción durante la ocurrencia de sismos de cualquier tamaño. Las funciones de vulnerabilidad definen la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida. Se definen mediante curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno.

Ecuación fundamental

Considerando el objetivo básico del análisis probabilista del riesgo expuesto anteriormente, es necesario plantear entonces la metodología específica de cálculo de las frecuencias de ocurrencia de niveles específicos de pérdidas asociados a los activos expuestos en lapsos determinados.

El riesgo por amenazas naturales es comúnmente descrito mediante la llamada *curva de excedencia de pérdidas* (*loss curve*) que especifica las frecuencias, usualmente anuales, con que ocurrirán eventos en que se exceda un valor especificado de pérdidas. Esta frecuencia anual de excedencia se conoce también como tasa de excedencia, y puede calcularse mediante la siguiente ecuación, que es una de las múltiples formas que adopta el teorema de la probabilidad total:

$$v(p) = \sum_{i=1}^{Eventos} \Pr(P > p | Evento i) F_A(Evento i) \quad (1)$$

En la ecuación anterior $v(p)$ es la tasa de excedencia de la pérdida p y $F_A(\text{Evento } i)$ es la frecuencia anual de ocurrencia del evento i , mientras que $\Pr(P > p | \text{Evento } i)$ es la probabilidad de que la pérdida sea superior a p , dado que ocurrió el i -ésimo evento. La suma en la ecuación anterior se hace para todos los eventos potencialmente dañinos. El inverso de $v(p)$ es el periodo de retorno de la pérdida p , identificado como Tr .

Como se verá más adelante, la curva de pérdidas contiene toda la información necesaria para describir en términos de probabilidad el proceso de ocurrencia de eventos que produzcan pérdidas.

La pérdida P a que se refiere la ecuación 1 es la suma de las pérdidas que acontecen en todos los bienes expuestos. Conviene hacer notar lo siguiente:

- La pérdida P es una cantidad incierta, cuyo valor, dada la ocurrencia de un evento, no puede conocerse con precisión. Debe, por tanto, ser vista y tratada como una variable aleatoria y deben preverse mecanismos para conocer su distribución de probabilidad, condicionada a la ocurrencia de cierto evento.
- La pérdida P se calcula como la suma de las pérdidas que se presentan en cada uno de los bienes expuestos. Cada uno de los sumandos es una variable aleatoria y entre ellos existe cierto nivel de correlación, que debe ser incluido en el análisis.

En vista de la Ecuación 1, la secuencia de cálculo probabilista de riesgo es la siguiente:

1. Para un escenario, determinar la distribución de probabilidades de la pérdida en cada uno de los bienes expuestos.
2. A partir de las distribuciones de probabilidad de las pérdidas en cada bien, determinar la distribución de probabilidad de la suma de estas pérdidas, tomando en cuenta la correlación que existe entre ellas.
3. Un vez determinada la distribución de probabilidad de la suma de las pérdidas en este evento, calcular la probabilidad de que esta exceda un valor determinado, P .
4. La probabilidad determinada en el inciso anterior, multiplicada por la frecuencia anual de ocurrencia del evento, es la contribución de este evento a la tasa de excedencia de la pérdida P .

El cálculo se repite para todos los eventos, con lo que se obtiene el resultado indicado por la Ecuación 1.

Temporalidad de las amenazas

Algunos de los fenómenos naturales producen pérdidas por varios conceptos, que ocurren de manera simultánea. Por ejemplo, el paso de un huracán genera tanto un campo de vientos fuertes como inundaciones por aumento en los niveles de la marea y por las lluvias intensas asociadas; los daños por viento y por inundación, entonces, ocurren al mismo tiempo, y no pueden considerarse eventos independientes. Este es un caso en que tres amenazas diferentes (viento, inundación por marea de tormenta e inundación por exceso de lluvia) ocurren simultáneamente, asociadas a la misma *temporalidad*. Los sismos, entendidos como el movimiento mismo del suelo debido al paso de ondas sísmicas, el tsunami y los deslizamientos de tierra que pueden inducirse por el movimiento ocurrirían en la misma temporalidad.

La evaluación de pérdidas durante un escenario se realiza entonces considerando que las amenazas que pertenecen a una misma temporalidad ocurren de manera simultánea. No existe una manera sencilla y libre de ambigüedades para evaluar las pérdidas en estas condiciones (varias amenazas ocurriendo simultáneamente). Para los fines de este proyecto se ha propuesto la siguiente expresión para evaluar la pérdida en cada uno de los bienes expuestos, que corresponde a un modelo de daño en cascada, en el cual el orden de exposición a las diferentes intensidades es irrelevante:

$$P_i = \prod_{j=1}^M (1 - P_{ij}) \quad (2)$$

en donde P_i es la pérdida asociada al escenario i , P_{ij} es la pérdida asociada al escenario i por concepto de la amenaza j , y M es el número de amenazas simultáneas consideradas en la temporalidad a la que pertenece el escenario i

Conviene recordar que P_{ij} son variables aleatorias y, por tanto, P_i también lo es. Sin embargo, si las distribuciones de probabilidad de las P_{ij} son conocidas, y se hacen suposiciones razonables sobre su nivel de correlación (que están perfectamente correlacionadas, por ejemplo) los momentos de la distribución de probabilidad de P_i pueden determinarse a partir de la Ecuación 2.

Incertidumbres

Como se observa en la Ecuación 1, la pérdida que se presenta en un grupo de bienes expuestos durante un escenario es una cantidad incierta que debe ser tratada como variable aleatoria.

Es impráctico determinar de manera directa la distribución de probabilidad de la pérdida en un bien expuesto condicionada a la ocurrencia de un escenario, por ejemplo, es impráctico determinar la distribución de probabilidad de la pérdida en un edificio dado que en un sitio localizado a 100 km ocurrió un sismo. Por razones metodológicas, la probabilidad de excedencia de la pérdida p , dado que ocurrió un evento, suele expresarse de la siguiente manera:

$$\Pr(P > p | \text{Evento } i) = \int_I \Pr(P > p | I) f(I | \text{Evento}) dI \quad (3)$$

El primer término del integrando, $\Pr(P > p | I)$, es la probabilidad de que la pérdida exceda el valor p dado que la intensidad local fue I ; este término, por tanto, toma en cuenta la incertidumbre que hay en las relaciones de vulnerabilidad. Por otro lado, el término $f(I | \text{Evento})$ es la densidad de probabilidades de la intensidad, condicionada a la ocurrencia del evento; este término toma en cuenta el hecho de que, dado que ocurrió un evento, la intensidad en el sitio de interés es incierta.

Estimadores puntuales del riesgo

La curva calculada aplicando la Ecuación 1 tiene toda la información necesaria para caracterizar el proceso de ocurrencia de eventos que produzcan pérdidas. Sin embargo, en ocasiones es impráctico utilizar una curva completa, por lo que conviene utilizar estimadores puntuales del riesgo que permitan expresarlo con un solo número. Se presentan a continuación los dos estimadores puntuales más comúnmente utilizados.

- (a) *Pérdida anual esperada* (P_{AE}): se trata del valor esperado de la pérdida anual. Indica, por ejemplo, que si el proceso de ocurrencia de eventos dañinos fuera estacionario de aquí a la eternidad, los daños totales serían iguales a haber pagado la P_{AE} anualmente. Por tanto, en un sistema simple de seguro, la pérdida anual esperada sería la prima pura anual. La P_{AE} puede obtenerse por integración de $v(p)$ o mediante la siguiente expresión:

$$P_{AE} = \sum_{i=1}^{Eventos} E(P | \text{Evento } i) F_A(\text{Evento } i) \quad (4)$$

- (b) *Pérdida máxima probable* (PML del inglés *Probable Maximum Loss*): se trata de una pérdida que ocurre poco frecuentemente, es decir, que está asociada a un periodo de retorno largo (o, alternativamente, a una tasa de excedencia muy baja). No existen estándares universalmente aceptados para definir qué quiere decir "poco frecuentemente". De hecho, la elección del periodo de retorno depende de la aversión al riesgo de quien la está tomando. En la industria aseguradora, por ejemplo, los periodos de retorno utilizados para definir la PML varían entre 200 y 1500 años.

Probabilidad de excedencia de valores de pérdida

La curva de pérdidas, $v(p)$, calculada con la Ecuación 1, indica con qué frecuencia ocurrirán eventos que producirán pérdidas iguales o superiores a una dada, p . Si suponemos que el proceso de ocurrencia de eventos en el tiempo obedece a un proceso de Poisson, entonces es posible calcular la probabilidad de que la pérdida p sea excedida en un lapso T , es decir, en los próximos T años, con la siguiente expresión:

$$Pe(p, T) = 1 - e^{-v(p)T} \quad (5)$$

donde $Pe(p, T)$ es la probabilidad de que la pérdida p sea excedida en los próximos T años.

Análisis para un solo escenario

El análisis probabilista de riesgo se realiza normalmente para el conjunto completo de escenarios. Sin embargo, si así se desea, el análisis puede realizarse para un solo escenario (uno solo de los sumandos en la ecuación 1). Si se hace que la frecuencia anual de ocurrencia de este escenario sea 1, la aplicación de la Ecuación 1 nos conduciría a las probabilidades de excedencia (ya no frecuencias anuales de excedencia) de valores de pérdida p , dado que el escenario en cuestión ocurrió.

Este caso tiene aplicaciones importantes en el campo de la planeación territorial, ya que sus resultados, mapeados por ejemplo en términos del valor esperado de la pérdida, son fácilmente incorporables en los planes de ordenamiento territorial.

Capítulo 4: Determinación de la prima de riesgo y la pérdida máxima probable.

1. Entorno sísmico

En este apartado se describen las variables que definen el entorno sísmico de México y la manera de modelar su interacción.

1.1 Tectónica de México y las principales familias de sismos

Los grandes temblores en México ($M_s \geq 7.0$) a lo largo de la costa del Pacífico, son causados por la subducción de las placas oceánicas de Cocos y de Rivera bajo la placa de Norteamérica y por ello son conocidos como sismos de subducción. La placa de Rivera, que es relativamente pequeña, se desplaza bajo el estado de Jalisco con velocidad relativa de 2.5 cm/año frente a la costa de Manzanillo. Algunos trabajos recientes sugieren que esta velocidad podría alcanzar 5 cm/año (Kostoglodov y Bandy, 1994). La frontera entre las placas de Rivera y de Norteamérica es algo incierta, pero se estima que intersecta la costa de México cerca de Manzanillo (19.1°N, 104.3°W). Por otra parte, la velocidad relativa de la placa de Cocos con respecto al continente varía desde unos 5 cm/año cerca de Manzanillo hasta 7 cm/año en Chiapas. El terremoto de Jalisco del 3 de junio de 1932 ($M_s 8.2$) que ocurrió sobre la interfaz de la placa de Rivera y la de Norteamérica (Singh et al, 1985a), muestra que una placa pequeña, joven y con una velocidad relativamente baja de subducción es capaz de generar grandes temblores. Este terremoto es el más grande que ha ocurrido en México en el presente siglo. En la Figura 1 se muestran las zonas en donde se generan estos sismos.



Figura 1: Zonas generadoras de sismos de subducción

Los grandes temblores también ocurren en el continente con profundidades de unos 60 Km. En este caso los temblores presentan un mecanismo de fallamiento normal que refleja el rompimiento de la litosfera oceánica subducida (Singh et al, 1985b). Si bien este tipo de eventos es poco frecuente, se sabe que pueden causar grandes daños. Algunos ejemplos de este tipo de sismos son el de Oaxaca del 15 de enero de 1931 ($M_s 7.8$), el de Orizaba del 23 de agosto de 1973 ($M_s 7.3$) y el de Huajuapán de León del 24 de octubre de 1980 ($m_B 7.0$). En la Figura 2 se muestran las zonas consideradas para la ocurrencia de este tipo de sismos.



Figura 2: Zonas generadoras de sismos profundos

Aún menos frecuentes son los temblores que ocurren dentro de la placa continental ($M_s \leq 7$). Dependiendo de su ubicación, tales eventos pueden generar daños considerables en diversos asentamientos humanos. Dos ejemplos son: el temblor de Jalapa del 3 de enero de 1920 ($M_s 6.4$) y el de Acambay del 19 de noviembre de 1912 ($M_s 7.0$). En la Figura 3 se indican las zonas en donde ocurre este tipo de sismos.

Existe también lo que podría llamarse sismicidad de fondo, consistente en temblores con $M \leq 5.5$, cuyo origen no puede asociarse a ninguna estructura geológica en particular. La ocurrencia de estos eventos también se considera, y las zonas donde se generan se muestran en la misma Figura 3.

En México, el Eje Neovolcánico no es paralelo a la trinchera. Esto es algo anormal en comparación con otras zonas de subducción en el mundo y es muy probable que se deba a la morfología de la placa de Cocos. Gracias a los esfuerzos de varios investigadores ha habido un avance significativo en el conocimiento de la morfología de la placa subducida bajo el continente (Singh et al., 1985b; Suárez et al., 1990; Ponce et al., 1992; Singh y Pardo, 1993; Pardo y Suárez, 1993, 1994). Los resultados indican una subducción con un ángulo de $\approx 45^\circ$ en Jalisco, casi horizontal en Guerrero, con un ángulo de $\approx 12^\circ$ en Oaxaca y de $\approx 45^\circ$ en Chiapas. El contorno de los 80 a 120 Km de profundidad de la zona de Benioff aproximadamente coincide con la línea de los volcanes. Existe una evidencia, aunque no definitiva, de que la placa continental entre la costa grande de Guerrero y el Valle de México está en un estado de esfuerzo tensional, contrariamente a lo esperado (Singh y Pardo, 1993).

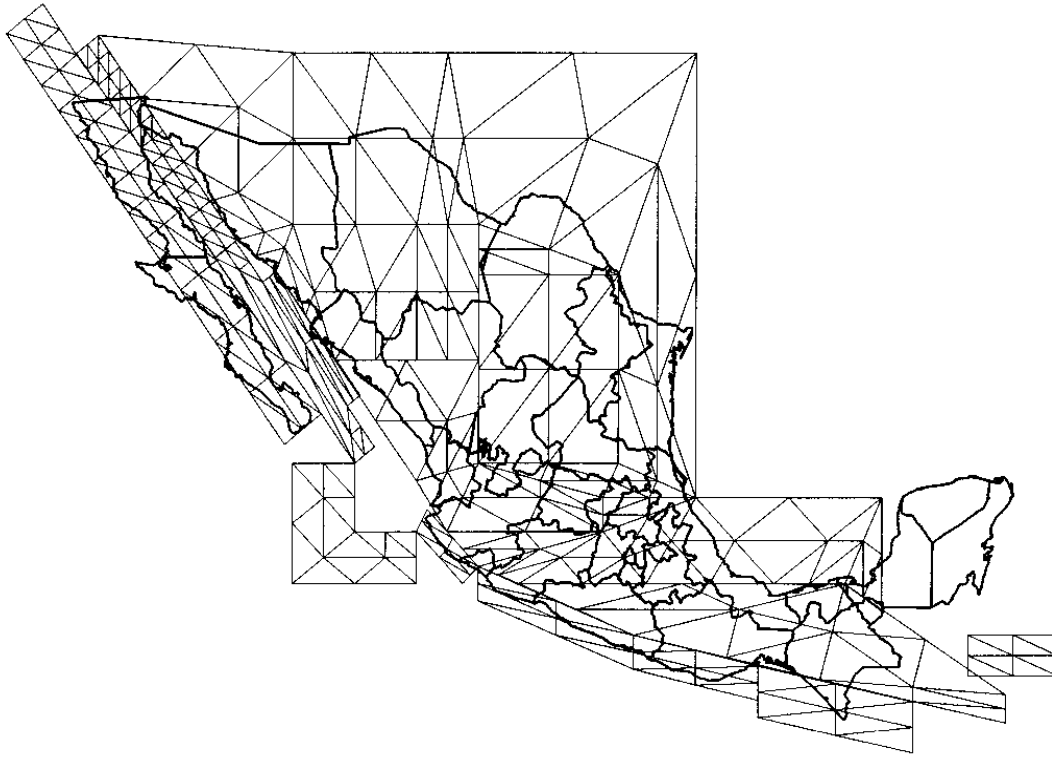


Figura 3: Zonas generadoras de sismos superficiales

1.2 Modelos de la sismicidad local

La República Mexicana se dividirá en fuentes generadoras de sismos. Estas fuentes estarán dictadas por la tectónica del país y por la historia instrumental de sismos registrados en el pasado (Zúñiga, 1993). Cada una de estas fuentes generará temblores a una tasa constante por unidad de área.

La actividad de la i -ésima fuente sísmica se especifica en términos de la tasa de excedencia de las magnitudes, $\lambda_i(M)$, que ahí se generan. La tasa de excedencia de magnitudes mide qué tan frecuentemente se generan en una fuente temblores con magnitud superior a una dada, y se define como el número medio de veces en que, por unidad de tiempo, ocurre en la fuente un temblor con magnitud superior a la especificada.

Para la mayor parte de las fuentes sísmicas, la función $\lambda_i(M)$ será una versión modificada de la relación de Gutenberg y Richter. En estos casos, la tasa de excedencia de magnitudes queda descrita de la siguiente manera:

$$\lambda_i(M) = \lambda_{0i} \frac{e^{-\beta_i M} - e^{-\beta_i M_{ui}}}{e^{-\beta_i M_0} - e^{-\beta_i M_{ui}}} \quad (1.1)$$

donde M_0 es la mínima magnitud relevante y λ_{0i} , β_i , y M_{ui} son parámetros que definen la tasa de excedencia de cada una de las fuentes sísmicas. Estos parámetros, diferentes para cada fuente, se estimarán por procedimientos estadísticos bayesianos (Rosenblueth y Ordaz, 1989; Ordaz y Arboleda, 1995), y se incluirá información sobre regiones tectónicamente similares a las de nuestro país, más información experta, especialmente sobre el valor de M_{ui} , la máxima magnitud que puede generarse en cada fuente.

Aunque la forma funcional para $\lambda_i(M)$ dada en la ecuación (1.1) se utilizará para la mayor parte de las fuentes sísmicas, se ha observado que la distribución de magnitudes de los grandes temblores de subducción ($M_s > 7$) se aparta sensiblemente de la predicha por la relación de Gutenberg y Richter, dando origen al llamado *temblor característico* (Singh et al, 1981). Por lo anterior, para los grandes temblores de subducción, $\lambda_i(M)$ se definirá de la siguiente manera:

$$\lambda_i(M) = \begin{cases} \lambda_{0i} \left[1 - \Phi \left(\frac{M - EM_i}{\sigma_{M_i}} \right) \right] & \text{si } M_{0i} \leq M \leq M_{ui} \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (1.2)$$

donde λ_{0i} , M_{0i} , M_{ui} , EM_i y σ_{M_i} son parámetros que se deben obtener estadísticamente para la zona mexicana de subducción, y Φ es la función de distribución normal estándar.

Al definir los parámetros señalados en este inciso quedará completamente definida la sismicidad local de las fuentes de interés para nuestro país.

1.3 Atenuación de las ondas sísmicas

Una vez determinada la tasa de actividad de cada una de las fuentes sísmicas, es necesario evaluar los efectos que, en términos de intensidad sísmica, produce cada una de ellas en un sitio de interés. Para ello se requiere saber qué intensidad se presentaría en el sitio en cuestión, hasta ahora supuesto en terreno firme, si en la *i-ésima* fuente ocurriera un temblor con magnitud dada. A las expresiones que relacionan magnitud, posición relativa fuente-sitio e intensidad se les conoce como *leyes de atenuación*. Usualmente, la posición relativa fuente-sitio se especifica mediante la distancia focal, es decir, la distancia entre el foco sísmico y el sitio.

Como se verá más adelante, se considera que las intensidades sísmicas relevantes son las ordenadas del espectro de respuesta S_a (pseudoaceleraciones, 5% del amortiguamiento crítico), cantidades que son aproximadamente proporcionales a las fuerzas laterales de inercia que se generan en las estructuras durante sismos y que dependen de una propiedad dinámica de la estructura, sobre la que se hablará más adelante: el periodo natural de vibrar.

Dadas la magnitud y la distancia epicentral, la intensidad sísmica no está exenta de incertidumbre por lo que no puede considerarse determinista. Se supondrá que, dadas la magnitud y la distancia focal, la intensidad S_a es una variable aleatoria distribuida lognormalmente con mediana dada por la ley de atenuación y desviación típica del logaritmo natural igual a $\sigma_{\ln S_a}$.

Para efectos de las presentes bases técnicas se deberán utilizar leyes de atenuación diferentes dependiendo de las trayectorias que recorren las ondas en su camino de la fuente al sitio. Se utilizarán leyes de atenuación espectrales que tomen en cuenta el hecho de que la atenuación es diferente para ondas de diferentes frecuencias, por lo que se tienen parámetros de atenuación diferentes para cada periodo de vibración considerado. Las leyes de atenuación que se utilicen deberán contar con adecuada confirmación empírica, y deberá demostrarse que son adecuadas para su aplicación en el territorio nacional. En virtud de su gran importancia desde el punto de vista de la exposición al riesgo sísmico, se utilizarán leyes de atenuación especiales para el terreno firme de la Ciudad de México.

1.4 Efectos de la geología local

El efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas ha sido reconocido desde hace mucho tiempo como crucial en la estimación del peligro sísmico. Esto es particularmente importante en la Ciudad de México, Acapulco y Oaxaca, donde las amplificaciones por geología local son notables y se cuenta con suficiente información para tomarlas en cuenta. Por ello, se dedicará especial atención al modelado de la amplificación por efectos de sitio en estas ciudades.

1.4.1 Efectos de sitio en la Ciudad de México

La Ciudad de México cuenta con alrededor de 100 sitios dotados de instrumentos de registro de movimiento fuerte o *acelerómetros*. Para caracterizar la respuesta en sitios instrumentados de la Ciudad de México se utilizarán cocientes de espectros de respuesta promedio (CER), los cuales se interpretan como funciones de transferencia entre cada sitio instrumentado y el sitio de referencia. Los cocientes espectrales se pueden calcular analizando registros obtenidos por la Red Acelerográfica de la Ciudad de México (RACM) durante sismos previos. Aunque estos cocientes no tienen un significado físico, se han utilizado con éxito para reproducir los espectros de respuesta de sitios en zona de lago a partir de espectros de respuesta en sitios en terreno firme. En la Figura 4 se muestran, a manera de ejemplo, los CER para tres sitios (Central de Abastos, cd, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, sc, y Viveros de Coyoacán, vi) obtenidos durante dos sismos: el 19 de septiembre de 1985, con línea continua, y el 25 de abril de 1989, con línea punteada. Los sismos utilizados para los cocientes abarcan muchas magnitudes y distancias focales, lo que permite tomar en cuenta directamente los efectos en la amplificación del movimiento debidos a estos factores.

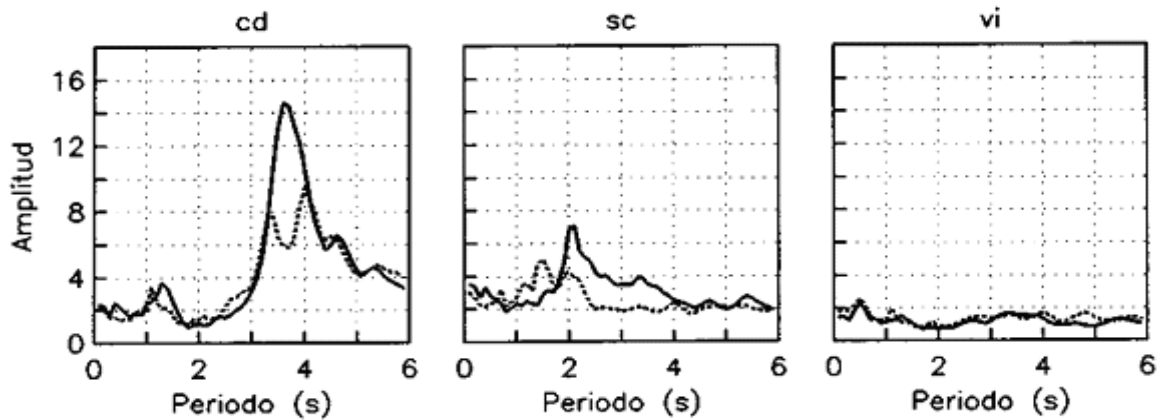


Figura 4: Cocientes de espectros de respuesta para tres sitios de la zona de lago de la Ciudad de México durante dos sismos: el del 19 de septiembre de 1985 (línea continua) y el del 25 de abril de 1989 (línea punteada)

Los cocientes sólo pueden estimarse para los sitios de suelo blando instrumentados en que se hayan obtenido registros sísmicos. Sin embargo, se necesita un CER en cada sitio para el que se requiera estimar las pérdidas; estos puntos, en general, no coinciden con los sitios instrumentados. Para obtener los cocientes en cualquier sitio de la ciudad será necesario desarrollar un procedimiento de interpolación con las siguientes bases: primero, las abscisas de la FTE (periodos) en puntos instrumentados se normalizan con respecto al periodo dominante del sitio. La información acerca de los periodos dominantes es obtenida usando técnicas de microtemblores, sondeos geotécnicos y registros de movimientos fuertes (Reinoso y Lermo, 1991). En la Figura 5 se muestra un mapa de la ciudad con curvas de igual periodo. Posteriormente las FTE normalizadas se utilizan en una interpolación bidimensional para obtener las FTE normalizadas en sitios arbitrarios. Finalmente, las FTE interpoladas se renormalizan con respecto al periodo dominante apropiado. Esta interpolación supondrá variaciones suaves en la velocidad promedio de las ondas S (v_s , o, alternativamente, profundidad de la capa dura), y será exacta para la respuesta unidimensional de un estrato. Sin embargo, los efectos bi o tridimensionales quedarán incluidos en vista de que las FTE se obtuvieron de registros reales.

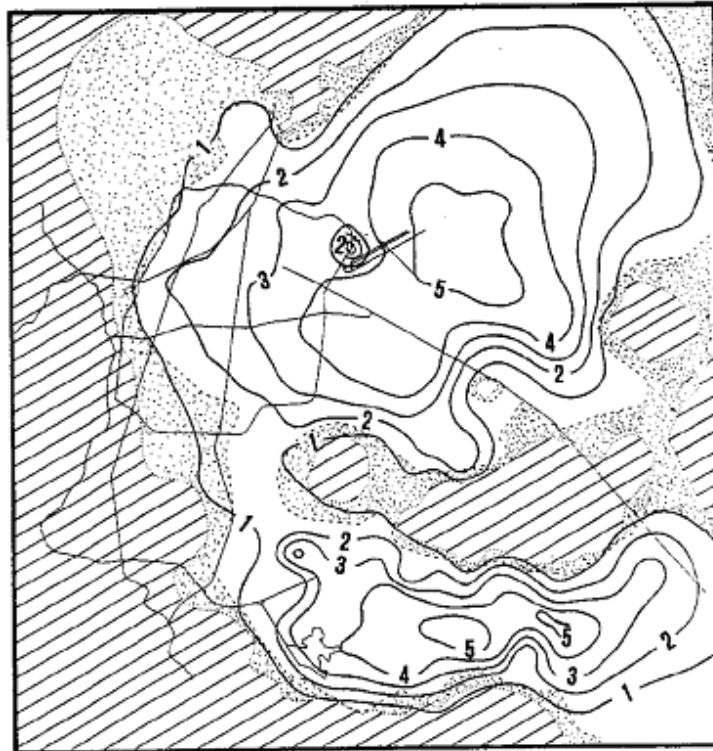


Figura 5. Mapa de la Ciudad de México con curvas de igual periodo obtenidas con datos de sismos, de microtemblores y de propiedades del suelo.

1.4.2 Efectos de sitio en Acapulco

De acuerdo con el origen geológico de los suelos, la ciudad de Acapulco se encuentra dividida en las zonas que se muestran en la figura 6.

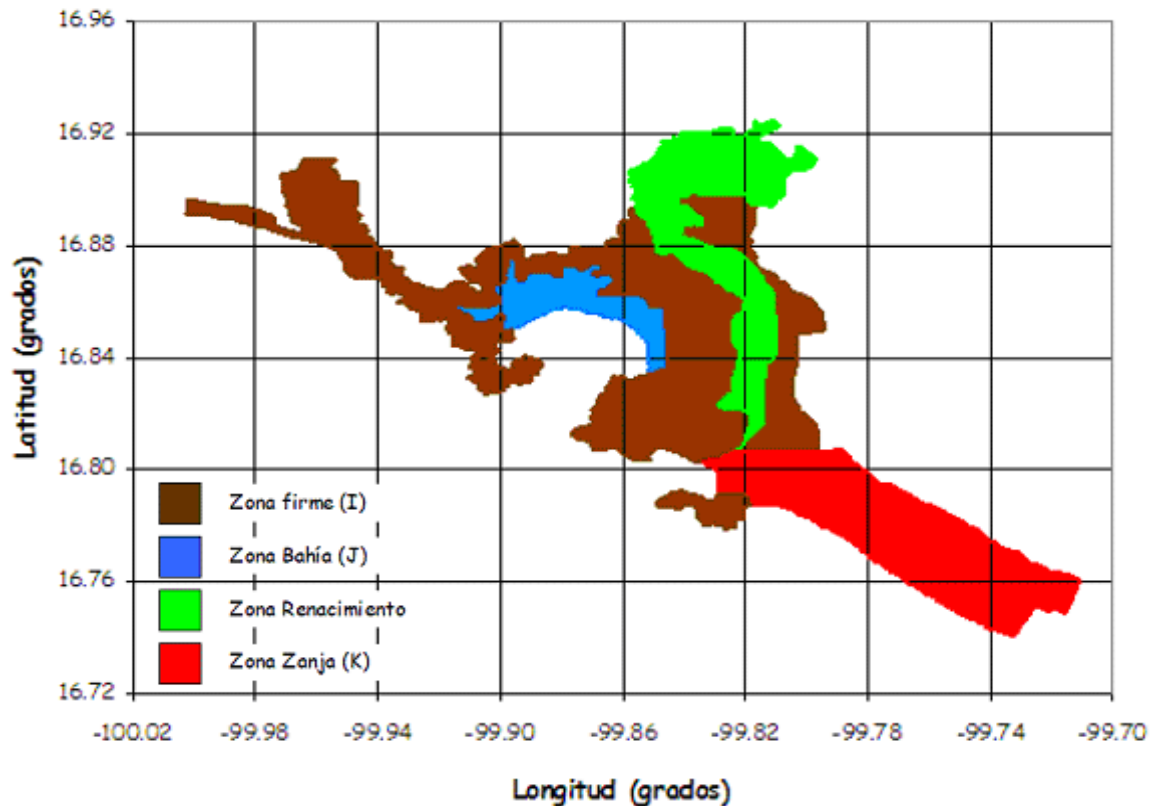


Figura 6. Zonas geológicas de Acapulco, Gro.

La evidencia sismológica indica que la amplificación de las ondas sísmicas por efectos de la geología local es esencialmente diferente en cada una de las cuatro zonas, lo cual será considerado en la estimación de los efectos de sitio en Acapulco.

Para esta estimación se recurrirá a métodos empíricos, es decir, métodos que hacen uso de la información de movimientos fuertes registrados en la ciudad, cuyo resultado son los cocientes espectrales de respuesta (CER).

Para sitios no instrumentados se recurrirá a técnicas adecuadas de interpolación, como las que se señalaron en el inciso anterior.

Se tomarán en cuenta los efectos de no-linealidad del suelo que se presentan para eventos de alta intensidad.

1.4.3 Efectos de sitio en Oaxaca

Para la estimación de los efectos de sitio en Oaxaca se utilizó la información disponible por varios autores quienes realizaron una recopilación muy completa de geología, vibración ambiental, geotecnia y análisis de estaciones acelerográficas. Con base en esta información fue posible determinar un mapa de periodos de sitio.

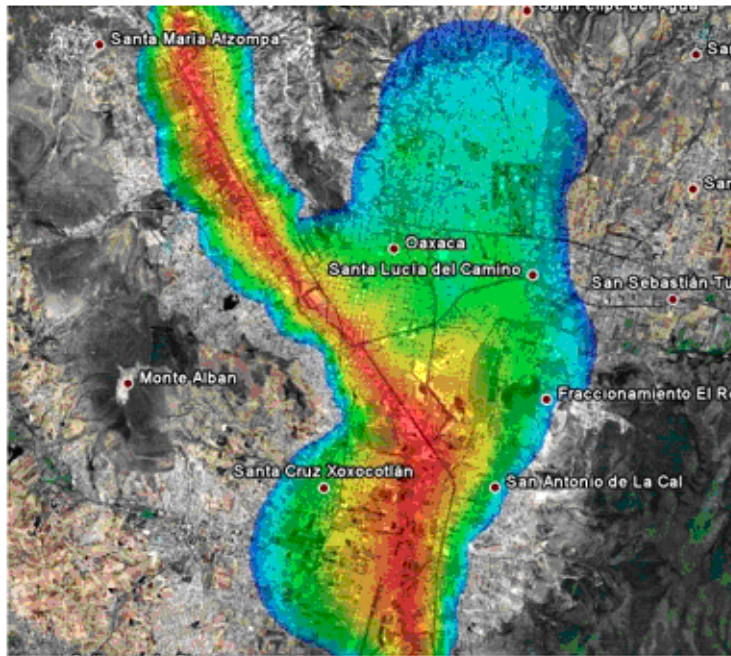


Figura 7. Mapa de periodos del suelo de la ciudad de Oaxaca.

Las amplificaciones fueron determinadas tomando en cuenta los modelos unidimensionales del suelo a partir de 11 estudios de mecánica de suelos y con los cocientes espectrales de las estaciones. Al igual que en el estudio de Acapulco se usaron suposiciones de la estratigrafía del suelo para obtener funciones de amplificación en sitios diferentes a donde se localizan las estaciones y los sondeos de geología. En la Figura 7 se muestran algunas funciones de amplificación obtenidas en varios sitios de Oaxaca.

1.4.4 Efectos de sitio en otras localidades

Para otros sitios de la República Mexicana en que las condiciones del suelo no han sido estudiadas detalladamente, se estimará la amplificación a partir de funciones de transferencia promedio obtenidas de movimientos sísmicos registrados en roca, suelos firmes y suelos blandos en diferentes partes del mundo. Para este propósito se tomarán en cuenta los estudios hechos por Miranda (1991 y 1993a). La función de transferencia de roca a suelo firme estará dada por

$$FT(T) = \frac{(1+23T^{1.8})(1+35T^{2.94})}{(1+22T^{3.35})(1+25T^{1.5})} \quad (1.3)$$

y para suelos blandos por

$$FT(T) = \frac{(0.9+8.6T^{1.2})(1+35T^{2.94})}{(1+5T^{2.8})(1+25T^{1.5})} \quad (1.4)$$

en estas expresiones T es el periodo de la función de transferencia, FT .

2. Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad de una estructura es la relación entre la intensidad del movimiento sísmico, en este caso la pseudoaceleración espectral, y el nivel de daño. El parámetro que se utilizará como indicador del nivel de daño en una estructura es la distorsión máxima de entrepiso, la cual se define como la relación entre el desplazamiento relativo entre dos niveles, dividido entre la altura de entrepiso.

Existe un número importante de estudios que han concluido que este parámetro de respuesta es el que tiene mejor correlación con el daño estructural y con el daño no estructural (Alonso et al., 1996; Bertero et al., 1991; Moehle, 1992 y 1996; Miranda, 1997; Priestley, 1997; Sozen, 1997). Los procedimientos de estimación de daño basados en intensidades de Mercalli Modificada, que es una medida subjetiva del daño en una región, quedan explícitamente excluidos.

2.1 Daño esperado dada la distorsión máxima de entrepiso

La distorsión máxima de entrepiso en una estructura, γ , se estimará a partir de la siguiente expresión (Miranda, 1997):

$$\gamma_i = \frac{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4 \eta^2 N^{3/4}}{4\pi^2 h} S_a(T) \quad (2.1)$$

donde:

β_1 es un factor de amplificación que permite estimar el desplazamiento lateral máximo en la azotea o en la altura máxima de la estructura considerando un comportamiento mecánico de tipo elástico-lineal a partir del desplazamiento espectral.

β_2 es un factor de amplificación que permite estimar la deformación máxima de entrepiso a partir de la distorsión media de la estructura, la cual se define como el desplazamiento lateral máximo en la azotea o en la altura máxima de la estructura, dividido entre su altura total

β_3 es un factor que permite calcular los desplazamientos laterales máximos en estructuras con comportamiento inelástico, a partir de los desplazamientos laterales máximos elásticos

β_4 es un factor que permite calcular el cociente entre la relación de la distorsión máxima de entrepiso y la distorsión media de la estructura en una estructura con comportamiento elástico-lineal, y entre la relación de la distorsión máxima de entrepiso y la distorsión media de la estructura en una estructura con comportamiento inelástico

η es un factor que permite estimar el periodo fundamental de una estructura a partir del número de niveles

N es el número de pisos de la edificación

$S_a(T)$ es la aceleración espectral, que depende del periodo fundamental de vibración, T , y del amortiguamiento d en el periodo de la estructura. Se tomará en cuenta la incertidumbre en el periodo estructural.

h es la altura de entrepiso en la edificación, que depende del tipo de sistema estructural, de la ubicación geográfica del inmueble y de la fecha de construcción

El valor esperado del daño en una estructura dada la distorsión máxima de entrepiso, $E(\beta|\gamma)$, es función, principalmente, de la intensidad sísmica (medida con la pseudoaceleración espectral, S_a), del sistema estructural, de la fecha de construcción y de otros parámetros estructurales. En las presentes bases técnicas $E(\beta|\gamma)$ se debe calcular como:

$$E(\beta|\gamma) = 1 - 0.5^\theta \quad (2.2)$$

donde

$$\theta = \left(\frac{\gamma}{\bar{\gamma}}\right)^\rho \quad (2.3)$$

En esta ecuación $\bar{\gamma}$ y ρ son parámetros de vulnerabilidad estructural que dependen, entre otros factores, del sistema estructural y de la fecha de construcción.

2.2 Densidad de probabilidad del daño en una edificación

Se considerará que las relaciones de vulnerabilidad no son deterministas, por lo que se supondrá que, dada una intensidad, el daño bruto β es una variable aleatoria cuyo valor esperado (el valor medio) está dado por la ecuación 3.2. La densidad de probabilidades del daño en la estructura se supondrá de tipo Beta, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$p_{\beta|\gamma}(\beta) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \beta^{a-1} (1-\beta)^{b-1} \quad (2.4)$$

donde a y b son parámetros que pueden calcularse a partir de la media y el coeficiente de variación del daño, $C(\beta|\gamma)$, de la siguiente manera

$$a = \frac{1 - E(\beta|\gamma) - E(\beta|\gamma)C^2(\beta|\gamma)}{C^2(\beta|\gamma)} \quad (2.5)$$

$$b = a \left[\frac{1 - E(\beta|\gamma)}{E(\beta|\gamma)} \right] \quad (2.6)$$

$C^2(\beta)$ se calcula como

$$C^2(\beta) = \frac{\sigma_\beta^2(\beta|\gamma)}{E^2(\beta|\gamma)} \quad (2.7)$$

donde $\sigma_\beta^2(\beta|\gamma)$ es la varianza de la pérdida dada una distorsión de entrepiso.

Existe poca información para determinar la varianza (o el coeficiente de variación) del daño bruto. Se sabe, sin embargo, que cuando el valor esperado de la pérdida es nulo la dispersión también lo es. De igual forma, cuando el valor esperado de la pérdida es total, la dispersión es también nula. Para valores intermedios, es difícil precisar, con bases empíricas, cuánto vale la varianza de la pérdida.

Se utilizarán para la varianza condicional de la pérdida expresiones con la siguiente forma funcional:

$$\sigma_\beta^2(\beta|\gamma) = Q(E(\beta|\gamma))^{r-1}(1 - E(\beta|\gamma))^{s-1} \quad (2.8)$$

donde

$$Q = \frac{V_{max}}{D_0^{r-1}(1-D_0)^{s-1}} \quad (2.9)$$

$$s = \frac{r-1}{D_0} - r + 2 \quad (2.10)$$

V_{max} , D_0 y r son parámetros que dependen del tipo estructural, V_{max} es la varianza máxima, D_0 es el nivel de daño para el que ocurre esta varianza máxima y r ha sido tomado igual a tres. Una vez determinados $E(\beta|\gamma)$ y $\sigma^2(\beta|\gamma)$ queda completamente definida la distribución de probabilidades del daño bruto en una edificación dado un valor de distorsión de entrepiso.

2.3 Daños en contenidos, pérdidas consecuenciales y convenio expreso.

Para los daños en contenidos se considera que las pérdidas son debido a múltiples modos de falla. Se consideran los modos de falla para cada contenido (volteo, balanceo o deslizamiento) y el daño causado a contenidos por componentes no estructurales (p.e. caída de plafones, techo suspendido, ductos). No se incluye la estimación de pérdidas de contenidos debido al daño causado por el golpeteo del objeto con otro objeto, por los daños provocados por algún incendio o por daño en los contenidos por el efecto de agua al ocurrir la rotura de la tubería de agua. Para fines prácticos el daño en los contenidos está asociado a uso del inmueble.

Para las pérdidas consecuenciales se considera que están completamente correlacionados con los daños en el inmueble. Para los bienes bajo convenio expreso se considera que el valor esperado del daño bruto, dada una intensidad, es la mitad del que se presenta en el inmueble, mientras que la varianza es la que resulta de aplicar la ecuación 2.8. Por lo que respecta a pérdidas consecuenciales, se supondrá que tienen la misma densidad de probabilidad que los daños en el inmueble.

3. Evaluación de pérdidas por sismo para fines de seguros

En esta sección se describen los procedimientos para evaluar pérdidas netas en carteras de compañías de seguros especialmente en los aspectos propios de la operación del seguro de terremoto.

La cartera de una compañía de seguros estará, en general, formada por una o más pólizas, y cada póliza por una o más ubicaciones. En la siguiente sección se describen los tipos de póliza considerados, dependiendo de las modalidades de operación del seguro en cada uno de ellos.

3.1 Tipos de póliza considerados

3.1.1 Pólizas individuales

Se trata del caso más común y más simple: a cada póliza corresponde una sola ubicación, por lo que el proceso de ajuste de las pérdidas se lleva a cabo individualmente para cada inmueble en cada uno de los cuatro rubros (edificio, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio). El proceso de ajuste de las pérdidas, es decir, el proceso mediante el que se calcula la pérdida neta total para la compañía de seguros asociada a la póliza, se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1) Se determina la pérdida bruta por rubro para cada ubicación.
- 2) Se determina la pérdida neta por rubro en cada ubicación mediante la aplicación del efecto del deducible, coaseguro, límite de primer riesgo y retención individual correspondientes a cada rubro. Se hace notar que la retención es única, es decir, el porcentaje de retención es igual para todos los rubros.
- 3) Se suman las pérdidas netas para todas las ubicaciones y rubros.

3.1.2 Pólizas colectivas agrupadas

Se trata de una póliza con cobertura en capas que ampara a un grupo de ubicaciones probablemente numeroso y disperso geográficamente. No existen, en este tipo de póliza, deducibles, coaseguros, retenciones o límites de primer riesgo individuales ni por rubro. El proceso de ajuste de las pérdidas en este caso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1) Se determina la pérdida bruta para cada ubicación y rubro.
- 2) Se suman las pérdidas brutas de todas las ubicaciones y rubros amparados por la póliza
- 3) Para determinar la pérdida neta para la compañía de seguros, se aplica sobre esta suma de pérdidas el efecto de una cobertura formada, en general, por una estructura de capas que incluyen sus retenciones y límites.

3.1.3 Pólizas colectivas semi-agrupadas

Se trata de una póliza con cobertura en capas que cubre las pérdidas que resultan en un grupo de ubicaciones después de la aplicación de deducibles y coaseguros individuales y por rubro. El proceso de ajuste de las pérdidas en este caso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1) Se determina la pérdida bruta para cada ubicación y rubro.
- 2) Se determina la pérdida semi-neta en cada ubicación y rubro mediante la aplicación del efecto de deducible y coaseguro individuales; no existen, para este tipo de póliza, límites de primer riesgo ni retenciones individuales.
- 3) Se suman las pérdidas semi-netas de todas las ubicaciones amparadas por la póliza
- 4) Sobre esta suma de pérdidas semi-netas se aplica el efecto de una cobertura formada, en general, por una estructura de capas que incluye retenciones y límites.

3.2 Cálculo de pérdida bruta de una edificación individual y para un rubro específico

En general, las pérdidas que se presentan durante un escenario sísmico en una ubicación dependen de las experimentadas en edificio, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio expreso. Llamaremos $\beta_E, \beta_C, \beta_S$ y β_B , a las pérdidas brutas que se presentan en los rubros respectivos, expresadas como una fracción de las sumas aseguradas correspondientes. Llamaremos a las pérdidas así expresadas pérdidas relativas.

Supondremos que la pérdida bruta en un rubro específico tiene una distribución de probabilidades Beta, cuyos primeros dos momentos estadísticos, el valor esperado $E(\beta)$ y la desviación estándar $\sigma(\beta)$ se pueden calcular con las expresiones que se han indicado en el capítulo referente a vulnerabilidad. Conocidos los dos primeros momentos de la distribución Beta, ésta queda completamente determinada, puesto que sus dos parámetros, a y b , se relacionan con los dos primeros momentos de la siguiente manera:

$$a = \frac{1 - E(\beta_E) - E(\beta_E)C^2(\beta_E)}{C^2(\beta_E)} \quad (3.1)$$

$$b = a \left[\frac{1 - E(\beta_E)}{E(\beta_E)} \right] \quad (3.2)$$

donde $E(\beta_E)$ es el valor esperado de la pérdida bruta relativa del edificio mientras que el coeficiente de variación $C(\beta_E)$ se calcula como

$$C(\beta_E) = \frac{\sigma(\beta_E)}{E(\beta_E)} \quad (3.3)$$

donde $\sigma(\beta_E)$ es la desviación estándar.

Las fórmulas anteriores se dan para el caso de pérdida en edificio, pero son aplicables a los cuatro rubros.

3.3 Cálculo de la pérdida neta en una ubicación individual, para un rubro específico

Como en el inciso anterior, se usará como ejemplo el caso de pérdidas en un rubro, pero las fórmulas son aplicables a los otros tres. Para simplificar la notación, se omitirá el subíndice que corresponde al rubro.

El valor esperado de la pérdida bruta relativa β y su distribución de probabilidad se ven modificados, en general, por la aplicación de deducibles, límites de responsabilidad, retenciones y coaseguros a nivel de ubicación individual y rubro específico.

La pérdida relativa neta para la compañía de seguros, para el rubro correspondiente, guarda la siguiente relación con la pérdida bruta:

$$\beta_N = \begin{cases} 0 & \beta \leq D \\ (\beta - D)R(1 - C) & D < \beta \leq L \\ (L - D)R(1 - C) & \beta > L \end{cases} \quad (3.4)$$

Donde, β_N es la pérdida neta por rubro, β es la pérdida bruta por rubro, D es el deducible del rubro (como fracción de la suma asegurable), L es el límite de responsabilidad del rubro (como fracción de la suma asegurable), C es el coaseguro en el rubro (como fracción de la pérdida), R es la retención de la compañía de seguros (como fracción de la pérdida).

Como la distribución de la pérdida bruta relativa es Beta, el valor esperado de la pérdida neta se puede calcular a partir de la ecuación siguiente:

$$E[\beta_N] = (T_1 - T_2 + T_3)R(1 - C) \quad (3.5)$$

donde:

$$T_1 = \frac{a}{a+b} [F_B(L, a+1, b) - F_B(D, a+1, b)]$$

$$T_2 = D[F_B(L, a, b) - F_B(D, a, b)]$$

$$T_3 = (L - D)[1 - F_B(L, a, b)]$$

siendo $F_B(x, a, b)$ la función de distribución de la pérdida bruta β que se ha modelado como una función Beta acumulada con parámetros a y b

De la misma manera se puede calcular la media cuadrática de la pérdida neta:

$$E[\beta_N^2] = (u_1 - u_2 + u_3 + u_4)R^2(1 - C)^2 \quad (3.6)$$

donde:

$$u_1 = \frac{a(a+1)}{a+b(a+b+1)} [F_B(L, a+2, b) - F_B(D, a+2, b)]$$

$$u_2 = 2DT_1$$

$$u_3 = DT_2$$

$$u_4 = (L - D)T_3$$

La varianza de la pérdida relativa neta puede entonces calcularse con:

$$VAR[\beta_N^2] = E[\beta_N^2] - E^2[\beta_N] \quad (3.7)$$

Aunque las expresiones anteriores son generales, el cálculo de los momentos de β_N puede variar, dependiendo del tipo de póliza del que se trate. Veremos los casos particulares que resultan al tratar con los tres diferentes tipos de póliza.

3.3.1 Pólizas Individuales

En este caso, los valores de D, C, L y R usados en las expresiones 3.5 y 3.6 son, respectivamente, el deducible, el coaseguro, la retención y el límite de primer riesgo individuales de la ubicación y el rubro correspondiente.

3.3.2 Pólizas agrupadas

Aquí, puesto que en este tipo de póliza no hay deducibles, coaseguros, retenciones o límites individuales, deberán emplearse las ecuaciones 3.5 y 3.6 con $D = 0, C = 0, L = 1$ y $R = 1$. En otras palabras, la pérdida neta, a nivel individual, es igual a la pérdida bruta.

3.3.3 Pólizas semi-agrupadas

En este caso, puesto que los deducibles y coaseguros sí se aplican a nivel individual, se usarán, para las ecuaciones 3.5 y 3.6 los valores de D y C correspondientes, mientras que L se tomará igual a 1 y R igual a 1, puesto que no existen límites de primer riesgo ni retenciones individuales, sino sólo colectivos.

3.4 Cálculo de pérdida neta en una ubicación considerando los cuatro rubros (P_{N1})

Llamaremos P_{N1} a la pérdida neta en una ubicación considerando los cuatro rubros, mostrada en el diagrama de flujo presentado al principio del capítulo 3. La pérdida monetaria neta que se tiene en una ubicación, P_{N1} , como resultado de la aplicación de las características del seguro individual, se calcula de la siguiente manera:

$$P_{N1} = \beta_{NE}M_E + \beta_{NC}M_C + \beta_{NS}M_S + \beta_{NB}M_B \quad (3.8)$$

donde $\beta_{NE}, \beta_{NC}, \beta_{NS}$ y β_{NB} son las pérdidas netas relativas en edificio, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio expreso, respectivamente, mientras que M_E, M_C, M_S y M_B son las sumas asegurables correspondientes.

Supondremos que las cuatro pérdidas consideradas están completamente correlacionadas, en el sentido que la incertidumbre sobre ellas es nula dado el valor de cualquier otra. Si dividimos P_{N1} entre $M = M_E + M_C + M_S + M_B$, obtenemos una nueva variable aleatoria, que llamaremos β_{N1} , con dominio entre 0 y 1 y cuya esperanza y desviación estándar están dadas por:

$$E(\beta_{N1}) = \frac{E(\beta_{NE})M_E + E(\beta_{NC})M_C + E(\beta_{NS})M_S + E(\beta_{NB})M_B}{M} \quad (4.9)$$

$$\sigma(\beta_{N1}) = \frac{\sigma(\beta_{NE})M_E + \sigma(\beta_{NC})M_C + \sigma(\beta_{NS})M_S + \sigma(\beta_{NB})M_B}{M} \quad (3.10)$$

La ecuación 4.10 para la desviación estándar resulta de nuestra hipótesis de que las variables aleatorias $\beta_{NE}, \beta_{NC}, \beta_{NS}$ y β_{NB} están completamente correlacionadas. En vista de estas definiciones, $E(P_{N1}) = M$, $E(\beta_{N1})$ y $\sigma(P_{N1}) = M\sigma(\beta_{N1})$.

Se asignará a β_{N1} una densidad de probabilidades mixta dada por la siguiente ecuación:

$$f(\beta_{N1}) = P_0\delta(\beta_{N1}) + (1 - P_0 - P_1)B(\beta_{N1}; a, b) + P_1\delta(\beta_{N1} - 1) \quad (3.11)$$

donde, P_0 es la probabilidad de que la pérdida relativa neta sea igual a cero, bajo la hipótesis adoptada sobre la correlación entre pérdidas de distintos rubros; P_1 es la probabilidad de que la pérdida relativa neta sea igual a la suma expuesta, bajo la misma hipótesis de correlación; $B()$ es la función de densidad de probabilidad de tipo Beta con parámetros a y b y $\delta(x)$ es la función Delta de Dirac, que vale 1 cuando el argumento es nulo y cero en cualquier otro caso, mientras que su integral entre 0 e infinito vale también la unidad.

Se hace notar que, bajo cualquier hipótesis de correlación, tratándose de ubicaciones que pertenecen a pólizas agrupadas, $P_0 = 0$ y $P_1 = 0$, mientras que para ubicaciones que pertenezcan a pólizas semi-agrupadas, $P_1 = 0$.

3.5 Cálculo de pérdida neta en una póliza (P_{N2})

En general, la pérdida total en una cartera de ubicaciones agrupadas en una póliza se calcula sumando las pérdidas que se presentan en todas las ubicaciones después de aplicar las condiciones de seguro individual por rubro, aplicando luego los efectos de las capas de la póliza agrupada.

Este cálculo, entonces, puede dividirse en dos pasos: 1) determinación de la densidad de probabilidades de P_s , definida como la suma de las pérdidas netas por ubicación para todos los inmuebles que forman la póliza (es decir, la suma de las P_{N1} de la póliza); y 2) aplicación del esquema de capas a la densidad anterior. En lo que sigue procederemos a explicar estos dos pasos.

3.5.1 Determinación de la densidad de probabilidades de P_s

Definimos la variable aleatoria β_s como el cociente de P_s y M_s , que es la suma de los valores expuestos de los inmuebles de la póliza, incluyendo todos los rubros. Se supondrá que β_s tiene una densidad de probabilidad similar a la de β_{N1} , dada en la ecuación 3.11:

$$f(\beta_s) = P_{0s}\delta(\beta_s) + (1 - P_{0s} - P_{1s})B(\beta_s; a_s, b_s) + P_{1s}\delta(\beta_s - 1) \quad (3.12)$$

Para definir esta densidad, es necesario calcular cuatro valores: a_s , b_s , P_{0s} , que es la probabilidad de que β_s sea exactamente igual a 0 y P_{1s} , que es la probabilidad de que la pérdida bruta en cada ubicación haya alcanzado su límite de primer riesgo. Los valores a_s y b_s se determinarán de tal modo que la media y la varianza de β_s calculadas a partir de la densidad de la ecuación 3.12 sean iguales a las siguientes dos cantidades, respectivamente:

$$E(\beta_s) = E(P_s)/M_s \quad (3.13)$$

$$VAR(\beta_s) = VAR(P_s)/M_s^2 \quad (3.14)$$

donde

$$E(P_s) = \sum_{i=1}^{Nu} M_i E(\beta_{N1i}) \quad (3.15)$$

$$VAR(P_s) = \sum_{i=1}^{Nu} M_i^2 VAR(\beta_{N1i}) + 2 \sum_{i=1}^{Nu} \sum_{j=i+1}^{Nu} M_i M_j \rho_{ij} \sqrt{VAR(\beta_{N1i}) \times VAR(\beta_{N1j})} \quad (3.16)$$

donde, ρ_{ij} es el coeficiente de correlación entre las pérdidas i y j , Nu es el número de ubicaciones en la póliza y M_i es el valor asegurable total (todos los rubros) de la ubicación i .

No es posible, con bases puramente empíricas, establecer valores para los coeficientes de correlación ρ_{ij} . En principio, este coeficiente debería depender al menos de la separación geográfica entre las dos ubicaciones consideradas. De hacerse así, sin embargo, el cálculo de la varianza sería numéricamente muy largo, sin ventajas apreciables de precisión. Por estas razones, se adoptará un valor de 0.2, independientemente del tipo estructural y localización de la ubicación. Se adoptó este valor porque, después de simulaciones y análisis de sensibilidad, se observó que el incremento en la varianza de P_s no era excesivo cuando $\rho_{ij} = 0.2$ y que, por otro lado, el premio que se tenía por el efecto de tener una cartera grande era notable pero no demasiado significativo.

Es importante señalar que, con la hipótesis de ρ_{ij} constante al que llamaremos ahora ρ , la expresión 4.16 puede adoptar la siguiente forma:

$$VAR(P_s) = (1 - \rho)Vs + \rho Ss^2 \quad (3.17)$$

donde

$$VS = \sum_{i=1}^{Nu} M_i^2 VAR(\beta_{N1i}) \quad (3.18)$$

$$SS = \sum_{i=1}^{Nu} M_i \sqrt{VAR(\beta_{N1i})} \quad (3.19)$$

Más adelante se verá la utilidad de estas nuevas variables.

Finalmente, se hace notar que tratándose de pólizas agrupadas, $P_{0s} = 0$ y $P_{1s} = 0$ (en otras palabras, β_s tiene distribución Beta), mientras que para pólizas semi-agrupadas, $P_{1s} = 0$.

En cuanto a la prima que corresponde a cada uno de los edificios de una póliza colectiva, no hay una manera única de determinarla ya que estas pólizas no operan por edificio. Sin embargo, es posible tener una razonable medida de la prima de cada edificio prorrateando el efecto de los deducibles y límites colectivos de la siguiente manera:

1. Para cada escenario, se determina la pérdida esperada en cada edificio incluyendo el efecto de su deducible individual en el caso de pólizas agrupadas;
2. Para ese mismo escenario, se determina la pérdida neta de la póliza, P_{N2} (ver inciso 4.5);
3. Las pérdidas individuales calculadas en el punto 1 se multiplican por el cociente entre P_{N2} y la suma de las pérdidas individuales para cada edificio;
4. Estas pérdidas factorizadas se añaden para cada edificio, multiplicadas por la frecuencia anual de ocurrir de cada escenario. La suma de estos términos es una aproximación razonable a la prima individual de cada edificio.

3.5.2 Aplicación del esquema de capas a la densidad de probabilidad de P_s

Se entenderá por aseguramiento en capas un esquema en que el nivel de retención de la compañía de seguros depende del monto de la pérdida bruta. Considérese una estructura con un número de capas igual a N_{capas} . La j -ésima capa está limitada por las cantidades L_j y L_{j-1} , de tal suerte que si la pérdida β_s (la pérdida que se tendría considerando el efecto de deducibles individuales, en su caso, pero antes de la aplicación del esquema de capas) cae entre L_j y L_{j-1} la pérdida retenida por la compañía de seguros en esa capa, β_{Cj} , valdrá

$$\beta_{Cj} = (\beta_s - L_{j-1}) Fr_{Cj} \quad (3.20)$$

Donde Fr_{Cj} es el factor de retención de la capa j . Nótese que los límites L_j y L_{j-1} están expresados como una fracción de la suma asegurada total. Convencionalmente, el límite inferior de la primera capa, L_0 , vale cero.

Claramente, si la pérdida bruta valiera β_s , la pérdida retenida por la compañía de seguros por concepto de todas las capas sería la que se presenta en la ecuación 3.20 más la pérdida retenida en todas las capas inferiores.

El valor esperado de la pérdida neta de una póliza colectiva con múltiples capas se calcula de la siguiente manera:

$$E(\beta_{N2}) = \sum_{j=1}^{N_{capas}} E(\beta_{Cj}) \quad (3.21)$$

donde $E(\beta_{Cj})$ es el valor esperado de la pérdida neta en la capa j , que se calcula como si se tratara del valor esperado de la pérdida neta en una póliza con deducible igual al límite inferior de la capa y límite de primer riesgo igual al límite superior de la capa, en la cual la pérdida bruta tuviera la distribución mixta dada en la ecuación 3.12. En otras palabras,

$$E(\beta_{Cj}) = \int_{L_{j-1}}^{L_j} (\beta_s - L_{j-1}) (P_{0s} \delta(\beta_s) + (1 - P_{0s} - P_{1s}) B(\beta_s; a_s, b_s) + P_{1s} \delta(\beta_s - 1)) d\beta_s \quad (3.22)$$

La expresión para el cálculo de la media cuadrática de la pérdida es la siguiente:

$$E(\beta_{N2}^2) = (1 - P_{0N2} - P_{1N2}) \sum_{j=1}^{N_{capas}} Fr_{Cj}^2 E(\beta_{Cj}^2) + 2 L_{Nj-1} Fr_{Cj} E(\beta_{Cj}^2) + P_{1N2} L_{N2}^2 \quad (3.23)$$

donde:

$$E(\beta_{N2}^2) = \sum_{j=1}^{N_{capas}} Fr_{Cj}^2 E(\beta_{Cj}^2) + 2 L_{Nj-1} Fr_{Cj} E(\beta_{Cj}^2) \quad (3.24)$$

y $E(\beta_{Cj}^2)$ es la media cuadrática de la pérdida neta de la capa j , que se calcula como si se tratara de la media cuadrática de la pérdida neta en una póliza con deducible igual al límite inferior de la capa y límite de primer riesgo igual al límite superior de la capa, en la cual la pérdida bruta tuviera la distribución mixta dada en la ecuación 3.12, es decir,

$$E(\beta_{Cj}^2) = \int_{L_{j-1}}^{L_j} (\beta_s - L_{j-1})^2 (P_{0s} \delta(\beta_s) + (1 - P_{0s} - P_{1s}) B(\beta_s; a_s, b_s) + P_{1s} \delta(\beta_s - 1)) d\beta_s \quad (3.25)$$

Se supondrá que β_{N2} tiene una densidad de probabilidad mixta similar a la de β_{N1} , dada en la ecuación 3.11:

$$f(\beta_{N2}) = P_{0N2} \delta(\beta_{N2}) + (1 - P_{0N2} - P_{1N2}) B(\beta_{N2}; a_{N2}, b_{N2}) + P_{1N2} \delta(\beta_{N2} - 1) \quad (3.26)$$

Para definir esta densidad, es necesario calcular cuatro valores: P_{0N2} , que es la probabilidad de que β_{N2} sea exactamente igual a 0; P_{1N2} , que es la probabilidad de que la pérdida de la póliza haya alcanzado su límite de primer riesgo; a_{N2} y b_{N2} . Estos dos últimos valores se determinarán de tal modo que la media y la media cuadrática de β_{N2} calculadas a partir de la densidad de la ecuación 3.26 sean iguales a las dadas en las ecuaciones 3.21 y 3.23.

Finalmente, la densidad de probabilidades de P_{N2} puede determinarse fácilmente, puesto que $P_{N2} = M_s \beta_{N2}$.

El efecto de la aplicación de las coberturas a nivel de póliza afecta, como se ha visto, al valor esperado y la varianza de la pérdida neta. Estas cantidades no son iguales antes y después de la aplicación de la cobertura de pólizas. Como veremos en el siguiente inciso, para poder calcular la varianza de las pérdidas en toda la cartera es necesario determinar los valores de V_s y de S_s (ver ecuaciones 3.18 y 3.19) después de la aplicación del seguro a nivel de póliza, cantidades que denominaremos V_{N2} y S_{N2} . Estas variables se determinarán de la siguiente manera:

$$V_{N2} = V_s \cdot F^2 \quad (3.27)$$

$$S_{N2} = S_s \cdot F \quad (3.28)$$

donde F^2 es el cociente entre las varianzas de la pérdida después y antes de la aplicación del seguro, es decir:

$$F^2 = \frac{VAR(P_{N2})}{VAR(P_s)} \quad (3.29)$$

3.6 Pérdidas en la cartera formada por diversas pólizas de todo tipo (P_{NE})

La pérdida neta total en una cartera durante un evento, P_{NE} es la suma de las pérdidas en las pólizas que la constituyen. Definiremos a β_{NE} como la pérdida total relativa en la cartera, es decir,

$$\beta_{NE} = \frac{P_{NE}}{\sum_k M S_k} \quad (3.30)$$

donde la suma del denominador involucra a los montos expuestos para todas las pólizas, Ms_k , $k = 1, \dots$, número de pólizas. Supondremos que la función de densidad de la pérdida relativa total en la cartera es de la forma siguiente:

$$f(\beta_{NE}) = P_{0NE}\delta(\beta_{NE}) + (1 - P_{0NE} - P_{1NE})B(\beta_{NE}; a_{NE}, b_{NE}) + P_{1NE}\delta(\beta_{NE} - 1) \quad (3.31)$$

Para definir esta densidad, es necesario calcular cuatro valores: P_{0NE} , que es la probabilidad de que β_{NE} sea exactamente igual a 0 durante el evento; P_{1NE} , que es la probabilidad de que las pérdidas en todas las pólizas hayan alcanzado su límite máximo; a_{NE} y b_{NE} . Estos dos últimos valores se determinarán de tal modo que la media y la varianza de β_{NE} calculadas a partir de la densidad de la ecuación 3.31 sean iguales, respectivamente, a las dadas en las ecuaciones siguientes:

$$E(\beta_{NE}) = \frac{\sum_k Ms_k E(\beta_{N2k})}{\sum_k Ms_k} \quad (3.32)$$

$$VAR(\beta_{NE}) = \frac{(1 - \rho) \sum_k V_{N2k} + \rho (\sum_k S_{N2k})^2}{(\sum_k Ms_k)^2} \quad (3.33)$$

donde el subíndice k se refiere a los valores correspondientes a la póliza k .

En este momento tenemos definida la densidad de probabilidades de la pérdida neta de la cartera suponiendo que ocurrió un evento.

3.7 Pérdida anual esperada (PAE) o Prima Pura de Riesgo para una edificación

La pérdida anual esperada se define como la esperanza de la pérdida que se tendría en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de sismos es estacionario y que a las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después de un sismo. La pérdida anual esperada es también conocida como “prima técnica” o “prima pura de riesgo”, puesto que de cobrarse tal valor de prima en un sistema simple de seguro, se tendría, a largo plazo, un equilibrio entre primas recibidas y pérdidas pagadas. Matemáticamente, PAE se define de la siguiente manera:

$$PAE = \sum_{i=1}^{Nf} \int_{M0}^{Mu} - \frac{d\lambda_i(M)}{dM} E(P|M, \text{fuente } i) dM \quad (3.34)$$

donde la suma abarca la totalidad de las fuentes, Nf , $\lambda_i(M)$ es la sismicidad de la fuente i y $E(P|M, \text{fuente } i)$ es el valor esperado de la pérdida neta en toda la cartera, en unidades monetarias, suponiendo que en la fuente i ocurre un temblor de magnitud M .

Como se ha señalado, el término $E(P|M, \text{fuente } i)$ es la pérdida neta esperada en toda la cartera. Para su cálculo, se tomarán en cuenta las características de las pólizas que forman la cartera, de la manera que se asentó en los incisos 3.3 a 3.5

3.8 Tasa de excedencia de pérdida para una cartera

La tasa de excedencia de una pérdida ante un sismo es el número medio de veces al año en que dicha pérdida será igualada o excedida. La tasa de excedencia de un cierto valor de pérdida, $\mu(P_N)$, definida como la frecuencia anual con que ocurren eventos asociados al sismo que produzcan una pérdida igual o mayor que p , se calcula de la siguiente manera:

$$\mu(P_N) = \sum_{i=1}^{Nf} \int_{M0}^{Mu} - \frac{d\lambda_i(M)}{dM} Pr(P_N > p_N | M, \text{fuente } i) dM \quad (3.35)$$

donde la suma abarca la totalidad de las fuentes, Nf , $\lambda_i(M)$ es la sismicidad de la fuente i , y $Pr(P_N > p_N | M, \text{fuente } i)$ es la probabilidad de que la pérdida neta exceda un valor dado, p_N , suponiendo que en la fuente i ocurre un temblor de magnitud M .

3.9 Pérdida máxima probable

La pérdida máxima probable, también conocida como *PML*, es un estimador del tamaño de la pérdida que se excedería poco frecuentemente en una cartera sometida a la ocurrencia de sismos. Esta pérdida sirve como indicador del tamaño de las reservas que una compañía de seguros debería constituir para que, con muy alta probabilidad, esté en capacidad de indemnizar a sus asegurados durante la ocurrencia de eventos catastróficos.

3.9.1 Definición

Para los fines de la presente nota técnica se definirá como *PML* a la pérdida asociada a un periodo de retorno de 1500 años, es decir, aquella que se excederá, en promedio, una vez cada 1500 años. Esto equivale a decir que la *PML* es la pérdida para la cual se satisface que:

$$v(PML) = \frac{1}{1500} \text{años}^{-1} \quad (3.36)$$

3.9.2 Riesgo tolerable

En el inciso anterior se señaló que la *PML* es una pérdida que será excedida poco frecuentemente. Qué tan poco frecuentemente se esté dispuesto a aceptar que las pérdidas excedan la *PML* mide, esencialmente, el riesgo tolerable.

De acuerdo con la definición del inciso anterior, el riesgo tolerable al asociar la *PML* a un periodo de retorno de 1500 años es, en promedio, una excedencia cada 1500 años. Por tratarse de un proceso de ocurrencias aleatorio, modelado como proceso de Poisson, el hecho de que en promedio se tenga una excedencia cada 1500 años no significa que la próxima excedencia ocurrirá dentro de 1500 años: el tiempo de ocurrencia es aleatorio y no puede determinarse cuándo ocurrirá el siguiente gran evento.

Sin embargo, aunque no puede saberse el instante de ocurrencia del próximo evento, bajo la hipótesis de ocurrencias Poissonianas, sí es posible determinar la probabilidad de que en los próximos Te años (el lapso de exposición) ocurra al menos un evento con pérdidas superiores a la *PML*, es decir, lo que en análisis probabilista se conoce como la "probabilidad de ruina", P_R .

En general, esta probabilidad puede calcularse de la siguiente manera:

$$P_R = 1 - \exp\left(-\frac{Te}{Tr}\right) \quad (3.37)$$

donde Tr es el periodo de retorno asociado a la *PML* (1500 años en nuestro caso). Por ejemplo, la probabilidad de que la *PML* se exceda al menos una vez durante el próximo año, P_{R1} vale:

$$P_{R1} = 1 - \exp\left(-\frac{1}{1500}\right) \approx \frac{1}{1500} \quad (3.38)$$

de donde se observa que, para periodos de retorno grandes, la probabilidad anual de excedencia es aproximadamente igual al inverso del periodo de retorno de la *PML*. En la tabla siguiente se presentan valores de la probabilidad de excedencia de la *PML* que tiene un periodo de retorno de 1500 años, para diversos valores del lapso de exposición:

Tabla 3.1. Probabilidad de que la *PML* se exceda en los próximos Te años

Periodo de exposición (Te , años)			
1	10	20	50
0.1%	0.7%	1.3%	3.3%

Se observa, por ejemplo, que la probabilidad de que la *PML* sea excedida en los próximos 20 años es 1.3%.

PARTE II**DE LA INFORMACIÓN PARA LA VALUACIÓN DE LA PRIMA DE RIESGO Y LA PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE DE LOS SEGUROS DE TERREMOTO.****Capítulo 1: Descripción de campos del Sistema R®****1. Introducción**

El sistema R® está diseñado para ser alimentado con datos obligatorios y optativos. Los datos obligatorios son aquellos que son indispensables para calcular la prima de riesgo y la pérdida máxima probable. Los optativos son aquellos que sin que sean indispensables, proporcionarán información adicional que permitirá calcular la prima de riesgo y la pérdida máxima probable de manera más precisa. En los casos en que el usuario no proporcione alguno de los datos obligatorios, el sistema R® no realizará la estimación de la prima de riesgo o la pérdida máxima probable para ese inmueble, en tanto que cuando el usuario no indique alguno o algunos de los datos optativos procederá a realizar el cálculo de la prima de riesgo y la pérdida máxima probable mediante supuestos conservadores.

2. Bienes asegurados

El sistema R® calculará las pérdidas de inmueble, contenidos, pérdidas consecuenciales y bienes asegurados bajo convenio expreso de manera independiente. A continuación se define cada uno de ellos.

Inmueble

Es lo que compone la estructura, la cimentación, instalaciones y acabados. Es decir, todo aquello que forma parte del edificio.

Contenidos

Son los bienes que dan uso al inmueble. En general se pueden mover fácilmente dentro del edificio o de un inmueble a otro.

Pérdidas consecuenciales

Son las pérdidas que serían causadas por el tiempo en que permanece en imposibilidad de uso el inmueble debido a los daños causados por el evento.

Bienes asegurados bajo convenio expreso

Son bienes que generalmente pueden quedar asegurados, mediante convenio expreso entre el Asegurado y la institución aseguradora, fijando sumas aseguradas por separado y mediante el cobro de prima adicional correspondiente.

Para el manejo de estos bienes, el sistema R® contiene formas simplificadas para cuantificar la siniestralidad esperada y la pérdida máxima probable.

3. Tipo de carteras**3.1 Pólizas Individuales**

Las pólizas individuales corresponden aquellas en las que se asegura un solo bien, y no comparten límites, deducibles o coaseguros con otras. Son analizadas de forma separada.

3.2 Pólizas Colectivas

Las colectivas son aquellas en que se aseguran varios bienes ya sea en una misma ubicación o que pertenezcan a una cartera geográficamente distribuida en varias poblaciones pero que estén amparados bajo las mismas condiciones contractuales. Este tipo de pólizas se divide en 2 (agrupadas y semiagrupadas)

3.2.1 Pólizas agrupadas: Se refiere al grupo de pólizas aparadas bajo límite, deducible y coaseguro en común.

3.2.2 Pólizas semi-agrupadas: Se refiere al grupo de pólizas aparadas bajo límite, pero el deducible y coaseguro independiente para cada una.

3.3 Riesgos no valuables

Los riesgos no valuables son aquellos riesgos que por sus características, no pueden ser valuados con las bases técnicas establecidas en el presente Anexo.

En el caso de pólizas que amparen este tipo de riesgos, la pérdida máxima probable de retención deberá calcularse como se indica a continuación:

Para cada póliza, como el monto que resulte de multiplicar el factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), obtenido de dividir la Pérdida Máxima Probable bruta (PML_{bruta}) de las pólizas en vigor que hayan sido valuadas mediante la aplicación de las bases técnicas a que se refiere el presente Anexo, entre las sumas aseguradas brutas de dichas pólizas (SA_{bruta}), por la suma asegurada retenida (SA_{RET_i}) de la póliza de que se trate.

En caso de que alguna Institución de Seguros o Sociedad Mutualista no cuente con pólizas en vigor susceptibles de ser valuadas conforme a las bases técnicas establecidas en el presente Anexo, deberá utilizar como factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), el 9%.

Para estos efectos se considerarán riesgos no valuables, los siguientes:

- I. Pólizas que cubran riesgos de reaseguro tomado de entidades aseguradoras del extranjero;
- II. Pólizas que cubran riesgos sobre bienes que se ubiquen en el extranjero;
- III. Pólizas que cubran bienes ubicados en territorio nacional, pero que no cuenten con las características de construcción regular que se requieren para que puedan ser valuados con las bases técnicas contenidas en el presente Anexo, y
- IV. Pólizas que, aun cuando correspondan a edificaciones de construcción regular con las características previstas en las bases técnicas establecidas en el presente Anexo, y que contando con toda la información sobre los bienes asegurados, sean cubiertas por los seguros de terremoto en condiciones o modalidades especiales que no puedan ser valuadas bajo dichas bases técnicas.

En el caso de pólizas que amparen bienes en territorio nacional que, aun correspondiendo al tipo de edificaciones de construcción regular con las características previstas en las bases técnicas establecidas en este Anexo, sean aseguradas en condiciones tales que se carezca de la información mínima requerida que permita la correcta aplicación de las bases técnicas del presente Anexo, la pérdida máxima probable de retención deberá calcularse, para cada póliza, como el monto que resulte de multiplicar el factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), obtenido de dividir la Pérdida Máxima Probable bruta (PML_{bruta}) de las pólizas en vigor que hayan sido valuadas mediante la aplicación de las bases técnicas a que se refiere el presente Anexo, entre las sumas aseguradas brutas de dichas pólizas (SA_{bruta}), por la suma asegurada retenida (SA_{RET_i}) de la póliza de que se trate.

En caso de que alguna Institución de Seguros o Sociedad Mutualista no cuente con pólizas en vigor susceptibles de ser valuadas conforme a las bases técnicas establecidas en el presente Anexo, deberá utilizar como factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), el 9%.

4. Definición de datos tabla TB_Incisos

Los datos que requiere el sistema R® estarán dentro de un archivo de Access®, también conocido como "Cartera", con un nombre y tipo de dato específico. Estos nombres se indican en la tabla de incisos, en donde los datos deben ser exactamente iguales a los indicados. La tabla TB_Incisos es la que contiene todas las ubicaciones a evaluar, por lo que esta tabla se utiliza en carteras con pólizas independientes y con pólizas colectivas.

INFORMACIÓN DE INCISOS

Tabla TB_Incisos					
Grupo	No.	Campo	Tipo de dato	Valores	Requerido
De referencia	1	NUM_REGISTRO	Número Entero	1 a 3,000,000	Obligatorio
	2	NUM_POLIZA	Alfanumérico		Obligatorio
	3	RAMO	Alfanumérico	SISMO	Obligatorio
	4	FECHA_INICIO	Fecha	01/01/1900 31/12/2080	^a Obligatorio
	5	FECHA_FIN	Fecha	01/01/1900 31/12/2080	^a Obligatorio
	6	INM_VALOR_ASEGURABLE	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	7	CONT_VALOR_ASEGURABLE	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	8	CONSEC_VALOR_ASEGURABLE	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	9	CONVENIO_VALOR_ASEGURABLE	Moneda	0 a billones	Obligatorio

Financieros	10	PORCENTAJE_RETENCION	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	11	TIPO_PRIMER_RIESGO	Enumerado	(ver definición)	Obligatorio
	12	COMB_LIMITE_MAXIMO	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	13	INM_LIMITE_MAXIMO	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	14	CONT_LIMITE_MAXIMO	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	15	CONSEC_LIMITE_MAXIMO	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	16	CONVENIO_LIMITE_MAXIMO	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	17	COMB_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	18	INM_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	19	CONT_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	20	CONSEC_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	21	CONVENIO_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	22	COMB_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	23	INM_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	24	CONT_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	25	CONSEC_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	26	CONVENIO_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
De localización	27	CLAVE_PAIS	Número Entero	52	Obligatorio
	28	CODIGO_LOCALIZACION	Número Entero	01000 a 99999	*Obligatorio
	29	LONGITUD	Grados	-117.5000 a -86.5000	Opcional
	30	LATITUD	Grados	14.5000 a 33.0000	Opcional
De la estructura	31	NUM_PISOS	Número Entero	1 al 55	Obligatorio
	32	CLASE_SISMO	Alfanumérico	(ver definición)	Obligatorio
	33	USO_INMUEBLE	Número Entero	1 al 34	Obligatorio
	34	AÑO_CONSTRUCCION	Número Entero	De 1,325 al 2,040	Opcional
	35	COLUMNAS_CORTAS	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	36	SOBREPESO	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	37	GOLPETEO	Número Entero	1 al 4	Opcional
	38	ESQUINA	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	39	IRRE_ELEVACION	Número Entero	1 al 3	Opcional
	40	IRRE_PLANTA	Número Entero	1 al 3	Opcional
	41	HUNDIMIENTOS	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	42	DAÑOS_PREVIOS	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	43	FUE_REPARADO	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	44	FUE_REFORZADO	Número Entero	0 ó 1	Opcional
	45	AÑO_REFUERZO	Número Entero	De 1,325 al 2,040	Opcional

* Campo obligatorio cuando no se tienen las coordenadas de lo contrario es opcional

INFORMACIÓN DE CARTERAS INDEPENDIENTES

La tabla está conformada por los siguientes datos:

- Datos de referencia
- Datos financieros de la póliza
- Datos de localización
- Datos de la estructura

4.1 Datos de referencia

En este grupo se establecen los datos necesarios para identificar el nombre o número del inmueble asegurado.

Número de registro (NUM_REGISTRO)**Dato obligatorio**

Formato: números enteros

Es un número único tanto para las pólizas individuales y para las colectivas, que tiene por objeto ordenar y llevar un control dentro del sistema R[®] de todas las ubicaciones. Lo anterior es indispensable para que el usuario identifique, tanto los errores, como los resultados por cada una de las ubicaciones.

Pólizas individuales. El número de registro será un número único y consecutivo que el usuario asigne a cada uno de los renglones (registros) de la base de datos, por lo que no habrá dos ubicaciones con el mismo número de registro ni números faltantes. Se recomienda que el primer registro inicie con el número "1".

Pólizas colectivas. Al igual que el caso anterior, el número de registro tendrá un número único y consecutivo. En el caso que se tenga los dos tipos de carteras, el número de registro en la cartera colectiva dará continuidad al último número de la cartera de pólizas individuales.

Número de póliza (NUM_POLIZA)**Dato obligatorio**

Formato: caracteres alfanuméricos

Se refiere a la clave para identificar cada registro o póliza. Este dato es alfanumérico. Para las pólizas de inmuebles colectivos, todas las ubicaciones que estén amparadas por ésta, deberán llevar el mismo Número de póliza ya que este campo es el que identifica a qué póliza colectiva pertenece cada ubicación. Por lo mismo, este campo no deberá repetirse en otras pólizas colectivas. Para el caso de pólizas de inmuebles independientes este campo sólo es para referencia propia del usuario.

Nombre del peligro (RAMO)**Dato obligatorio**

Formato: caracteres alfanuméricos

Se deberá definir el nombre del peligro o amenaza que se desea valorar. El objetivo de este campo es definir qué peligros o amenazas va a considerar el sistema R[®] en la evaluación, de acuerdo al tipo de licencia adquirida.

Para considerar el peligro sísmico en los cálculos, en el campo RAMO se debe escribir el texto **SISMO**.

4.2 Datos financieros

En este grupo se describen los datos técnicos que son establecidos comúnmente en la póliza o que se obtienen en el proceso de suscripción y de reaseguro.

Fecha de inicio (FECHA_INICIO)**Datos obligatorios**

Formato: dd/mm/aaaa

Este dato se refiere a la fecha de inicio de vigencia de la póliza que asegura el bien. El sistema R[®] por convención considerará el día de inicio de la vigencia de 24 horas; si la fecha de corte coincide con la fecha de inicio de una póliza, el sistema R[®] toma como vigente dicha póliza.

Pólizas de inmuebles colectivos. Estos campos pueden quedar vacíos en la tabla TB_Incisos, ya que el sistema R® no los tomará en cuenta. Este dato se debe indicar en la tabla TB_DatosGenerales, dentro del campo FechaInicio.

Fecha de terminación (FECHA_FIN)

Datos obligatorios

Formato: dd/mm/aaaa

Este dato se refiere a la fecha de fin de vigencia de la póliza que asegura el bien. El sistema R® por convención considerará el último día de vigencia de la póliza de cero horas; si la fecha de evaluación de la reserva coincide con la fecha de finalización de una póliza, el sistema R® la considerará fuera de vigencia.

Pólizas de inmuebles colectivos. Estos campos pueden quedar vacíos en la tabla TB_Incisos, ya que el sistema R® no los tomará en cuenta. Este dato se debe indicar en la tabla TB_DatosGenerales, dentro del campo FechaFin.

Valor asegurable inmueble (INM_VALOR_ASEGURABLE)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor real o de reposición del inmueble según se hubiera contratado. Para el caso de pólizas que no sean a "primer riesgo" estos valores deben corresponder a las sumas aseguradas establecidas en la póliza.

En el caso de las pólizas hipotecarias, el valor asegurado debe corresponder al valor real o de reposición del inmueble según se hubiera contratado y no al saldo insoluto del crédito.

Valor asegurable contenidos (CONT_VALOR_ASEGURABLE)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor real o de reposición de los contenidos según se hubiera contratado. Para el caso de pólizas que no sean a "primer riesgo" estos valores deben corresponder a las sumas aseguradas establecidas en la póliza.

Valor asegurable pérdidas consecuenciales (CONSEC_VALOR_ASEGURABLE)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor real o de reposición de las pérdidas consecuenciales según se hubiera contratado. Para el caso de pólizas que no sean a "primer riesgo" estos valores deben corresponder a las sumas aseguradas establecidas en la póliza.

En el caso de pérdidas consecuenciales, el valor asegurable debe ser el monto de la exposición anual, es decir, el valor estimado de las pérdidas que se producirían durante un año.

Valor asegurable bienes convenio expreso (CONVENIO_VALOR_ASEGURABLE)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor real o de reposición de los valores por convenio expreso según se hubiera contratado. Para el caso de pólizas que no sean a "primer riesgo" estos valores deben corresponder a las sumas aseguradas establecidas en la póliza.

Porcentaje de retención del valor asegurable (PORCENTAJE_RETENCION)

Dato obligatorio

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje que representa la obligación que quedará a cargo de la institución de seguros una vez descontada la parte de obligaciones cedidas en contratos de reaseguro proporcional, respecto de la obligación total suscrita en un contrato de seguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Debido a que el porcentaje de retención es el mismo para todos los inmuebles considerados en la póliza, el campo, dentro de la tabla TB_Incisos, puede estar vacío para cada uno de los bienes asegurados ya que el sistema R® lo ignorará. El porcentaje de retención que se aplicará a los inmuebles se deberá indicar en la tabla TB_Capas, en el campo Retencion.

Tipo de primer riesgo (TIPO_PRIMER_RIESGO)**Dato obligatorio**

Formato: número entero enumerado

Es el esquema del límite máximo de responsabilidad cuando actúa de manera combinada para varios rubros. En la tabla se muestran todas las posibles combinaciones para este campo, donde los cuatro dígitos representan de manera esquemática la condición del límite para cada rubro. El número "1" en cada una de las cuatro posiciones indica el rubro que presenta un límite combinado; el número "0" indica el rubro donde no se combina el límite máximo de responsabilidad, por lo que este límite se considera independiente en ese rubro. Para más información ver la definición de **Límite máximo combinado**.

INFORMACIÓN DE CAMPOS EN TIPO PRIMER RIESGO

Descripción de Tipo primer riesgo					
Valores	Inm	Cont	Cons	Conv	Descripción
0000	0	0	0	0	Límites independientes para cada rubro
0001	0	0	0	1	Límite en Convenio
0010	0	0	1	0	Límite en Pérdidas consecuenciales
0011	0	0	1	1	Límite combinado en Pérdidas consecuenciales y Convenio
0100	0	1	0	0	Límite en Contenidos
0101	0	1	0	1	Límite combinado en Contenidos y Convenio
0110	0	1	1	0	Límite combinado en Contenidos y Pérdidas consecuenciales
0111	0	1	1	1	Límite combinado en Contenidos, Pérdidas consecuenciales y Convenio
1000	1	0	0	0	Límite en Inmueble
1001	1	0	0	1	Límite combinado en Inmueble y Convenio
1010	1	0	1	0	Límite combinado en Inmueble y Pérdidas consecuenciales
1011	1	0	1	1	Límite combinado en Inmueble, Pérdidas consecuenciales y Convenio
1100	1	1	0	0	Límite combinado en Inmueble y Contenidos
1101	1	1	0	1	Límite combinado en Inmueble, Contenidos y Convenio
1110	1	1	1	0	Límite combinado en Inmueble, Contenidos y Pérdidas consecuenciales
1111	1	1	1	1	Límite combinado en Inmueble, Contenidos, Pérdidas consecuenciales y Convenio

La descripción anterior muestra todas las posibles combinaciones del primer riesgo, aunque es posible que algunas de ellas no se lleven en la práctica.

En las pólizas individuales este campo es obligatorio, por lo que se debe indicar el tipo primer riesgo que presenta la póliza.

En las pólizas colectivas no se requiere especificar el tipo a primer riesgo ya que estos valores son globales para los cuatro rubros. En estos casos, el límite se deberá indicar en el campo LimiteMaximo de la tabla TB_Capas.

Se entenderá que una póliza está contratada a primer riesgo cuando el límite máximo de responsabilidad sea inferior al valor asegurable del bien.

Límite máximo combinado (COMB_LIMITE_MAXIMO)**Dato obligatorio**

Formato: número [en moneda]

Es el valor máximo o el límite máximo de responsabilidad que tiene la aseguradora en la combinación de los rubros de inmueble, contenidos, pérdidas consecuenciales y convenio expreso. Este campo opera de manera conjunta con el campo de tipo de primer riesgo descrito anteriormente.

Límites independientes

Si el campo **tipo primer riesgo es igual a "0000"**, significa que no existe un límite combinado. Es decir, el límite funciona de manera independiente para cada uno de los cuatro rubros. En estos casos este campo puede dejarse vacío ya que el sistema R® lo ignorará y calculará las pérdidas considerando el límite que se presente de manera independiente en: INM_LIMITE_MAXIMO, CONT_LIMITE_MAXIMO, CONSEC_LIMITE_MAXIMO y CONVENIO_LIMITE_MAXIMO.

Límite combinado

Si el campo **tipo primer riesgo es diferente de "0000"** significa que la póliza presenta un límite combinado en al menos uno de los rubros, por lo que este monto deberá capturarse en este campo y será la combinación de los rubros que tengan "1" en el tipo primer riesgo.

Por ejemplo, si se tiene un tipo primer riesgo "1100", significa que hay un límite combinado para Inmueble y Contenidos y que deberá indicarse en COMB_LIMITE_MAXIMO, y límites independientes para Consecuenciales y Convenio, que a su vez se indicarán en CONSEC_LIMITE_MAXIMO y CONVENIO_LIMITE_MAXIMO, respectivamente.

Para calcular las pérdidas, el sistema R® aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Límite del inmueble (INM_LIMITE_MAXIMO)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor máximo que la aseguradora está obligada a pagar en las coberturas de Inmuebles a lo previsto en el contrato de seguro.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla TB_Capas en el campo LimiteMaximo ya que es global para toda la póliza.

Límite en contenidos (CONT_LIMITE_MAXIMO)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor máximo que la aseguradora está obligada a pagar en las coberturas de Contenidos de acuerdo a lo previsto en el contrato de seguro.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla TB_Capas en el campo LimiteMaximo ya que es global para toda la póliza.

Límite en pérdidas consecuenciales (CONSEC_LIMITE_MAXIMO)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor máximo que la aseguradora está obligada a pagar en las coberturas de Pérdidas consecuenciales de acuerdo a lo previsto en el contrato de seguro.

Límite en bienes bajo convenio expreso (CONVENIO_LIMITE_MAXIMO)

Datos obligatorios

Formato: número [en moneda]

Es el valor máximo que la aseguradora está obligada a pagar en las coberturas de Convenio de acuerdo a lo previsto en el contrato de seguro.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla TB_Capas en el campo LimiteMaximo ya que es global para toda la póliza.

Deducible combinado (COMB_DEDUCIBLE)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje del valor asegurable que quedará a cargo del asegurado en caso de siniestro. Este campo opera de manera conjunta con el campo tipo de primer riesgo, dependiendo de las combinaciones que se tienen para cada rubro, el sistema R[®] obtiene el porcentaje combinado.

En caso de contratos que prevean deducibles expresados en otras modalidades, la aseguradora deberá recalcularlo mediante criterios técnicos a términos porcentuales del valor asegurable. Para el cálculo de las pérdidas, el sistema R[®] aplica el deducible al mismo tiempo que el límite de responsabilidad y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, renglón Deducible del campo LimiteMaximo.

Deducible inmueble (INM_DEDUCIBLE)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje del valor asegurable del inmueble que quedará a cargo del asegurado en caso de siniestro.

En caso de contratos que prevean deducibles expresados en otras modalidades, la aseguradora deberá recalcularlo mediante criterios técnicos a términos porcentuales del valor asegurable. Para el cálculo de las pérdidas, el sistema R[®] aplica el deducible al mismo tiempo que el límite de responsabilidad y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, en el renglón Deducible del campo LimiteMaximo.

Deducible contenidos (CONT_DEDUCIBLE)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje del valor asegurable de los contenidos que quedará a cargo del asegurado en caso de siniestro.

En caso de contratos que prevean deducibles expresados en otras modalidades, la aseguradora deberá recalcularlo mediante criterios técnicos a términos porcentuales del valor asegurable. Para el cálculo de las pérdidas, el sistema R[®] aplica el deducible al mismo tiempo que el límite de responsabilidad y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, en el renglón Deducible del campo LimiteMaximo.

Deducible por pérdidas consecuenciales (CONSEC_DEDUCIBLE)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje del valor asegurable de las pérdidas consecuenciales que quedará a cargo del asegurado en caso de siniestro.

En caso de contratos que prevean deducibles expresados en otras modalidades, la aseguradora deberá recalcularlo mediante criterios técnicos a términos porcentuales del valor asegurable. Para el cálculo de las pérdidas, el sistema R[®] aplica el deducible al mismo tiempo que el límite de responsabilidad y antes de aplicar coaseguro.

En el caso específico de pérdidas consecuenciales, el deducible que corresponde al periodo de espera, el cual se expresa comúnmente en días, deberá traducirse a un valor porcentual dividiendo el número de días que comprende dicho periodo, entre 365.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, en el renglón Deducible del campo LimiteMaximo.

Deducible bienes bajo convenio expreso (CONVENIO_DEDUCIBLE)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje del valor asegurable de los bienes bajo convenio expreso que quedará a cargo del asegurado en caso de siniestro.

En caso de contratos que prevean deducibles expresados en otras modalidades, la aseguradora deberá recalcularlo mediante criterios técnicos a términos porcentuales del valor asegurable. Para el cálculo de las pérdidas, el sistema R® aplica el deducible al mismo tiempo que el límite de responsabilidad y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, en el renglón Deducible del campo LimiteMaximo.

Coaseguro combinado (COMB_COASEGURO)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo. Este campo opera de manera conjunta con el campo tipo de primer riesgo, dependiendo de las combinaciones que se tienen para cada rubro el sistema R® obtiene el porcentaje combinado.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica primero el deducible y el límite de responsabilidad y después el coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas en el campo Coaseguro.

Coaseguro inmueble (INM_COASEGURO)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo del inmueble. Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica primero el deducible y el límite de responsabilidad y después el coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, campo Coaseguro.

Coaseguro por contenidos (CONT_COASEGURO)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo de los contenidos. Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica primero el deducible y el límite de responsabilidad y después el coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, campo Coaseguro.

Coaseguro por pérdidas consecuenciales (CONSEC_COASEGURO)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo de las pérdidas consecuenciales. Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica primero el deducible y el límite de responsabilidad y después el coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, campo Coaseguro.

Coaseguro bienes bajo convenio expreso (CONVENIO_COASEGURO)**Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo del convenio expreso. Para el cálculo de las pérdidas el sistema R® aplica primero el deducible y el límite de responsabilidad y después el coaseguro.

Pólizas colectivas. Este dato es global para toda la póliza y se deberá indicar en la tabla TB_Capas, campo Coaseguro.

4.2 Datos de localización

Este grupo de datos permitirá que el sistema R® determine la localización con distintos niveles de aproximación de cada inmueble asegurado. Con esta localización se calculará el peligro o amenaza ante todos los eventos. De igual manera, cuando se trate de carteras con varias ubicaciones o inmuebles, se deberá indicar la localización de cada una de ellas.

Se tendrá especial atención para que la localización que se indique sea precisamente la del inmueble y no de la oficina matriz de la empresa o el domicilio fiscal o del lugar al que se envía la póliza

El sistema R® considera dos posibles formas para localizar una ubicación:

1. Ubicación aproximada, por código postal (código de localización). El código postal es un dato poco preciso para determinar la localización de la estructura, pero es muy fácil de conseguir.
2. Ubicación precisa, por coordenadas geográficas (longitud y latitud). Aunque es deseable que todas las ubicaciones tengan su coordenada geográfica, se recomienda que al menos en los inmuebles que se consideren más importantes de la cartera, tengan este dato. Las coordenadas geográficas, como se verá más adelante, se pueden obtener actualmente con herramientas fácilmente disponibles.

Clave del País (CLAVE_PAIS)**Datos obligatorios**

Formato: número entero [52]

Es la clave del país que se ingresa para que el sistema R®, identifique los archivos y consideraciones que utiliza cada país en particular. El sistema R® tiene configuraciones para poder correr uno o más países, esto dependerá de la licencia adquirida y las necesidades del usuario.

La clave que utiliza el sistema R® en México es 52.

Código postal (CODIGO_LOCALIZACION)**Dato obligatorio cuando no se tienen las coordenadas**

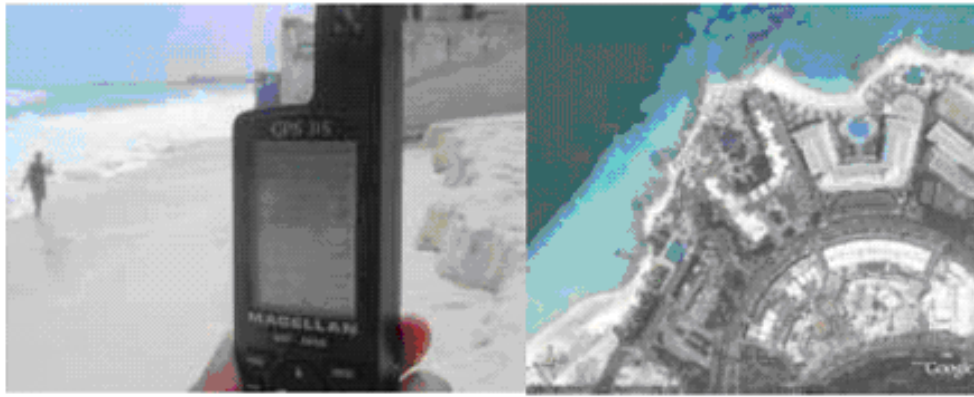
Formato: número entero [del 01000 al 99999]

Es un número entero compuesto de cinco dígitos que está asociada a un área geográfica del país. Cada posición, leída de izquierda a derecha, permite identificar una zona específica dentro de la República Mexicana. Generalmente las dos primeras posiciones corresponden a la Entidad Federativa o a la Delegación en el caso del Distrito Federal. La tercera posición indica una ciudad importante, un municipio o una de las diez áreas en que está dividida postalmente cada Delegación del Distrito Federal. La cuarta representa un municipio o colonia de una ciudad y la quinta un conjunto de manzanas o el número específico de una dependencia. Sin embargo, los códigos postales no fueron creados para localizar edificaciones sino, evidentemente, como una herramienta para repartir correo, por lo que no es posible asignarles a todos ellos un solo par de coordenadas.

Coordenada geográfica de longitud (LONGITUD)**Coordenada geográfica de latitud (LATITUD)****Datos opcionales**

Formato: número [longitud -117.5000 a -86.5000 grados, latitud 14.5000 a 33.0000 grados]

Ubicación del inmueble en términos de coordenadas geográficas, en notación decimal (los minutos y segundos deben cambiarse a esta notación). Debido a que un grado es aproximadamente equivalente a 100 km, deben incluirse por lo menos cuatro decimales para tener una precisión mínima de +10 m.

**Imagen (1a)****Imagen (1b)**

Imágenes 1a y 1b. Formas para conocer las coordenadas de una ubicación: (a) dispositivo GPS (usado por el instituto de ingeniería durante la inspección de los daños) y (b) imagen de una ubicación en Google Earth donde se aprecia que es posible fijar las coordenadas precisas de prácticamente cualquier ubicación.

Las coordenadas geográficas se pueden obtener:

- En gabinete, con ayuda de planos muy detallados.
- En campo (Imagen 2a), con ayuda de dispositivos GPS (Global Positioning Systems). En este caso debe tomarse en cuenta que la resolución de algunos dispositivos puede variar por decenas de metros, lo que sería particularmente grave si las coordenadas indicadas caen por error en el mar, lo que para el sistema R® no es aceptable y optaría por localizar el edificio con el código postal.
- Por Internet, con herramientas como Google Earth® (Imagen 2b). En este caso se debe personalizar para que muestre las coordenadas en grados decimales, ya que la opción por omisión es grados-minutos-segundos.
- En caso de que se indiquen coordenadas geográficas, el sistema R® asumirá que esta información es precisa y no tomará en cuenta el código postal. Sin embargo, si la combinación de coordenadas latitud-longitud se encuentra fuera de las costas del país, el sistema R® advertirá del error y localizará la estructura con el código postal.

4.4 Datos de la estructura

El siguiente grupo de datos le permitirá al sistema R® determinar la vulnerabilidad de cada una de las estructuras dentro de la base de datos. El sistema R® calcula el riesgo para dos tipos de edificaciones: industriales y no industriales. Cada uno de estos dos tipos puede considerar distintos tipos estructurales y tener características particulares, lo que puede arrojar un riesgo también distinto.

Existen dos grupos de datos que ayudarán a definir esta vulnerabilidad: 1) Dato técnico para conocer el tipo estructural y 2) Datos de otras características estructurales

1. Dato técnico para conocer el tipo estructural

Se utiliza específicamente para asignar el tipo estructural. Algunos ejemplos de estos sistemas son estructuras formadas por marcos de concreto, marcos de acero, losa plana, muros de concreto y muros de mampostería, entre otros.

El campo donde se ingresa el tipo estructural es:

CLASE_SISMO

2. Datos de otras características estructurales

Estos datos brindarán información adicional sobre algunas características particulares que definen, con mucha mayor precisión, la vulnerabilidad de la estructura asegurada. Algunos ejemplos de estas características son inmuebles que presentan irregularidades en planta y elevación, ubicación en esquina, si presentan hundimientos diferenciales o sobrepeso, entre otros.

Los campos dentro de este grupo son los siguientes:

NUM_PISOS
 AÑO_CONSTRUCCION
 COLUMNAS_CORTAS
 SOBREPESO
 GOLPETEO
 ESQUINA
 IRRE_ELEVACION
 IRRE_PLANTA
 HUNDIMIENTOS
 DAÑOS_PREVIOS
 FUE_REPARADO
 FUE_REFORZADO
 AÑO_REFUERZO

Número de pisos (NUM_PISOS)

Dato obligatorio

Formato: número entero [1 al 55]

Corresponde al número de pisos que tiene el edificio que se quiere evaluar. El número de pisos se debe contar a partir de la planta baja, sin incluir sótanos. En caso de que el edificio se ubique en una loma y por la pendiente del terreno esté escalonado, el número de pisos debe de contarse a partir del piso más bajo. Cuando existan mezzanines se deben contar éstos como pisos. Algunos ejemplos de estos casos se muestran en la Imagen siguiente.

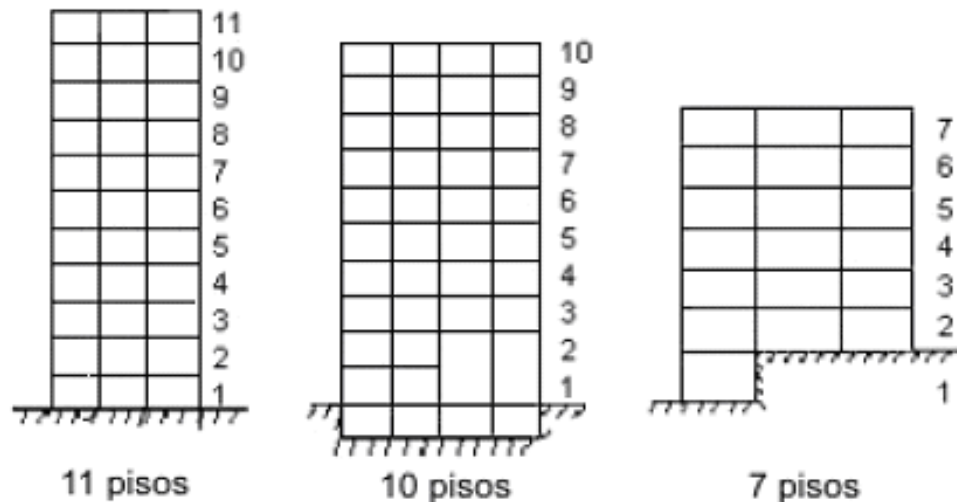


Imagen. Ejemplos de edificios con diferente número de pisos.

Tipo Estructural (CLASE_SISMO)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

El tipo estructural es el conjunto de elementos capaces de resistir cargas en las construcciones sin que exista una deformación excesiva. Para el sistema R®, es indispensable definir el tipo estructural de los edificios y naves industriales, ya que de esto dependerá su comportamiento ante los fenómenos naturales. Este comportamiento se expresa mediante funciones de vulnerabilidad para cada tipo.

En la siguiente tabla se describen los diferentes tipos estructurales que contempla el sistema R®. El dato que se indica en la columna "Nombre" es la que se ingresa en el campo CLASE_SISMO.

INFORMACIÓN DE NOMBRES DE TIPOS ESTRUCTURALES

	Tipo estructural	Nombre
1	Muros de carga de mampostería	SMex_Muros_01
2	Marco de concreto	SMex_Marcos_01
3	Marcos y muros de concreto	SMex_Marcos_02
4	Marco de concreto contraventeado	SMex_Marcos_03
5	Columnas y losas planas de concreto	SMex_LosaPlana_01
6	Columnas y losas planas de concreto con muros	SMex_LosaPlana_02
7	Columnas y losas planas de concreto con contraventeo	SMex_LosaPlana_03
8	Muros y losas planas de concreto	SMex_LosaPlana_04
9	Marcos de acero	SMex_Marcos_04
10	Marcos de acero contraventeado	SMex_Marcos_05
11	Marcos de acero con muros de concreto	SMex_Marcos_06
12	Estructura prefabricada de concreto	SMex_Prefabricada_01
13	Industrial con cubierta con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada	SMex_Industrial_01
14	Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada	SMex_Industrial_02
15	Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada	SMex_Industrial_03
16	Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada	SMex_Industrial_04
17	Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada	SMex_Industrial_05
18	Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada	SMex_Industrial_06
19	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada	SMex_Industrial_07
20	Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada	SMex_Industrial_08
21	Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada	SMex_Industrial_09
22	Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada	SMex_Industrial_10
23	Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada	SMex_Industrial_11
24	Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada	SMex_Industrial_12

Nota: En el Anexo 1 se hace una descripción más detallada de cada una de estos tipos estructurales.

Uso del inmueble (USO_INMUEBLE)**Dato obligatorio**

Formato: número entero [1 al 30]

Se debe seleccionar el uso principal del edificio de acuerdo a la Tabla **Catálogo de uso de inmueble**. Si en el catálogo no se encuentra la opción exacta, se deberá seleccionar la que de acuerdo al criterio del usuario se aproxime más al uso de la estructura.

La importancia de indicar el uso se debe a que el diseño de las estructuras está en función del mismo, por lo que el sistema R® también toma en cuenta estas consideraciones. El uso del edificio es importante también porque define el tipo de contenidos y su vulnerabilidad.

Es común que una misma póliza contenga varios inmuebles con diferentes usos. En estos casos se recomienda introducir cada uno de ellos, con su respectiva clave, para que el cálculo de las pérdidas sea más preciso.

CATÁLOGO DE USO DE INMUEBLE

Clave	Uso del inmueble
1	Almacén
2	Banco
3	Biblioteca
4	Central de Comunicaciones
5	Central Eléctrica
6	Centro Comercial
7	Comercio
8	Depósito de Sustancias Explosivas
9	Depósito de Sustancias Inflamables
10	Depósito de Sustancias Tóxicas
11	Escuela
12	Estacionamiento
13	Fábrica
14	Funeraria
15	Hangar
16	Hospital
17	Hotel
18	Industria
19	Laboratorio
20	Librería
21	Museo
22	Oficina Gubernamental
23	Oficina Privada
24	Restaurante
25	Servicios de Emergencia
26	Terminal de Transporte
27	Tienda de Departamentos
28	Vivienda (Casa habitación convencional)
29	Otro
30	Gasolineras

De los usos mostrados en la tabla anterior, se distinguen tres grupos, aquellos de estructuras tipo edificio, tipo industrial y otros. A continuación se describen de manera general los dos primeros.

- Tipo Edificio. Es el tipo más común. Se utiliza principalmente para oficinas, viviendas, escuelas, hospitales, pequeños comercios, entre otros. Consta de columnas, trabes, muros y losas rígidamente unidas en todos los niveles.
- Tipo Industrial. Sistemas estructurales que en general se usan para fábricas, talleres, almacenes, bodegas y plantas de ensamble, entre otras. Algunas edificaciones de uso comercial pueden tener una estructura tipo industrial, como casi todas las tiendas de autoservicio formados por estructuras de grandes claros de un solo nivel.

Fecha de construcción (AÑO_CONSTRUCCION).**Dato opcional**

Formato: número entero [De 1325 al 2040]

Especifica la fecha de construcción del inmueble. El año de construcción refleja indirectamente el reglamento de construcción que se empleó para su diseño. Con el paso del tiempo, los reglamentos de construcción han tenido modificaciones importantes, especialmente para algunos tipos estructurales en lo relativo al diseño por sismo. Para conocer el año de construcción del edificio se puede preguntar al dueño o recurrir a los planos estructurales o arquitectónicos.

Columna corta (COLUMNAS_CORTAS).**Dato opcional**

Formato: número entero [0 ó 1]

Se deberá definir si la estructura:

1. tiene columnas cortas
0. no tiene columnas cortas

Se le llama columna corta a aquella cuya altura se reduce por la presencia de elementos arquitectónicos adosados a ella. Estos elementos arquitectónicos generalmente son pretils, faldones o muros de media altura que están ligados a la columna, pudiendo ser de mampostería (ladrillo o block) o de concreto. Generalmente las columnas cortas, si existen, se pueden identificar en las fachadas, aunque pudieran existir en el interior del edificio.

Para que una columna se clasifique como columna corta deberá haber una relación entre la altura del pretil y la altura del entrepiso mayor o igual que 0.25, es decir, la altura del pretil deberá ser de al menos una cuarta parte de la altura de la columna. Además, el pretil y la columna deberán estar en íntimo contacto.

La presencia de columnas cortas en una estructura la hace más vulnerable, por lo que será de vital importancia que se identifique su posible existencia, lo que puede resultar relativamente sencillo.

Sobrepeso (SOBREPESO).**Dato opcional**

Formato: número entero [0 ó 1]

Se deberá definir si el edificio:

1. tiene sobrepeso
0. no tiene sobrepeso

Las estructuras son diseñadas para un nivel de carga de acuerdo al uso que se le dará al inmueble. Sin embargo, algunos cambios en el uso durante su vida útil pueden implicar un cambio importante en la carga que se le impone a la estructura. Un ejemplo de esto es el caso de un edificio que fue diseñado en la década de los años 60's para oficinas y hoy se ocupa como bodega de almacenamiento de telas.

Otra situación que implicaría sobrepeso, se localiza en aquellas oficinas en las que existen archivos de papeles y documentos de forma abundante, en gran parte del área del edificio y en los niveles superiores del mismo. Se deberá indicar que el inmueble tiene sobrepeso sólo cuando éste se encuentre en un área mayoritaria de su superficie.

Posibilidad de golpeteo (GOLPETEO).**Dato opcional**

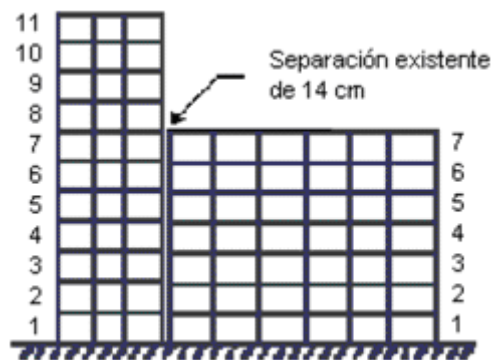
Formato: número entero [1 al 4]

Se definirá si el edificio tiene posibilidades de golpeteo durante un sismo, de acuerdo a la tabla **Catálogo posibilidad de golpeteo**. El golpeteo entre edificios puede causar daños importantes a uno o ambos de los edificios que intervienen en el mismo. Para que estos no se golpeen entre sí durante un sismo intenso, la separación libre entre los edificios debe ser aproximadamente 3 cm por cada piso en el edificio de menor altura. Si la separación libre entre ambos edificios es menor, se debe indicar al Sistema R® que sí existe la posibilidad de golpeteo del edificio con algún edificio vecino.

CATÁLOGO POSIBILIDAD DE GOLPETEO

Clave	Posibilidad de golpeteo
1	Con edificios de menor altura
2	Con edificios de igual o de mayor altura
3	Con edificios de menor y mayor altura
4	No hay posibilidad de golpeteo

Para ejemplificar una manera de predecir si existirá golpeteo, en la siguiente figura se muestran dos edificios, uno de 11 niveles y otro de 7 niveles. La separación libre existente entre ellos es de 14 cm, pero se estima que el edificio pequeño tendrá un desplazamiento máximo de 7 niveles $\times$ 3 cm/nivel = 21 cm. Como la separación existente de 14 cm es menor que los 21 cm recomendados, entonces contemplar que existe la posibilidad de golpeteo entre estos dos edificios durante un sismo intenso.

**Imágenes 3. Golpeteo****Edificio en esquina (ESQUINA).****Dato opcional**

Formato: número entero [0 ó 1]

Se deberá definir si el edificio:

1. inmueble ubicado en esquina
0. no ubicado en esquina

Un edificio localizado en esquina es más vulnerable ante la acción de los sismos si los muros que colindan con las edificaciones vecinas son mucho más resistentes que los marcos (columna y trabes) de las fachadas, y no están adecuadamente desligados unos de los otros. De ser así, se tendrá un edificio con una gran irregularidad en planta, produciendo torsiones y un comportamiento indeseable, sobre todo en las fachadas que resultarán más flexibles y menos resistentes.

Cuando el edificio en esquina es simétrico o tiene los muros colindantes adecuadamente desligados de la estructura principal se tomará el criterio "0".

Irregularidad en altura (IRRE_ELEVACIÓN).**Dato opcional**

Formato: número entero [1 al 3]

Se deberá especificar si el inmueble es irregular en su altura de acuerdo con el siguiente criterio:

1. irregularidad nula
2. poca irregularidad
3. mucha irregularidad

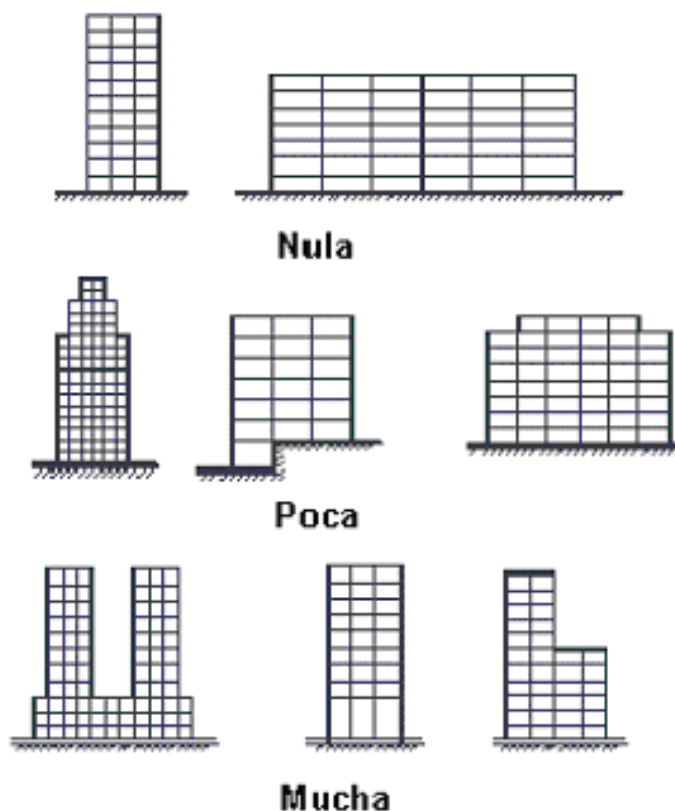


Imagen. Irregularidad en altura

La estructura es más vulnerable cuando la distribución de los elementos resistentes en la altura del edificio no es uniforme.

Configuraciones típicas que calificarían a un edificio con alta irregularidad en elevación:

- Edificios con un primer entrepiso muy alto en comparación con el resto de los pisos
- Edificios con un entrepiso cualquiera mucho más alto que el resto de los pisos
- Edificios en los que se suspende la altura en algún nivel y no ha sido desligado del resto de la estructura
- Edificios en los que elementos estructurales importantes (columnas o muros) se suspenden antes de llegar a la cimentación

Irregularidad en planta (IRRE_PLANTA).

Dato opcional

Formato: número entero [1 al 3]

Se deberá definir la irregularidad en planta del inmueble de acuerdo con el siguiente criterio:

1. irregularidad nula
2. poca irregularidad
3. mucha irregularidad

Las estructuras simples, simétricas y regulares, presentan en términos generales un mejor comportamiento que aquellas que no lo son. Bajo la acción de los sismos, las estructuras irregulares y asimétricas tienden a presentar movimientos de torsión que causan daños severos.

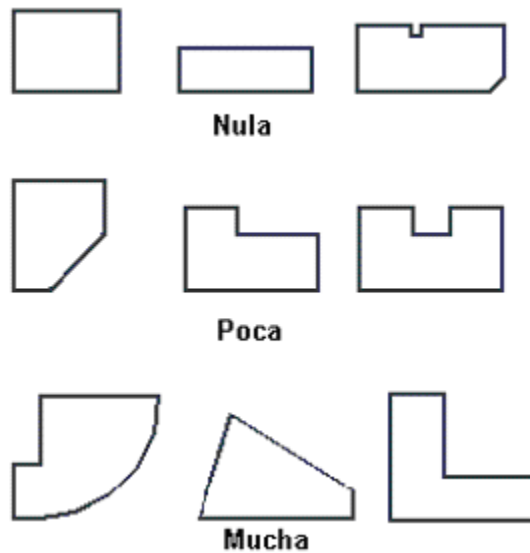


Imagen. Irregularidad en planta

Hundimientos diferenciales (HUNDIMIENTOS).*Dato opcional*

Formato: número entero [0 ó 1]

Se deberá definir si el inmueble:

1. tiene hundimientos diferenciales
0. no tiene hundimientos diferenciales

Los hundimientos diferenciales generan efectos que pueden ser apreciables a simple vista ya sea por los desplomes de la estructura (inclinación con respecto a la vertical) o por agrietamientos diagonales en muros divisorios o muros de carga. Si los asentamientos son pequeños sólo afectarán a elementos no estructurales y acabados, con poca posibilidad de afectar la estabilidad de la estructura. Sin embargo, cuando los hundimientos diferenciales son grandes, y se aprecian a simple vista, sus efectos sobre los elementos de la estructura pueden ser considerables.

Los hundimientos diferenciales son más probables en zona de suelos blandos y pueden ser producidos a causa de un sismo, como consecuencia de la construcción de una edificación vecina o por defectos de la cimentación.

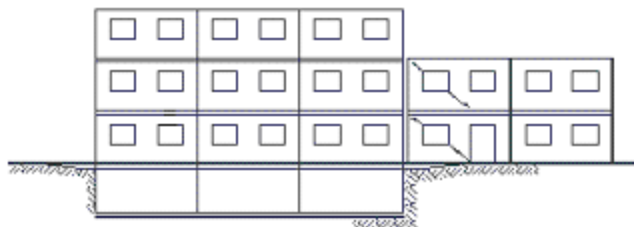


Imagen. Hundimientos diferenciales

Daños previos (DAÑOS_PREVIOS).*Dato opcional*

Formato: número entero [1 al 3]

Se deberá definir si el inmueble ha sufrido daños previos de acuerdo con el siguiente criterio:

1. inmueble sin daños previos
2. daños previos ligeros
3. daños previos severos

Una estructura que se ha dañado durante algún sismo ha manifestado su gran vulnerabilidad. Existe una clara evidencia de que aquellos edificios que colapsan o que tienen daños graves durante sismos intensos, es porque ya se habían dañado durante temblores previos.

En términos generales, será muy difícil identificar los daños estructurales de una edificación si es que ésta ha tenido un adecuado programa de mantenimiento. No obstante el buen mantenimiento no es señal de que la estructura vaya a tener un comportamiento satisfactorio en sismos futuros.

Es posible encontrar indicios de daños previos en aquellos lugares o partes de la estructura que generalmente quedan ocultos: muros de colindancia, ductos de instalaciones, cubos de escaleras o elevadores, sótanos y elementos estructurales tapados por plafones o acabados. La mejor manera de conocer si ha presentado algún tipo de daño es preguntando a los dueños u ocupantes, aunque esta información está limitada a los años más recientes. Si no se identifican claramente señales de daño estructural por sismos previos, se tomará el criterio 1 en este campo.

Reparación (FUE_REPARADO).

Dato opcional

Formato: número entero [0 ó 1]

Si ha tenido daños previos se deberá indicar si estos:

1. sí fueron reparados
0. no fueron reparados

Cuando una estructura fue dañada por algún sismo, pudo haber tenido reparaciones estructurales y no estructurales. En términos generales no será sencillo identificar el tipo de reparación que tuvo la edificación, aunque esto puede conocerse mediante la consulta de memorias de cálculo o realizando una inspección en sitios como muros de colindancia, ductos de instalaciones, cubos de escaleras o elevadores, sótanos, elementos estructurales tapados por plafones, etc. Si la reparación sólo consistió en el resane superficial de grietas, se deberá indicar que no fueron reparados, es decir, con el número "0". Reparar implica proveer de nuevo a la estructura su capacidad sismorresistente.

Reforzamiento (FUE_REFORZADO).

Dato opcional

Formato: número entero [0 ó 1]

Se deberá definir si la estructura:

1. sí ha sido reforzada
0. no ha sido reforzada

Desde el punto de vista estructural, reforzar es un paso más que reparar. Reforzar implica modificar y mejorar las características sismorresistentes de la edificación.

En la práctica profesional en México, las maneras más comunes que se han utilizado para el refuerzo de las estructuras han sido utilizando diagonales de contraventeo de perfiles de acero o cables, encamisado de columnas y trabes de concreto mediante celosías de acero o inclusión de muros de concreto. Normalmente estas reparaciones son tan generalizadas que no se pueden ocultar del todo, por lo que su identificación es relativamente sencilla, aunque en algunos casos podrán estar ocultas por acabados arquitectónicos. Es recomendable revisar cubos de escaleras y elevadores, fachadas laterales y posteriores.

Fecha de reforzamiento (AÑO_REFUERZO).

Dato opcional

Formato: número entero [De 1325 al 2040]

En caso de que la estructura haya sido reforzada, tal y como se describe en el punto anterior, se deberá indicar el año en que se realizó el refuerzo ya que en ella se encuentra implícito el código o reglamento de construcción vigente durante el refuerzo.

5. Definición de datos para pólizas colectivas

En esta sección se establecen los datos que identifican las características de las pólizas colectivas y las pólizas con capas.

Las pólizas colectivas son aquellas que amparan dos o más inmuebles con un límite de responsabilidad único, por lo que al menos deben contener una capa que defina este límite o varias capas que definan los esquemas de reaseguro, comunes para todos los inmuebles.

Una póliza individual puede tener capas sólo si ésta comparte un límite máximo de responsabilidad único para todos sus rubros (inmueble, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio), para lo cual se debe definir un encabezado igual al de las pólizas colectivas y de la misma manera los esquemas de capas para definir el reaseguro no proporcional. En resumen, una póliza individual puede tener capas sólo si se modela como una póliza colectiva de un solo registro.

La manera en que se ingresan las pólizas colectivas es utilizando la tabla TB_Incisos, descrita con anterioridad, y dos tablas adicionales, TB_Capas y TB_DatosGenerales. En términos prácticos, esta última se relaciona, mediante el número de póliza, con las otras dos tablas para formar las pólizas colectivas. La siguiente imagen muestra el diagrama entidad relación de las tablas.

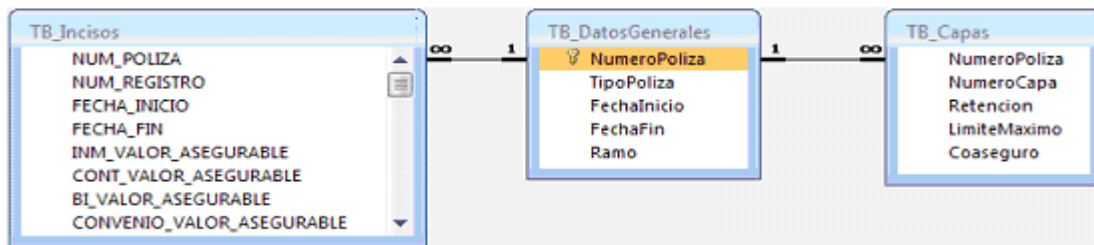


Imagen. Diagrama entidad relación en pólizas colectivas

Cada uno de los incisos son vinculados a una sola póliza colectiva mediante un encabezado que contiene los datos de referencia de la misma, tal y como se muestra en la imagen siguiente:

NumeroPoliza	TipoPoli	FechaInicio	FechaFin	Ramo	Agre
EDIFICIOS_SISMO_1	1	01/01/2012	01/01/2013	SISMO	
NUM_REGISTRO	FECHA_INIC	FECHA_FIN	INM_VALOR_ASEGURABLE		
1			\$25,000.00		
2			\$25,000.00		
3			\$25,000.00		
4			\$25,000.00		
5			\$25,000.00		
6			\$25,000.00		
7			\$25,000.00		
8			\$25,000.00		
9			\$25,000.00		
10			\$25,000.00		

Imagen. Relación de tablas entre TB_DatosGenerales y TB_Incisos

Este encabezado también se utiliza para definir las capas que indican los valores globales y las variables de reaseguro.

NumeroPoliza	TipoPoliza	FechaInicio	FechaFin	Ramo
EDIFICIOS_SISMO_1	1	01/01/2012	01/01/2013	SISMO
NumeroCapa	Retencion	LimiteMaximo	Coaseguro	
Capa1	0	5000000		
Capa2	50	15000000		
*				

Imagen. Relación de tablas entre TB_DatosGenerales y TB_Capas

Tipo de datos

Los datos que requiere el sistema R® estarán en archivos de Access® con un nombre y tipo de dato específico. Estos nombres se indican en las tablas TB_Incisos, TB_Capas y TB_DatosGenerales, en donde los datos deben ser exactamente iguales a los indicados.

Debido a que la tabla TB_Incisos se describió anteriormente, en esta sección se hará la descripción de las tablas TB_Capas y TB_DatosGenerales.

INFORMACIÓN DE TIPO GENERAL PARA CARTERAS COLECTIVAS Y CON CAPAS

Tabla TB_DatosGenerales					
Grupo	No.	Campo	Tipo de dato	Valores	Requerido
Generales	1	NumeroPoliza	Alfanumérico		Obligatorio
	2	TipoPoliza	Número Entero	1 al 2	Obligatorio
	3	FechaInicio	Fecha	01/01/2010 ó posterior	Obligatorio
	4	FechaFin	Fecha	01/01/2011 ó posterior	Obligatorio
	5	Ramo	Alfanumérico		Obligatorio

INFORMACIÓN DE TIPO FINANCIERO PARA CARTERAS COLECTIVAS Y CON CAPAS

Tabla TB_Capas					
Grupo	No.	Campo	Tipo de dato	Valores	Requerido
Financiero	1	NumeroPoliza	Alfanumérico		Obligatorio
	2	NumeroCapa	Alfanumérico		Opcional
	3	Retencion	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio
	4	LimiteMaximo	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	5	Coaseguro	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio

5.1 Definición de datos generales tabla TB_DatosGenerales

Es la tabla principal de las carteras colectivas, se relaciona con las tablas TB_Incisos y TB_Capas. La tabla TB_DatosGenerales contiene información general de todas las pólizas colectivas.

Número de póliza cómo llave primaria (NumeroPoliza)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Es la clave que se utiliza para identificar cada póliza colectiva. Este dato debe ser único para esta tabla y no deberá repetirse, ya que con él se hacen las relaciones a las tablas TB_Incisos y TB_Capas.

Este campo se emplea para vincular una póliza colectiva con los inmuebles que pertenecerán a ella. Estos registros, contenidos en la tabla TB_Incisos, deberán tener exactamente el mismo número de póliza que el utilizado en este campo, incluyendo mayúsculas, minúsculas y caracteres especiales.

Tipo de póliza colectiva (TipoPoliza)

Dato obligatorio

Formato: número entero [1 ó 2]

Este campo identifica el tipo de póliza colectiva con las siguientes opciones:

1. Semi-agrupadas: Comparten el mismo límite máximo de responsabilidad, y tanto el deducible como el coaseguro se toma de cada registro dentro de la tabla TB_Incisos.

2. Agrupadas: Comparten el mismo límite máximo de responsabilidad, el deducible y coaseguro es de manera global para toda la póliza.

Estas opciones son igualmente aplicables a las pólizas independientes que se modelan como colectivas y de esta manera poder ingresar esquemas de reaseguro por capas.

Fecha de inicio de póliza colectiva (FechaInicio)

Datos obligatorios

Formato: dd/mm/aaaa

Este dato se refiere a la fecha de inicio de vigencia de la póliza colectiva y tienen las mismas características que las fechas de vigencia de las pólizas individuales. El sistema, por convención, considerará el día de inicio de la vigencia de 24 horas; si la fecha de corte coincide con la fecha de inicio de una póliza, el sistema toma como vigente dicha póliza.

En una póliza colectiva el dato de fecha inicio de vigencia es de manera global para todos los registros que pertenecen a ella, por lo que deberá de indicarse en la tabla TB_DatosGenerales. Si este dato se ingresa en la tabla TB_Incisos, el sistema no lo tomará en cuenta.

Fecha de terminación de póliza colectiva (FechaFin)

Datos obligatorios

Formato: dd/mm/aaaa

Este dato se refiere a la fecha de fin de vigencia de la póliza colectiva y tiene la misma característica que la fecha de vigencia de las pólizas individuales. El sistema, por convención, considerará el último día de vigencia de la póliza de cero horas; si la fecha de evaluación de la reserva coincide con la fecha de finalización de una póliza, el sistema toma como fuera de vigencia dicha póliza. Para el caso de créditos hipotecarios que requieran un cálculo del mes completo deberá ponerse como fecha de terminación el primer día del mes siguiente.

En una póliza colectiva el dato de fecha fin de vigencia es de manera global para todos los registros que pertenecen a ella, por lo que deberá de indicarse en la tabla TB_DatosGenerales. Si este dato se ingresa en la tabla TB_Incisos, el sistema no lo tomará en cuenta.

Nombre del peligro (RAMO)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Se deberá definir el nombre del peligro o amenaza que se desea valorar. El objetivo de este campo es definir qué peligros o amenazas va a considerar el sistema R® en la evaluación, de acuerdo al tipo de licencia adquirida.

Para considerar el peligro sísmico en los cálculos, se deberá escribir el texto **SISMO** en el campo RAMO.

5.2 Definición de capas tabla TB_capas

En esta parte se explican los datos necesarios para ingresar un esquema de capas para definir el reaseguro no proporcional en pólizas colectivas o en una póliza individual (evaluada como una póliza colectiva de un solo registro).

Cada póliza puede tener un número diferente de capas, las cuales corresponden a diferentes contratos de reaseguro con varias compañías y con diferentes límites y prioridades. Las capas se definen por el número de renglones de la tabla correspondiente.

En la imagen siguiente se ilustra el ejemplo de dos pólizas con cuatro capas cada una. Las capas corresponden a una **póliza semi-agrupada**, indicada por la tabla superior y esquema izquierdo; y una **póliza agrupada**, tabla inferior y esquema derecho.

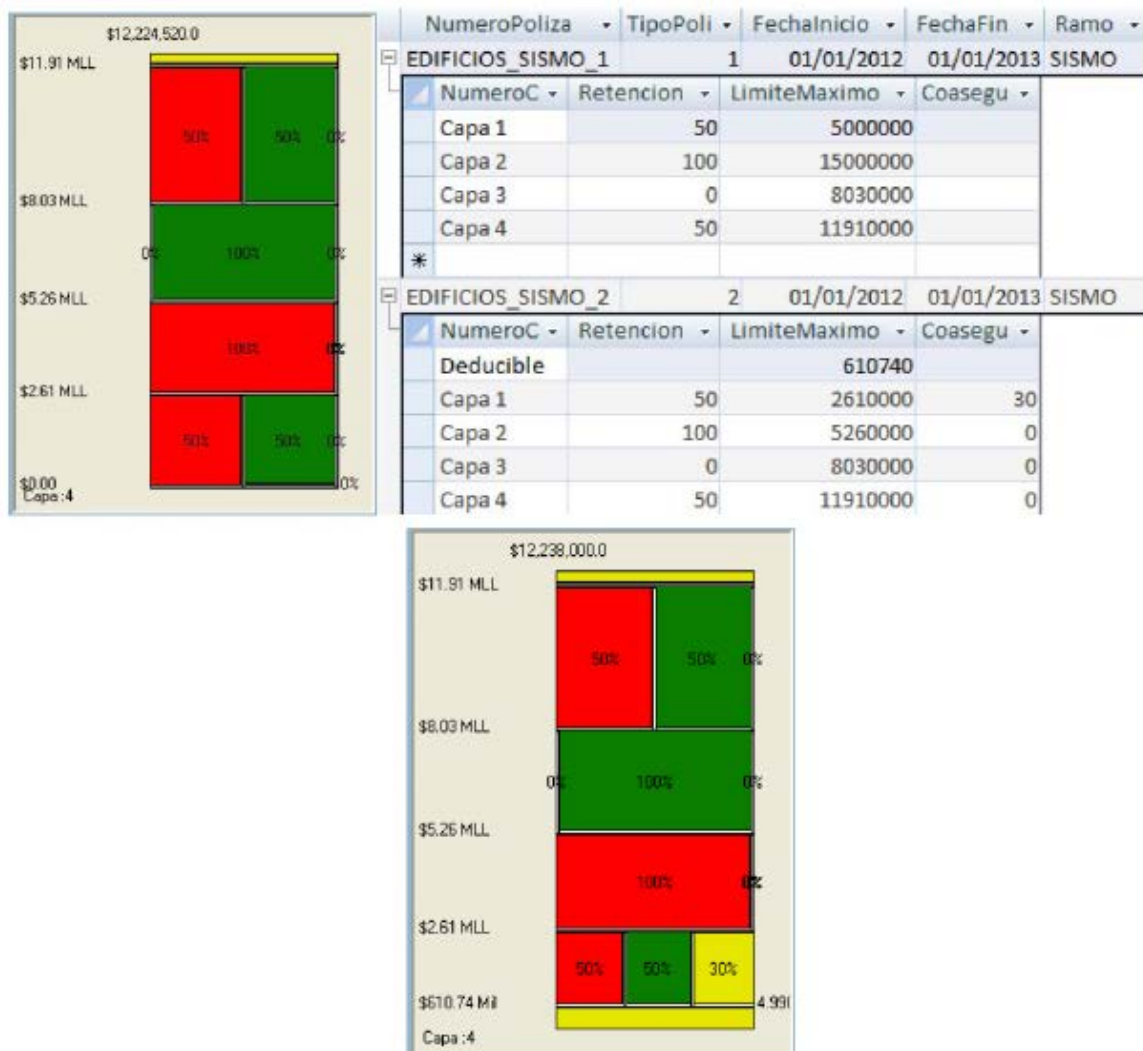


Imagen. Esquema de póliza con capas

Recuerde que en el campo TipoPoliza, "1" representa una póliza semi-agrupada y "2" una póliza agrupada.

Número de póliza (NumeroPoliza)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Es la clave para identificar cada registro o póliza. Este dato es alfanumérico. Para las pólizas colectivas, todas las ubicaciones que sean amparadas por ésta, deberán llevar el mismo número de póliza ya que este campo es el que identifica a qué póliza colectiva pertenece cada ubicación.

Descripción del número de capa (NumeroCapa)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Es la clave para identificar el número de capa de la póliza. Este dato es alfanumérico y por claridad se recomienda ingresar la palabra "Capa" seguido del número de capa que corresponda.

Generalmente las capas empiezan desde la **Capa 1**, pero para la definición del deducible en pólizas agrupadas se recomienda indicar la primera capa como **Deducible**, como se ilustra en la imagen Anterior.

Porcentaje de retención por capa (Retención)**Dato obligatorio**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje que representa la obligación que quedará a cargo de la compañía de seguros una vez descontada la parte de obligaciones cedidas en contratos de reaseguro a capas. En cada capa se debe definir un porcentaje de retención a excepción de la capa Deducible que corresponde al deducible de una póliza agrupada, por lo cual este campo debe quedar vacío.

Límite de la capa (LimiteMaximo)**Dato obligatorio**

Formato: número [en moneda]

Es el valor máximo del que se hace responsable la reaseguradora en la capa que participa. Para que una capa quede completamente definida se debe conocer tanto el límite como la prioridad, que es la cantidad máxima que la aseguradora decide pagar. Por fines prácticos, la prioridad se toma como el límite de la capa anterior y en el caso de la primera capa, la prioridad es igual a cero. Pare el caso de pólizas agrupadas, el límite de la primera capa es el deducible de la póliza.

Coaseguro de la capa (Coaseguro)**Dato obligatorio**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo, para la capa correspondiente.

En caso de pólizas semi-agrupadas no es necesario ingresar este valor, ya que por definición estas pólizas toman el coaseguro de cada inmueble. En pólizas agrupadas el coaseguro de la capa Deducible debe quedar vacío, ya que como se indicó esta capa corresponde al deducible de la póliza.

6. Definición de datos para las pólizas no valuables

Los datos que requiere el sistema R® estarán en archivos de Access® con un nombre y tipo de dato específico. El nombre de los campos para las pólizas no valuables se indican en la tabla TB RiesgosNoValuables, en donde el tipo de dato debe ser exactamente al indicado.

INFORMACIÓN DE CARTERAS PARA RIESGOS NO VALUABLES

Tabla TB_RiesgosNoValuables					
Grupo	No.	Campo	Tipo de dato	Valores	Requerido
De referencia	1	NUM_REGISTRO	Número Entero	1 a 3,000,000	Obligatorio
	2	NUM_POLIZA	Alfanumérico		Obligatorio
	3	TIPO_RIESGO	Número Entero	1 a 5	Obligatorio
	4	DESCRIPCION	Alfanumérico		Obligatorio
Financiero	5	FECHA_INICIO	Fecha	01/01/1900 a 31/12/2080	Obligatorio
	6	FECHA_FIN	Fecha	01/01/1900 a 31/12/2080	Obligatorio
	7	SUMA_ASEGURADA	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	8	PRIMA_EMITIDA	Moneda	0 a billones	Obligatorio
	9	FACTOR_RETENCION	Porcentaje	0 a 100	Obligatorio

6.1 Definición de carteras TB_RiesgosNoValuables**Número de registro (NUM_REGISTRO)****Dato obligatorio**

Formato: números enteros

Es un número único que tiene por objeto ordenar y llevar un control de todas las ubicaciones dentro del sistema R®. Al ser éste un número que no se repite, ayuda a identificar fácilmente cualquier registro de la cartera en el archivo de resultados por ubicación o en el archivo con el reporte de errores.

Número de póliza (NUM_POLIZA)**Dato obligatorio**

Formato: caracteres alfanuméricos

Es la clave para identificar cada registro o póliza. Este dato es alfanumérico.

Tipo de riesgo (TIPO_RIESGO)**Dato obligatorio**

Formato: número entero [1 al 5]

Se refiere a los tipos de riesgos no valuables. Las claves correspondientes se especifican en la tabla siguiente:

CATÁLOGO DE CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE RIESGO

Tipo de riesgo	Sección	Fracción/párrafo
1	3.3	I
2	3.3	II
3	3.3	III
4	3.3	IV
5	3.3	Párrafos penúltimo y último

Descripción (DESCRIPCION)**Dato obligatorio**

Formato: número entero [1 al 19]

Se refiere a las características de los tipos de riesgos no valuables. Las claves correspondientes se especifican en la tabla siguiente:

CATÁLOGO DE TIPO DE RIESGO

CLAVE	DESCRIPCIÓN
1	Aeropuertos
2	Sistemas de gas natural
3	Tuberías enterradas
4	Sistemas de instalaciones petroleras y petroquímicas
5	Sistemas eléctricos
6	Sistemas de drenaje (agua residual)
7	Presas
8	Plantas de tratamiento
9	Plantas potabilizadoras
10	Sistemas de suministro de agua potable

11	Puertos
12	Vías férreas
13	Puentes
14	Carreteras
15	Iglesias
16	Edificios históricos
17	Parques industriales
18	Teatros y auditorios
19	Otros.

Fecha de inicio (FECHA_INICIO)**Datos obligatorios**

Formato: dd/mm/aaaa

Este dato se refiere a la fecha de inicio de vigencia de la póliza que asegura el bien. El sistema R® por convención considerará el día de inicio de la vigencia de 24 horas; si la fecha de corte coincide con la fecha de inicio de una póliza, el sistema R® toma como vigente dicha póliza.

Fecha de terminación (FECHA_FIN)**Datos obligatorios**

Formato: dd/mm/aaaa

Este dato se refiere a la fecha de fin de vigencia de la póliza que asegura el bien. El sistema R® por convención considerará el último día de vigencia de la póliza de cero horas; si la fecha de evaluación de la reserva coincide con la fecha de finalización de una póliza, el sistema R® la toma como fuera de vigencia.

Valor de la Suma asegurada (SUMA_ASEGURADA)**Datos obligatorios**

Formato: número [en moneda]

Corresponde a la suma asegurada establecida en la carátula de la póliza.

Prima emitida (PRIMA_EMITIDA)**Datos obligatorios**

Formato: número [en moneda]

Corresponde a la prima emitida de cada registro por evaluar. En el caso particular de las pólizas de "tipo de riesgo 5", será necesario que en este campo se reporte la prima de riesgo emitida.

Factor de retención (FACTOR_RETENCION)**Dato obligatorio**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje que representa la obligación que quedará a cargo de la institución de seguros una vez descontada la parte de obligaciones cedidas en contratos de reaseguro proporcional, respecto de la obligación total suscrita en un contrato de seguro.

7. Definición de datos para los archivos de resultados

El sistema genera 3 archivos de salida que contienen información de los resultados de la evaluación, a continuación se describen cada uno de estos archivos.

7.1 Archivo de Errores

Genera el archivo de texto *_Errores.txt. Tal archivo listará los errores y advertencias detectados durante el proceso de generación de resultados (por ejemplo coordenadas no encontradas en el país, valores inválidos para cierto parámetro, etc.).

7.2 Archivo de Resultados Generales

Es un archivo Excel® nombrado *_Resultados Generales_SISMO.xls que muestra la información de resultados indicando la fecha de creación, fecha de corte, los archivos analizados, valores asegurables, primas y PML.

7.3 Archivo de Resultados por ubicación

Es un archivo Excel® nombrado *_Resultados por ubicacion_SISMO.xls y muestra la información referente a las primas por cada uno de los incisos. Cada registro de este archivo está integrado por datos identificados por las siguientes columnas:

NUMREG: Número de registro

Es el número de registro descrito en el capítulo 4.1 Datos de referencia que corresponde al campo NUM_REGISTRO

ZAGR: Zona de agrupación.

Este campo indica la zona de agrupación a la que pertenece cada uno de los registros evaluados. Esta zona de agrupación es la combinación del estado y zona sísmica, como se muestra en la tabla:

ZONA DE AGRUPACIÓN

ZAGR	CLAVE ESTADO	NOMBRE ESTADO	ZONA SISMICA
Zona_01	1	Aguascalientes	A
Zona_02	2	Baja California	B
Zona_03	2	Baja California	C
Zona_04	3	Baja California Sur	B
Zona_05	4	Campeche	A
Zona_06	4	Campeche	B
Zona_07	5	Coahuila	A
Zona_08	6	Colima	D
Zona_09	7	Chiapas	D
Zona_10	8	Chihuahua	A
Zona_11	9	Distrito Federal	E
Zona_12	9	Distrito Federal	F
Zona_13	9	Distrito Federal	G
Zona_14	9	Distrito Federal	H1
Zona_15	9	Distrito Federal	H2
Zona_16	10	Durango	A
Zona_17	11	Guanajuato	B
Zona_18	12	Guerrero	C
Zona_19	12	Guerrero	D
Zona_20	12	Guerrero	I
Zona_21	12	Guerrero	J
Zona_22	12	Guerrero	K
Zona_23	13	Hidalgo	B

ZAGR	CLAVE ESTADO	NOMBRE ESTADO	ZONA SISMICA
Zona_24	14	Jalisco	B
Zona_25	14	Jalisco	C
Zona_26	14	Jalisco	D
Zona_27	15	México	B
Zona_28	15	México	B1
Zona_29	16	Michoacán	B
Zona_30	16	Michoacán	C
Zona_31	16	Michoacán	D
Zona_32	17	Morelos	B
Zona_33	18	Nayarit	B
Zona_34	19	Nuevo León	A
Zona_35	20	Oaxaca	C
Zona_36	20	Oaxaca	D
Zona_37	21	Puebla	B
Zona_38	22	Querétaro	B
Zona_39	23	Quintana Roo	A
Zona_40	24	San Luis Potosí	A
Zona_41	25	Sinaloa	B
Zona_42	26	Sonora	B
Zona_43	26	Sonora	C
Zona_44	27	Tabasco	B
Zona_45	28	Tamaulipas	A
Zona_46	29	Tlaxcala	B
Zona_47	30	Veracruz	A
Zona_48	30	Veracruz	B
Zona_49	30	Veracruz	C
Zona_50	31	Yucatán	A
Zona_51	32	Zacatecas	A

El dato "ZAGR" no se ingresa directamente en la tabla "TB_Incisos", sino que utiliza los datos de ubicación de cada uno de los registros de la cartera para obtenerla. Los datos que toma como referencia para obtener la zona de agrupación son el código postal y las coordenadas geográficas estos últimos fueron descritos en el capítulo 4.3 Datos de localización que corresponden a CODIGO_LOCALIZACION, LONGITUD y LATITUD

VALASEG: Valor asegurable

Es el total de los valores expuestos para Inmueble, contenidos, perdidas consecuenciales y convenio expreso

VALRET: Valor retenido

Se refiere al monto retenido en la cobertura de daños al inmueble, contenidos, perdidas consecuenciales y convenio expreso neto de la porción cedida en contratos de reaseguro proporcional

PR_T: Prima de riesgo total

Se refiere a la pérdida anual esperada total. Valor promedio de la pérdida que se tendría en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de los sismos es estacionario y que las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después de un sismo. El valor se muestra en moneda

PR_T_AM: Prima de riesgo total al millar

Se refiere a la prima de riesgo total antes mencionada, en este campo el valor se muestra al millar.

PR_R: Prima de riesgo retenida

Se refiere a la pérdida anual esperada retenida por la compañía de seguros, el valor promedio de la pérdida retenida que se tendría en un año cualquiera, suponiendo que el proceso de ocurrencia de los sismos es estacionario y que las estructuras dañadas se les restituye su resistencia inmediatamente después de un sismo. El valor se muestra en moneda

PR_R_AM: Prima de riesgo retenida al millar

Se refiere a la prima de riesgo retenida antes mencionada, en este campo el valor se muestra al millar.

PR_T_DEV: Prima total devengada.

Se refiere a la porción de la prima total cuya vigencia ha transcurrido

PR_R_DEV: Prima retenida devengada.

Se refiere a la porción de la prima retenida cuya vigencia ha transcurrido

PR_T_NODEV: Prima total no devengada

Se refiere a la porción de la prima total cuya vigencia falta por transcurrir

PR_R_NODEV: Prima retenida no devengada.

Se refiere a la porción de la prima retenida cuya vigencia falta por transcurrir

PMAX_T: Pérdida máxima total.

Se refiere a las sumas de las pérdidas totales esperadas que se tendría del escenario más crítico.

PMAX_R: Pérdida máxima retenida.

Se refiere a las sumas de las pérdidas retenidas esperadas que se tendría del escenario más crítico.

Las columnas anteriores son las que se incluyen de manera predeterminada, es importante mencionar que también se puede agregar información de la cartera evaluada que el usuario requiera, ya que el sistema muestra en pantalla todos los campos de la cartera de los cuales hay que seleccionar los campos que se escribirán en este archivo de resultados.

Capítulo 2: Descripción de tipos estructurales**1. Descripción de tipos estructurales**

Los 24 tipos estructurales indicados en la tabla "Información de nombres de tipos estructurales", dentro del Capítulo 5 - Descripción de campos del Sistema R, se basan en cinco tipos principales: estructuras de muros, marcos, losa plana, estructuras prefabricada y estructuras para uso industrial. Como se verá más adelante, es posible que un tipo estructural sea de una combinación de más de uno de estos cinco tipos.

Cabe recordar que en la tabla TB_Incisos, es obligatorio indicar el tipo estructural de los edificios o naves industriales dentro del campo CLASE_SISMO, y con base a este dato se propondrá la función de vulnerabilidad correspondiente. Es por eso que se debe de indicar de manera acertada este dato para no sobre o subestimar su pérdida.

MUROS**SMex_Muros_01**

Descripción: Muros de carga de mampostería. Sistema estructural tradicional para casas habitación, se compone principalmente de muros hechos con materiales como tabique recosido, tabicón, tabique de barro (macizo o hueco) y roca natural, entre otros, unidos con mortero. Los muros pueden estar confinados por dadas y castillos.



Figura A-1. Aunque este tipo estructural predomina en casa habitación, también se observa en construcciones para uso industrial

MARCOS (COLUMNAS Y TRABES)

SMex_Marcos_01

Descripción: Marcos de concreto. Sistema estructural construido principalmente por marcos de concreto reforzado, fabricados en situ, que se forman por la combinación vigas horizontales que forman el cabezal y columnas laterales, todo unido rígidamente. Debajo del marco no hay elementos estructurales que le ayuden a soportar las cargas, en ocasiones los marcos tienen muros divisorios de materiales ligeros o de mampostería pero desligados del marco que no contribuyen a la capacidad de resistencia de la estructura.



Figura A-2. Tipo estructural con columnas y trabes de concreto reforzado

SMex_Marcos_02

Descripción: Marcos de concreto con muros de concreto. Estructuras basadas principalmente en marcos de concreto reforzado (combinación de columnas y vigas) y muros de concreto reforzado, ambos fabricados en situ. Las cargas de gravedad son transportadas por las columnas y las fuerzas sísmicas laterales son resistidas por los marcos y muros.



Figura A-3. Tipo estructural con columnas, trabes y muros de concreto reforzado

SMex_Marcos_03

Descripción: Marcos de concreto contraventeado. Sistema estructural construido principalmente por marcos de concreto reforzado, fabricados en situ, que se forman por la combinación vigas horizontales que forman el cabezal y columnas laterales, todo unido rígidamente. El marco está reforzado exteriormente por uno o varios elementos diagonales de acero (contraventeos) que unen las equinas contrarias superior e inferior del marco, para darle a éste mayor resistencia lateral.



Figura A-4. Columnas y trabes de concreto con contraventeo: Izq. diagonales en el exterior y Der. diagonales en el interior

SMex_Marcos_04

Descripción: Marcos de Acero. Sistema estructural construido principalmente por marcos de acero que se forman por la combinación vigas horizontales que forman el cabezal y columnas laterales. Debajo del marco no hay elementos estructurales que le ayuden a soportar las cargas, en ocasiones los marcos tienen muros divisorios de materiales ligeros o de mampostería pero desligados del marco que no contribuyen a la capacidad de resistencia de la estructura.



Figura A-5. Columnas y traveses de acero estructural

SMex_Marcos_05

Descripción: Marcos de acero contraventeado. Sistema estructural construido principalmente por marcos de acero que se forman por la combinación vigas horizontales que forman el cabezal y columnas laterales. El marco está reforzado exteriormente por uno o varios elementos diagonales también de acero (contraventeos) que unen las esquinas contrarias superior e inferior del marco, para darle a éste mayor resistencia lateral.



Figura A-6. Columnas y traveses de acero estructural con diagonales de acero

SMex_Marcos_06

Descripción: Marcos de acero con muros de concreto. Estructuras basadas principalmente en marcos de acero (combinación de columnas y vigas) y muros de concreto reforzado. Las cargas de gravedad son transportadas por las columnas y las fuerzas sísmicas laterales son resistidas por los marcos y muros.



Figura A-7. Columnas y traveses de acero estructural con muros de concreto

LOSAS PLANAS***SMex_LosaPlana_01***

Descripción: Losas planas de concreto con columnas de concreto. Estructuras que no tienen traveses o vigas en su sistema estructural, así que su sistema de piso está apoyado directamente sobre las columnas de concreto reforzado fabricadas en situ. Estas estructuras son flexibles y vulnerables a acciones sísmicas.

SMex_LosaPlana_02

Descripción: Losas planas de concreto con columnas y muros de concreto. Estructuras que no tienen traveses o vigas en su sistema estructural, así que su sistema de piso está apoyado directamente sobre las columnas y muros de concreto reforzado fabricados en situ.

SMex_LosaPlana_03

Descripción: Losas planas de concreto con columnas y muros de concreto con contraventeo. Estructuras que no tienen traveses o vigas en su sistema estructural, así que su sistema de piso está apoyado directamente sobre las columnas y muros de concreto reforzado fabricadas en situ. El sistema está reforzado exteriormente por uno o varios elementos diagonales de acero (contraventeos) que unen las esquinas contrarias superior e inferior de las columnas de concreto de un entrepiso a otro, para darle a éste mayor resistencia lateral.

SMex_LosaPlana_04

Descripción: Losas planas de concreto con muros de concreto. Sistema estructural que está formado principalmente por muros de concreto reforzado fabricados en situ y que su sistema de piso está apoyado directamente sobre muros de concreto.



Figura A-8. Losas planas de concreto con columnas de concreto: Izq. losa plana y Der. losa reticular

ESTRUCTURA PREFABRICADA

SMex_Prefabricada_01

Descripción: Estructura prefabricada de concreto. Sistema estructural hecho a base de piezas (trabes, columnas, muros, etc.) de concreto armado, las cuales tienen la característica de ser fabricadas en serie fuera de su ubicación final y de su posición definitiva. Las piezas se conjuntan mediante maniobras de montaje precisa y llegan a conformar el todo o la mayor parte de un edificio o construcción.



Figura A-9. Estructuras prefabricadas

INDUSTRIALES CON CUBIERTA LIGERA

SMex_Industrial_01

Descripción: Industrial con cubierta ligera con claros pequeños no rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es ligera y está constituida por alguno de los siguientes materiales: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia no mayor de 7m. Estas estructuras no están reforzadas lateralmente con algún elemento estructural como pueden ser muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex_Industrial_02

Descripción: Industrial con cubierta ligera con claros pequeños rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es ligera y está constituida por alguno de los siguientes materiales: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia no mayor de 7m. Los marcos de estas estructuras están reforzados con elementos estructurales como muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial_03

Descripción: Industrial con cubierta ligera con claros medianos no rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es ligera y está constituida por alguno de los siguientes materiales: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia entre 7m y 12m. Estas estructuras no están reforzadas lateralmente con algún elemento estructural como pueden ser muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial_04

Descripción: Industrial con cubierta ligera con claros medianos rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es ligera y está constituida por alguno de los siguientes materiales: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia entre 7m y 12m. Los marcos de estas estructuras están reforzados con elementos estructurales como muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial_05

Descripción: Industrial con cubierta ligera con claros grandes no rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es ligera y está constituida por alguno de los siguientes materiales: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia mayor de 12m. Estas estructuras no están reforzadas lateralmente con algún elemento estructural como pueden ser muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero.

SMex Industrial_06

Descripción: Industrial con cubierta ligera con claros grandes rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es ligera y está constituida por alguno de los siguientes materiales: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia mayor de 12m. Los marcos de estas estructuras están reforzados con elementos estructurales como muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).



Figura A-10. Industriales de cubierta ligera: Izq. no rigidizada y Der. rigidizada

INDUSTRIALES CON CUBIERTA PESADA**SMex Industrial_07**

Descripción: Industrial con cubierta pesada con claros pequeños no rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es pesada y está constituida por alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y láminas tipo losa acero con capa de compresión de concreto, entre otros. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia no mayor de 7m. Estas estructuras no están reforzadas lateralmente con algún elemento estructural como pueden ser muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial 08

Descripción: Industrial con cubierta pesada con claros pequeños rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es pesada y está constituida por alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y láminas tipo losa acero con capa de compresión de concreto, entre otros. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia no mayor de 7m. Los marcos de estas estructuras están reforzados con elementos estructurales como muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial 09

Descripción: Industrial con cubierta pesada con claros medianos no rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es pesada y está constituida por alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y láminas tipo losa acero con capa de compresión de concreto, entre otros. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia entre 7m y 12m. Estas estructuras no están reforzadas lateralmente con algún elemento estructural como pueden ser muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial 10

Descripción: Industrial con cubierta pesada con claros medianos rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es pesada y está constituida por alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y láminas tipo losa acero con capa de compresión de concreto, entre otros. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia entre 4m y 8m. Los marcos de estas estructuras están reforzados con elementos estructurales como muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).

SMex Industrial 11

Descripción: Industrial con cubierta pesada con claros grandes no rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es pesada y está constituida por alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y láminas tipo losa acero con capa de compresión de concreto, entre otros. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia mayor de 12m. Estas estructuras no están reforzadas lateralmente con algún elemento estructural como pueden ser muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero.

SMex Industrial 12

Descripción: Industrial con cubierta pesada con claros grandes rigidizada. Este sistema estructural es principalmente para naves industriales de diversos materiales (acero, concreto, mampostería, etc.) su estructura está hecha a base de marcos (vigas y columnas). Su cubierta es pesada y está constituida por alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y láminas tipo losa acero con capa de compresión de concreto, entre otros. La longitud de los claros que cubren los marcos principales es de una distancia mayor de 12m. Los marcos de estas estructuras están reforzados con elementos estructurales como muros (concreto, acero, mampostería, etc.) o diagonales de acero (contraventeos).



Figura A-11. Industriales de cubierta pesada: Izq. no rigidizada y Der. rigidizada

ANEXO 5.1.6-a.

BASES TÉCNICAS PARA EL CÁLCULO DE LA PRIMA DE RIESGO Y DE LA PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE DE LOS SEGUROS DE HURACÁN Y OTROS RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS

La prima de riesgo y la pérdida máxima probable correspondiente a la cartera de pólizas en vigor de los seguros de huracán y/u otros riesgos hidrometeorológicos, deberán estimarse mediante el procedimiento técnico e información que se indican a continuación.

PARTE I**DE LAS BASES TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRIMA DE RIESGO Y LA PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE PARA LOS SEGUROS DE HURACÁN Y/U OTROS RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS****Capítulo 1: Peligros hidrometeorológicos en México****1.-Generalidades**

La estimación de las pérdidas asociadas a los fenómenos hidrometeorológicos se realiza a través de perturbaciones de las trayectorias de los huracanes históricos o de la simulación de eventos para el caso de granizo, inundación, maremoto, lluvia local y viento no huracanado. Estos huracanes perturbados o eventos simulados generan mapas de peligro o amenaza que junto con la evaluación de la vulnerabilidad de cada una de las construcciones de la cartera permite obtener el valor de las pérdidas.

En este capítulo se describen las variables que definen el peligro de cada uno de los fenómenos hidrometeorológicos considerados, así como la forma de generar las perturbaciones y eventos simulados.

Marea de Tormenta

Para determinar la sobreelevación del agua por marea de tormenta, η se emplea la ecuación simplificada:

$$\eta = \frac{P_a}{100} + \frac{Kw^2x}{g(h-\eta)} \ln\left(\frac{h}{\eta}\right) \quad (1.1)$$

Donde $P_a[mb]$ es el gradiente de presión atmosférica en el punto de evaluación (playa) respecto a la presión normal, $x[m]$ es la distancia entre la pared del huracán y el sitio de interés (playa), w es el componente normal de velocidad del viento a la playa en m/s , $g[m/s^2]$ es la aceleración de la gravedad, $h[m]$ es la profundidad del mar en el ojo del huracán (si la profundidad es mayor a 200 m se toma este valor como umbral) y K es el coeficiente de arrastre del aire dado por:

$$K = \frac{\rho_{aire}}{\rho_{agua}} C_D \quad (1.2)$$

donde ρ_{aire} y ρ_{agua} son los pesos específicos relativos del aire y del agua, respectivamente, y C_D es un coeficiente cuyo valor está entre 2×10^{-6} a 9×10^{-6} (para el caso de huracanes se emplea 9×10^{-6}).

1.2 Viento**Viento generado por huracanes**

Para determinar la velocidad máxima en el sitio de interés asociada a cada huracán se emplea un modelo paramétrico de viento que depende de la posición del ojo del huracán, de la presión central, $P_0[mb]$, y del radio ciclostrofico, $R[km]$. Los dos primeros parámetros se encuentran en los boletines climatológicos; el radio ciclostrofico se calcula como:

$$R = 0.4785P_0 - 413.01 \quad (1.3)$$

Hasta 1979, en algunos reportes meteorológicos se omitió la presión central. En estos casos se emplearon las siguientes ecuaciones para su cálculo:

$$P_0 = 1019.08 - 0.182V_v - 0.0007175V_v^2 \quad (\text{Océano Atlántico}) \quad (1.4)$$

$$P_0 = 1017.45 - 0.1437V_v - 0.00088V_v^2 \quad (\text{Océano Pacífico}) \quad (1.5)$$

En donde $[km/h]$ es la velocidad máxima de viento sostenida contenida en los boletines meteorológicos.

El modelo paramétrico calcula, primero, para un huracán en movimiento, la velocidad del viento sostenida promediada cada ocho minutos, $V_m [km/h]$, en el sitio de interés ubicado a la distancia $r [km]$ del centro del huracán, evaluada a diez metros sobre el nivel del mar:

$$V_m = 0.886(F_V U_R + 0.5V_F \cos(\theta + \beta)) \quad (1.6)$$

donde $V_F [km/h]$ es la velocidad de desplazamiento del huracán, $\theta + \beta$ es el ángulo formado por la dirección de desplazamiento del huracán y el punto de interés a la distancia r , $U_R [km/h]$ es el máximo gradiente de vientos para un huracán en estado estacionario que se calcula como:

$$U_R = 21.8\sqrt{P_N - P_0} - 0.5fR \quad (1.7)$$

donde P_N es la presión normal (igual a 1013 mb) y f es el parámetro de la fuerza de Coriolis,

$$f = 2\omega \sin\phi \quad (1.8)$$

donde $\omega \approx 0.2816 \text{ rad/hr}$ es la velocidad angular de la tierra, y ϕ es la latitud,

$$F_V = U_r/U_R \quad (1.9)$$

es un factor de amortiguamiento o la relación de la velocidad de viento a la distancia r entre el máximo gradiente de vientos (en la pared del huracán), y se aproxima mediante el siguiente polinomio:

$$\log_{10}(F_V) = aX + bX^2 + cX^3 + dX^4 \quad (1.10)$$

donde

$$X = \log_{10}(r/R) \quad (1.11)$$

y a , b , c y d son coeficientes que se obtienen de la Tabla 1.1 y están en función de x y del número de Coriolis ciclostrófico,

$$Nc = \frac{fR}{U_R} \quad (1.12)$$

Tabla 1.1 Parámetros a , b , c y d para el cálculo de la expresión (1.10)

	$X \leq 0$	$X > 0$	
		$Nc \leq 0.005$	$Nc > 0.005$
a	-0.233	$0.033 - 16.1Nc + 161.9Nc^2$	$-0.175 - 0.76Nc + 11.7Nc^2 - 28.1Nc^3 + 17Nc^4$
b	-12.91	$-0.43 + 38.9Nc - 316Nc^2$	$0.235 + 2.71Nc - 67.6Nc^2 + 189Nc^3 - 155Nc^4$
c	-19.38	$0.113 - 28.6Nc + 71.1Nc^2$	$-0.468 - 9Nc + 87.8Nc^2 - 224Nc^3 + 183Nc^4$
d	-8.311	$1.818Nc + 80.6Nc^2$	$0.082 + 3.33Nc - 26Nc^2 + 63.8Nc^3 - 51.4Nc^4$

El modelo descrito previamente nos permite calcular la velocidad de viento a 10 m sobre la superficie del mar y promediada a cada ocho minutos, por lo que es necesario realizar correcciones para estimar la velocidad de viento promediada cada minuto ($V_c [km/h]$), tal como se reporta en los boletines meteorológicos. Para ello se utilizan las siguientes expresiones:

$$V_c = 0.0012V_m^2 + 1.1114V_m \quad (\text{Océano Atlántico}) \quad (1.13)$$

$$V_c = 0.002V_m^2 + 0.9953V_m \quad (\text{Océano Pacífico}) \quad (1.14)$$

Con el objetivo de tomar en cuenta la variación de la velocidad de viento en tierra, se calculó una expresión que permite reproducir la velocidad de viento registrada en las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) de la Comisión Nacional del Agua (CNA) (promediada a cada 5 segundos) a partir de la velocidad de viento calculada con el modelo paramétrico. La expresión obtenida es la siguiente:

$$V_v = V_c \exp(-0.0043r) \quad (1.15)$$

Para las trayectorias de los huracanes que ingresan a territorio nacional cuyo ojo se localice en tierra firme por arriba de los 200 metros de elevación del terreno, la velocidad obtenida con la ecuación 1.15 debe corregirse con un factor de atenuación de la velocidad que considere el efecto de las montañas y cordilleras, F_M , para ello se debe emplear una expresión empírica que tome en cuenta las características de elevación del terreno.

Para calcular la velocidad de viento para una ubicación tomando en cuenta el efecto de las montañas y cordilleras, de la fricción con la superficie del terreno y la topografía local, se emplea la siguiente expresión:

$$V = F_M F_T F_\alpha V_v \quad (1.16)$$

donde F_M es el factor de montañas y cordilleras, F_T es el factor de topografía local indicado en la Tabla 1.2 y

$$F_\alpha = F_c F_{rz} \quad (1.17)$$

es el factor que toma en cuenta tanto el tamaño de la construcción, dado por F_c (que varía de 0.9 a 1.0), como la variación de la velocidad con la altura dada por F_{rz} :

$$F_{rz} = 1.56 \left(\frac{10}{\delta} \right)^\alpha \text{ si } Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 \left(\frac{Z}{\delta} \right)^\alpha \text{ si } 10 < Z < \delta \quad (1.18)$$

$$F_{rz} = 1.56 \text{ si } Z \geq \delta$$

donde $Z[m]$ es la altura a la cual se desea determinar la velocidad y α y δ son constantes para los tipos de terreno más representativos de nuestro país contenidos en la Tabla 1.3.

Tabla 1.2 Factor de topografía

Sitio	Topografía	F_T
Protegido	Valles cerrados	0.8
Plano	Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores que 5%	1.0
Expuesto	Cimas de promontorios, colinas o montañas, islas, terrenos con pendientes mayores que 5%	1.2

Tabla 1.3 Valores de α y δ para los tipos de terreno más comunes en México

Tipo	Descripción	α	$\delta(m)$
	Campo abierto plano		
1	(terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones, tal como franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales, tierras de cultivo sin bardas alrededor y superficies nevadas planas)	0.099	245
	Árboles o construcciones dispersas		
2	(campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como bardas, árboles y construcciones dispersas)	0.128	315
	Arbolado, lomeríos, barrio residencial		
3	(terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas, por ejemplo áreas urbanas, suburbanas y de bosques; el tamaño de las construcciones corresponde al de casas y viviendas)	0.156	390
	Muy accidentada, centro de ciudad		
4	(terreno con numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas como el centro de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados)	0.170	455

Viento generado por otros fenómenos hidrometeorológicos

Siguiendo los mismos criterios que para vientos generados por huracanes, se generan eventos que reproducen los datos de vientos históricos de las estaciones climatológicas. Estos eventos son importantes tanto para reproducir vientos de baja magnitud pero de alta frecuencia en zona de huracanes como para reproducir el campo de viento total en las otras zonas del país.

1.3 Lluvia local

Es el peligro causado por exceso de lluvia sin que esté relacionado con el desborde de ríos o embalses; se debe a que el escurrimiento y drenaje locales son incapaces de absorber la lluvia produciéndose inundaciones locales de pequeña magnitud.

Lluvia local generada por huracanes

Para determinar la precipitación ocasionada por huracán se emplea la expresión empírica siguiente:

$$P_{10} = FCv \left[\frac{122.15}{1 + 523.59 \cdot \text{Exp}(-0.1412 \cdot R)} \right] \quad \text{si } R \leq 37 \text{ km} \quad (1.19)$$

$$P_{10} = FCv [36.52 - 34.40 \cdot \text{Exp}(-0.1412 \cdot R^{-1.9193})] \quad \text{si } R > 37 \text{ km}$$

donde $P_{10}[mm]$ es la precipitación promedio de 10 minutos, $R[km]$ es la distancia del centro del huracán al punto de interés y FCv es el factor de corrección que toma en cuenta la intensidad del huracán mediante la velocidad que se obtiene como:

$$FCv = \frac{a}{[1 + \text{Exp}(b - c \cdot Vv)]^{1/d}} \quad (1.20)$$

Donde $Vv[m/s]$ es la velocidad máxima del viento del huracán y los parámetros a , b , c y d son factores de ajuste los cuales se han obtenido de calibraciones con los registros de lluvia disponibles.

Para la determinación de la lámina de inundación por lluvia local se toman en cuenta de manera aproximada el escurrimiento e infiltración del suelo, la topografía local y el drenaje urbano.

1.4 Maremoto

La historia de la sismicidad en México indica que los sismos con potencial tsunamigénico para la costa occidental tienen magnitud mayor que siete y son los que ocurren en la zona de contacto interplaca localizada entre la costa y la Trinchera Mesoamericana (Figura 1.1).

Para la determinación de las áreas de inundación costera y sus respectivas alturas de ola se emplean modelos de propagación de ondas en aguas someras para los cuales se divide el problema en dos procesos: el de generación y el de propagación y arribo.

Generación

La condición inicial del tsunami consiste en prescribir una deformación vertical instantánea de la superficie del mar suponiendo que esta es igual a la deformación vertical cosísmica del lecho marino. Para ello se usan modelos de ruptura sísmica, que deben considerar parámetros de rigidez del material en la falla, área de ruptura y dislocación de la falla.



Figura 1.1 Zonas de sismos tsunamigénicos en México

Propagación y arribo

Para la altura máxima de ola se empleó el modelo no-lineal de propagación resultado de la aplicación de las ecuaciones de movimiento no-lineales para aguas someras integradas verticalmente (ecuaciones 1.21 y 1.22) y la ecuación de continuidad (ecuación 1.23) sin el término de efecto Coriolis:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{U^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{UV}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gm^2}{D^{7/3}} U \sqrt{U^2 + V^2} = 0 \quad (1.21)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{UV}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{V^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gm^2}{D^{7/3}} V \sqrt{U^2 + V^2} = 0 \quad (1.22)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \quad (1.23)$$

Donde η representa el desplazamiento vertical de la superficie del agua respecto al nivel en reposo, g es la aceleración gravitacional, $D = (\eta + h)$ representa la profundidad instantánea de la columna de agua donde h es la profundidad media, U y V son los gastos en las direcciones longitudinal (x) y latitudinal (y), respectivamente, y m es el parámetro de rugosidad de Manning (se considera constante e igual a 0.025).

Para simular adecuadamente la altura del tsunami en la costa y su penetración tierra adentro es necesario incluir los términos no lineales en el conjunto de ecuaciones 1.21 a 1.23. La inclusión de estos términos requiere de una batimetría de alta resolución costera, misma que no está disponible a la fecha para la mayor parte de la costa occidental de México. Por ello, se obtuvo una aproximación de la altura del tsunami en la costa, η_2 , a partir de la altura del tsunami calculada para la isóbata de 100, aplicando la ecuación siguiente:

$$\eta_2 = \eta_1 \left(\frac{h_1}{h_2} \right)^{1/4} \quad (1.24)$$

Donde η_1 es la altura del tsunami aguas adentro sobre la isóbata 100, h_1 es la profundidad aguas adentro y h_2 es la profundidad cerca de la costa.

La solución se obtuvo resolviendo analíticamente la ecuación de onda para una ola que se propaga en una batimetría con pendiente constante. En este caso la ecuación 1.24 queda en función de un factor de amplificación: $\eta_2 = 2.73\eta_1$.

1.5 Modelo de Granizo

Se establece como medida de la intensidad de una tormenta de granizo la energía cinética por unidad de área. Esto corresponde a una medida tanto de la velocidad con que cae el granizo como de su tamaño.

Dado que no existe una manera directa de medir la energía cinética muchos estudios han propuesto relaciones de esta medida con otras más fáciles de determinar. Es posible establecer relaciones de la energía cinética con la reflectividad captada durante una tormenta por un radar Doppler. De acuerdo con estos estudios al determinar mapas de reflectividad, $Z[mm^6mm^{-3}]$, se puede obtener el flujo de energía cinética, $\dot{E}$, empleando la siguiente relación empírica:

$$\dot{E}(x, y, t) = 5 \times 10^{-6} \times Z^{0.84} (J/m^2s) \quad (1.25)$$

La energía cinética, $E_k [Jm^{-2}]$, se obtiene integrando la ecuación (1.25):

$$E_k = \int_{t_0}^{t_1} \int_{y_0}^{y_1} \int_{x_0}^{x_1} \dot{E}(x, y, t) dx dy dt \quad (1.26)$$

donde t_0 y t_1 son los instantes de inicio y final de la tormenta, y x_0, x_1 y y_0, y_1 son los elementos del radar en una resolución de 0.5x0.5 km.

La curva de excedencia de intensidad se puede representar de la siguiente manera:

$$\lambda(E) = \begin{cases} \lambda_0 e^{\frac{E-E_0}{\alpha}} & \text{si } E_0 \leq E < E_U \\ \lambda_0 e^{\frac{E_U-E_0}{\alpha}} & \text{si } E \geq E_U \end{cases} \quad (1.27)$$

donde λ_0 es la tasa de excedencia anual de E_0 , que es la mínima intensidad, E_U es la intensidad máxima posible, y α es un parámetro que para el caso de México es $\alpha = 79.5$

Las tormentas de granizo usualmente se extienden unos cuantos kilómetros cuadrados, casi siempre menos que la extensión de los municipios que afecta. En ese sentido es necesario considerar una atenuación de la intensidad de las tormentas de granizo en función de la distancia de manera que se pueda determinar un área de influencia. Se aplicó la siguiente función de atenuación de la intensidad

$$E(r) = E_{k0} \cdot \text{Exp}(-kr^h) \quad (1.28)$$

que es una función decreciente con tasa exponencial donde E_{k0} es la intensidad en el centro de la tormenta (la máxima), r es la distancia del punto donde nos interesa conocer la intensidad respecto del centro de la tormenta, y k y h son parámetros que determinan el perfil de la curva.

1.6 Modelo de Inundación

El peligro de inundación por exceso de lluvia se relaciona directamente con la precipitación pluvial en la cuenca donde se ubica el inmueble asegurado y las características de la topografía del terreno circundante. Por lo tanto, el procedimiento utilizado para determinar los escurrimientos a partir de la precipitación que los origina está basado en un modelo de lluvia-escurrimiento; así, la secuencia metodológica del sistema de estimación de riesgo por inundación divide la evaluación del peligro en un análisis hidrológico y en otro hidráulico.

El análisis hidrológico incluye el estudio de la precipitación en la cuenca donde se localiza el inmueble asegurado y su relación con el escurrimiento que habrá de concentrarse en las obras de drenaje o las corrientes naturales. El análisis hidráulico se refiere al comportamiento en el tiempo del caudal obtenido con el análisis hidrológico, al transitar por el drenaje o los cauces fluviales.

Para conocer la cantidad de precipitación en una cuenca dado un escenario de lluvia, se calcula la media aritmética de las alturas de precipitación, P_m ,

$$P_m = \frac{1}{A} \int_A P(x, y) dA \quad (1.29)$$

donde $P(x, y)$ es la precipitación por unidad de área y A es el área de la cuenca analizada.

El volumen de precipitación que sobrepasa la capacidad de la sección de un cauce natural dado un escenario de lluvia, se derramará hacia la llanura circundante al punto de desbordamiento, dando lugar a una inundación que afectará los inmuebles localizados en el sitio. Este volumen de inundación se calcula con la diferencia entre el gasto que escurre hasta un punto analizado en el cauce del río, y el gasto que puede fluir por la sección del cauce natural dadas sus propiedades geométricas.

El gasto que escurre hasta un punto analizado en el cauce del río se calcula de la siguiente manera:

$$Q_p = \frac{2V_{ed}}{t_b} \quad (1.30)$$

donde: Q_p es el gasto de pico que escurrirá hacia el punto analizado en el cauce del río; V_{ed} es el volumen de escurrimiento directo en el punto analizado, el cual depende del coeficiente de escurrimiento para el área drenada y el área de la cuenca; t_b es el tiempo de base para el hidrograma unitario que contiene el gasto pico.

El gasto que puede fluir por la sección de un cauce natural dada su geometría, se calcula de la siguiente manera:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot S^{1/2} \cdot R_{Río}^{2/3} \cdot A_{Río} \quad (1.31)$$

Donde n es el coeficiente de rugosidad de Manning, S es la pendiente longitudinal del cauce, $R_{Río}$ es el radio hidráulico y $A_{Río}$ es el área de la sección transversal.

La diferencia entre los gastos calculados con las ecuaciones 1.30 y 1.31 corresponde al gasto en exceso que sobrepasa la capacidad de la sección del cauce natural y que ocasionará inundación en el terreno circundante.

Para determinar el área de terreno inundada durante un escenario de lluvia y el tirante de inundación, se emplean ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento y continuidad; en ellas las velocidades corresponden a su valor promedio en la vertical.

Las ecuaciones dinámicas que describen la conservación de cantidad de movimiento son:

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{n^2 |u| u}{h^{\frac{4}{3}}} = -\frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\partial z}{\partial x} \quad (1.32)$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{n^2 |v| v}{h^{\frac{4}{3}}} = -\frac{\partial h}{\partial y} - \frac{\partial z}{\partial y} \quad (1.33)$$

en donde u y v son las componentes de la velocidad en las direcciones x y y respectivamente, n es el coeficiente de rugosidad según la fórmula de Manning, h es el nivel de la superficie libre del agua con respecto al nivel del terreno natural y t es el tiempo.

El principio de la conservación de masa (ecuación de continuidad) en dos dimensiones horizontales establece que:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} u h + \frac{\partial}{\partial y} v h = 0 \quad (1.34)$$

El área (en proyección horizontal) de la llanura a inundarse se divide en celdas de forma rectangular de largo Δx y ancho Δy . Para calcular el flujo de agua en una planicie de inundación se debe resolver el sistema de ecuaciones diferenciales formado por las expresiones 1.32, 1.33 y 1.34 considerando condiciones iniciales y de frontera.

1.7 Escenarios o eventos

Para poder realizar correctamente los cálculos de las distribuciones de probabilidad de pérdida se debe recurrir al concepto de "evento". Los eventos están constituidos por el paso de huracanes, tormentas y otras amenazas.

Simulación de Huracanes para estimar pérdidas

El registro de huracanes que han afectado nuestro país data de finales del siglo XIX. Sin embargo, no es sino hasta mediados del siglo XX que se dispone de registros de sus trayectorias completas y de parámetros indicativos de su severidad, tales como la presión barométrica en el ojo o la velocidad ciclotrónica. En estas condiciones, la base de datos útiles de huracanes es limitada por lo que fue necesario extenderla, mediante la generación (simulación) de huracanes artificiales. Conviene señalar que, en el futuro, la base de datos de huracanes históricos se deberá complementar con los nuevos eventos de cada año a medida que se vayan registrando.

Para generar huracanes artificiales, se debe utilizar el método de perturbar las trayectorias de huracanes reales que hayan sido correctamente registrados.

Para simular la trayectoria del huracán artificial se debe precisar la posición del ojo mediante sus coordenadas geográficas de longitud y latitud, $x_s(t_k)$ y $y_s(t_k)$, respectivamente, en cada instante de tiempo k . El proceso de simulación se debe realizar con la siguiente expresión, aplicable al caso de la longitud, y con un procedimiento similar para el caso de latitud:

$$x_s(t_{k+1}) = x_s(t_k) + \Delta X_{k,k+1} + e \quad (1.35)$$

donde $x_s(t_{k+1})$ es la longitud en el instante $k + 1$, $x_s(t_k)$ es la longitud en el instante k , $\Delta X_{k,k+1}$ es el incremento observado entre los instantes k y $k + 1$ y e es una variable aleatoria con distribución normal de media cero y desviación estándar $\sigma = 0.5^\circ$. Este valor de desviación se obtuvo a partir de todos los huracanes perturbados y de comparar los resultados arrojados por el modelo de viento con los datos de todas las estaciones climatológicas, dado que no hay datos para comparar elevaciones de marea. Con esto asumimos que si los huracanes simulados reproducen adecuadamente las observaciones de viento es de esperarse que sean también adecuados para marea de tormenta.

Capítulo 2 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se define como la susceptibilidad o propensión de los bienes expuestos a ser dañados por el efecto de un peligro o amenaza. La vulnerabilidad se expresa en términos del valor de reparación del daño causado a un sistema expuesto, normalizado con respecto al costo de la reconstrucción total. En vista de esto, la función de vulnerabilidad toma valores entre cero y uno.

2.1 Daño esperado dada la intensidad

Viento

La forma general de las funciones de vulnerabilidad utilizadas para obtener el valor esperado de la pérdida por viento, β , dada una intensidad V , está dada por:

$$E[\beta/V] = 1 - 0.5\left(\frac{V}{\gamma}\right)^{\rho} \quad (2.1)$$

donde $V[km/h]$ es la velocidad del viento y γ y ρ son los parámetros que definen la forma de las funciones de vulnerabilidad para diferentes sistemas estructurales considerando sus distintas características. El valor de estos parámetros está sujeto a modificaciones y ajustes en la medida en que se conozca mejor el comportamiento de los diferentes sistemas estructurales y sus contenidos ante la acción del viento.

Granizo

Se usa la misma forma general de la función de vulnerabilidad que para viento:

$$E[\beta/E_k] = 1 - 0.5\left(\frac{E_k}{\gamma}\right)^{\rho} \quad (2.2)$$

donde E_k representa la energía cinética y γ y ρ son los parámetros que definen la forma de las funciones de vulnerabilidad para diferentes sistemas estructurales. En la Figura 2.1 se presenta un ejemplo de este tipo de funciones para el caso de granizo. Al igual que para viento, estos parámetros deberán modificarse en la medida en que se tenga información y se conozca mejor el comportamiento de los diferentes sistemas estructurales y sus contenidos ante la acción del granizo.

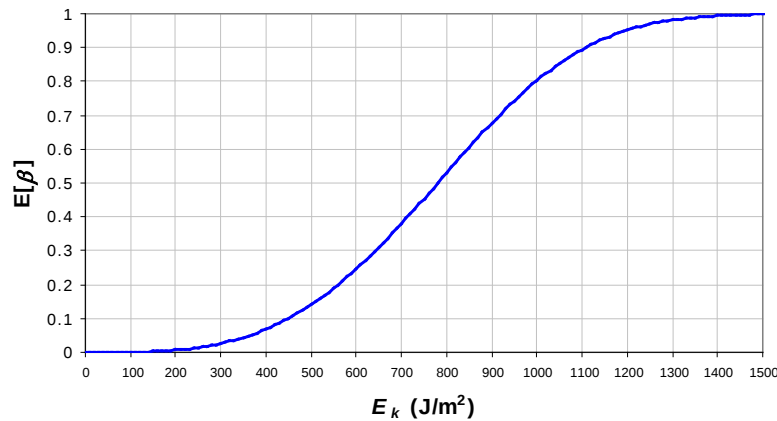


Figura 2.1 Función de vulnerabilidad tipo para edificios y contenidos

Marea de tormenta, lluvia, inundación y maremoto

Para inmuebles de un solo nivel, la expresión que representa el valor esperado de daño por inundación cualquiera que sea la causa es la siguiente función:

$$E(\beta|T) = aT^3 + bT^2 + cT \quad (2.3)$$

donde $T[m]$ es el tirante de inundación para el sitio analizado y a , b , y c son constantes que definen la función para diferentes tipos de usos.

Para inmuebles de varios niveles, se extrapoló la función de daño anterior suponiendo que los valores y la densidad de contenidos se mantendrán constantes con el número de niveles. De esta forma se obtuvo una expresión general para cualquier número de niveles y para cualquier tirante de inundación:

$$E(\beta|T) = \frac{\delta_{N1max}(N_{st}-1) + \delta_{N1T}}{N_T} \quad (2.4)$$

donde δ_{N1max} es el daño calculado usando la ecuación (2.3) para tirante máximo, δ_{N1T} es el daño calculado con la misma ecuación para un tirante T sobre los niveles completamente inundados, N_T es el número total de niveles y N_{st} es el nivel donde se encuentra la superficie de inundación del agua.

Con la aplicación de la ecuación (2.4) se obtuvieron las curvas de daño para cualquier número de niveles en función de las curvas obtenidas para un nivel. Al igual que la expresión para un nivel, esta ecuación tiene como límite de aplicación la altura máxima del inmueble y a partir de este valor la pérdida es constante. En la Figura 2.2 se muestra un ejemplo de las funciones para uno, dos y tres niveles de un hotel tipo.

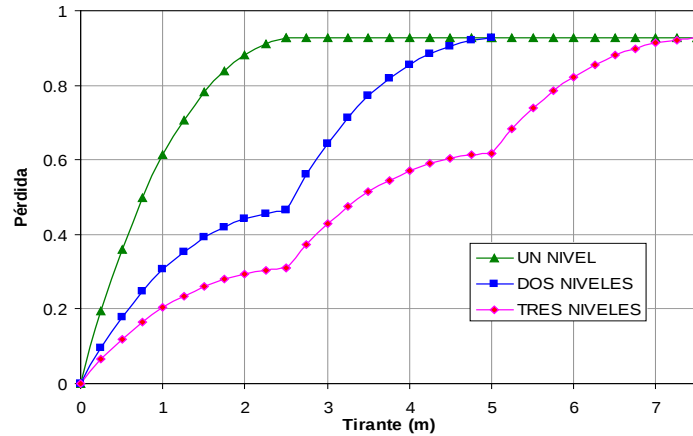


Figura 2.2 Función de vulnerabilidad ante inundación para un hotel tipo de uno, dos y tres niveles

2.2 Densidad de probabilidad del daño en una edificación

Se considera que las relaciones de vulnerabilidad no son deterministas, por lo que se supuso que, dada una intensidad de viento, granizo o cualquier tipo de inundación, el daño bruto β es una variable aleatoria cuyo valor esperado (el valor medio) está dado por las ecuaciones de la sección anterior. La densidad de probabilidades del daño en la estructura se supondrá de tipo Beta, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$p_{\beta}(\beta) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \beta^{a-1} (1-\beta)^{b-1} \quad (2.5)$$

donde a y b son parámetros que pueden calcularse a partir de la media y el coeficiente de variación del daño, $C^2(\beta)$ de la siguiente manera:

$$a = \frac{1-E(\beta)-E(\beta)C^2(\beta)}{C^2(\beta)} \quad (2.6)$$

$$b = a \left[\frac{1-E(\beta)}{E(\beta)} \right] \quad (2.7)$$

$$C^2(\beta) = \frac{\sigma_{\beta}^2(\beta)}{E^2(\beta)} \quad (2.8)$$

Donde $\sigma_{\beta}^2(\beta)$ es la varianza de la pérdida.

Existe poca información para determinar la varianza (o el coeficiente de variación) del daño bruto. Se sabe, sin embargo, que cuando el valor esperado de la pérdida es nulo la dispersión también lo es. De igual forma, cuando el valor esperado de la pérdida es total, la dispersión es también nula.

Se utilizó para calcular la varianza condicional de la pérdida la siguiente expresión:

$$\sigma_{\beta}^2(\beta) = Q(E(\beta))^{r-1} (1-E(\beta))^{s-1} \quad (2.9)$$

donde

$$Q = \frac{V_{\max}}{D_0^{r-1} (1-D_0)^{s-1}} \quad (2.10)$$

$$s = \frac{r-1}{D_0} - r + 2 \quad (2.11)$$

V_{max} , D_0 y r son parámetros que dependen del tipo estructural: V_{max} es la varianza máxima y D_0 es el nivel de daño para el que ocurre esta varianza máxima.

Una vez determinados $E(\beta)$ y $\sigma^2(\beta)$ queda completamente definida la distribución de probabilidades del daño bruto de una edificación.

Capítulo 3: Estimación de pérdidas para fines de seguros

3.1 Conceptos generales

En esta sección se describen los conceptos generales de los procedimientos para evaluar pérdidas netas en carteras de compañías de seguros sometidas a la acción de varios peligros.

El esquema general de cálculo se describe en el siguiente diagrama de flujo. En los incisos siguientes se presentarán los procedimientos para llevar a cabo los cálculos que se indican en el diagrama. El ciclo más externo del diagrama corresponde a cada uno de los peligros considerados; le siguen los escenarios de cada peligro, las pólizas y por último las ubicaciones. Para estas últimas se calculan las funciones de distribución de pérdida (fdp) bruta y neta (P_{N1}); en ciclos más externos se obtiene la correspondiente fdp para pólizas colectivas (P_{N2}) y para cada escenario (P_{NE}), mismas que se utilizan para determinar las pérdidas asociadas a toda la cartera.

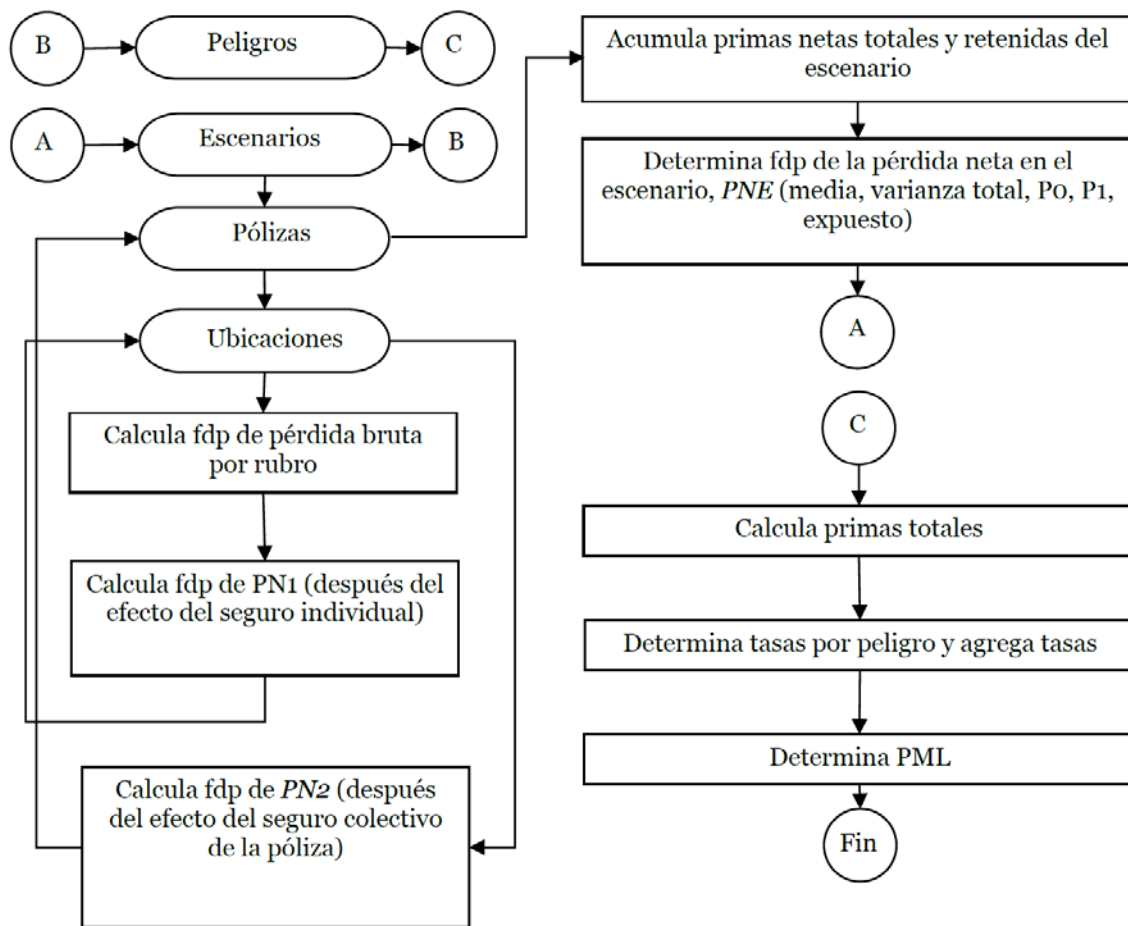


Figura 3.1 Diagrama de flujo general del cálculo de pérdidas ante múltiples fenómenos hidrometeorológicos

Se supone que, como se ha señalado, cada peligro hidrometeorológico se encuentra caracterizado por diversos *escenarios o eventos*, cada uno de ellos con una probabilidad anual de ocurrencia. En general, cada peligro se considera de manera independiente, salvo el caso de huracanes donde se producen tres tipos de pérdidas simultáneas: viento, marea de tormenta e inundación local por lluvia (sin considerar inundación por desborde de ríos, lagunas o presas).

La cartera de una compañía de seguros estará, en general, formada por una o más pólizas, y cada póliza por una o más ubicaciones. En la siguiente sección se describen los tipos de póliza considerados, dependiendo de las modalidades de operación del seguro en cada uno de ellos.

3.2 Tipos de póliza considerados

Como ya se indicó en el inciso 3.1, los cálculos sobre las pólizas deben realizarse para cada uno de los escenarios de todos los peligros y cada uno de los escenarios del mismo.

3.2.1 Pólizas individuales

Se trata del caso más común y más simple: a cada póliza corresponde una sola ubicación, por lo que el proceso de ajuste de las pérdidas se lleva a cabo individualmente para cada inmueble en cada uno de los cuatro rubros (edificio, contenidos, pérdidas consecuenciales y bienes bajo convenio expreso). El proceso de ajuste de las pérdidas, es decir, el proceso mediante el que se calcula la pérdida neta total para la compañía de seguros asociada a la póliza, se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1) Se determina la pérdida bruta por rubro para cada ubicación.
- 2) Se determina la pérdida neta por rubro en cada ubicación mediante la aplicación del efecto del deducible, coaseguro, límite de primer riesgo y retención individual correspondientes a cada rubro. Se hace notar que la retención es única, es decir, el porcentaje de retención es igual para todos los rubros.
- 3) Se suman las pérdidas netas para todas las ubicaciones y rubros.

3.2.2 Pólizas colectivas agrupadas

Se trata de una póliza con cobertura en capas que ampara a un grupo de ubicaciones probablemente numeroso y disperso geográficamente. No existen, en este tipo de póliza, deducibles, coaseguros, retenciones o límites de primer riesgo individuales ni por rubro. El proceso de ajuste de las pérdidas en este caso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1) Se determina la pérdida bruta para cada ubicación y rubro.
- 2) Se suman las pérdidas brutas de todas las ubicaciones y rubros amparadas por la póliza.
- 3) Para determinar la pérdida neta para la compañía de seguros, se aplica sobre esta suma de pérdidas el efecto de una cobertura formada, en general, por una estructura de capas que incluyen sus retenciones y límites.

3.2.3 Pólizas colectivas semi-agrupadas

Se trata de una póliza con cobertura en capas que cubre las pérdidas que resultan en un grupo de ubicaciones después de la aplicación de deducibles y coaseguros individuales y por rubro. El proceso de ajuste de las pérdidas en este caso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- 1) Se determina la pérdida bruta para cada ubicación y rubro.
- 2) Se determina la pérdida semi-neta en cada ubicación y rubro mediante la aplicación del efecto de deducible y coaseguro individuales; no existen, para este tipo de póliza, límites de primer riesgo ni retenciones individuales.
- 3) Se suman las pérdidas semi-netas de todas las ubicaciones amparadas por la póliza.
- 4) Sobre esta suma de pérdidas semi-netas se aplica el efecto de una cobertura formada, en general, por una estructura de capas que incluye retenciones y límites.

3.3 Cálculo de pérdida bruta de una edificación individual y para un rubro específico

En general, las pérdidas que se presentan durante un escenario hidrometeorológico en una ubicación dependen de las experimentadas en edificio, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio expreso. Llamaremos βE , βC , βS y βB , a las pérdidas brutas que se presentan en los rubros respectivos, expresadas como una fracción de los valores asegurados correspondientes. Llamaremos a las pérdidas así expresadas *pérdidas relativas*.

Supondremos que la pérdida bruta en un rubro específico tiene una distribución de probabilidades Beta, cuyos primeros dos momentos estadísticos, el valor esperado $E(\beta_E)$ y la desviación estándar $\sigma(\beta)$ se pueden calcular con las expresiones que se han indicado en el capítulo referente a vulnerabilidad. Conocidos los dos primeros momentos de la distribución Beta, ésta queda completamente determinada, puesto que sus dos parámetros, a y b , se relacionan con los dos primeros momentos de la siguiente manera:

$$a = \frac{1 - E(\beta_E) - E(\beta_E)C^2(\beta_E)}{C^2(\beta_E)} \quad (3.1)$$

$$b = a \left[\frac{1 - E(\beta_E)}{E(\beta_E)} \right] \quad (3.2)$$

Donde $E(\beta_E)$ es el valor esperado de la pérdida bruta relativa del edificio mientras que el coeficiente de variación $C(\beta_E)$ se calcula como

$$C(\beta_E) = \frac{\sigma(\beta_E)}{E(\beta_E)} \quad (3.3)$$

donde $\sigma(\beta_E)$ es la desviación estándar.

Las fórmulas anteriores se dan para el caso de pérdida en edificio, pero son aplicables a los cuatro rubros.

3.4 Cálculo de la pérdida neta en una ubicación individual, para un rubro específico

Como en el inciso anterior, se usará como ejemplo el caso de pérdidas en un rubro, pero las fórmulas son aplicables a los otros tres. Para simplificar la notación, se omitirá el subíndice que corresponde al rubro.

El valor esperado de la pérdida bruta relativa β y su distribución de probabilidad se ven modificados, en general, por la aplicación de deducibles, límites de responsabilidad, retenciones y coaseguros a nivel de ubicación individual y rubro específico.

La pérdida relativa neta para la compañía de seguros, para el rubro correspondiente, guarda la siguiente relación con la pérdida bruta:

$$\beta_N = \begin{cases} 0 & \beta \leq D \\ (\beta - D)R(1 - C) & D < \beta \leq L \\ (L - D)R(1 - C) & \beta > L \end{cases} \quad (3.4)$$

donde

β_N = pérdida neta por rubro

β = pérdida bruta por rubro

D = deducible del rubro (como fracción de la suma asegurable)

L = límite de responsabilidad del rubro (como fracción de la suma asegurable)

C = coaseguro en el rubro (como fracción de la pérdida)

R = retención de la compañía de seguros (como fracción de la pérdida)

Como la distribución de la pérdida bruta relativa es Beta, el valor esperado de la pérdida neta se puede calcular a partir de la ecuación siguiente:

$$E[\beta_N] = (T_1 - T_2 + T_3)R(1 - C) \quad (3.5)$$

donde:

$$T_1 = \frac{a}{a+b} [F_B(L, a+1, b) - F_B(D, a+1, b)]$$

$$T_2 = D[F_B(L, a, b) - F_B(D, a, b)]$$

$$T_3 = (L - D)[1 - F_B(L, a, b)]$$

Siendo $F_B(x, a, b)$ la función de distribución de la pérdida bruta β , que se ha modelado como una función Beta acumulada con parámetros a y b .

De la misma manera se puede calcular la media cuadrática de la pérdida neta:

$$E[\beta_N^2] = (u_1 - u_2 + u_3 + u_4)R^2(1 - C)^2 \quad (3.6)$$

donde:

$$u_1 = \frac{a(a+1)}{(a+b)(a+b+1)} [F_B(L, a+2, b) - F_B(D, a+2, b)]$$

$$u_2 = 2DT_1$$

$$u_3 = DT_2$$

$$u_4 = (L - D)T_3$$

La varianza de la pérdida relativa neta puede entonces calcularse con:

$$VAR(\beta_N) = E(\beta_N^2) - E^2(\beta_N) \quad (3.7)$$

Aunque las expresiones anteriores son generales, el cálculo de los momentos de β_N puede variar, dependiendo del tipo de póliza del que se trate. Veremos los casos particulares que resultan al tratar con los tres diferentes tipos de póliza.

3.4.1 Pólizas Individuales

En este caso, los valores de D , C , L y R usados en las expresiones 3.5 y 3.6 son respectivamente, el deducible, el coaseguro, la retención y el límite de primer riesgo individuales de la ubicación y el rubro correspondiente.

3.4.2 Pólizas agrupadas

Aquí, puesto que en este tipo de póliza no hay deducibles, coaseguros, retenciones o límites individuales, deberán emplearse las ecuaciones 3.5 y 3.6 con $D = 0$, $C = 0$, $L = 1$ y $R = 1$. En otras palabras, la pérdida neta, a nivel individual, es igual a la pérdida bruta.

3.4.3 Pólizas semi-agrupadas

En este caso, puesto que los deducibles y coaseguros sí se aplican a nivel individual, se usarán, para las ecuaciones 3.5 y 3.6 los valores de D y C correspondientes, mientras que L se tomará igual a 1 y R igual a 0, puesto que no existen límites de primer riesgo ni retenciones individuales, sino sólo colectivos.

3.5 Cálculo de pérdida neta en una ubicación considerando los cuatro rubros (P_{N1}).

Llamaremos P_{N1} a la pérdida neta en una ubicación considerando los cuatro rubros, mostrada en el diagrama de flujo presentado al principio del capítulo 3. La pérdida monetaria neta que se tiene en una ubicación, P_{N1} , como resultado de la aplicación de las características del seguro individual, se calcula de la siguiente manera:

$$P_{N1} = \beta_{NE}M_E + \beta_{NC}M_C + \beta_{NS}M_S + \beta_{NB}M_B \quad (3.8)$$

donde β_{NE} , β_{NC} , β_{NS} y β_{NB} son las pérdidas netas relativas en edificio, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio expreso, respectivamente, mientras que, M_E , M_C , M_S y M_B son las sumas asegurables correspondientes.

Supondremos que las cuatro pérdidas consideradas están completamente correlacionadas, en el sentido que la incertidumbre sobre ellas es nula dado el valor de cualquier otra. Si dividimos P_{N1} entre $M = M_E + M_C + M_S + M_B$, obtenemos una nueva variable aleatoria, que llamaremos β_{N1} , con dominio entre 0 y 1 y cuya esperanza y desviación estándar están dadas por:

$$E(\beta_{N1}) = \frac{M_E E(\beta_{NE}) + M_C E(\beta_{NC}) + M_S E(\beta_{NS}) + M_B E(\beta_{NB})}{M} \quad (3.9)$$

$$\sigma(\beta_{N1}) = \frac{M_E \sigma(\beta_{NE}) + M_C \sigma(\beta_{NC}) + M_S \sigma(\beta_{NS}) + M_B \sigma(\beta_{NB})}{M} \quad (3.10)$$

La ecuación 3.10 para la desviación estándar resulta de nuestra hipótesis de que las variables aleatorias β_{NE} , β_{NC} , β_{NS} y β_{NB} están completamente correlacionadas. En vista de estas definiciones, $E(P_{N1}) = M \cdot E(\beta_{N1})$ y $\sigma(P_{N1}) = M \cdot \sigma(\beta_{N1})$.

Se asignará a β_{N1} una densidad de probabilidades mixta dada por la siguiente ecuación:

$$f(\beta_{N1}) = P_0 \delta(\beta_{N1}) + (1 - P_0 - P_1) B(\beta_{N1}; a, b) + P_1 \delta(\beta_{N1} - 1) \quad (3.11)$$

donde:

P_0 = Probabilidad de que la pérdida relativa neta sea igual a cero, bajo la hipótesis adoptada sobre la correlación entre pérdidas de distintos rubros.

P_1 = Probabilidad de que la pérdida relativa neta sea igual a la suma expuesta, bajo la misma hipótesis de correlación.

$B()$ = función de densidad de probabilidad de tipo Beta con parámetros a y b .

$\delta(x)$ = función Delta de Dirac, que vale 1 cuando el argumento es nulo y cero en cualquier otro caso, mientras que su integral entre 0 e infinito vale también la unidad.

Se hace notar que, bajo cualquier hipótesis de correlación, tratándose de ubicaciones que pertenecen a pólizas agrupadas, $P_0 = 0$ y $P_1 = 0$ mientras que para ubicaciones que pertenezcan a pólizas semi-agrupadas, $P_1 = 0$.

3.6 Cálculo de pérdida neta en una póliza (P_{N2})

En general, la pérdida total en una cartera de ubicaciones agrupadas en una póliza se calcula sumando las pérdidas que se presentan en todas las ubicaciones después de aplicar las condiciones de seguro individual, por rubro, aplicando luego los efectos de las capas de la póliza agrupada.

Este cálculo, entonces, puede dividirse en dos pasos: 1) determinación de la densidad de probabilidades de P_s , definida como la suma de las pérdidas netas por ubicación para todos los inmuebles que forman la póliza (es decir, la suma de las P_{N1} de la póliza); y 2) aplicación del esquema de capas a la densidad anterior. En lo que sigue procederemos a explicar estos dos pasos.

3.6.1 Determinación de la densidad de probabilidades de P_s

Definimos la variable aleatoria β_s como el cociente de P_s y M_s , que es la suma de los valores expuestos de los inmuebles de la póliza, incluyendo todos los rubros. Se supondrá que β_s tiene una densidad de probabilidad similar a la de β_{N1} , dada en la ecuación 3.11:

$$f(\beta_s) = P_{0s} \delta(\beta_s) + (1 - P_{0s} - P_{1s}) B(\beta_s; a_s, b_s) + P_{1s} \delta(\beta_s - 1) \quad (3.12)$$

Para definir esta densidad, es necesario calcular cuatro valores: P_{0s} , que es la probabilidad de que β_s sea exactamente igual a 0, P_{1s} , que es la probabilidad de que la pérdida bruta en cada ubicación haya alcanzado su límite de primer riesgo; a_s y b_s . Estos dos últimos valores se determinarán de tal modo que la media y la varianza de β_s calculadas a partir de la densidad de la ecuación 3.12 sean iguales a las siguientes dos cantidades, respectivamente:

$$E(\beta_s) = E(P_s) / M_s \quad (3.13)$$

$$VAR(\beta_s) = VAR(P_s) / M_s^2 \quad (3.14)$$

donde

$$E(P_s) = \sum_{i=1}^{Nu} M_i \cdot E(\beta_{N1i}) \quad (3.15)$$

$$VAR(P_s) = \sum_{i=1}^{Nu} M_i^2 VAR(\beta_{N1i}) + 2 \sum_{i=1}^{Nu} \sum_{j=i+1}^{Nu} M_i M_j \rho_{ij} \sqrt{VAR(\beta_{N1i}) \times VAR(\beta_{N1j})} \quad (3.16)$$

donde:

ρ_{ij} = coeficiente de correlación entre las pérdidas i y j

Nu = número de ubicaciones en la póliza

M_i = valor asegurable total (todos los rubros) de la ubicación i .

No es posible, con bases puramente empíricas, establecer valores para los coeficientes de correlación ρ_{ij} . En principio, este coeficiente debería depender al menos de la separación geográfica entre las dos ubicaciones consideradas. De hacerse así, sin embargo, el cálculo de la varianza sería numéricamente muy largo, sin ventajas apreciables de precisión.

Por estas razones, se adoptará un valor de 0.2, independientemente del tipo estructural y localización de la ubicación. Se adoptó este valor porque, después de simulaciones y análisis de sensibilidad, se observó que el incremento en la varianza de Ps no era excesivo cuando $\rho_{ij} = 0.2$ y que, por otro lado, el premio que se tenía por el efecto de tener una cartera grande era notable pero no demasiado significativo.

Es importante señalar que, con la hipótesis de ρ_{ij} constante al que llamaremos ahora ρ , la expresión 3.16 puede adoptar la siguiente forma:

$$VAR(Ps) = (1 - \rho)Vs + \rho Ss^2 \quad (3.17)$$

donde

$$Vs = \sum_{i=1}^{Nu} M_i^2 VAR(\beta_{N1i}) \quad (3.18)$$

$$Ss = \sum_{i=1}^{Nu} \sqrt{M_i VAR(\beta_{N1i})} \quad (3.19)$$

Más adelante se verá la utilidad de estas nuevas variables.

Finalmente, se hace notar que tratándose de pólizas agrupadas, $P_{0s} = 0$ y $P_{1s} = 0$ (en otras palabras, β_s tiene distribución Beta), mientras que para pólizas semi-agrupadas, $P_{1s} = 0$.

3.6.2 Aplicación del esquema de capas a la densidad de probabilidad de Ps

El valor esperado de la pérdida neta de una póliza colectiva con múltiples capas se calcula de la siguiente manera:

$$E(\beta_{N2}) = \sum_{j=1}^{N_{capas}} E(\beta_{Cj}) \quad (3.20)$$

donde $E(\beta_{Cj})$ es el valor esperado de la pérdida neta de la capa j , que se calcula como si se tratara del valor esperado de la pérdida neta en una póliza con deducible igual al límite inferior de la capa y límite de primer riesgo igual al límite superior de la capa, en la cual la pérdida bruta tuviera la distribución mixta dada en la ecuación 3.12.

La expresión para el cálculo de la media cuadrática de la pérdida es la siguiente:

$$E(\beta_{N2}^2) = \sum_{j=1}^{N_{capas}} E(\beta_{Cj}^2) + 2 \sum_{k>j} \sum E(\beta_{Cj} \beta_{Ck}) \quad (3.21)$$

donde $E(\beta_{Cj}^2)$ es la media cuadrática de la pérdida neta de la capa j , que se calcula como si se tratara de la media cuadrática de la pérdida neta en una póliza con deducible igual al límite inferior de la capa y límite de primer riesgo igual al límite superior de la capa, en la cual la pérdida bruta tuviera la distribución mixta dada en la ecuación 3.12.

El segundo sumando de la ecuación 3.21 se calcula con la siguiente expresión:

$$\sum_{k>j} \sum E(\beta_{Cj} \beta_{Ck}) = (1 - P_{0s}) \sum_{k>j} \sum (v_{1jk} - v_{2jk} + v_{3jk}) \quad (3.22)$$

donde:

$$v_{1jk} = (L_j - L_{j-1}) \frac{a}{a+b} [F_B(L_k, a+1, b) - F_B(L_{k-1}, a+1, b)] \quad (3.23)$$

$$v_{2jk} = (L_j - L_{j-1}) L_{k-1} [F_B(L_k, a, b) - F_B(L_{k-1}, a, b)] \quad (3.24)$$

$$v_{3jk} = (L_j - L_{j-1}) (L_k - L_{k-1}) [1 - F_B(L_k, a, b)] \quad (3.25)$$

Se supondrá que β_{N2} tiene una densidad de probabilidad mixta similar a la de β_{N1} , dada en la ecuación 3.11:

$$f(\beta_{N2}) = P_{0N2} \delta(\beta_{N2}) + (1 - P_{0N2} - P_{1N2}) B(\beta_{N2}; a_{N2}, b_{N2}) + P_{1N2} \delta(\beta_{N2} - 1) \quad (3.26)$$

Para definir esta densidad, es necesario calcular cuatro valores: P_{0N2} , que es la probabilidad de que β_{N2} sea exactamente igual a 0; P_{1N2} , que es la probabilidad de que la pérdida de la póliza haya alcanzado su límite de primer riesgo; a_{N2} y b_{N2} . Estos dos últimos valores se determinarán de tal modo que la media y la media cuadrática de β_{N2} calculadas a partir de la densidad de la ecuación 3.26 sean iguales a las dadas en las ecuaciones 3.20 y 3.21.

Finalmente, la densidad de probabilidades de P_{N2} puede determinarse fácilmente puesto que $P_{N2} = Ms\beta_{N2}$.

El efecto de la aplicación de las coberturas a nivel de póliza afecta, como se ha visto, al valor esperado y la varianza de la pérdida neta. Estas cantidades no son iguales antes y después de la aplicación de la cobertura de pólizas. Como veremos en el siguiente inciso, para poder calcular la varianza de las pérdidas en toda la cartera es necesario determinar los valores de V_S y de S_S (ver ecuaciones 3.18 y 3.19) después de la aplicación del seguro a nivel de póliza, cantidades que denominaremos V_{N2} y S_{N2} . Estas variables se determinarán de la siguiente manera:

$$V_{N2} = V_S \cdot F^2 \quad (3.27)$$

$$S_{N2} = S_S \cdot F \quad (3.28)$$

donde F^2 es el cociente entre las varianzas de la pérdida después y antes de la aplicación del seguro, es decir:

$$F^2 = \frac{VAR(P_{N2})}{VAR(P_S)} \quad (3.29)$$

3.7 Pérdidas en la cartera formada por diversas pólizas de todo tipo (P_{NE})

La pérdida neta total en una cartera durante un evento, P_{NE} es la suma de las pérdidas en las pólizas que la constituyen. Definiremos a β_{NE} como la pérdida total relativa en la cartera, es decir,

$$\beta_{NE} = \frac{P_{NE}}{\sum_k Ms_k} \quad (3.30)$$

donde la suma del denominador involucra a los montos expuestos para todas las pólizas, Ms_k , $k = 1, \dots$, número de pólizas. Supondremos que la función de densidad de la pérdida relativa total en la cartera es de la forma siguiente:

$$f(\beta_{NE}) = P_{0NE}\delta(\beta_{NE}) + (1 - P_{0NE} - P_{1NE})B(\beta_{NE}; a_{NE}, b_{NE}) + P_{1NE}\delta(\beta_{NE} - 1) \quad (3.31)$$

Para definir esta densidad, es necesario calcular cuatro valores: P_{0NE} , que es la probabilidad de que β_{NE} sea exactamente igual a 0 durante el evento; P_{1NE} , que es la probabilidad de que las pérdidas en todas las pólizas hayan alcanzado su límite máximo; a_{NE} y b_{NE} . Estos dos últimos valores se determinarán de tal modo que la media y la varianza de β_{NE} calculadas a partir de la densidad de la ecuación 3.31 sean iguales, respectivamente, a las dadas en las ecuaciones siguientes:

$$E(\beta_{NE}) = \frac{\sum_k Ms_k E(\beta_{N2k})}{\sum_k Ms_k} \quad (3.32)$$

$$VAR(\beta_{NE}) = \frac{(1 - \rho) \sum_k V_{N2k} + \rho (\sum_k S_{N2k})^2}{(\sum_k Ms_k)^2} \quad (3.33)$$

donde el subíndice k se refiere a los valores correspondientes a la póliza k .

En este momento tenemos definida la densidad de probabilidades de la pérdida neta de la cartera suponiendo que ocurrió un evento correspondiente a un peligro hidrometeorológico.

3.8 Prima de Riesgo para un peligro específico y para la acción conjunta de varios peligros.

Una vez obtenidas las pérdidas de la cartera para un escenario, es posible determinar las pérdidas de todos los escenarios de un peligro específico como previamente se indicó en el inciso 3.1.

3.8.1 Prima para un peligro específico.

Las primas de riesgo son, por definición, los valores esperados de las pérdidas anuales. En vista de esta definición, la prima de riesgo asociada al peligro m vale:

$$PR_m = \sum_l E(P_{N2l}) PA_l \quad (3.34)$$

donde el subíndice l se refiere al número de evento para el peligro considerado y la suma se extiende para todos los eventos de ese peligro. Por su parte, PA_l es la probabilidad anual de ocurrencia del evento l .

3.8.2 Prima pura para toda la cartera, considerando todos los peligros

Por tratarse de valores esperados, las primas de riesgo son aditivas. Por tanto, la prima de riesgo total, considerando todos los peligros, toma el siguiente valor:

$$PR = \sum_m PR_m \quad (3.35)$$

donde la suma se extiende para todos los peligros considerados.

3.9 Tasa de excedencia de las pérdidas en una cartera

3.9.1 Tasa de excedencia de pérdida para un peligro específico

La tasa de excedencia de una pérdida ante un peligro específico es el número medio de veces al año en que dicha pérdida será igualada o excedida. La tasa de excedencia de un cierto valor de pérdida, $v_m(p)$, definida como la frecuencia anual con que ocurren eventos asociados al peligro m que produzcan una pérdida igual o mayor que p , se calcula de la siguiente manera:

$$v_m(p) = \sum_l Pr(P_{N2l} > p) PA_l \quad (3.36)$$

donde la suma se extiende para todos los eventos asociados al peligro m y la probabilidad de que la pérdida sea superior a p durante el evento 1 se calcula integrando adecuadamente la función de densidad de probabilidades calculada para el 1-ésimo evento, que se presenta en la ecuación 3.31.

3.9.2 Tasa de excedencia de pérdidas considerando todos los peligros

Supondremos que los eventos asociados a los diferentes peligros son independientes entre sí y son también independientes los eventos asociados a diferentes peligros. En consecuencia, la tasa de excedencia total de un valor de pérdida p por efecto de los N peligros, es simplemente la suma de las tasas asociadas a cada peligro:

$$v(p) = \sum_m v_m(p) \quad (3.37)$$

3.10 Pérdida Máxima Probable

3.10.1 Definición

La Pérdida Máxima Probable, también conocida como PML, es un estimador del tamaño de la pérdida que se excedería poco frecuentemente en una cartera sometida a la ocurrencia de ciertos eventos, en nuestro caso los hidrometeorológicos.

Para los fines de las presentes bases técnicas se definirá como PML a la pérdida asociada a un periodo de retorno de 1500 años, es decir, aquella que se excederá, en promedio, una vez cada 1500 años. Esto equivale a decir que la PML es la pérdida para la cual se satisface que:

$$v(PML) = \frac{1}{1500} \text{ años}^{-1} \quad (3.38)$$

3.10.2 Riesgo tolerable

En el inciso anterior se señaló que la PML es una pérdida que será excedida poco frecuentemente. Qué tan poco frecuentemente se esté dispuesto a aceptar que las pérdidas excedan la PML mide, esencialmente, el riesgo tolerable.

De acuerdo con la definición del inciso anterior, el riesgo tolerable al asociar la PML a un periodo de retorno de 1500 años es, en promedio, una excedencia cada 1500 años. Por tratarse de un proceso de ocurrencias aleatorio, modelado como proceso de Poisson, que en promedio se tenga una excedencia cada 1500 años no significa que la próxima excedencia ocurrirá dentro de 1500 años; el tiempo de ocurrencia es aleatorio y no puede determinarse cuándo ocurrirá el siguiente gran evento.

Sin embargo, aunque no puede saberse el instante de ocurrencia del próximo evento, bajo la hipótesis de ocurrencias Poissonianas, sí es posible determinar la probabilidad de que en los próximos T_e años (el lapso de exposición) ocurra al menos un evento con pérdidas superiores a la PML, es decir, lo que en análisis probabilista se conoce como la "probabilidad de ruina", P_R .

En general, esta probabilidad puede calcularse de la siguiente manera:

$$P_R = 1 - \exp(-T_e/Tr) \quad (3.39)$$

(Continúa en la Tercera Sección)

TERCERA SECCION

SECRETARIA DE HACIENDA Y CREDITO PUBLICO

(Viene de la Segunda Sección)

donde Tr es el periodo de retorno asociado a la PML (1500 años en nuestro caso). Por ejemplo, la probabilidad de que la PML se exceda al menos una vez durante el próximo año, P_{R1} , vale:

$$P_{R1} = 1 - \exp(-1/1500) \approx \frac{1}{1500} \quad (3.40)$$

de donde se observa que, para periodos de retorno grandes, la probabilidad anual de excedencia es aproximadamente igual al inverso del periodo de retorno de la PML. En la tabla siguiente se presentan valores de la probabilidad de excedencia de la PML que tiene un periodo de retorno de 1500 años, para diversos valores del lapso de exposición:

Tabla 3.1. Probabilidad de que la PML se exceda en los próximos Te años

Periodo de exposición (Te , años)			
1	10	20	50
0.1%	0.7%	1.3%	3.3%

Se observa, por ejemplo, que la probabilidad de que la PML sea excedida en los próximos 20 años es 1.3%.

3.10.3 Riesgos no valuables

Los riesgos no valuables son aquellos riesgos que por sus características, no pueden ser valuados con las bases técnicas establecidas en el presente Anexo.

En el caso de pólizas que amparen este tipo de riesgos, la pérdida máxima probable de retención deberá calcularse como se indica a continuación:

Para cada póliza, como el monto que resulte de multiplicar el factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), obtenido de dividir la Pérdida Máxima Probable bruta (PML_{bruta}) de las pólizas en vigor que hayan sido valuadas mediante la aplicación de las bases técnicas a que se refiere el presente Anexo, entre las sumas aseguradas brutas de dichas pólizas (SA_{bruta}), por la suma asegurada retenida (SA_{RET_i}) de la póliza de que se trate.

En caso de que alguna Institución de Seguros o Sociedad Mutualista no cuente con pólizas en vigor susceptibles de ser valuadas conforme a las bases técnicas establecidas en el presente Anexo, deberá utilizar como factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), el 9%.

Para estos efectos se considerarán riesgos no valuables, los siguientes:

- I. Pólizas que cubran riesgos de reaseguro tomado de entidades aseguradoras del extranjero;
- II. Pólizas que cubran riesgos sobre bienes que se ubiquen en el extranjero;
- III. Pólizas que cubran bienes ubicados en territorio nacional, pero que no cuenten con las características de construcción regular que se requieren para que puedan ser valuados con las bases técnicas contenidas en el presente Anexo, y
- IV. Pólizas que, aun cuando correspondan a edificaciones de construcción regular con las características previstas en las bases técnicas establecidas en el presente Anexo, y que contando con toda la información sobre los bienes asegurados, sean cubiertas por los seguros de huracán y otros riesgos hidrometeorológicos en condiciones o modalidades especiales que no puedan ser valuadas bajo dichas bases técnicas.

En el caso de pólizas que amparen bienes en territorio nacional que, aun correspondiendo al tipo de edificaciones de construcción regular con las características previstas en las bases técnicas establecidas en este Anexo, sean aseguradas en condiciones tales que se carezca de la información mínima requerida que permita la correcta aplicación de las bases técnicas del presente Anexo, la pérdida máxima probable de retención deberá calcularse, para cada póliza, como el monto que resulte de multiplicar el factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), obtenido de dividir la Pérdida Máxima Probable bruta (PML_{bruta}) de las pólizas en vigor que hayan sido valuadas mediante la aplicación de las bases técnicas a que se refiere el presente Anexo, entre las sumas aseguradas brutas de dichas pólizas (SA_{bruta}), por la suma asegurada retenida (SA_{RET_i}) de la póliza de que se trate.

En caso de que alguna Institución de Seguros o Sociedad Mutualista no cuente con pólizas en vigor susceptibles de ser valuadas conforme a las bases técnicas establecidas en el presente Anexo, deberá utilizar como factor de Pérdida Máxima Probable (F_{PML}), el 9%.

PARTE II**DE LA INFORMACIÓN PARA LA VALUACIÓN DE LA PRIMA DE RIESGO Y LA PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE DE LOS SEGUROS DE HURACÁN Y/U OTROS RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS.****Descripción de campos del Sistema****Introducción**

Las instituciones y sociedades mutualistas de seguros deberán clasificar las pólizas conforme a la manera en que se encuentren asegurados y reasegurados los bienes inmuebles, de la siguiente forma:

1.- Las que correspondan a inmuebles independientes que no cuenten con coberturas de contratos de reaseguro facultativos no proporcional a capas (Base de datos de carteras de pólizas independientes sin capas).

2.- Las que correspondan a inmuebles asegurados en pólizas colectivas (agrupados y semi-agrupados) o a inmuebles que cuenten con coberturas de reaseguro facultativo no proporcional a capas (Base de datos de carteras de pólizas colectivas o pólizas con capas).

Para efectos de lo anterior, se deberá clasificar la base de datos tomando como criterio las características de cada cartera como a continuación se especifica:

Carteras de pólizas independientes sin capas

La estructura de la base de datos para este tipo de cartera, consiste en un arreglo matricial donde cada columna tendrá como primer registro el nombre del tipo de dato (*Campo*) que se registrará en dicha columna, conforme a las definiciones de la Tabla Uno y en el mismo orden en que aparecen. Los campos de la Tabla Uno corresponden a las columnas que deberá contener el archivo, siendo un total de 45 columnas.

Los siguientes renglones deben corresponder a la información de los inmuebles, contenidos, pérdidas consecuenciales y bienes bajo convenio expreso, con excepción del primer renglón, el cual, como se mencionó, será utilizado para el nombre del campo. Cada renglón de este archivo debe corresponder sólo a un inmueble o tipo de bien, en el caso de riesgos especiales. En los casos en los que en una misma póliza se aseguren varios inmuebles se deberá contar con la información de cada inmueble utilizando un renglón por inmueble.

En la Tabla Uno se indican los datos que son obligatorios y cuáles son optativos. Los datos obligatorios son aquellos que son fundamentales para valorar el riesgo de manera aproximada, y los optativos son aquellos que dan información adicional para valorar el riesgo de manera más precisa.

En la información obligatoria deberán llenarse todos los renglones, aun cuando no se haya contratado alguna de las coberturas de contenidos, pérdidas consecuenciales o bienes bajo convenio expreso; en estos casos se deben colocar ceros en las columnas correspondientes. La omisión de información obligatoria será impedimento para evaluar el riesgo de ese inmueble.

En la información opcional se podrán llenar los campos en que existe información y dejar en blanco los campos en los que no se cuente con la misma. Cuando el usuario no indique los datos optativos, el sistema asumirá distintas condiciones que se explican en la parte de definición de campos de esta Circular.

Carteras de pólizas colectivas y con capas

Al igual que la base de datos para inmuebles independientes, la estructura de esta base de datos debe realizarse en un arreglo matricial donde cada columna deberá tener como primer registro el nombre del tipo de dato (*Campo*) que se registrará en dicha columna conforme a las definiciones de la Tabla Uno y en el mismo orden en que aparecen.

Esta base de datos estará contenida por pólizas de seguro en las que los límites de responsabilidad, retenciones, deducibles y coaseguros de las coberturas no operan en forma individual, inmueble por inmueble, sino para un conjunto de inmuebles y en las que se tienen contemplados, o no, esquemas de reaseguro por capas; es decir, esta base de datos se aplica a pólizas colectivas, pólizas con capas o a una combinación de

ambas. En estos casos, la información deberá complementarse con los datos de las Tablas Dos y Tres; cada renglón de la Tabla Dos debe corresponder a una póliza, la cual reúne a todos los inmuebles colectivos. La descripción de los esquemas de reaseguro por capas se define en la tabla tres. Será necesario tener una tabla para cada póliza que maneje este tipo de reaseguro y al menos un renglón para definir los valores globales de los inmuebles colectivos.

Los inmuebles colectivos se dividen en inmuebles agrupados para los que opera un sólo deducible, un coaseguro, un límite máximo de responsabilidad y una retención o en inmuebles semi-agrupados para los que solamente opera un límite máximo y una retención. La única diferencia del archivo de base de datos para pólizas colectivas o con reaseguro a capas con respecto al archivo de pólizas independientes, es decir la Tabla Uno, consiste en que los campos de las variables financieras que actúan de forma global (en semi-agrupadas las fechas de vigencia, límites de responsabilidad y retenciones, y en agrupadas además los deducibles y coaseguros) no es necesario indicarlos en cada inmueble ya que el sistema sólo tomará en cuenta los valores globales de las Tablas Dos y Tres, por lo que dejan de ser obligatorios en la Tabla Uno.

TABLA UNO-INFORMACION DE CARTERAS INDEPENDIENTES

Grupo	No.	Campo	Tipo de dato	Valores	Tipo
De referencia	1	NUM_POLIZA	Alfanumérico	-	obligatorio
	2	NUM_REGISTRO	Número Entero	1 a 3,000,000	obligatorio
Financieros	3	FECHA_INICIO	Fecha	01/01/2007 ó posterior	obligatorio
	4	FECHA_FIN	Fecha	01/01/2008 ó posterior	obligatorio
	5	INM_VALOR_ASEGURABLE	Pesos	0 a billones	obligatorio
	6	CONT_VALOR_ASEGURABLE	Pesos	0 a billones	obligatorio
	7	CONSEC_VALOR_ASEGURABLE	Pesos	0 a billones	obligatorio
	8	CONVENIO_VALOR_ASEGURABLE	Pesos	0 a billones	obligatorio
	9	PORCENTAJE_RETENCION	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	10	TIPO_PRIMER_RIESGO	Número Entero	0, 1 ó 2	obligatorio
	11	MONTO_PRIMER_RIESGO	Pesos	0 a billones	obligatorio
	12	CONSEC_LIMITE_MAXIMO	Pesos	0 a billones	obligatorio
	13	CONSEC_PERIODO_COBERTURA	Días	0 a 365	obligatorio
	14	CONVENIO_LIMITE_MAXIMO	Pesos	0 a billones	obligatorio
	15	INM_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	16	CONT_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	17	CONSEC_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	18	CONVENIO_DEDUCIBLE	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	19	INM_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	20	CONT_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	21	CONSEC_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	22	CONVENIO_COASEGURO	Porcentaje	0 a 100	obligatorio

De localización	23	CLAVE_ESTADO	Número Entero	1 al 32	opcional
	24	CODIGO_POSTAL	Número Entero	01000 al 99999	obligatorio
	25	LONGITUD	Grados	-118.5000 a -86.5000	opcional
	26	LATITUD	Grados	13.5000 a 35.0000	opcional
	27	PRIMERA_LINEA_MAR	Número Entero	1 ó 2	obligatorio
	28	PRIMERA_LINEA_LAGO	Número Entero	1 ó 2	opcional
	29	SOBREELEVACION_DESPLANTE	Metros	-10 a 10	opcional
	30	RUGOSIDAD	Número Entero	1 al 4	opcional
De la estructura	31	USO_INMUEBLE	Número Entero	1 al 33	obligatorio
	32	NUM_PISOS	Número Entero	1 al 57	obligatorio
	33	PISO	Número Entero	1 al 57	opcional
	34	TIPO_CUBIERTA	Número Entero	1 al 4	obligatorio
	35	FORMA_CUBIERTA	Número Entero	1 al 5	opcional
	36	IRRE_PLANTA	Número Entero	1 al 3	opcional
	37	OBJETOS_CERCA	Número Entero	1 ó 2	opcional
	38	AZOTEA	Número Entero	1 ó 2	opcional
	39	TAMAÑO_CRISTAL	Número Entero	1 al 3	opcional
	40	TIPO_VENTANAS	Número Entero	1 al 3	opcional
	41	TIPO_DOMOS	Número Entero	1 al 4	opcional
	42	SOPORTE_VENTANA	Número Entero	1 al 3	opcional
	43	PORCENTAJE_CRISTAL_FACHADAS	Número Entero	1 al 3	opcional
	44	PORCENTAJE_DOMOS	Número Entero	1 al 4	opcional
	45	OTROS_FACHADA	Número Entero	1 al 4	opcional
	46	MUROS_CONTENCION	Número Entero	1 al 4	opcional

TABLA DOS-INFORMACION ADICIONAL DE TIPO GENERAL PARA CARTERAS COLECTIVAS Y CON CAPAS

Grupo	No.	Campo	Dato	Valores	Tipo
Generales	1	NumeroPoliza	Alfanumérico	-	obligatorio
	2	TipoPoliza	Número Entero	1 ó 2	obligatorio
	3	FechaInicio	Fecha	01/01/2006 ó posterior	obligatorio
	4	FechaFin	Fecha	01/01/2007 ó posterior	obligatorio

TABLA TRES-INFORMACION ADICIONAL DE TIPO FINANCIERO PARA CARTERAS COLECTIVAS Y CON CAPAS

Grupo	No.	Campo	Dato	Valores	Tipo
Financiero	1	NumeroPoliza	Alfanuméricos	-	obligatorio
	2	NumeroCapa	Alfanuméricos	-	opcional
	3	Retencion	Porcentaje	0 a 100	obligatorio
	4	LimiteMaximo	Pesos	0 a billones	obligatorio
	5	Coaseguro	Porcentaje	0 a 100	obligatorio

Los datos que requiere el sistema de cómputo a que se refiere la Segunda de las disposiciones en las que se dan a conocer las bases técnicas que se deberán utilizar para la valuación, constitución e incremento de la reserva de riesgos en curso, el cual ha quedado registrado con el nombre de RH-MEX[®] estarán en archivos de Access[®], y corresponderán a una ubicación ya sea que pertenezca a una póliza individual o a una colectiva. Los datos de cada ubicación deberán corresponder a un renglón de la base de datos que proporcione el usuario, y deberán tener un formato específico que se indica en las respectivas secciones. Al respecto, los campos se clasifican de la siguiente forma, atendiendo a sus características particulares:

1. Datos de Referencia
2. Datos Financieros
3. Datos de Localización
4. Datos de la Estructura

El sistema RH-MEX[®] está diseñado para ser alimentado con datos obligatorios y optativos. Los datos obligatorios son aquellos que son indispensables para calcular la prima de riesgo y la pérdida máxima probable, y los optativos son aquellos que sin que sean indispensables, proporcionarán información adicional que permitirá calcular la prima de riesgo y la pérdida máxima probable de manera más precisa. En los casos en que el usuario no proporcione alguno de los datos obligatorios, el sistema no realizará la estimación de la prima de riesgo o la pérdida máxima probable, en tanto que cuando el usuario no indique alguno o algunos de los datos optativos procederá a realizar el cálculo de la prima de riesgo y la pérdida máxima probable mediante supuestos conservadores que en este anexo se explican.

1. Bienes asegurados

El sistema RH-MEX[®] calculará las pérdidas del inmueble, contenidos, pérdidas consecuenciales y bienes asegurados bajo convenio expreso de manera independiente. A continuación se define cada uno de ellos.

Inmueble

Es lo que compone la estructura, la cimentación, instalaciones y acabados. Es decir, todo aquello que forma parte del edificio.

Contenidos

Son los bienes que dan uso al inmueble. En general se pueden mover fácilmente dentro del edificio o de un inmueble a otro.

Pérdidas consecuenciales

Son las pérdidas que serían causadas por el tiempo en que permanece en imposibilidad de uso el inmueble debido a los daños causados por el evento.

Bienes asegurados bajo convenio expreso

Son bienes que generalmente pueden quedar asegurados, mediante convenio expreso entre el Asegurado y la institución aseguradora, fijando sumas aseguradas por separado y mediante el cobro de prima adicional correspondiente.

- a. Edificios terminados que carezcan total o parcialmente de techos, muros, puertas, o ventanas, siempre y cuando dichos edificios hayan sido diseñados y/o construidos para operar bajo estas circunstancias, de acuerdo con los reglamentos de construcción de la zona, vigentes a la fecha de la construcción.
- b. Maquinaria y/o equipo fijo y sus instalaciones que se encuentren total o parcialmente al aire libre o que se encuentren dentro de edificios que carezcan total o parcialmente de techos, puertas, ventanas o muros, siempre y cuando hayan sido diseñados específicamente para operar en estas condiciones y estén debidamente anclados.
- c. Bienes fijos distintos a maquinaria que por su propia naturaleza estén a la intemperie, entendiéndose como tales aquellos que se encuentren fuera de edificios o dentro de edificios que carezcan total o parcialmente de techos, puertas, ventanas o muros, como:
 - Albercas.
 - Anuncios y rótulos.
 - Caminos, andadores, calles, guarniciones o patios en el interior de los predios del asegurado.
 - Elementos decorativos de áreas exteriores.
 - Instalaciones y canchas deportivas.
 - Luminarias.
 - Muros de contención de concreto armado, bardas, rejas y mallas perimetrales y sus puertas o portones.
 - Palapas y pérgolas.
 - Sistemas de riego, incluyendo sus redes de tuberías.
 - Torres y antenas de transmisión y recepción.
 - Tanques o silos metálicos o de materiales plásticos.
- d. Bienes muebles o la porción del inmueble en sótanos o semisótanos considerándose como tales: cualquier recinto donde la totalidad de sus muros perimetrales se encuentren total o parcialmente bajo el nivel natural del terreno.

☐ Para el manejo de estos bienes, el sistema contiene formas simplificadas para cuantificar la siniestralidad esperada y la pérdida máxima probable.

2. Tipo de carteras**☐ Pólizas individuales vs colectivas**

Se contemplarán dos tipos distintos de pólizas, las individuales y las colectivas. Las primeras corresponden a aquellas en las que se asegura un solo bien, mientras que las colectivas son aquellas en que se aseguran varios bienes ya sea en una misma ubicación o que pertenezcan a una cartera geográficamente distribuida en varias poblaciones pero que estén amparados bajo las mismas condiciones contractuales. En cualquier caso, la información de cada bien asegurado debe estar indicada en un renglón del archivo de datos; este renglón en adelante se llamará "registro".

Si la cartera de la institución aseguradora sólo contiene pólizas individuales únicamente se requerirá el archivo de datos de esta cartera; en cambio, si cuenta con una o más pólizas colectivas, se deberá llenar otra tabla que contiene los datos comunes a estas carteras.

Existen pólizas que cuentan con varios bienes en una misma ubicación (hoteles, centros habitacionales, centros comerciales, entre otros) donde es necesario definir esta cartera como colectiva donde cada registro corresponde a uno de estos bienes. Únicamente se podrá considerar un solo bien (por lo tanto un solo registro en el archivo de datos) si todos ellos son iguales con las mismas características estructurales y de contenidos.

3. Definición de datos para cada bien asegurado

3.1 Datos de referencia

En este grupo se establecen los datos necesarios para identificar el nombre o número del inmueble asegurado.

Número de registro (NUM_REGISTRO)

Dato obligatorio

Formato: números enteros consecutivos

Este dato tiene por objeto ordenar y llevar un control dentro del sistema de todas las ubicaciones. Es indispensable para que el usuario identifique los errores y resultados que arroja el sistema.

Pólizas individuales. El *Número de registro* será un número consecutivo que el usuario asigne a cada uno de los renglones (registro) de la base de datos. No podrá haber dos ubicaciones con el mismo número ni podrá haber números faltantes (ver Capítulo 4).

Pólizas colectivas. En cada póliza colectiva *Número de registro* será un número consecutivo de manera que cada ubicación dentro de ésta tenga un número único. En las demás pólizas agrupadas de la cartera, si es que existen, el *Número de registro* deberá asignarse de manera independiente (ver Capítulo 4).

Número de póliza (NUM_POLIZA)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Se refiere a la clave que utilice el usuario para identificar cada registro o póliza. Este dato es alfanumérico. Para las pólizas de inmuebles colectivos, todas las ubicaciones que sean amparadas por ésta deberán llevar el mismo *Número de póliza* ya que este campo es el que identifica a qué póliza colectiva pertenece cada ubicación. Por lo mismo, este campo no deberá repetirse en otras pólizas colectivas. Para el caso de pólizas de inmuebles independientes este campo sólo es para referencia propia del usuario, puede quedar vacío y puede repetirse en varios registros (ver Capítulo 4).

3.2 Datos financieros

En este grupo se describen los datos técnicos que son establecidos comúnmente en la póliza o que se obtienen en el proceso de suscripción y de reaseguro.

Fecha de inicio (FECHA_INICIO)

Fecha de terminación (FECHA_FIN)

Datos obligatorios

Formato: dd/mm/aaaa

Estos datos se refieren a la fecha de inicio y fin de vigencia de la póliza que asegura el bien. El sistema por convención considerará el día de inicio de la vigencia de 24 horas; si la fecha de corte coincide con la fecha de inicio de una póliza, el sistema toma como vigente dicha póliza. También, por convención, el sistema considerará el último día de vigencia de la póliza de cero horas; si la fecha de valuación de la reserva coincide con la fecha de finalización de una póliza el sistema toma como fuera de vigencia dicha póliza. Para el caso de *créditos hipotecarios* que requieran un cálculo del mes completo deberá ponerse como *Fecha de terminación* el primer día del mes siguiente.

Pólizas de inmuebles colectivos. Debido a que para estas pólizas no es necesario indicar para cada inmueble estas fechas, estos campos pueden quedar vacíos y el sistema no los tomará en cuenta. Para estas pólizas estos datos se deben indicar en la tabla correspondiente (ver Capítulo 4).

Valor asegurable inmueble (INM_VALOR_ASEGURABLE)**Valor asegurable contenidos (CONT_VALOR_ASEGURABLE)****Valor asegurable pérdidas consecuenciales (CONSEC_VALOR_ASEGURABLE)****Valor asegurable bienes convenio expreso (CONVENIO_VALOR_ASEGURABLE)****Datos *obligatorios***

Formato: número [en pesos]

Es, respectivamente, el valor real o de reposición según se hubiera contratado, del inmueble, de los contenidos, de las pérdidas consecuenciales o de los valores por convenio expreso. Para el caso de pólizas que no sean a "primer riesgo" estos valores deben corresponder a las sumas aseguradas establecidas en la póliza.

En el caso de carteras hipotecarias, el *valor asegurado inmueble* debe corresponder al valor real o de reposición según se hubiera contratado, del inmueble y no solo al saldo insoluto del crédito.

En el caso de pérdidas consecuenciales, el valor asegurable debe ser el monto de la exposición anual, es decir, el valor estimado de las pérdidas que se producirían durante un año.

Porcentaje de retención del valor asegurable (PORCENTAJE_RETENCION)**Dato *obligatorio***

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje que representa la obligación que quedará a cargo de la institución de seguros una vez descontada la parte de obligaciones cedidas en contratos de reaseguro proporcional, respecto de la obligación total suscrita en un contrato de seguro.

En este porcentaje no se debe incluir lo respectivo a contratos facultativos no proporcionales riesgo por riesgo, el efecto que tiene la cobertura de reaseguro de este tipo de contratos se determinan según se explica en el Capítulo 4.

Pólizas de inmuebles colectivos. Debido a que el *porcentaje de retención* es el mismo para todos los inmuebles considerados en la póliza, este campo puede estar vacío para cada uno de los bienes asegurados ya que el sistema lo ignorará. El porcentaje de retención que se aplicará a los inmuebles se deberá indicar en la tabla correspondiente (ver Capítulo 4).

Tipo de primer riesgo (TIPO_PRIMER_RIESGO)**Dato *obligatorio***

Formato: número entero [0, 1 ó 2]

Para el caso de pólizas individuales se debe indicar si es a primer riesgo o no. En las pólizas colectivas estos valores son globales y se deben escribir en la tabla correspondiente (ver Capítulo 4). Se entenderá que una póliza está contratada a primer riesgo cuando el límite máximo de responsabilidad sea inferior al valor asegurable del bien. Las opciones para este campo son:

- 0 Sin primer riesgo. Cuando la póliza está emitida a valores totales, es decir, las sumas asegurables son los límites de responsabilidad. En este caso, el sistema no tomará en cuenta los valores indicados en *monto de primer riesgo*, *límite pérdidas consecuenciales* ni *límite convenio expreso*.
- 1 El límite máximo de responsabilidad es inferior al valor asegurable del edificio y sus contenidos.
- 2 El límite máximo de responsabilidad es inferior al valor asegurable del edificio, sus contenidos y las pérdidas consecuenciales. En este caso, el sistema no tomará en cuenta el *límite pérdidas consecuenciales*.

Monto de primer riesgo (MONTOS_PRIMER_RIESGO)**Dato *obligatorio***

Formato: número [en pesos]

Es el valor máximo o el límite máximo de responsabilidad que tiene la aseguradora en caso de daños al inmueble, contenidos o pérdidas consecuenciales en su conjunto.

Este campo opera de manera conjunta con el campo de *tipo de primer riesgo*. Si este valor es igual a cero el campo puede dejarse vacío puesto que el sistema lo ignorará y calculará las pérdidas considerando los campos de valores asegurables. Si el *tipo de primer riesgo* es igual a uno, es decir, abarca en un solo límite el inmueble más los contenidos, deberá capturarse dicho importe en este campo. En este caso, el monto capturado en el campo que se describirá más adelante de *límite pérdidas consecuenciales* funciona como una suma asegurada adicional al límite de edificios más contenidos (indicada en el campo *monto de primer riesgo*). Si el *tipo de primer riesgo* es igual a dos, es decir, abarca en un solo límite tanto al inmueble como a los contenidos y a las pérdidas consecuenciales, deberá capturarse dicho importe en este campo.

En el caso de carteras hipotecarias, el *monto de primer riesgo* debe contener el valor de la suma asegurada de la póliza para el inmueble, es decir, el saldo insoluto del crédito o la suma asegurada real amparada.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla correspondiente ya que es global para toda la póliza (ver Capítulo 4).

Límite pérdidas consecuenciales (CONSEC_LIMITE_MAXIMO)

Dato obligatorio

Formato: número [en pesos]

Es el valor máximo que la aseguradora está obligada a pagar en las coberturas de pérdidas consecuenciales de acuerdo a lo previsto en el contrato de seguro.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla correspondiente ya que es global para toda la póliza (ver Capítulo 4).

Periodo de cobertura por pérdidas consecuenciales (CONSEC PERIODO_COBERTURA)

Dato obligatorio

Formato: número entero [en días]

Es el periodo (tiempo) que ampara la póliza en las coberturas de pérdidas consecuenciales de acuerdo a lo previsto en el contrato de seguro. El referido periodo deberá expresarse en días, para efectos de incorporarlo como dato al sistema, el sistema toma internamente este valor como un límite máximo y lo traduce a pesos para compararlo con el valor de *límite pérdidas consecuenciales* y tomar el menor de estos dos.

Límite bienes bajo convenio expreso (CONVENIO_LIMITE_MAXIMO)

Dato obligatorio

Formato: número [en pesos]

Es el valor máximo que la aseguradora está obligada a pagar en los bienes cubiertos bajo convenio expreso. Si no se conoce el importe real de los bienes bajo convenio expreso, pero éstos sí están amparados en la póliza, el importe asegurado debe aparecer tanto en el *valor asegurable bienes bajo convenio expreso* como en el campo de *límite bienes bajo convenio expreso*.

Para el cálculo de las pérdidas el sistema aplica el límite de responsabilidad al mismo tiempo que el deducible y antes de aplicar coaseguro.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla correspondiente ya que es global para toda la póliza (ver Capítulo 4).

Deducible inmueble (INM_DEDUCIBLE)**Deducible contenidos (CONT_DEDUCIBLE)****Deducible pérdidas consecuenciales (CONSEC_DEDUCIBLE)****Deducible bienes bajo convenio expreso (CONVENIO_DEDUCIBLE)****Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje del valor asegurable de inmueble, contenidos, pérdidas consecuenciales y bienes bajo convenio expreso, respectivamente, que quedará a cargo del asegurado en caso de siniestro. En caso de contratos que prevean deducibles expresados en otras modalidades, la aseguradora deberá recalcularlo mediante criterios técnicos a términos porcentuales del valor asegurable. Para el cálculo de las pérdidas, el sistema aplica el deducible al mismo tiempo que el límite de responsabilidad y antes de aplicar coaseguro.

En el caso específico de pérdidas consecuenciales, el deducible que corresponde al periodo de espera, el cual se expresa comúnmente en días, deberá traducirse a un valor porcentual dividiendo el número de días que comprende dicho periodo, entre 365.

En caso de que el *tipo de primer riesgo* sea 1 ó 2, el sistema considerará el porcentaje de deducible estipulado en *deducible inmueble*.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla correspondiente ya que es global para toda la póliza (ver Capítulo 4).

Coaseguro inmueble (INM_COASEGURO)**Coaseguro contenidos (CONT_COASEGURO)****Coaseguro pérdidas consecuenciales (CONSEC_COASEGURO)****Coaseguro bienes bajo convenio expreso (CONVENIO_COASEGURO)****Datos obligatorios**

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo. Para el cálculo de las pérdidas el sistema aplica primero el deducible y el límite de responsabilidad y después el coaseguro.

En caso de que el *tipo de primer riesgo* sea 1 ó 2, el sistema considerará el porcentaje de coaseguro estipulado en *coaseguro inmueble*.

Pólizas de inmuebles colectivos. Este dato se deberá indicar en la tabla correspondiente ya que es global para toda la póliza (ver Capítulo 4).

3.3 Datos de localización

Este grupo de datos permitirá que el sistema RH-MEX[®] determine la localización con distintos niveles de aproximación de cada inmueble asegurado. Se debe tener especial atención para que la localización que se indica sea precisamente la del inmueble y no de la oficina matriz de la empresa o el domicilio fiscal o el lugar al que se envía la póliza; con dicha localización se calculará el peligro o amenaza ante todos los eventos hidrometeorológicos. De igual manera, cuando se trate de carteras con varias ubicaciones o inmuebles se debe indicar la localización de cada una de estas.

El sistema considera dos posibles formas para localizar. Estas son, en orden de precisión: coordenadas geográficas (longitud y latitud) y código postal. El código postal es un dato poco preciso para determinar la localización de la estructura, pero es muy fácil de conseguir; las coordenadas geográficas, como se verá más adelante, se pueden obtener actualmente con herramientas fácilmente disponibles, al menos para los inmuebles más importantes de la cartera.

Coordenada geográfica de longitud (LONGITUD)**Coordenada geográfica de latitud (LATITUD)****Datos opcionales**

Formato: número [longitud -118.5000 a -86.5000 grados, latitud 13.5000 a 35.0000 grados]

Ubicación del inmueble dada en términos de coordenadas geográficas en notación decimal (los minutos y segundos deben cambiarse a esta notación). Para México (Figura 3-1) la coordenada de *longitud* es negativa por ubicarse al oeste del primer meridiano y la coordenada de *latitud* es positiva

por ubicarse al norte del ecuador. Debido a que en México un grado es aproximadamente equivalente a 100 km deben incluirse por lo menos cuatro decimales para tener una precisión mínima de ± 10 m.

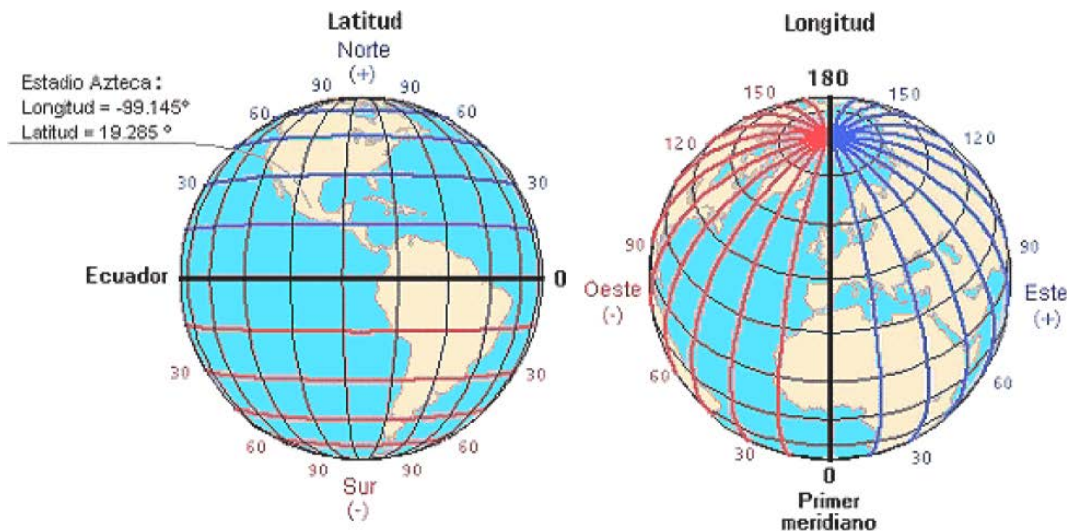


Figura 3-1 Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas se pueden obtener:

En gabinete, con ayuda de planos muy detallados.

En campo (Figura 3-2a), con ayuda de dispositivos GPS (*Global Positioning Systems*). En este caso debe tomarse en cuenta que la resolución de algunos dispositivos puede variar por decenas de metros, lo que sería particularmente grave si las coordenadas indicadas caen por error en el mar lo que para el sistema no es aceptable y optaría por localizar el edificio con el *código postal y primera línea*.

Por Internet con herramientas como *Google Earth®* (Figura 3-2b). En este caso se debe personalizar para que muestre las coordenadas en grados en formato decimal ya que la opción por omisión es grados-minutos-segundos.

En caso de dar coordenadas el sistema asumirá que esta información es precisa y no tomará en cuenta el *código postal* pero sí el dato de *primera línea*. Sin embargo, si la combinación de coordenadas *latitud-longitud* se encuentra fuera de las costas de México el sistema advertirá del error y localizará la estructura con el *código postal y primera línea*. Si las coordenadas geográficas no corresponden al *Estado* indicado de manera opcional el sistema advertirá del error pero tomará las coordenadas como verdaderas.

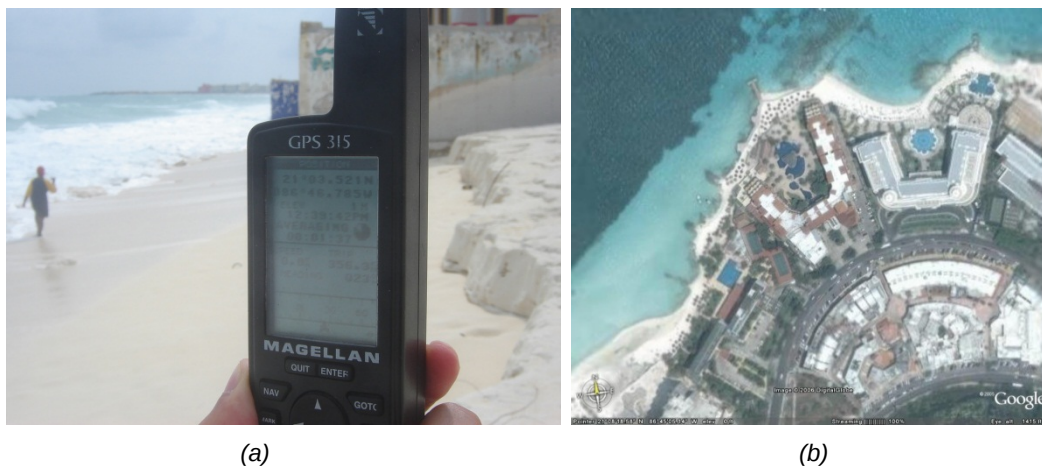


Figura 3-2 Formas para conocer las coordenadas de una ubicación: (a) dispositivo GPS (usado por ERN durante la inspección de los daños causados por Wilma) y (b) imagen de punta Cancún en Google Earth donde se aprecia que es posible fijar las coordenadas precisas de prácticamente cualquier ubicación.

Código postal (CODIGO_POSTAL)**Dato obligatorio**

Formato: número entero [del 01000 al 99999]

Es un número entero compuesto de cinco dígitos que está asociado a un área geográfica del país. Cada posición, leída de izquierda a derecha, permite identificar una zona específica dentro de la República Mexicana. Las dos primeras posiciones corresponden a la Entidad Federativa o a la Delegación en el caso del Distrito Federal. La tercera posición indica una ciudad importante, un municipio o una de las diez áreas en que está dividida postalmente cada Delegación del Distrito Federal. La cuarta representa un municipio o colonia de una ciudad y la quinta un conjunto de manzanas o el número específico de una dependencia. Sin embargo, los códigos postales no fueron creados para localizar edificaciones sino, evidentemente, como una herramienta para repartir correo, por lo que no es posible asignarles a todos ellos un solo par de coordenadas.

Clave del estado (CLAVE_ESTADO)**Dato opcional**

Formato: número entero [1 al 32]

Se refiere al número de cada *estado* de la República Mexicana. Cada uno de estos tiene un valor numérico que va desde 1 hasta 32, conforme al Catálogo 3-1 indicado a continuación. Este dato sólo es para que el usuario tenga una verificación de que las coordenadas geográficas indicadas explícitamente o calculadas a partir del *código postal* y *primera línea* están dentro del *estado*. Si no se cuenta con la información o no se desea indicar este campo puede quedar en blanco.

Catálogo 3-1, Clave y nombre de los estados

1	Aguascalientes	12	Guerrero	23	Quintana Roo
2	Baja California	13	Hidalgo	24	San Luis Potosí
3	Baja Calif. Sur	14	Jalisco	25	Sinaloa
4	Campeche	15	México	26	Sonora
5	Coahuila	16	Michoacán	27	Tabasco
6	Colima	17	Morelos	28	Tamaulipas
7	Chiapas	18	Nayarit	29	Tlaxcala
8	Chihuahua	19	Nuevo León	30	Veracruz
9	Distrito Federal	20	Oaxaca	31	Yucatán
10	Durango	21	Puebla	32	Zacatecas
11	Guanajuato	22	Querétaro		

**Primera línea frente al mar (PRIMERA_LINEA_MAR)****Dato obligatorio**

Formato: número entero [1: primera línea; 2: fuera de primera línea]

Se deberá especificar si el edificio se encuentra ubicado cerca o no de mar. Esto es indispensable para calcular pérdidas por viento, marea de tormenta, maremoto e inundación. Se adoptó la convención incluida en el endoso de hidrometeorológicos de AMIS de preguntar solo si el inmueble se encuentra a menos de 500 metros de la línea de rompimiento de las olas en marea alta.

Durante el primer año de operación del sistema este dato se podrá asignar a partir del *uso* del inmueble (ver Catálogo 3-2) de la siguiente forma: Sí el código postal pertenece a un municipio costero y el uso corresponde a vivienda de lujo (2 y 4), hotel (7), tienda departamental, centro comercial, comercio, tienda en general (10 y 16), restaurante, bar, salón de baile y centro nocturno (11 y 17) se indicará que el inmueble se encuentra en *primera línea* frente al mar; para los usos restantes y códigos postales en municipios que no sean costeros se podrá indicar que el inmueble se encuentra *fuera de primera línea*.

Primera línea frente a lago, laguna o río (PRIMERA_LINEA_LAGO)

Dato opcional

Formato: número entero [1: primera línea; 2: fuera de primera línea]

Se deberá especificar si el edificio se encuentra ubicado cerca o no de algún cuerpo de agua. Esto es indispensable para calcular pérdidas por inundación. Se adoptó la convención incluida en el endoso de hidrometeorológicos de AMIS de preguntar sólo si el inmueble se encuentra a menos de 250 metros de un lago o laguna.

Si se desconoce esta información deberá dejarse vacío el campo y el sistema asignará *fuera de primera línea* independientemente del uso.

Sobreelevación de desplante de la planta baja**(SOBREELEVACION_DESPLANTE)**

Dato opcional

Formato: metros [-10 a 10]

La diferencia de elevaciones (sobreelevación) en metros del nivel de piso terminado de la planta baja del inmueble, sin incluir sótanos, con respecto al nivel medio del terreno circundante (que en el sistema está dado por el modelo digital de elevación del terreno, MDE, a partir de los datos de localización).

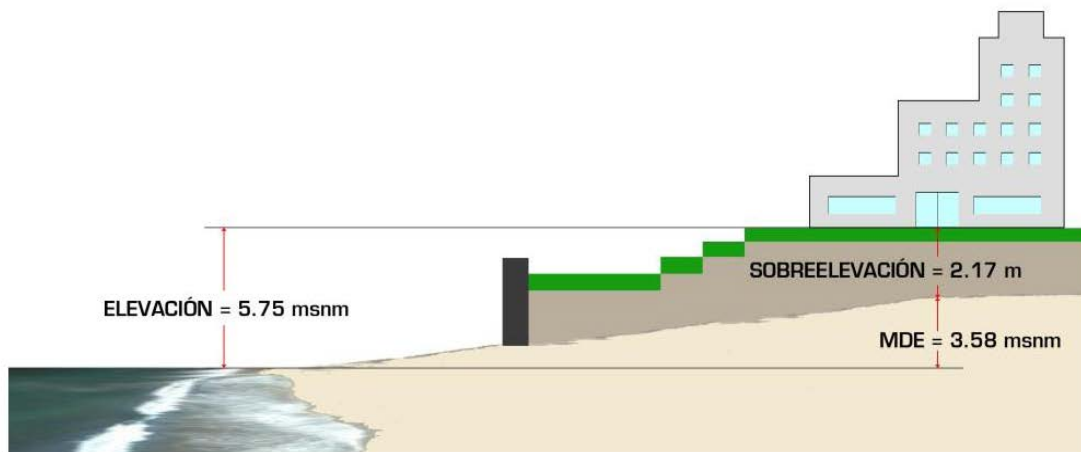


Figura 3-3 Ejemplo de sobreelevación de desplante del nivel de piso terminado de la planta baja en relación al modelo digital de elevación del terreno (MDE). En este ejemplo se debe indicar una *sobreelevación* de 2.17 m.

Cuando no se ingrese este dato y el inmueble se encuentre en primera línea, el sistema asignará una *sobreelevación de desplante* de 2.0 metros para el uso de hotel (uso 7), 1.5 metros para departamento de lujo (uso 4) y 1.0 metro para los usos vivienda de lujo, restaurante, bar, salón de baile y centro nocturno (usos 2, 11 y 17); para inmuebles fuera de primera línea se considerará una sobreelevación de 0.1 metros independientemente del uso.

Rugosidad del terreno (RUGOSIDAD)

Dato opcional

Formato: número entero [1 a 4]

El movimiento de las masas de aire se ve restringido por la fricción con la superficie del terreno, lo cual origina que la velocidad sea prácticamente nula en contacto con el mismo y crezca con la altura hasta alcanzar la velocidad del flujo no perturbado (llamada velocidad gradiente). La rapidez con que la velocidad crece con la altura depende de la rugosidad de la superficie del terreno (Figura 3-3a). Para un terreno muy liso, como en campo abierto con vegetación muy baja, el viento mantiene velocidad muy alta aún cerca de la superficie, mientras que en el centro de grandes ciudades con edificaciones altas la velocidad disminuye rápidamente desde una altura de varias decenas de metros hasta la superficie del terreno.

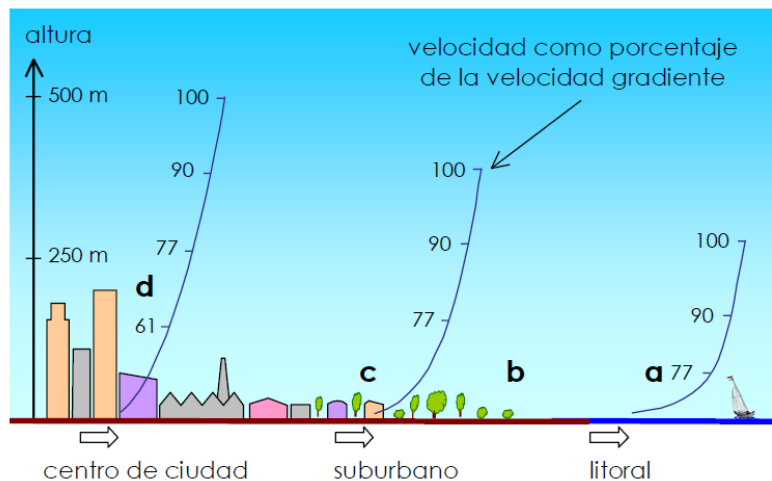


Figura 3-3a Variación de la velocidad del viento con la altura sobre terrenos de diferentes características.



1. Campo abierto plano



2. Árboles o construcciones dispersas



3. Arbolado, lomeríos, barrio residencial 4. Muy accidentada, centro de ciudad

Figura 3-3b Ejemplos de diferentes terrenos para los cuales hay que indicar distintas rugosidades.

Se deberán especificar las características predominantes del terreno circundante al sitio en que se desplanta el inmueble asegurado, de acuerdo a la siguiente clasificación:

1. *Campo abierto plano.* Franjas costeras planas, campos aéreos, pastizales y tierras de cultivo, donde el viento encuentra muy poca restricción a su paso.
2. *Árboles aislados o construcciones dispersas.* Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones.
3. *Arbolado intenso, lomeríos, barrio residencial.* Áreas urbanas, suburbanas y de bosques; en estas zonas el viento encuentra una importante obstrucción a su paso.

4. *Muy accidentada, centro de ciudad.* Terreno con numerosas obstrucciones largas, altas y estrechamente espaciadas, el cual se asocia con el centro de grandes ciudades y complejos industriales; en estas zonas el viento encuentra una gran obstrucción a su paso, lo cual provoca la generación de vórtices o remolinos al pasar el viento entre construcciones de diferente forma y altura.

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará de forma aproximada una rugosidad del terreno de acuerdo a la ubicación del inmueble en primera línea o si se localiza dentro de una ciudad.

3.4 Datos de la estructura

El siguiente grupo de datos permitirá al sistema determinar la vulnerabilidad de la estructura asegurada. El sistema calcula el riesgo para tres tipos de edificaciones: naves industriales, edificaciones y otros, pero cada una de estas pudo haber sido construida con distintos tipos estructurales y tener características particulares que arrojarán un riesgo también distinto.

El primer grupo de datos sirven para conocer el tipo estructural ya que aportan información para definir los rasgos más importantes de la estructura y de sus contenidos. El segundo grupo de datos permitirá al sistema identificar materiales vulnerables en elementos de recubrimiento, identificar la presencia de obras de protección contra el embate de la marea y oleaje. A continuación se describen estos datos.

Uso del inmueble (USO_INMUEBLE)

Dato **obligatorio**

Formato: número entero [1 al 33]

Se debe seleccionar el uso principal del edificio de acuerdo al Catálogo 3-2. Si en el catálogo no se encuentra la opción exacta, se deberá seleccionar la que de acuerdo al criterio del usuario se aproxime más al uso de la estructura. La importancia de indicar el uso se debe a que el diseño de las estructuras está en función del mismo, y el sistema toma en cuenta estas consideraciones. El uso del edificio es importante también porque define el tipo de contenidos y su vulnerabilidad.

Es común que una misma póliza contenga varios inmuebles con varios usos por lo que se recomienda introducir cada uno de ellos, con sus respectivos valores, para que el cálculo de las pérdidas sea más preciso.

Catálogo 3-2 Uso del inmueble

	Uso del inmueble	Tipo
1	Casa habitación	Edificio
2	Casa habitación (lujo)	
3	Departamento	
4	Departamento (lujo)	
5	Vivienda (crédito hipotecario)*	
6	Oficina	
7	Hotel	
8	Escuela	
9	Hospital, clínica, sanatorio	
10	Tienda departamental, centro comercial, comercio y tienda en general	
11	Restaurante, Bar, Salón de Baile, Centro nocturno	
12	Bodega con contenidos no vulnerables al agua (plásticos, vidrio, llantas, entre otros)	
13	Bodega con contenidos mixtos, vulnerables y no al agua	
14	Bodega con contenidos vulnerables al agua (equipo eléctrico, electrónico, alimentos, cemento, papel, entre otros)	
15	Fábrica	

16	Tienda departamental, centro comercial, comercio y tienda en general	Nave Industrial
17	Restaurante, Bar, Salón de Baile, Centro nocturno	
18	Bodega con contenidos no vulnerables al agua (plásticos, vidrio, llantas, entre otros)	
19	Bodega con contenidos mixtos, vulnerables y no al agua	
20	Bodega con contenidos vulnerables al agua (equipo eléctrico, electrónico, alimentos, cemento, papel, entre otros)	
21	Fábrica	
22	Gasolineras	
23	Antenas y torres de transmisión y recepción	Otros
24	Albercas	
25	Anuncios y rótulos	
26	Caminos, andadores, calles, guarniciones y patios	
27	Tanques o silos	
28	Elementos decorativos de áreas exteriores	
29	Instalaciones y canchas deportivas	
30	Luminarias	
31	Muros de contención de concreto armado, bardas, rejas y mallas perimetrales (incluye puertas y portones)	
32	Palapas y pérgolas	
33	Sistemas de riego incluyendo tuberías	

* Se distingue vivienda hipotecaria porque en esta no será obligatorio el número de pisos del edificio.

De los usos mostrados en el Catálogo 3-2 se distinguen tres grupos, aquellos en estructuras tipo edificio, tipo industrial y otros. A continuación se describen de manera general los dos primeros (Figura 3-5):

- **Tipo Industrial.** Sistemas estructurales que en general se usan para fábricas, talleres, almacenes, bodegas y plantas de ensamble, entre otras. Algunas edificaciones de uso comercial pueden tener una estructura tipo industrial como casi todas las tiendas de autoservicio formados por estructuras de grandes claros de un solo nivel.
- **Tipo Edificio.** Es el tipo más común. Consta de columnas, trabes, losas y muros rígidamente unidos en todos los niveles.

El sistema no podrá calcular pérdidas de los siguientes usos, ya sea por la complejidad que implica o por la poca frecuencia en que estos se aseguran:

- **Presas.** Son estructuras tan complejas y tan importantes que hacer un cálculo aproximado es sumamente riesgoso ya que contendrá incertidumbres enormes
- **Carreteras.** Para calcular pérdidas de manera confiable de este tipo de infraestructura se requerirá preguntar muchos datos, lo que haría muy complejo el uso del RH-MEX.

Número de pisos (NUM_PISOS)

Dato **obligatorio**

Formato: número entero [1 al 57]

Corresponde al número de pisos que tiene el edificio que se quiere evaluar. El número de pisos se debe contar a partir de la planta baja, sin incluir sótanos. En caso de que el edificio se ubique en una loma y por la pendiente del terreno esté escalonado, el número de pisos debe de contarse a partir del piso más bajo. Cuando existan mezzanines se deben contar estos como pisos. Algunos ejemplos de estos casos se muestran en la Figura 3-6.

El número de pisos tiene una utilidad primordial en el caso de riesgo por viento, inundación (por marea, oleaje, tsunami o lluvia) y granizo. Con este dato se determina si el edificio que se está analizando es de materiales ligeros o pesados, lo cual es determinante en el cálculo de pérdidas por viento y granizo; en general, construcciones de más de 3 niveles tienen losas de entrepiso pesadas y la estructura es robusta, mientras que construcciones de pocos niveles pueden tener cubiertas muy ligeras, estructuras esbeltas y por lo tanto son más riesgosas ante viento y la caída de granizo. En el caso de inundación el número de pisos permite al sistema determinar el porcentaje de daño a contenidos en función del número de niveles debido a una altura máxima de ola sobre el nivel medio del mar o lluvia máxima acumulada.

La CNSF ha autorizado que durante un período de transición para los créditos hipotecarios este campo sea optativo. En estos casos, cuando el usuario no indique un número de pisos el sistema asumirá que el bien asegurado tiene un solo piso.



(a) Edificaciones industriales



(b) Edificaciones tipo edificio (vivienda, izquierda, y oficinas, derecha)

Figura 3-5 Ejemplos de diferentes tipos de inmuebles en función de su estructuración.

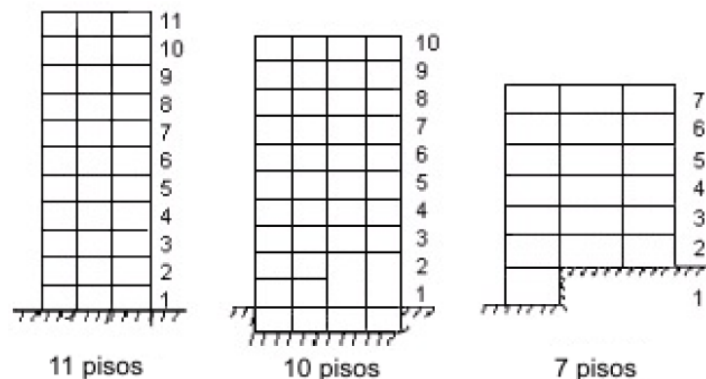


Figura 3-6 Ejemplos de edificios con diferente número de pisos.

Para los usos que corresponden a otros tipos (usos 23 a 33) el sistema considerará *número de pisos* igual a uno.

Piso (PISO)**Dato *optativo***

Formato: número entero [1 al 57]

Corresponde al piso en que está ubicado el bien asegurado. Esto es relevante en el caso de viviendas y oficinas aseguradas que no abarcan todo el edificio, sobre todo cuando están ubicados en pisos superiores que no son vulnerables a inundación por maremoto, marea de tormenta, lluvia o desbordamiento de ríos. Para el caso de vivienda hipotecaria donde no se indicó el número de pisos del edificio pero si se indica el campo de *piso* el sistema tomará éste como válido para el cálculo de pérdidas. Si no se conoce se deberá dejar este campo vacío.

Cuando no se ingrese este dato, para el uso de departamento (3 y 4) el sistema asignará que el inmueble asegurado se ubica en *primer nivel*, para los usos restantes el inmueble asegurado se considera el *edificio completo*.

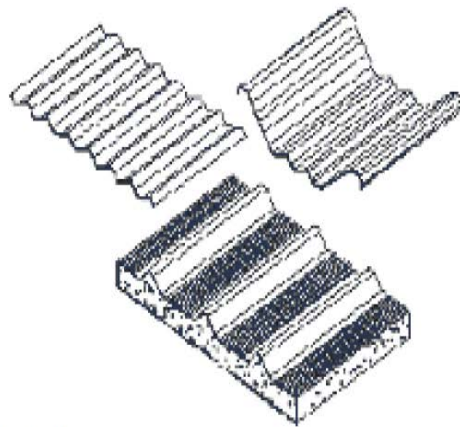
Tipo de cubierta (TIPO_CUBIERTA)**Dato *obligatorio***

Formato: número entero [1 al 4]

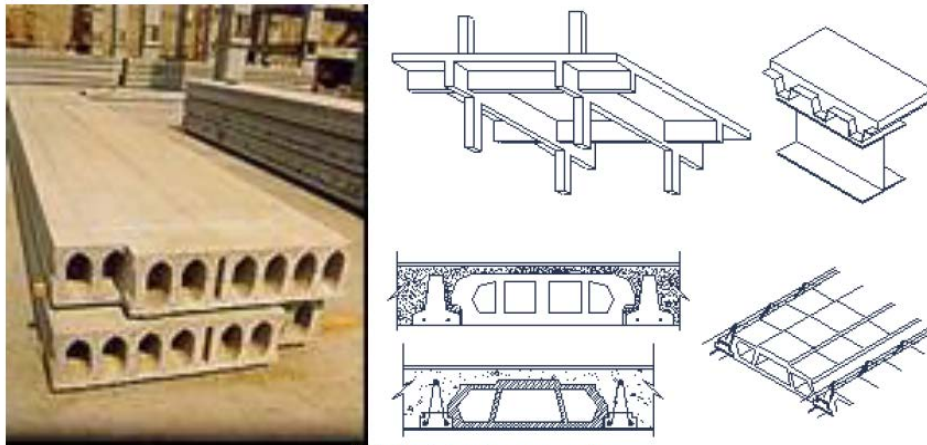
Se deberá especificar el peso del material predominante y el diseño de la cubierta del inmueble. La cubierta se considera ligera si está construida por alguno de los siguientes elementos: lámina metálica, lámina translúcida, lámina de asbesto, sistemas prefabricados de láminas y aislantes térmicos y láminas engargoladas, entre otros. La cubierta se considera pesada si está construida a base de alguno de los siguientes elementos: losas de concreto, elementos prefabricados de concreto y losacero con capa de compresión de concreto, entre otros. Se deberá indicar una de las siguientes opciones. Si no se conoce se deberá dejar el campo vacío.

1. Cubierta pesada.
2. Cubierta ligera sin diseño estructural o artesanal.
3. Cubierta ligera con diseño genérico.
4. Cubierta ligera con diseño específico (existe memoria de cálculo basada en algún reglamento o código que considere explícitamente las fuerzas y acciones propias del sitio).

Este dato es relevante en riesgos por viento y granizo, ya que el tipo de cubierta establece una marcada diferencia en la vulnerabilidad de las construcciones. Para el caso de edificios este campo se ignorará ya que todos ellos tienen cubierta pesada y para el caso de otros tipos (usos 23 a 33) este campo no se tomará en cuenta.



(a) Cubierta ligera



(b) Cubierta pesada

Figura 3-7 Ejemplos de naves industriales con diferente cubierta.**Forma de la cubierta (FORMA_CUBIERTA)****Dato opcional**

Formato: número entero [1 al 5]

Se deberá especificar la forma de la cubierta. Los techos horizontales son muy vulnerables ante la acción del viento al presentarse succiones que tratan de desprender la cubierta de sus soportes; los techos inclinados y curvos son menos vulnerables ante la acción del viento. En los techos en forma de sierra se generan vórtices o remolinos que tienden a dañar algunas zonas. La inclinación de las cubiertas es también muy importante ante la acumulación de granizo. Si no se conoce este dato se deberá dejar el campo vacío. Se deberá indicar:

1. Horizontal
2. Inclinada con pendiente media, si es aproximadamente menor que 30 grados
3. Inclinada con pendiente alta, si es aproximadamente mayor que 30 grados
4. Forma de sierra
5. Forma curva

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará forma *inclinada con pendiente media* para los usos que corresponden a naves industriales (16 al 22) y si el campo de "tipo de cubierta" corresponde a cubierta ligera (2 al 4); en los usos que corresponden a edificio (1 al 15) el sistema asignará forma *horizontal* si en campo de tipo de cubierta corresponde a cubierta pesada (1) y para el caso de otros tipos (usos 23 a 33) este campo no se tomará en cuenta.

Irregularidad en planta (IRRE_PLANTA)**Dato opcional**

Formato: número entero [1 al 3]

La irregularidad en planta se refiere a una distribución asimétrica de los cuerpos que forman el inmueble, configuraciones típicas con mucha irregularidad en planta son (Figura 3-8):

- *Edificios asimétricos* por su forma en planta, como triangulares y con frentes curvos, entre otras.
- *Edificios muy alargados en planta*. Se considera que un edificio es alargado (irregular) cuando la relación largo/ancho excede de 2.
- *Edificios con proyección en planta en forma de L, T, H, U o similares*, en los que la proyección de la parte saliente excede el 20% de la dimensión total del edificio.

Ante la acción del viento, en las estructuras con planta irregular se generan vórtices o remolinos que incrementan la velocidad del viento en algunas zonas del inmueble asegurado, aumentando los daños y pérdidas. Se deberá indicar cualquiera de las siguientes opciones o, si no se conoce este dato, dejar el campo vacío:

1. Irregularidad nula
2. Poca irregularidad
3. Mucha irregularidad

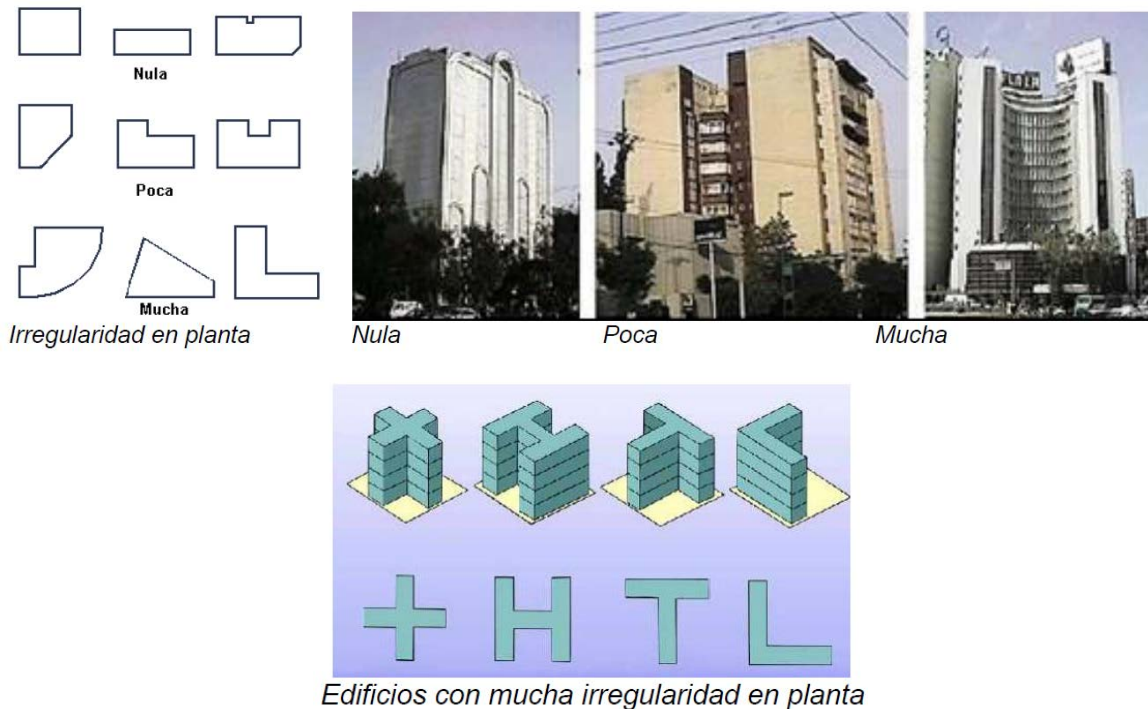


Figura 3-8 Ejemplos de irregularidades en planta

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará *poca irregularidad* en todos los usos a excepción de casa habitación (1) donde el sistema asignará *irregularidad nula*; para el caso de los usos 2, 3, 4 y 7 el sistema asignará *mucha irregularidad* si el inmueble se localiza en primera línea frente al mar y para los usos 23 a 33 este campo no se tomará en cuenta.

Cerca de postes, anuncios espectaculares o árboles (OBJETOS_CERCA)

Dato opcional

Formato: número entero [1, si hay objetos; 2, no hay objetos]

La presencia de postes de luz o teléfono, anuncios espectaculares, árboles u otros objetos de gran tamaño que pueden colapsar por la acción del viento directamente sobre una parte del bien asegurado representan un claro peligro que debe tomarse en cuenta. Si se desconoce este dato deberá dejarse vacío el campo.

Cuando no se ingrese este dato, el sistema considerará que **si hay objetos** cerca del inmueble y para los usos 23 a 33 este campo no se tomará en cuenta.

Objetos en azotea que puedan desprenderse (AZOTEA)

Dato opcional

Formato: número entero [1: si tiene objetos; 2: no tiene objetos]

Los objetos como tejas, antenas parabólicas, anuncios espectaculares, equipo de telecomunicaciones, antenas para radio y equipos de aire acondicionado y ventilación, colocadas en la azotea del inmueble asegurado, son propensos a desprenderse y caer por la acción de fuertes vientos. Esto además de representar un daño directo puede provocar otros daños en el inmueble. Si se desconoce este dato deberá dejarse vacío.

Cuando no se ingrese este dato, el sistema considerará que **si tiene objetos** en azotea a excepción de los usos 1, 3, 5, 8 y 22 en los que se considerará que **no tienen objetos** y para los usos 23 a 33 este campo no se tomará en cuenta.

Tamaño de cristal en fachadas (TAMAÑO_CRISTAL)

Dato opcional

Formato: número entero [1 a 3]

Se deberá definir de manera aproximada el tamaño de los cristales expuestos en el inmueble asegurado de acuerdo con el siguiente criterio:

1. Chicos, menores a 0.5 metros cuadrados
2. Medianos, entre 0.5 y 1.5 metros cuadrados
3. Grandes, mayores a 1.5 metros cuadrados

El tamaño del cristal o vidrio se definirá por el área independiente dentro del marco de apoyo de cada uno, el cual funciona como soporte y hacia el cual se transmite la presión ejercida por el viento. Los cristales grandes son más vulnerables que los cristales chicos (si cuentan con igual espesor) ante las fuerzas originadas por viento o el impacto de objetos y granizo. Si se desconoce este dato deberá dejarse vacío.

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará tamaño de cristales *grandes* para los usos 2, 4, 7, 10, 11, 16 y 17; para los usos 6, 8 y 9 considerará cristales *medianos* y para los usos restantes cristales *chicos* con excepción de los usos 23 a 33 donde este campo no se tomará en cuenta.

Tipo de ventanas (TIPO_VENTANAS)

Dato opcional

Formato: número entero [1 al 3]

Se deberá definir la vulnerabilidad de cristales y su protección en las ventanas y ventanales de las fachadas. Los cristales templados presentan una mayor resistencia a la presión del viento o el impacto de granizo debido a las propiedades mecánicas adquiridas en su fabricación. Lo mismo sucede, aunque de manera más obvia, con los tapiales y las cortinas anticiclónicas. Las películas plásticas en cristales proporcionan protección contra el daño que pueden ocasionar objetos arrastrados por el viento como ramas de árbol, tejas y láminas, entre otros, o el daño por el impacto de granizo; lo cual contribuye a reducir el daño al interior del inmueble y contenidos. Se deberá indicar el tipo de vulnerabilidad que más se adapte al inmueble de acuerdo con las siguientes opciones.

1. Baja, ventanas que cuentan con cortina anticiclónica, tapial estructural o películas plásticas, independientemente del espesor de los cristales.
2. Media, ventanas que cuentan con cristales gruesos, cristales templados o tapial simple de madera. Se consideran cristales gruesos aquellos con espesor mayor que 10 mm,
3. Alta, ventanas que cuentan con cristales de poco espesor sin tapiales ni cortinas anticiclónicas. Se consideran cristales de poco espesor aquellos con espesor menor que 10 mm.

Es posible que un mismo inmueble cuente con distintos tipos de ventana, por ejemplo, que en la planta baja existan cortinas anticiclónicas y en el resto solo tapiales o cristales expuestos de cualquier tipo. En este caso se deberá indicar el tipo de ventanas predominante en el inmueble.

Si se desconoce este dato deberá dejarse vacío el campo. Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará ventanas con mediana vulnerabilidad en todos los usos y para el caso de otros tipos (usos 23 a 33) este campo no se tomará en cuenta.

Tipo de domos (TIPO_DOMOS)

Dato opcional

Formato: número entero [1 al 4]

Se deberá definir la vulnerabilidad de domos y tragaluces. Los cristales templados presentan una mayor resistencia a la presión del viento o el impacto de granizo debido a las propiedades mecánicas adquiridas en su fabricación. Lo mismo sucede, aunque de manera más obvia, con los tapiales y las

cortinas anticiclónicas. Las películas plásticas en cristales proporcionan protección contra el daño que pueden ocasionar objetos arrastrados por el viento como ramas de árbol, tejas y láminas, entre otros, o el daño por el impacto de granizo; lo cual contribuye a reducir el daño al interior del inmueble y contenidos. Se deberá indicar el tipo de vulnerabilidad que más se adapte al inmueble de acuerdo con las siguientes opciones.

1. Nula, el inmueble no tiene domos.
2. Baja, domos que cuentan con cortina anticiclónica, tapial estructural o películas plásticas, independientemente del espesor de los cristales.
3. Media, domos que cuentan con cristales gruesos, cristales templados o tapial simple de madera. Se considera cristales gruesos aquellos con espesor mayor a 10 mm.
4. Alta, domos que cuentan con cristales de poco espesor o de acrílico, sin tapiales ni cortinas anticiclónicas. Se consideran cristales de poco espesor aquellos con espesor menor que 10 mm.

Es posible que un mismo inmueble cuente con distintos tipos de domo. En este caso se deberá indicar el tipo de domo predominante en el inmueble.

Si se desconoce este dato deberá dejarse el campo vacío. Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará vulnerabilidad media en los usos 2, 4, 6, 7, 10, 11, 16 y 17; para los usos restantes considerará vulnerabilidad nula con excepción de los usos 23 a 33 donde este campo no se tomará en cuenta.

Soporte de ventanas (SOPORTE_VENTANA)

Dato opcional

Formato: número entero [1 al 3]

Se debe definir el tipo de apoyo de cristales en fachadas (ventanas y ventanales) y techos (domos y tragaluces). Aquellos cristales de ventanas, ventanales, domos o tragaluces que no cuentan con marcos de apoyo rígidos como aluminio, acero o madera y en su lugar se colocan apoyos de cristal o pequeños herrajes, resultan muy vulnerables a la presión ejercida por el viento, ya que no representan un apoyo adecuado. Si no se cuenta con el dato se deberá dejar el campo vacío. Se deberá indicar:

1. Soporte sin diseño estructural o artesanal, basado en la experiencia del personal que realiza la instalación de ventanas y que no cuenta con conocimientos técnicos sobre la reglamentación vigente.
2. Soporte con diseño genérico, donde no se toman en cuenta las condiciones locales a que se encontrará expuesto el elemento instalado, como es el caso de ventanas fabricadas en grandes lotes que se venden con elementos de anclaje a separaciones estándar.
3. Soporte con diseño específico, donde existe una memoria de cálculo basada en algún reglamento o código que considere explícitamente las fuerzas y acciones propias del sitio.

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará soporte sin diseño estructural o artesanal en los usos 1 al 5 y 8; para el uso 9 considerará soporte con diseño específico; para los usos restantes considerará soporte con diseño genérico con excepción de los usos 23 a 33 donde este campo no se tomará en cuenta.

Porcentaje de cristal en fachadas (PORCENTAJE_CRISTAL_FACHADAS)

Dato opcional

Formato: número entero [1 a 3]

Se deberá especificar el porcentaje total aproximado de área expuesta o recubierta con cristal en las fachadas respecto al área total expuesta. Las edificaciones que presentan grandes áreas de cristal presentan mayores daños ante la acción del viento y el impacto de granizo. Existen edificios cien por ciento cubiertos por cristales. El porcentaje mínimo a indicar en este campo es el que resulte de cuantificar solamente el área de las ventanas (Figura 3-9a). Se deberá indicar alguna de las siguientes opciones o dejar el campo vacío si no se conoce este dato.

1. Porcentaje Bajo, menor al 30%.
2. Porcentaje Medio, entre 30 y 60%.
3. Porcentaje Alto, mayor al 60%.

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará *porcentaje alto de cristal* en los usos 6, 7 y 22; para los usos 2, 4, 9, 10, 11, 16 y 17 considerará *porcentaje medio*; para los usos restantes considerará *porcentaje bajo* con excepción de los usos 23 a 33 donde este campo no se tomará en cuenta.

Porcentaje de domos (PORCENTAJE_DOMOS)

Dato *opcional*

Formato: número entero [1 a 4]

Se deberá especificar el porcentaje total aproximado de área expuesta o recubierta con domos respecto al área total de la azotea del edificio. Las edificaciones que presentan grandes domos presentan mayores daños ante la acción de vientos (Figura 3-9b) y el impacto de granizo. Se deberá indicar alguna de las siguientes opciones o dejar el campo vacío si no se conoce este dato.

1. Porcentaje Nulo, 0%.
2. Porcentaje Bajo, menor al 10%.
3. Porcentaje Medio, entre 10 y 25%.
4. Porcentaje Alto, mayor al 25%.



(a) Vitral en fachada



(b) Domos y tragaluces

Figura 3-9 Ventanas y vitrales en fachadas, y domos y tragaluces

Cuando no se ingrese este dato, si el campo “tipo de domos” contiene la opción “nula vulnerabilidad” el porcentaje de domos será nulo (1); si el campo “tipo de domos” contiene cualquier otra opción el sistema asignará porcentaje medio de domos en los usos 7, 10, 11, 16 y 17; para los usos restantes considerará porcentaje bajo con excepción de los usos 23 a 33 donde este campo no se tomará en cuenta.

Tablarroca, plástico y lámina en fachada (OTROS_FACHADA)

Dato *opcional*

Formato: número entero [1 a 4]

Se deberá especificar de manera general la presencia de materiales frágiles como la tablarroca, plástico o lámina en las fachadas, techos y plafones expuestos. Estos materiales ceden fácilmente ante las fuerzas de viento y dejan aberturas que desencadenan otros daños, muchas veces mayores a la falla misma de aquéllos. Se deberá indicar alguna de las siguientes opciones o dejar el campo vacío si no se conoce este dato.

1. No tiene (0% del área expuesta en fachadas y techos).
2. Contiene estos materiales solo en algunas partes (menor al 20% del área expuesta en fachadas y techos).

3. Contiene estos materiales en muchas áreas (entre el 20% y 50% del área expuesta en fachadas y techos).
4. Presencia generalizada (mayor al 50% del área expuesta en fachadas y techos).

Cuando no se ingrese este dato, el sistema asignará que no tiene materiales en fachada para los usos 1 al 3, 5 y 8; para los usos 6, 7, 10 y 11 considerará que contiene estos materiales en muchas áreas; para los usos 16 al 22 asignará presencia generalizada de estos materiales; para los usos restantes considerará que contiene estos materiales solo en algunas partes con excepción de los usos 23 a 33 donde este campo no se tomará en cuenta.

Tipo de muro de contención (MUROS_CONTENCION)

Dato opcional

Formato: número entero [1 al 4]

Se deberá indicar el tipo de muro de contención hacia el mar, río o laguna, o dejar el campo vacío si no se conoce este dato:

1. Concreto reforzado con cimentación profunda
2. Concreto reforzado con cimentación superficial
3. Mampostería de piedra o tabique
4. Sin muro

Cuando no se ingrese este dato, si el inmueble se ubica en primera línea frente al mar el sistema considerará muro de concreto reforzado con cimentación superficial para los usos 3, 4 y 6 a 9; si esta fuera de primera línea asignará sin muro para todos los usos.

4. Definición de datos para pólizas colectivas y pólizas con contratos de reaseguro a capas

En esta sección se establecen los datos que identifican las características de las pólizas colectivas y las pólizas con capas. La manera en que se ingresan este tipo de pólizas es utilizando una base con la misma estructura mostrada para los inmuebles independientes, pero vinculando estos inmuebles a una sola póliza colectiva mediante un encabezado que contiene datos de referencia de la misma (fig. 4-1). Este encabezado es también empleado para definir las capas que indican los valores globales y las variables de reaseguro.

Las pólizas colectivas son aquellas que amparan dos o más inmuebles con un límite de responsabilidad único por lo que al menos deben contener una capa que defina este límite o varias capas que definan los esquemas de reaseguro comunes para todos los inmuebles.

Una póliza individual puede tener capas (seguro no proporcional) sólo si ésta comparte un límite máximo de responsabilidad único para todos sus rubros (inmueble, contenidos, consecuenciales y bienes bajo convenio), para lo cual se debe definir un encabezado igual al de las pólizas colectivas y de la misma manera los esquemas de capas para definir el reaseguro no proporcional. En resumen, una póliza individual puede tener capas sólo si se modela como una póliza colectiva de un solo registro.

	NumeroPoliza	TipoPoliza	FechaInicio	FechaFin	
▶	1-5002050080-3919	2	01/01/2006	31/12/2006	
	NUM_REGISTRO	FECHA_INICIO	FECHA_FIN	INM_VALOR_ASEGURABLE	
▶	1	01/01/2007	31/12/2007	4663.3	
	2	01/01/2007	31/12/2007	6830.6	
	3	01/01/2007	31/12/2007	6832.13	
	4	01/01/2007	31/12/2007	7683.07	
	5	01/01/2007	31/12/2007	10069.1	
	6	01/01/2007	31/12/2007	12496.7	
	7	01/01/2007	31/12/2007	13070.45	
	8	01/01/2007	31/12/2007	13578.25	
	9	01/01/2007	31/12/2007	14368.4	
	10	01/01/2007	31/12/2007	14795.95	

Figura 4-1 Esquema de póliza colectiva

Número de póliza como llave primaria (NumeroPoliza)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Se refiere a la clave que utilice el usuario para identificar cada póliza colectiva o con capas. Este dato es alfanumérico y al igual que el campo de *Numero de póliza* de cada inmueble, definido y comentado en el capítulo 1, este campo no deberá repetirse en otras pólizas colectivas.

Este campo también se emplea para vincular una póliza colectiva o con capas con varios inmuebles independientes, los inmuebles que se ingresan a estas pólizas deben tener exactamente el mismo *Número de póliza* que el utilizado en este campo, incluyendo mayúsculas, minúsculas y caracteres especiales.

Tipo de póliza colectiva (TipoPoliza)

Dato obligatorio

Formato: número entero [1 ó 2]

Este campo identifica el tipo de póliza colectiva con las siguientes opciones:

1. Semi-agrupadas: Comparten el mismo límite máximo de responsabilidad, y tanto el deducible como el coaseguro se toma de cada inmueble
2. Agrupadas: Comparten el mismo límite máximo de responsabilidad, deducible y coaseguro de manera global.

Estas opciones son igualmente aplicables a pólizas independientes que se modelan como colectivas para ingresar esquemas de reaseguro por capas.

Fecha de inicio de póliza colectiva (FechaInicio)**Fecha de terminación de póliza colectiva (FechaFin)**

Datos obligatorios

Formato: dd/mm/aaaa

Estos datos se refieren a la fecha de inicio y fin de vigencia de la póliza colectiva o con capas y tienen las mismas características que las fechas de vigencia de las pólizas individuales. El sistema, por convención, considerará el día de inicio de la vigencia de 24 horas; si la fecha de corte coincide con la fecha de inicio de una póliza, el sistema toma como vigente dicha póliza. También, por convención, el sistema considerará el último día de vigencia de la póliza de cero horas; si la fecha de valuación de la reserva coincide con la fecha de finalización de una póliza el sistema toma como fuera de vigencia dicha póliza. Para el caso de *créditos hipotecarios* que requieran un cálculo del mes completo deberá ponerse como fecha de terminación el primer día del mes siguiente.

Al ingresar una póliza colectiva o con capas los datos de fecha de inicio y fin de cada inmueble (Tabla Uno) no se toman en cuenta ya que sólo se toman de forma global las fechas de vigencia definidas en este campo (tabla dos).

Definición de Capas

En esta parte se explican los campos necesarios para el ingreso de capas para definir reaseguro no proporcional en pólizas colectivas e independientes. Cada póliza puede tener un número diferente de capas las cuales corresponden a diferentes contratos de reaseguro con varias compañías y con diferentes límites y prioridades, las capas se definen por el número de renglones de la tabla correspondiente. En la figura 4.2 se ilustran dos pólizas con cuatro capas cada una, las capas corresponden a una póliza semi-agrupada (tabla superior) y una agrupada (tabla inferior).

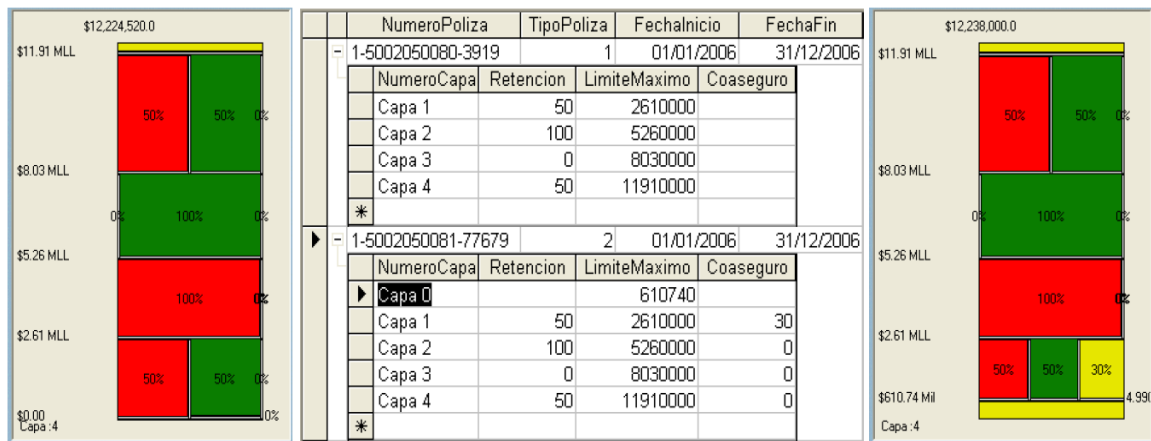


Figura 4-2 Esquema de póliza con capas. A la izquierda se ilustra el esquema de una póliza semi-agrupada la cual se ingresa mediante la tabla superior de la figura central, a la derecha se ejemplifica una póliza agrupada cuyos datos corresponden a la tabla inferior.

Descripción del número de capa (NumeroCapa)

Dato obligatorio

Formato: caracteres alfanuméricos

Se refiere a la clave que utilice el usuario para identificar el número de capa de la póliza. Este dato es alfanumérico y por claridad se recomienda ingresar la palabra "Capa" seguido del número de capa que corresponda.

Generalmente las capas empiezan desde la Capa 1, pero para la definición del deducible en pólizas agrupadas es recomendable iniciar desde la Capa 0 como lo ilustra la figura 4.2.

Porcentaje de retención por capa (Retencion)

Dato obligatorio

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje que representa la obligación que quedará a cargo de la compañía de seguros una vez descontada la parte de obligaciones cedidas en contratos de reaseguro a capas. En cada capa se debe definir un porcentaje de retención a excepción de la Capa 0 que corresponde al deducible de una póliza agrupada por lo cual este campo puede quedar vacío.

Límite de la capa (LimiteMaximo)

Dato obligatorio

Formato: número [en pesos]

Es el valor máximo del que se hace responsable la reaseguradora en la capa que participa. Para que una capa quede completamente definida se debe conocer tanto el límite como la prioridad, que es la cantidad máxima que la aseguradora decide pagar, por fines prácticos, la prioridad se toma como el límite de la capa anterior y en el caso de la primera capa, la prioridad es igual a cero. Pare el caso de pólizas agrupadas, el límite de la capa número cero (Capa 0) es el deducible de la póliza.

Coaseguro de la capa (Coaseguro)

Datos obligatorios

Formato: 0 a 100 [por ciento]

Es el porcentaje de participación del asegurado en el riesgo para la capa correspondiente.

En caso de pólizas semi-agrupadas no es necesario ingresar este valor ya que por definición estas pólizas toman el coaseguro de cada inmueble. En pólizas agrupadas el coseguro de la Capa 0 puede quedar vacío ya que como se indicó esta capa corresponde al deducible.

ANEXO 5.3.1

PARÁMETROS DE MERCADO PARA FINES DE LA VALUACIÓN DE LAS RESERVAS DE RIESGOS EN CURSO Y PARA OBLIGACIONES PENDIENTES DE CUMPLIR POR SINIESTROS OCURRIDOS NO REPORTADOS Y DE GASTOS DE AJUSTE ASIGNADOS AL SINIESTRO, EMPLEANDO EL MÉTODO ESTATUTARIO

I Información de mercado para el cálculo de la reserva de riesgos en curso

Ram o/tipo	Índice de siniestralidad última FS_{BEL}^{RRC}	Percentil al 99.5% de la estadística de índices de siniestralidad última $FD_{99.5}^{RRC}$	Porcentaje de gasto de administración	Duración
Vida corto plazo	57.74%	83.73%	6.75%	1.63
Gastos médicos	76.42%	98.64%	6.16%	1.80
Accidentes personales	26.32%	62.40%	9.81%	1.90
Salud	62.81%	111.70%	26.40%	1.59
Gastos médicos (ISES)	65.82%	92.32%	6.50%	1.90
Responsabilidad civil	37.75%	141.83%	8.47%	2.70
Marítimo y transportes	68.14%	136.86%	8.79%	2.06
Incendio	70.62%	325.92%	5.07%	1.80
Agrícola y de animales	84.90%	329.31%	13.55%	1.62
Automóviles	68.70%	101.14%	4.84%	1.59
Crédito	71.97%	205.33%	18.60%	2.51
Diversos	70.49%	181.30%	8.14%	2.98

Porcentaje de gasto de administración de mercado para el cálculo de la Reserva de Riesgos en Curso de los seguros de Vida de largo plazo	
Seguros	Porcentaje de gasto de administración
Masivos	6.00%
No masivos	12.00%

II Información de mercado para el cálculo de la reserva para obligaciones pendientes de cumplir por siniestros ocurridos no reportados y de gastos de ajuste asignados al siniestro

Ram o/tipo	Índice de siniestralidad última FS_{BEL}^{SONR}	Percentil al 99.5% de la estadística de índices de siniestralidad última $FS_{99.5}^{SONR}$	Duración de las obligaciones de pago futuras asociadas a la reserva para OPC por SONR DU_{SONR}	Factores de Devengamiento				
				1	2	3	4	5
Vida largo plazo dotales	2.33%	13.48%	1.86	100%	30.40%	21.02%	16.15%	6.09%
Vida largo plazo no dotales	4.66%	27.80%	2.00	100%	32.23%	22.59%	15.26%	11.15%
Vida corto plazo	15.39%	30.74%	1.40	100%	10.59%	3.33%	2.32%	1.23%
Gastos médicos	13.66%	48.77%	2.01	100%	26.17%	15.82%	11.27%	7.69%
Accidentes personales	7.14%	38.73%	1.43	100%	19.03%	8.01%	3.23%	2.49%
Salud	11.78%	101.03%	1.08	100%	5.57%	0.20%	0.06%	0.05%
Gastos médicos (ISES)	15.59%	46.90%	2.01	100%	24.70%	15.94%	11.70%	8.35%
Responsabilidad civil	14.80%	77.48%	2.24	100%	59.51%	43.78%	29.72%	16.50%
Marítimo y transportes	18.52%	69.43%	1.81	100%	33.19%	24.11%	17.32%	9.96%
Incendio	9.94%	105.45%	2.00	100%	21.04%	16.82%	16.11%	15.91%
Agrícola y de animales	5.14%	29.21%	1.84	100%	22.00%	18.96%	15.20%	9.88%
Automóviles	4.80%	60.51%	1.46	100%	19.26%	9.56%	4.12%	2.82%
Crédito	4.97%	21.43%	1.24	100%	19.21%	1.43%	1.50%	0.44%
Riesgos catastróficos	9.34%	178.35%	2.70	100%	42.91%	35.66%	33.08%	32.73%
Diversos	10.46%	61.88%	2.18	100%	45.52%	38.73%	35.90%	28.32%

ANEXO 6.3.8.**MODELO Y BASES TÉCNICAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DE PÉRDIDAS DE LOS SEGUROS DE VIDA DE LARGO PLAZO ($L_{P,VLP}$), PARA EFECTOS DEL CÁLCULO DEL RCS CONFORME A LA FÓRMULA GENERAL.**

Para efectos de lo establecido en los Capítulos 6.2 y 6.3, de las presentes Disposiciones, en particular, respecto a lo referido en las Disposiciones 6.3.2 y 6.3.8, las instituciones de seguros deberán calcular la variable aleatoria de pérdida de los pasivos técnicos correspondientes a los seguros de vida de largo plazo, $L_{P,VLP}$. La variable aleatoria mencionada constituye uno de los elementos para el cálculo del Requerimiento de Capital por Riesgos Técnicos y Financieros de Seguros, RC_{TyFS} , de la Fórmula General que se refiere el artículo 236 de la Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas para el cálculo del RCS. La variable de pérdida $L_{P,VLP}$ se calculará conforme la metodología e información que se detalla en el presente anexo.

I. Introducción.

En este documento se describirá la metodología requerida para calcular la distribución de la variable aleatoria de pérdida $L_{P,VLP}$, relacionada con los seguros de vida de largo plazo, que se requiere para el cálculo del RCS. Se considerarán como seguros de largo plazo, todos aquéllos cuya vigencia de contratación sea mayor a un año. La variable aleatoria de pérdida $L_{P,VLP}$ contemplará los riesgos técnicos y financieros para los siguientes tipos de planes:

- a) Temporal;
- b) Vitalicio;
- c) Dotal;
- d) Renta o pensión privada, y
- e) Flexible o de inversión, es decir, aquellos seguros de vida de largo plazo en los que existe la constitución de un fondo conformado por el ahorro del asegurado, y el pago de la prima puede realizarse con cargo a dicho fondo.

La variable aleatoria de pérdida $L_{P,VLP}$ se calculará como

$$L_{P,VLP} = \sum_{i=1}^{n_A} L_{P,VLP,i} + L_{P,VLP,flex}$$

donde, $L_{P,VLP,flex}$ corresponde a las variable de pérdida de los seguros flexibles o de inversión, n_A es el número total de pólizas y/o certificados de la cartera correspondientes a los incisos a) al d), vigentes al momento del cálculo del RCS y $L_{P,VLP,i}$ corresponde a la pérdida generada por la póliza y/o certificado i en el periodo (0,1) que se calculará como

$$L_{P,VLP,i} = P_{VLP,i}(1) + G_{VLP,i}(0,1) - P_{VLP,i}(0), \quad (2)$$

Las variables de la fórmula anterior se definen como:

- $P_{VLP,i}(0)$ es el valor del pasivo técnico al tiempo de cálculo del RCS, $t=0$, para la póliza y/o certificado i , sin considerar el margen de riesgo. Se calculará de acuerdo a lo establecido en la sección II.
- $G_{VLP,i}(0,1)$ es el valor presente total de las reclamaciones de la póliza y/o certificado i durante el periodo (0,1). El cálculo de éste se realizará siguiendo lo propuesto en la sección II.
- $P_{VLP,i}(1)$ es el valor al tiempo de proyección, $t=1$, del pasivo técnico para la póliza y/o certificado i , traído a valor presente, sin considerar el margen de riesgo. Se determinará conforme a lo establecido en la sección II.

Para determinar la distribución de cada uno de los elementos de la ecuación (2), se considerarán, como mínimo los siguientes criterios, que se detallan en el "Manual de datos para el cálculo del RCS de los seguros de vida de largo plazo" y el "Manual de datos para el cálculo del RCS de los esquemas de reaseguro", mismos que se darán a conocer a través de la Página Web de la Comisión:

- a) Para los planes correspondientes a los incisos a), b) y c) listados en esta sección, los criterios son:
- 1) Edad;
 - 2) Sexo;
 - 3) Antigüedad;
 - 4) Vigencia restante;
 - 5) Moneda o unidad de cuenta;
 - 6) Suma asegurada beneficio básico;
 - 7) Suma asegurada pérdidas orgánicas;
 - 8) Suma asegurada muerte accidental;
 - 9) Suma asegurada muerte accidental colectiva;
 - 10) Suma asegurada incapacidad o invalidez;
 - 11) Suma asegurada otros;
 - 12) Suma asegurada supervivencia;
 - 13) Valores de rescate;
 - 14) Prima de tarifa anual;
 - 15) Gastos de adquisición;
 - 16) Gastos de administración;
 - 17) Tipo de caducidad;
- b) Para los planes correspondientes al inciso d) de esta sección, se considerarán adicionalmente a los criterios del punto a), los siguientes:
- 1) Período de acumulación para rentas o pensiones privadas;
 - 2) Modalidad de rentas, y
 - 3) Beneficio anualizado del pago de rentas, y
- c) Para los planes correspondientes al inciso e) de esta sección, se considerarán adicionalmente a los criterios del punto a), los siguientes:
- 1) Fondo en administración, y
 - 2) Tasa garantizada.

En caso de existir contratos de reaseguro que amparen el total de los siniestros del grupo g , se utilizarán los resultados de la sección II.3.

El valor presente se calcula de acuerdo a lo establecido en el Anexo 6.3.3.

II. Resultados Principales.

En esta sección se resumen los principales resultados para el cálculo de la variable aleatoria de pérdida de los pasivos técnicos, $L_{P,VLP}$.

II.1. Cálculo de la variable de pérdidas.

De manera general, se considera una póliza/certificado con edad x , antigüedad a , tipo de caducidad c , moneda m y vigencia restante r . Consideramos la edad de la póliza $e=e(x,a,c)$, la cual utilizaremos como notación general para indexar las probabilidades de cada uno de los decrementos. Los siguientes resultados contienen todos los casos descritos en la sección I con excepción de los seguros flexibles o de inversión señalados en el inciso e) de la citada sección.

Se tienen los siguientes supuestos para la póliza/certificado considerada:

- Los pagos de beneficios se realizan al final de año en caso de ocurrencia del decremento;
 - Los pagos de primas y gastos se realizan al principio del año durante el periodo convenido para la póliza/certificado;
 - Los decrementos se enumeran del 1 al n ;
 - Sean $b_1, \dots, b_\beta$ los beneficios contratados por la póliza/certificado cuya ocurrencia de decremento da por terminado el contrato;
 - Sean $d_1, \dots, d_\gamma$ los beneficios contratados por la póliza/certificado cuya ocurrencia de decremento no da por terminado el contrato, y
 - Sean $f_1, \dots, f_\delta$ los beneficios contratados por la póliza/certificado cuya ocurrencia de decremento otorgan un beneficio de exención de pago de primas.
1. Pasivo en 0 y 1. El cálculo de las variables $P_{VLP,i}(0)$ y $P_{VLP,i}(1)$ se calcula con el siguiente resultado considerando $t=0$ o $t=1$, según corresponda.

$$\begin{aligned}
 V(t, r) = & \mathbb{1}_{\{\bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \geq t\}} \left\{ \right. \\
 & \sum_{k=1}^{\beta} \sum_{i=t+1}^{r_{b_k}} S_i^{b_k} \bar{P}_m^{Z_m}(t, i) \mathbb{P} \left[i-1 \leq \tau_{b_k} < i \wedge \bigwedge_{j \neq k} \tau_{b_j} \middle| \mathcal{G}_t \right] \\
 & + \sum_{k=1}^{\gamma} \mathbb{1}_{\{\tau_{d_k} \geq t\}} \sum_{i=t+1}^{r_{d_k}} R_i^{d_k} \bar{P}_m^{Z_m}(t, i) \mathbb{P} \left[i-1 \leq \tau_{d_k} < i \wedge \bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \middle| \mathcal{G}_t \right] \\
 & + D \bar{P}_m^{Z_m}(t, r) \mathbb{P} \left[\bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \geq r \middle| \mathcal{G}_t \right] \\
 & + \sum_{i=t+1}^{r_a} a_i \bar{P}_m^{Z_m}(t, i) \mathbb{P} \left[\bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \geq i \middle| \mathcal{G}_t \right] \\
 & - \mathbb{1}_{\{\bigwedge_{j=1}^{\delta} \tau_{f_j} \geq t\}} \sum_{i=t+1}^{r_\pi} \pi_i \bar{P}_m^{Z_m}(t, i) \mathbb{P} \left[\bigwedge_{j=1}^{\delta} \tau_{f_j} \geq i \middle| \mathcal{G}_t \right] \\
 & + \sum_{i=t+1}^{r_G} G_i \bar{P}_m^{Z_m}(t, i) \mathbb{P} \left[\bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \geq i \middle| \mathcal{G}_t \right] \\
 & \left. \right\}
 \end{aligned}$$

donde:

- $\{S_i^{b_k}\}_{i=1}^{r_{b_k}}$ representa los flujos correspondientes al beneficio b_k , $k=1, \dots, \beta$, que se pagarán en los años 1 a r_{b_k} , expresados en moneda m ;
- $\{R_i^{d_k}\}_{i=1}^{r_{d_k}}$ representa los flujos correspondientes al beneficio d_k , $k=1, \dots, \gamma$, que se pagarán en los años 1 a r_{d_k} , expresados en moneda m ;
- D corresponde al flujo de supervivencia que se pagará en el año r , expresado en moneda m ;
- $\{a_i\}_{i=1}^{r_a}$ representa los flujos correspondientes a rentas contingentes que se pagarán en los años 1 a r_a , expresados en moneda m ;
- $\{\pi_i\}_{i=1}^{r_\pi}$ representa los flujos correspondientes a la prima de tarifa anual que se pagarán en los años 1 a r_π , expresados en moneda m ;

- $\{G_i\}_{i=1}^{r_G}$ representa los flujos correspondientes a gastos que se pagarán en los años 1 a r_G , expresados en moneda m ;
 - $\tau_B, B \in \{b_1, \dots, b_\beta, d_1, \dots, d_\gamma, f_1, \dots, f_\delta\}$, representa la variable del tiempo de llegada del decremento B ;
 - $\bar{P}_m^{Z_m}(t, T)$ es el precio de un bono cupón cero en moneda m , expresado en pesos, traído a valor presente, valuado al tiempo t con vencimiento al tiempo T , y
 - $\mathbb{P}\left[i-1 \leq \tau_B < i \wedge \bigwedge_j \tau_{B_j} \mid \mathcal{G}_t\right]$ y $\mathbb{P}\left[\bigwedge_j \tau_{B_j} \geq i \mid \mathcal{G}_t\right]$ se calculan de acuerdo a lo presentado en el punto 3 de la presente sección.
2. Gasto en $(0,1)$. El cálculo de las variables $G_{VLP,i}(0,1)$ se obtiene con el siguiente resultado.

$$\begin{aligned}
 G(0, 1) = & \sum_{k=1}^{\beta} S_1^{b_k} Z_m(1) P_{l_d}(0, 1) \mathbb{1}_{\{0 \leq \tau_{b_k} < 1 \wedge \bigwedge_{j \neq k} \tau_{b_j}\}} \\
 & + \sum_{k=1}^{\gamma} R_1^{d_k} Z_m(1) P_{l_d}(0, 1) \mathbb{1}_{\{0 \leq \tau_{d_k} < 1 \wedge \bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j}\}} \\
 & + D Z_m(1) P_{l_d}(0, 1) \mathbb{1}_{\{\bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \geq 1\}} \mathbb{1}_{\{r=1\}} \\
 & + a_1 Z_m(1) P_{l_d}(0, 1) \mathbb{1}_{\{\bigwedge_{j=1}^{\beta} \tau_{b_j} \geq 1\}} \\
 & - \pi_1 Z_m(0) + G_1 Z_m(0),
 \end{aligned}$$

donde:

- $S_1^{b_k}, R_1^{d_k}, D, a_1, \pi_1$ y G_1 se definen de acuerdo al inicio 1;
 - $\tau_B, B \in \{b_1, \dots, b_\beta, d_1, \dots, d_\gamma, f_1, \dots, f_\delta\}$, representa la variable del tiempo de llegada del decremento B , y
 - $Z_m(t)$ es una variable aleatoria que representa el tipo de cambio de la moneda m a pesos al tiempo t , $t=0,1$ y $P_{l_d}(\cdot)$ representa el precio de un bono cupón cero del mercado doméstico.
3. Probabilidades de decrementos múltiples. Por simplicidad de notación, se presenta la probabilidad relacionada con el cálculo de la variable $V(\cdot)$ considerando n decrementos en competencia y mostrando el cálculo para el decremento 1. Se cumple entonces para $i \geq 1$

$$\begin{aligned}
 \mathbb{P}\left[i-1 \leq \tau_1 < i \wedge \bigwedge_{j=2}^n \tau_j \mid \mathcal{G}_t\right] = & \left(\cdot_{i-1-t} P_{e+t}^1(t) - \cdot_{i-t} P_{e+t}^1(t)\right) \times \\
 & \times \left\{ \prod_{j=2}^n \cdot_{i-t} P_{e+t}^j(t) \right. \\
 & + \sum_{j=2}^n \frac{1}{2} \left(\cdot_{i-1-t} P_{e+t}^j(t) - \cdot_{i-t} P_{e+t}^j(t)\right) \prod_{k \geq 2, k \neq j}^n \cdot_{i-t} P_{e+t}^k(t) \\
 & + \sum_{j=2}^n \sum_{k=j+1}^n \frac{1}{3} \left(\cdot_{i-1-t} P_{e+t}^j(t) - \cdot_{i-t} P_{e+t}^j(t)\right) \left(\cdot_{i-1-t} P_{e+t}^k(t) - \cdot_{i-t} P_{e+t}^k(t)\right) \prod_{l \geq 2, l \neq j, k}^n \cdot_{i-t} P_{e+t}^l(t) \\
 & \left. + \dots \right\}
 \end{aligned}$$

y que

$$\mathbb{P} \left[\bigwedge_{j=1}^n \tau_j \geq i \middle| \mathcal{G}_t \right] = \prod_{j=1}^n {}_{i-t}P_{e+t}^j(t),$$

donde:

- ${}_{i-t}P_{e+t}^j(t)$ representa la probabilidad de que la póliza/certificado de edad $e+t$ al tiempo t , $t=0,1$, sobreviva hasta el tiempo i por el decremento j . Esta variable sigue la distribución descrita en el inciso 4 de esta sección, y
 - τ_j , $j = 1, \dots, n$, representa la variable del tiempo de llegada del decremento j .
4. Probabilidades por decremento. Consideremos el decremento B , entonces se cumple que la probabilidad de supervivencia de un año está dada por

$$P^B(1) = \{P_e^B(1)\}_{e \in \mathcal{E}} = \left\{ \frac{1}{\exp(Y_e) + 1} \right\}_{e \in \mathcal{E}}$$

donde:

- $\mathcal{E}$ representa el conjunto de edades del decremento B ;
- $Y = \{Y_e\}_{e \in \mathcal{E}}$, es un vector normal multivariado descrito por la ecuación

$$Y_e = \mu_{Y,e} + \sigma_{Y,e}Z,$$

con

- $\mu_{Y,e} = P_e^B(0)$;
- $\sigma_{Y,e}^2 = \sigma_{\beta_0}^2 + 2\sigma_{\beta_0, \beta_1}e^k + \sigma_{\beta_1}^2 e^{2k} + \sigma_{\epsilon}^2$, y
- Z es una variable aleatoria normal univariada de media 0 y varianza 1.

Para el resultado anterior se considera la variación del modelo de regresión lineal bayesiano de la forma

$$Y_e = \beta_0 + \beta_1 x^k + \epsilon,$$

con

- (β_0, β_1) un vector normal multivariado de varianzas $\sigma_{\beta_0}^2$ y $\sigma_{\beta_1}^2$, respectivamente, y covarianza $\sigma_{\beta_0, \beta_1}$, y
- ϵ es una variable aleatoria normal con media 0 y varianza σ_{ϵ}^2 independiente del vector (β_0, β_1) .

II.2. Seguros flexibles o de inversión.

La variable de pérdida de los seguros flexibles o de inversión se calculará como

$$L_{P,VLP,flex} = L_{P,VLP,flex,tg} + L_{P,VLP,flex,sg},$$

de acuerdo a la siguiente clasificación:

1. Con garantía de tasa técnica: la Institución garantiza al tenedor de la póliza una tasa de interés por el manejo de sus recursos.

La variable de pérdidas de los seguros flexibles con garantía de tasa, $L_{P,VLP,flex,tg}$, se calculará como

$$L_{P,VLP,flex,tg} = L_{VLP,flex,tg,P} - \max\{\min\{L_{VLP,flex,tg,A} + L_{VLP,flex,tg,P}, R_{VLP,flex,tg}\}, 0\}.$$

Cada uno de los elementos considerados en la ecuación anterior se definen de la siguiente manera:

$$L_{VLP,flex,tg,P} = \sum_{i=1}^{n_{P,VLP,flex,tg}} L_{P,VLP,flex,tg,i}$$

donde,

- $n_{P,VLP,flex,tg}$ representa el número total de pólizas y/o certificados vigentes al momento del cálculo del RCS relativas a los seguros flexibles con garantía de tasa, y
- $L_{P,VLP,flex,tg,i}$, $i=1,...,n_{P,VLP,flex,tg}$, representa la variable de pérdidas calculada de acuerdo a los resultados presentados en la sección II.1, para la póliza y/o certificado i relativas a los seguros flexibles con garantía de tasa.

$$L_{VLP,flex,tg,A} = \sum_{i=1}^{n_{A,VLP,flex,tg}} L_{A,j(i),i}$$

donde,

- $n_{A,VLP,flex,tg}$ representa el número total de activos que amparan las reservas técnicas de los seguros flexibles con garantía de tasa, y
- $L_{A,j(i),i}$, $i=1,...,n_{A,VLP,flex,tg}$, representa la variable de pérdidas del instrumento i , del tipo $j(i)$, que ampara las reservas técnicas de los seguros flexibles con garantía de tasa, y será calculada de acuerdo al Anexo 6.3.3.

$$R_{VLP,flex,tg} = \max\{ME_{Fondo} - (ME_{FF} + MR), 0\}$$

donde,

- ME_{Fondo} representa el fondo alcanzado a la fecha de valuación para los seguros flexibles con garantía de tasa;
 - ME_{FF} representa el valor presente del valor esperado de los flujos futuros de obligaciones relativos a los seguros flexibles con garantía de tasa;
 - MR representa el margen de riesgo relativo a los seguros flexibles con garantía de tasa.
2. Sin garantía de tasa técnica: la Institución no garantiza al tenedor de la póliza una tasa de interés por el manejo de sus recursos, por lo que el riesgo de inversión es transferido completamente al asegurado.

La variable de pérdidas de los seguros flexibles sin garantía de tasa, $L_{P,VLP,flex,stg}$, se calculará como

$$L_{P,VLP,flex,stg} = L_{VLP,flex,stg,P} - L_{VLP,flex,tg,A}$$

Cada uno de los elementos considerados en la ecuación anterior se definen de la siguiente manera:

$$L_{VLP,flex,stg,P} = \sum_{i=1}^{n_{P,VLP,flex,tg}} L_{P,VLP,flex,tg,i}$$

donde,

- $n_{P,VLP,flex,stg}$ representa el número total de pólizas y/o certificados vigentes al momento del cálculo del RCS relativas a los seguros flexibles sin garantía de tasa, y
- $L_{P,VLP,flex,stg,i}$, $i=1,...,n_{P,VLP,flex,stg}$, representa la variable de pérdidas para la póliza y/o certificado i relativas a los seguros flexibles sin garantía de tasa. Esta variable se determina de acuerdo a la metodología presentada en la sección II.1, considerando únicamente el riesgo técnico y no el riesgo relativo al fondo alcanzado. En caso que dicho riesgo corresponda al de un seguro de corto plazo, la variable de pérdidas se calculará de acuerdo a lo señalado en el Anexo 6.3.7.

$$L_{VLP,flex,stg,A} = \sum_{i=1}^{n_{A,VLP,flex,stg}} L_{A,j(i),i}$$

donde,

- $n_{A,VLP,flex,stg}$ representa el número total de activos que amparan las reservas técnicas de los seguros flexibles sin garantía de tasa, y
- $L_{A,j(i),i}$, $i=1,...,n_{A,VLP,flex,stg}$, representa la variable de pérdidas del instrumento i , del tipo $j(i)$, que ampara las reservas técnicas de los seguros flexibles sin garantía de tasa, y será calculada de acuerdo al Anexo 6.3.3.

II.3. Participación de reaseguro.

En esta sección se presenta la forma general de operación de reaseguro para las variables definidas en las secciones anteriores.

En caso de que existan contratos de reaseguro que protejan la totalidad de los riesgos comprendidos para el asegurado/certificado se considerarán los siguientes formatos de protección.

1. Reaseguro proporcional. Se considera que se tienen m_{RP} contratos de reaseguro proporcional que amparan los siniestros del asegurado/certificado. Sea X el monto correspondiente a un siniestro pagado por la institución y sea X_{RP} el monto de la participación por reaseguro proporcional de dicho pago. Entonces se cumple que

$$X_{RP} = \sum_{h=1}^{m_{RP}} \beta_h X \sum_{c=1}^{C_h} \alpha_{h,c} \mathbf{1}_{\{\pi_{b_{h,c}} \neq D\}}$$

donde:

- β_h corresponde a la proporción de participación del contrato h , para $h=1,...,m_{RP}$;
 - $0 \leq \beta_h \leq 1$ para $h=1,...,m_{RP}$;
 - $0 \leq \sum_{h=1}^{m_{RP}} \beta_h \leq 1$;
 - el contrato h está hecho con las compañías $b_{h,c}$, para $c=1,...,C_h$;
 - $\alpha_{h,c}$ representa la proporción de participación de la reaseguradora $b_{h,c}$ en el contrato h , y
 - $\pi_{b_{h,c}}$ es una variable que indica si la reaseguradora $b_{h,c}$ no se encuentra en un estado de insolvencia al tiempo 1.
2. Reaseguro no proporcional riesgo por riesgo. Se considera que se tienen m_{XL} contratos de reaseguro no proporcional riesgo por riesgo que amparan los siniestros del asegurado/certificado. Sea X el monto correspondiente a un siniestro pagado por la institución y sea X_{XL} el monto de la participación por reaseguro no proporcional de dicho pago. Entonces se cumple que

$$X_{XL} = \sum_{h=1}^{m_{XL}} \max \left\{ \min \{ X - \gamma_{h,inf}, \gamma_{h,sup} - \gamma_{h,inf} \}, 0 \right\} \sum_{c=1}^{C_h} \alpha_{h,c} \mathbf{1}_{\{\pi_{b_{h,c}} \neq D\}}$$

donde:

- $(\gamma_{h,inf}, \gamma_{h,sup})$ corresponde al tramo del riesgo a cargo del contrato h , para $h=1,...,m_{XL}$;
- $0 \leq \gamma_{1,inf} < \gamma_{1,sup} \leq \gamma_{2,inf} < \gamma_{2,sup} \leq \dots \leq \gamma_{m_{XL},inf} < \gamma_{m_{XL},sup}$;
- el contrato h está hecho con las compañías $b_{h,c}$, para $c=1,...,C_h$;
- $\alpha_{h,c}$ representa la proporción de participación de la reaseguradora $b_{h,c}$ en el contrato h , y
- $\pi_{b_{h,c}}$ es una variable que indica si la reaseguradora $b_{h,c}$ no se encuentra en un estado de insolvencia al tiempo 1.

3. Reaseguro exceso de pérdida por cartera. La participación por reaseguro de este tipo de contratos se da por la siniestralidad agregada de un grupo de riesgos a lo largo del periodo de proyección. Se considera que se tienen m_{SL} contratos de reaseguro de exceso de pérdida por cartera que amparan la siniestralidad agregada de un grupo de riesgos. Sea G el monto correspondiente a la siniestralidad agregada en la que participan los contratos de exceso de pérdida por cartera y sea G_{SL} el monto de la participación por reaseguro para dicha siniestralidad. Entonces se cumple que

$$G_{SL} = \sum_{h=1}^{m_{SL}} \max \left\{ \min \{ G - \epsilon_{h,inf}, \epsilon_{h,sup} - \epsilon_{h,inf} \}, 0 \right\} \sum_{c=1}^{C_h} \alpha_{h,c} \mathbb{1}_{\{\pi_{b_{h,c}} \neq D\}}$$

donde:

- $(\epsilon_{h,inf}, \epsilon_{h,sup})$ corresponde al tramo del riesgo a cargo del contrato h , para $h=1, \dots, m_{SL}$;
- $0 \leq \epsilon_{1,inf} < \epsilon_{1,sup} \leq \epsilon_{2,inf} < \epsilon_{2,sup} \leq \dots \leq \epsilon_{m_{SL},inf} < \epsilon_{m_{SL},sup}$;
- el contrato h está hecho con las compañías $b_{h,c}$, para $c=1, \dots, C_h$;
- $\alpha_{h,c}$ representa la proporción de participación de la reaseguradora $b_{h,c}$ en el contrato h , y
- $\pi_{b_{h,c}}$ es una variable que indica si la reaseguradora $b_{h,c}$ no se encuentra en un estado de insolvencia al tiempo 1.

II.4. Distribución conjunta.

Por su parte, en relación a la distribución conjunta de las variables de pérdida $L_{NV,Rm,r}$, $R\epsilon CC_{Rm}$, y la distribución conjunta de las variables de pérdida $L_{NV,Rm}$, $Rm\epsilon CC_{NV}$, se tiene el siguiente resultado:

1. Distribución conjunta dentro del ramo. Para cada ramo de seguro NV, Rm , la distribución conjunta de las variables $L_{NV,Rm,r}$, $R\epsilon CC_{Rm}$ se calculará considerando la siguiente relación:

$$F_{L_{NV,Rm,1}, \dots, L_{NV,Rm,n_{Rm}}} (x_1, \dots, x_{n_{Rm}}) \\ = C_{NV,Rm} (F_{L_{NV,Rm,1}} (x_1), \dots, F_{L_{NV,Rm,n_{Rm}}} (x_{n_{Rm}})),$$

donde:

- $F_{L_{NV,Rm,1}, \dots, L_{NV,Rm,n_{Rm}}}$ es la función de distribución conjunta de $L_{NV,Rm,r}$ con $r=1, \dots, n_{Rm}$;
 - $C_{NV,Rm}$ es una cópula multidimensional;
 - $F_{L_{NV,Rm,r}}$, $r=1, \dots, n_{Rm}$ representan las funciones de distribución marginales generadas por las variables descritas en las subsecciones II.1 y II.2 de la presente sección, y
 - n_{Rm} es el número de protecciones del ramo de seguro NV, Rm .
2. Distribución conjunta entre ramos. De manera análoga, la distribución conjunta de las variables $L_{P,V}$ y $L_{NV,Rm}$, $Rm\epsilon CC_{NV}$ donde CC_{NV} representa el catálogo de ramos descritos en el Cuadro 1, se calculará de acuerdo a:

$$F_{L_{NV,Rm_1}, \dots, L_{NV,Rm,n_{NV}}, L_{P,V}} (x_1, \dots, x_{n_{NV}}, x_V) \\ = C_{NV} (F_{L_{NV,Rm_1}} (x_1), \dots, F_{L_{NV,Rm,n_{NV}}} (x_{n_{NV}}), F_{L_{P,V}} (x_V)),$$

donde:

- $L_{P,V} = L_{P,VCP} + L_{P,VLP}$ representa la variable de pérdidas del ramo de vida, formada como la suma de las variables de pérdidas de vida de corto plazo y vida de largo plazo de acuerdo a los Anexos 6.3.7 y 6.3.8 respectivamente;
- $F_{L_{NV,Rm_1}, \dots, L_{NV,Rm,n_{NV}}, L_{P,V}}$ es la función de distribución conjunta de $L_{P,V}$ y $L_{NV,Rm}$, con $Rm\epsilon CC_{NV}$;
- C_{NV} es una cópula multidimensional;
- $F_{L_{P,V}}$ y $F_{L_{NV,Rm}}$, $Rm\epsilon CC_{NV}$ representan las funciones de distribución marginales de cada ramo, y
- n_{NV} es el número de ramos de los seguros de no-vida.