

TOMO I
METODOLOGÍA DE MODELACIÓN PROBABILISTA DE
RIESGOS NATURALES

INFORME TÉCNICO ERN-CAPRA-T1-4
METODOLOGÍA DE DEFINICIÓN DEL
INVENTARIO DE ACTIVOS EXPUESTOS





Consortio Evaluación de Riesgos Naturales
- América Latina -
Consultores en Riesgos y Desastres

Consortio conformado por:

Colombia

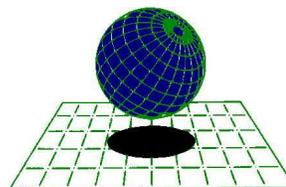
Carrera 19A # 84-14 Of 504
Edificio Torrenova
Tel. 57-1-691-6113
Fax 57-1-691-6102
Bogotá, D.C.



INGENIERIA TECNICA Y CIENTIFICA LTDA

España

Centro Internacional de Métodos Numéricos
en Ingeniería - CIMNE
Campus Nord UPC
Tel. 34-93-401-64-96
Fax 34-93-401-10-48
Barcelona



C I M N E

México

Vito Alessio Robles No. 179
Col. Hacienda de Guadalupe Chimalistac
C.P.01050 Delegación Álvaro Obregón
Tel. 55-5-616-8161
Fax 55-5-616-8162
México, D.F.



ERN Ingenieros Consultores, S. C.

ERN Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina
www.ern-la.com

Dirección y Coordinación de Grupos de Trabajo Técnico – Consorcio ERN América Latina

Omar Darío Cardona A.
Dirección General del Proyecto

Luis Eduardo Yamín L.
Dirección Técnica ERN (COL)

Gabriel Andrés Bernal G.
Coordinación General ERN (COL)

Mario Gustavo Ordaz S.
Dirección Técnica ERN (MEX)

Eduardo Reinoso A.
Coordinación General ERN (MEX)

Alex Horia Barbat B.
Dirección Técnica CIMNE (ESP)

Martha Liliana Carreño T.
Coordinación General CIMNE (ESP)

Especialistas y Asesores – Grupos de Trabajo

Miguel Genaro Mora C.
Especialista ERN (COL)

Carlos Eduardo Avelar F.
Especialista ERN (MEX)

Mabel Cristina Marulanda F.
Especialista CIMNE(ESP)

César Augusto Velásquez V.
Especialista ERN (COL)

Benjamín Huerta G.
Especialista ERN (MEX)

Jairo Andrés Valcarcel T.
Especialista CIMNE(ESP)

Karina Santamaría D.
Especialista ERN (COL)

Mauro Pompeyo Niño L.
Especialista ERN (MEX)

Juan Pablo Londoño L.
Especialista CIMNE(ESP)

Mauricio Cardona O.
Asistente Técnico ERN (COL)

Isaías Martínez A.
Asistente Técnico ERN (MEX)

René Salgueiro
Especialista CIMNE(ESP)

Andrés Mauricio Torres C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Edgar Osuna H.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Nieves Lantada
Especialista CIMNE(ESP)

Diana Marcela González C.
Asistente Técnico ERN (COL)

José Juan Hernández G.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Álvaro Martín Moreno R.
Asesor Asociado (COL)

Yinsury Sodel Peña V.
Asistente Técnico ERN (COL)

Marco Torres
Asesor Asociado (MEX)

Mario Díaz-Granados O.
Asesor Asociado (COL)

Andrei Garzón B.
Asistente Técnico ERN (COL)

Johner Venicio Correa C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Liliana Narvaez M.
Asesor Asociado (COL)

Asesores Nacionales

Osmar E. Velasco
Guatemala

Sandra Zúñiga
Nicaragua

Alonso Brenes
Costa Rica

Banco Mundial – Gestión de Riesgo de Desastres / Región Latinoamérica y el Caribe

Francis Ghesquiere
Coordinador Regional

Joaquín Toro
Especialista

Edward C. Anderson
Especialista

Oscar A. Ishizawa
Especialista

Fernando Ramírez C.
Especialista

Stuart Gill
Especialista

Banco Interamericano de Desarrollo – Medio Ambiente / Desarrollo Rural / Desastres Naturales

Flavio Bazán
Especialista Sectorial

Cassandra T. Rogers
Especialista Sectorial

Hori Tsuneki
Consultor Interno

Tabla de contenido

1	Generalidades y necesidades de información	1-1
1.1	Parámetros generales	1-1
1.2	Información Básica Requerida.....	1-2
1.3	Información integral en centros poblados.....	1-3
1.4	Base de datos de componentes de infraestructura	1-4
1.5	Parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana	1-5
2	Lineamientos para la creación del modelo aproximado de exposición a nivel país o región.....	2-1
2.1	Generalidades.....	2-1
2.2	Modelo general de datos a nivel país	2-3
2.3	Modelo Nivel 1.....	2-4
2.3.1	Definición de unidades geográficas y ciudades.....	2-4
2.3.2	Definición de índices generales para asignación de parámetros.....	2-5
2.3.3	Asignación de población y área de construcción a cada unidad geográfica.....	2-7
2.3.4	Asignación de los valores de reposición por tipos de uso en cada unidad geográfica.....	2-8
2.3.5	Asignación de la ocupación por tipos de uso en cada unidad geográfica.....	2-8
2.3.6	Infraestructura a nivel país.....	2-8
2.3.7	Infraestructura a nivel de ciudades.....	2-9
2.3.8	Resultados generales del modelo de exposición aproximado.....	2-10
2.4	Modelo Nivel 2.....	2-12
2.4.1	Sistema de captura de información básica de exposición.....	2-12
2.4.2	Complementación de la información en la base de datos.....	2-16
2.4.3	Procedimiento final para asignación de variables.....	2-17
2.4.4	Ajuste de la valoración de activos	2-18
2.4.5	Información para afectación humana	2-18
2.4.6	Información para impacto económico indirecto.....	2-19
2.5	Modelo Nivel 3.....	2-20

Índice de figuras

FIGURA 2-1 MODELO DE EXPOSICIÓN DE PAÍS.....	2-1
FIGURA 2-2 DIVISIÓN POLÍTICA NACIONAL, PRINCIPALES ENTIDADES SUBNACIONALES Y CENTROS POBLADOS	2-5

Índice de tablas

TABLA 2-1 ASIGNACIÓN DE NIVELES DE COMPLEJIDAD - VALORES INDICATIVOS.....	2-6
TABLA 2-2 TIPO DE USO EN CIUDADES.....	2-6
TABLA 2-3 ÍNDICES DE CONSTRUCCIÓN M ² /HAB - VALORES INDICATIVOS	2-6
TABLA 2-4 DISTRIBUCIÓN \$/M ² DE CONSTRUCCIONES POR CIUDAD- VALORES INDICATIVOS	2-7
TABLA 2-5 ASIGNACIÓN DE OCUPACIÓN MÁXIMA EN HAB/100 M ² - VALORES INDICATIVOS	2-7
TABLA 2-6 RESUMEN GENERAL: MODELO DE EXPOSICIÓN APROXIMADO	2-10
TABLA 2-7 RESUMEN GENERAL: VALORES EN EXPOSICIÓN.....	2-11
TABLA 2-8 DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN SEGÚN USO DE LA EDIFICACIÓN.....	2-19

1 Generalidades y necesidades de información

El análisis de riesgo involucra la evaluación de los elementos expuestos susceptibles a sufrir daño o afectación por las amenazas consideradas. Dichos elementos expuestos pueden ser componentes de obras de infraestructura, sus contenidos, y de manera general los ocupantes de la infraestructura expuesta o los habitantes de las poblaciones consideradas. En general, puede incluirse en la base de datos cualquier elemento geográficamente referenciado susceptible de sufrir algún tipo de efecto por causa de cualquier parámetro de intensidad de amenaza que se defina. Una vez caracterizado cada uno de los componentes expuestos se hace necesario asignarles como mínimo una valoración económica, una ocupación humana y las funciones de vulnerabilidad correspondientes lo cual se explica en detalle en el capítulo siguiente.

De acuerdo con lo anterior se hace necesario realizar análisis de los elementos expuestos que permitan su geo-referenciación y su caracterización. Normalmente este tipo de información no está fácilmente disponible por lo cual es necesario diseñar procedimientos aproximados que con base en información básica permitan realizar estimativos confiables de los parámetros relevantes para la caracterización de la exposición y la asignación de la vulnerabilidad.

1.1 Parámetros generales

La valoración del riesgo de infraestructura expuesta exige la conformación de una adecuada base de datos georeferenciada de activos en una determinada zona, para la cual se tenga disponible información de amenaza de uno o varios de los fenómenos naturales que puedan producir daño o afectación.

En términos generales, el análisis de riesgo que se desee realizar obliga a la consecución de determinada información básica que debe quedar en el inventario de activos disponible.

En particular, el inventario debe incluir información referente a los siguientes temas específicos:

- Ubicación en términos de coordenadas geográficas.
- Caracterización geométrica en planta del bien mediante un archivo en formato Shape (puntos, polilíneas, polígonos). Esta información se utiliza principalmente para visualización de datos y resultados y para definición de la intensidad del fenómeno amenazante.
- Valoración económica del bien
- Ocupación humana.

- Parámetros que caracterizan la vulnerabilidad del bien, o directamente la asignación de una función de vulnerabilidad establecida. La vulnerabilidad debe especificarse en términos del daño físico (incluidos los contenidos) y/o en términos de la afectación humana (normalmente el número esperado de víctimas), como función de la intensidad seleccionada para el fenómeno amenazante.

En primera instancia se conforman inventarios de activos con ciertos parámetros generales que permiten caracterizar su geometría y su vulnerabilidad y posteriormente se asignan una serie de parámetros complementarios que permiten caracterizar las variables de medición del riesgo.

La información disponible debe permitir la caracterización del riesgo en términos de afectación económica directa y en los contenidos, posible cálculo de pérdidas asociadas a la interrupción del funcionamiento y la estimación de la afectación de los ocupantes en términos de fatalidades, personas heridas que requieren servicios médicos especializados, personas afectadas (por ejemplo en términos de personas sin vivienda o sin lugar de trabajo) (ver Informe ERN-CAPRA-T1-6 “Metodología de análisis de probabilista de riesgos y sus aplicaciones”).

1.2 Información Básica Requerida

En general el sistema CAPRA está diseñado de manera que el requerimiento de información sea mínimo, pero que en caso de existir información más detallada, esta se pueda ir mejorando e integrando al análisis. Los requerimientos mínimos de información para cada uno de los bienes expuestos son los siguientes:

- Número de referencia
- Ubicación geográfica en coordenadas
- Tipo constructivo para asignación de función de vulnerabilidad
- Referencia de la función de vulnerabilidad humana
- Valoración económica
- Ocupación humana

Con estos datos complementados con la información correspondiente a las amenazas y la información asociada a una función de vulnerabilidad determinada de daño físico y una función de vulnerabilidad de afectación humana, quedan definidos de manera integral los parámetros para la evaluación del riesgo.

Dentro de los activos expuestos pueden incluirse diversos componentes de infraestructura incluyendo cualquier tipo de edificación y componentes tales como tramos viales, puentes, túneles, componentes del sistema eléctrico, componentes de sistema de comunicaciones, tramos de sistemas de tuberías de acueductos o alcantarillados, presas, diques, muros o

cualquier componente de estructuras de contención, y en general cualquier otro componente que pueda presentar daño ante la acción del fenómeno amenazante.

El sistema permitiría la definición de otro tipo de componentes como son zonas de cultivo o en general cualquier otro elemento susceptible de daño que permita una georeferenciación y una asignación de una función de vulnerabilidad particular ante una intensidad relacionada con un fenómeno amenazante cuya distribución geográfica es conocida.

1.3 Información integral en centros poblados

Para construir la base de datos de edificaciones en centros poblados se utiliza principalmente la información disponible a nivel catastral o de censos recientes. Considerando que la información disponible rara vez incluye todos los datos relevantes requeridos, es necesario aplicar unos algoritmos de complementación y ajuste de información que permitan contar con una base de datos completa y consistente. La información normalmente utilizada para la base de datos de edificaciones es la siguiente:

- Número de sistema
- Nombre del sistema
- Número del componente
- Nombre
- Descripción
- Ubicación geográfica, a través de mapas en formato Shape (puntos, polilíneas o polígonos).
- Tipo de suelo
- Número de pisos
- Área de construcción
- Uso predominante
- Tipo constructivo
- Fecha de construcción
- Muros divisorios
- Material y tipo de fachada
- Material en primer piso
- Material en pisos superiores
- Tipo y materiales de cubierta
- Tipo y clasificación de contenidos
- Edad
- Estado actual de la construcción
- Estrato socioeconómico
- Irregularidades y defectos
- Valoración económica de la estructura, elementos no estructurales y contenidos
- Ocupación máxima de la construcción en número de personas
- Costo unitario rehabilitación sísmica

- Información de funciones de vulnerabilidad por tipo de amenaza

Con respecto a la valoración de cada componente se debe tener en cuenta que se trata del valor de reposición y se debe en general tener información sobre:

- Valor de la estructura sola
- Valor de acabados internos (muros, etc)
- Valor de cubierta
- Valor de fachadas
- Valor de contenidos
- Valor de lucro por unidad de tiempo y tiempos estimados de reparaciones importantes

Finalmente la ocupación a cada componente del análisis se asigna para un escenario definido por el usuario. Debe ser compatible con los índices regionales de densidad de población. Normalmente se consideran escenarios diurnos y nocturnos aunque esto es a elección del usuario.

1.4 Base de datos de componentes de infraestructura

El inventario de elementos expuestos puede incluir también información relevante de otros componentes entre los cuales se pueden nombrar los siguientes:

- Tuberías, oleoductos y gasoductos
- Subestaciones del sistema de gasoductos y oleoductos
- Tramos viales
- Puentes
- Túneles
- Presas y embalses
- Componentes de proyectos hidroeléctricos
- Centros industriales importantes
- Subestaciones eléctricas
- Líneas de transmisión eléctricas
- Subestaciones de comunicaciones
- Torres importantes
- Antenas
- Estaciones pluviométricas
- Componentes de sistemas de acueductos y alcantarillados
- Diques, muros y estructuras de contención
- Instalaciones industriales relevantes tales como refinerías, centrales termoeléctricas, subestaciones
- Cualquier otro componente que pueda presentar daño.

Para la modelación de algunos de los anteriores componentes se pueden utilizar analogías con otros componentes similares modelados y se pueden realizar descomposiciones hipotéticas de elementos característicos que componen una instalación determinada. Por ejemplo el proyecto típico de generación hidroeléctrica incluye una presa, túneles, tuberías de conducción y de carga, subestación eléctrica, cuarto de máquinas y tubería de descarga.

Para la modelación de componentes de infraestructura individuales se requiere la definición únicamente de los parámetros básicos de los activos según el numeral 1.2.

1.5 Parámetros para caracterizar la vulnerabilidad física y humana

La caracterización de la vulnerabilidad de un componente cualquiera del inventario de activos se hace mediante la asignación directa de la función de vulnerabilidad correspondiente. Para el efecto se asigna una función de vulnerabilidad única para la afectación física y una función de vulnerabilidad única para la afectación humana.

Con respecto a la función de vulnerabilidad física, ésta debe incluir de ser necesario, la ponderación respectiva de los porcentajes de afectación y los valores relativos correspondientes a:

- Pérdidas directas
- Pérdidas en los contenidos
- Pérdidas asociadas a lucro cesante o interrupción del funcionamiento (se expresa normalmente como el tiempo que estará el componente fuera de servicio en función de la intensidad ó del daño directo).

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante eventos sísmicos se requiere la siguiente información:

- Sistema estructural característico
- Material estructural
- Características estructurales especiales: normalmente existen características especiales que hacen que una construcción determinada presente un comportamiento diferente al típico observado por lo cual debe registrarse dicha característica. Incluye por ejemplo aspectos de irregularidad en planta o altura, edificación de esquina, defectos especiales como columnas cortas, esbeltez excesiva, daños previos, asentamientos evidentes y otros.

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante eventos de viento se requiere la siguiente información:

- Factor de forma de la edificación
- Tipo de fachada y materiales

- Tipo de cubierta y materiales
- Tipo de conexiones

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante eventos de inundación se requiere la siguiente información:

- Tipo de material de pisos
- Grado de calidad de acabados en zonas inundables. .

Para efectos de caracterizar la vulnerabilidad ante caída de cenizas se considera la siguiente información:

- Tipo de estructura
- Tipo de cubierta

Para los otros tipos de amenazas tales como deslizamientos, flujos piroclásticos, o flujos de lava, las funciones de vulnerabilidad son en general únicas, independientes de las características de las construcciones o componentes de infraestructura expuestos.

Con respecto a la vulnerabilidad humana, esta se expresa mediante el número esperado de víctimas (en los términos detallados que el usuario desee, es decir fallecidos, heridos, afectados o cualquier otra, según sea la información que tengan a disposición) como porcentaje del número total de personas expuestas y su varianza.

2 Lineamientos para la creación del modelo aproximado de exposición a nivel país o región

2.1 Generalidades

La información de exposición frente a fenómenos naturales corresponde al inventario de bienes inmuebles e infraestructura que pueden ser afectados y se expresa en términos de activos y de población. Es un componente fundamental en el análisis o evaluación de riesgo y de su resolución y detalle depende el grado de precisión de los resultados. El modelo puede evaluarse con diferentes niveles de resolución y cuando no se cuenta con información al detalle es necesario realizar estimaciones aproximadas que representen o den cuenta de dicho inventario de activos expuestos en forma aproximada. La Figura 2-1 presenta el procedimiento general para desarrollar un modelo simplificado de activos expuestos para un país o región cualquiera.

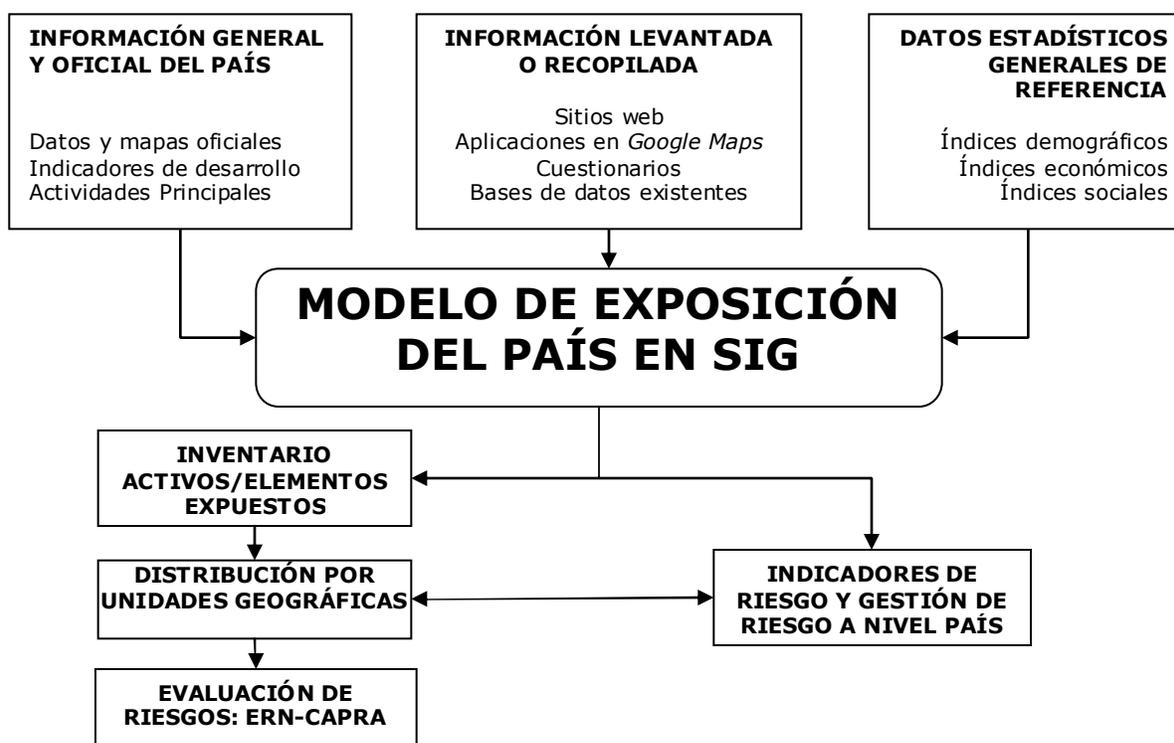


Figura 2-1
Modelo de exposición de país

El modelo de exposición aproximado requiere las siguientes definiciones:

- Caracterización geográfica y división política: el modelo se plantea mediante una categorización en las siguientes unidades:

- i. Departamentos o provincias (unidades subnacionales)
- ii. Municipios que conforman departamentos
- iii. Ciudades principales que conforman municipios
- iv. Los municipios a su vez estarían subdivididos en área rural y área urbana.

Nota: la nomenclatura podría cambiar de país en país pero en general se mantiene el carácter de división política.

- (b) Para caracterizar las diferentes zonas urbanas se plantea una zonificación en regiones homogéneas en términos de características de la infraestructura, concentración de población, actividad económica, condiciones socioeconómicas, características topográficas e importancia institucional, entre otras.
- (c) Igualmente, cuando es necesario se caracterizan las diferentes zonas rurales de los municipios para lo cual se plantea una zonificación en regiones homogéneas en términos de características de uso, densidad de construcciones, concentración de población, actividad económica, características topográficas u otras variables útiles para el análisis.

Se pueden utilizar zonas geográficas más detalladas por ejemplo para ciudades en las cuales se puede incluir el nivel de localidad o de barrio, en función de la información que esté disponible. La asignación de la información a las diferentes zonas se puede realizar en tres niveles diferentes:

- (a) Modelo Nivel 1: modelo más básico, basado totalmente en indicadores generales tal como se explica más adelante.
- (b) Modelo Nivel 2: modelo intermedio, basado en información de Google Earth e información local ajustada, mapas publicados e información procesada disponible.
- (c) Modelo Nivel 3: modelo detallado el cual estaría basado en información detallada de la infraestructura expuesta, por ejemplo con la base de datos catastral de una ciudad o un shape de tuberías en una zona que incluya todas las características de la misma. Depende del tipo y calidad de información disponible y puede complementarse con la información disponible en los modelos de los Niveles 1 y 2 según se requiera.

El Nivel 1 es el modelo más básico y depende principalmente de la distribución de la población en entidades geográficas. Una vez completado el modelo del Nivel 1, se puede pasar a los Niveles 2 y 3 según la información disponible en cada caso, o los recursos que se deseen invertir en el mejoramiento de los datos, logrando cada vez mejor resolución en los resultados del análisis.

2.2 Modelo general de datos a nivel país

Se propone la conformación de un modelo de exposición aproximado a nivel del país, que incluye toda la infraestructura expuesta susceptible de daño ante la acción de cualquier tipo de amenaza. La información básica que requiere este modelo es la siguiente:

- (a) Unidades geográficas definidas con sus archivos tipo Shape anexos, incluyendo:
 - i. División política del país, incluyendo definición detallada de costas
 - ii. División política departamental
 - iii. División política de municipios
 - iv. Zonas homogéneas rurales de municipios - ZHR (opcional)
 - v. Límites urbanos de ciudades relevantes
 - vi. Zonas homogéneas urbanas para ciudades relevantes - ZHU (opcional)
- (b) Asignación de población: para efectos de contar con índices para distribución interna de exposición se utilizará la asignación de población a las diferentes unidades geográficas, incluyendo el cálculo de la densidad población en cada una de las zonas.
- (c) Tabla de indicadores económicos y de desarrollo para el país para una fecha de referencia.
- (d) Infraestructura a nivel país: para cada tipo de infraestructura debe especificarse únicamente el Departamento al cual pertenece, el tipo de infraestructura, el valor total de reposición y la función de vulnerabilidad física. Los tipos de infraestructura son:
 - Vías red primaria
 - Puentes red primaria
 - Vías red secundaria
 - Puentes red secundaria
 - Hidroeléctricas
 - Presas
 - Plantas térmicas
 - Subestaciones de energía más redes anexas
 - Subestaciones de comunicaciones más antenas
 - Subestaciones de combustible y gas más redes anexas
 - Hidrocarburos
- (e) Infraestructura a nivel de ciudad: solo para las ciudades principales del país, para cada tipo de infraestructura debe especificarse el tipo de infraestructura, el valor total de reposición, el número de ocupantes si los tiene, la función de vulnerabilidad física y la humana. Los tipos de infraestructura son:
 - Construcciones repartidas en los siguientes tipos:
 - Residencial 1 y 2 pisos Estrato Alto

- Residencial Edificios Estrato Alto
 - Residencial 1 y 2 pisos Estrato Medio
 - Residencial Edificios Estrato Medio
 - Residencial Estrato Bajo
 - Comercial
 - Industrial
 - Salud privado
 - Educación privado
 - Salud pública
 - Educación pública
 - Gubernamentales
- Puentes urbanos
 - Aeropuertos
 - Puertos
 - Subestaciones de energía más redes anexas
 - Subestaciones de comunicaciones más antenas
 - Redes de acueducto y alcantarillado
 - Tanques y plantas de acueducto y alcantarillado
 - Redes de gas.

2.3 Modelo Nivel 1

A continuación se explica el esquema propuesto para asignar la información al Modelo de Datos explicado anteriormente en un Nivel 1, es decir el nivel de información más básico posible. El diagrama de flujo general del modelo de nivel 1 se presenta en el Anexo ERN-CAPRA-T1-4-1.

2.3.1 Definición de unidades geográficas y ciudades

Se deben identificar las unidades geográficas principales que constituyen el país o región a analizar. Es deseable contar con mapas en formato “shape” o equivalente con información específica de los límites geográficos de los departamentos, municipios y/o ciudades. En la Figura 2-2 se presenta un mapa típico de asignación en entidades geográficas de diferente nivel.



Figura 2-2

División política nacional, principales entidades subnacionales y centros poblados
Ref: <http://www.diva-gis.org/gData>

2.3.2 Definición de índices generales para asignación de parámetros

Para efectos de categorizar los diferentes tipos de ciudades que existen en el país o región, se definen categorías según el nivel de complejidad el cual a su vez se define dependiendo de la población total de la ciudad y del nivel de desarrollo socio-económico de cada una. La Tabla 2-1 presenta un ejemplo de tres niveles diferentes de complejidad para ciudades de un país típico latinoamericano de capacidad económica intermedia.

Tabla 2-1
Asignación de niveles de complejidad – Valores indicativos

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (Habitantes)
Alto - 1	>100000
Medio - 2	20000 a 100000
Bajo - 3	<20000

Por otro lado en la Tabla 2-2 se definen los tipos de usos para cada una de las ciudades:

Tabla 2-2
Tipo de uso en ciudades

Tipo de uso	Referencia
Residencial 1 y 2 pisos Estrato Alto	Res PA
Residencial 1 y 2 pisos Estrato Medio y Bajo	Res PM
Residencial Edificios Estrato Alto y Medio	Res PB
Comercial	Com
Industrial	Ind
Salud privado	SalPri
Educación privado	EduPri
Salud pública	SalPub
Educación pública	EduPub
Gubernamentales	Gob

Para cada nivel de complejidad de ciudad y para cada tipo de uso se asignan valores de densidad típica de construcción (m^2/hab) y costo de reposición por metro cuadrado ($US\$/m^2$) de construcción. Los valores de costo de reposición pueden o no incluir, a criterio del analista, los valores de las edificaciones y de sus contenidos, o estos pueden adicionarse de manera individual posteriormente.

Las Tabla 2-3 y Tabla 2-4 presentan unos valores representativos para este tipo de parámetros. Esta información normalmente variará de país en país e incluso de región en región. Los datos que se presentan en las Tabla 2-3 a Tabla 2-5 deben tomarse como indicativos y deberán ajustarse según información local en cada uno de los países.

Tabla 2-3
Índices de construcción m^2/Hab – Valores indicativos

Nivel de Complejidad	Tipo de Uso (m^2/Hab) [V 7]									
	Res PB $m^2/HabPB$	Res PM $m^2/HabPM$	Res PA $m^2/HabPA$	Com m^2/FL	Ind m^2/FL	SalPri $m^2/camas$	EduPri m^2/Est	SalPub $m^2/camas$	EduPub m^2/Est	Gob m^2/EP
Alto = 1	5	15	25	20	50	10	12	8	10	5
Medio = 2	4	12	22	20	50	8	10	6	8	5
Bajo = 3	3	11	20	20	50	6	8	4	6	5

Nota: para calcular los m^2 en cada Uso, se utilizarán las poblaciones asociadas a cada sector

Tabla 2-4
Distribución \$/m² de construcciones por ciudad- Valores indicativos

Nivel de Complejidad	Tipo de Uso (US\$/m ²) [V 6]									
	ResPB	ResPM	ResPA	Com	Ind	SalPri	EduPri	SalPub	EduPub	Gob
Alto	194	485	776	485	776	776	485	621	485	485
Medio	136	340	543	340	543	543	340	435	340	340
Bajo	97	243	388	243	388	388	243	310	243	243

Por otro lado y para efectos de asignar una ocupación determinada a cada uno de los componentes de la base de datos se toman unos indicadores de ocupación o número de habitantes por m² de construcción, de nuevo clasificados según el nivel de complejidad y el tipo de uso. Este parámetro se refiere a la ocupación máxima y deberá ajustarse para que corresponda a un escenario determinado como puede ser el diurno o el nocturno. Igualmente estos parámetros de asignación de la población deben calibrarse para que al realizar la asignación total, el valor total de población coincida aproximadamente con la población oficial de cada una de las unidades geográficas.

Tabla 2-5
Asignación de ocupación máxima en Hab/100 m² - Valores indicativos

Nivel de Complejidad	Tipo de Uso (Hab/100m ²)									
	ResPB	ResPM	ResPA	Com	Ind	SalPri	EduPri	SalPub	EduPub	Gob
Alto	11.0	13.0	10.0	7.0	3.0	30.0	28.0	30.0	25.0	32.0
Medio	10.0	11.0	9.0	7.0	2.0	25.0	23.0	25.0	20.0	27.0
Bajo	9.0	11.0	8.0	6.0	2.0	20.0	18.0	20.0	15.0	22.0

2.3.3 Asignación de población y área de construcción a cada unidad geográfica

A cada una de las unidades geográficas definidas, es necesario asignar las características de población. Esta información está normalmente disponible en censos de población o estadísticas oficiales. La información debe discriminarse claramente en términos de población urbana y población rural.

Para efectos de estimar áreas de construcción en los diferentes tipos de uso se hace necesario asignar la población a cada uno de estos grupos en cada una de las entidades geográficas de análisis, de la siguiente manera:

- Población total distribuida en categorías socio-económicas alta, media y baja para asignar el tipo de uso residencial en estos tres niveles.
- Población económicamente activa para distribuir en los tipos de uso comercial e industrial.
- Población en edad estudiantil y porcentaje de acceso a educación a nivel público y privado para asignar al sector educación.
- Número total de empleados públicos para asignar al tipo de uso de edificaciones gubernamentales.

Para la asignación al tipo de uso salud, se utiliza preferencialmente el reporte oficial de número de camas en clínicas y hospitales (públicos y privados) con base en lo cual se puede estimar el área total construida en cada uno de estos grupos.

Utilizando la población de cada entidad geográfica es posible estimar el área total de construcción en términos de cada uno de los grupos de uso utilizando la información de la Tabla 2-3.

2.3.4 Asignación de los valores de reposición por tipos de uso en cada unidad geográfica

La información anterior conjuntamente con la información de la Tabla 2-4 se utiliza para estimar el valor económico expuesto en cada uno de los tipos de uso y para cada una de las unidades geográficas que se utilizan en los análisis.

2.3.5 Asignación de la ocupación por tipos de uso en cada unidad geográfica

La información anterior conjuntamente con la información de la Tabla 2-5 se utiliza para realizar una asignación consistente de la ocupación en número de habitantes, en cada uno de los tipos de uso y para cada una de las unidades geográficas que se utilizan en los análisis.

La asignación de ocupación debe ser consistente con las cifras de población para el escenario específico que se esté analizando (diurno, nocturno u otro cualquiera).

2.3.6 Infraestructura a nivel país

Para cada unidad geográfica de análisis se estimará la densidad de habitantes por km² de territorio, el cual sirve como índice de referencia para estimar los tamaños de diferentes componentes de infraestructura. Igualmente se proponen diferentes indicadores generales que permiten estimar las cantidades de obras de infraestructura. En forma complementaria se realizan estimativos de valores de exposición unitarios para cada una de las obras de infraestructura con base en lo cual se pueden calcular los valores expuestos totales para cada sector y en cada región geográfica.

En cada caso cuando exista información detallada tales como listados de los diferentes componentes con descripción del tamaño y costo, planos con información georeferenciada o similares, la información más precisa deberá reemplazar la más aproximada.

La infraestructura considerada y los indicadores que pueden usarse para estimar los valores de reposición, a falta de valores o indicadores más específicos, son los siguientes:

- Red vial primaria y secundaria: se pueden utilizar indicadores en correlación con la densidad de población por km² de territorio para estimar longitud total de vías, de los diferentes tipos (pavimentada o no, doble o triple carril, etc). Los costos asociados harían referencia a costo por unidad de longitud para el mismo número de carriles y tipo de vía.
- Puentes en la red vial primaria y secundaria: se puede estimar como la longitud total de puentes en porcentaje de la longitud total de red vial tanto primaria como secundaria. También se pueden hacer estimativos del número de cruces importantes entre la red vial y la red fluvial. El costo de los puentes se plantea como un costo unitario por unidad de longitud para puentes estándares de dos carriles.
- Infraestructura de servicios: para los sectores de generación de energía, distribución de energía, comunicaciones e hidrocarburos, se asignan valores globales per cápita a nivel del país con base en indicadores similares de otros países.

2.3.7 Infraestructura a nivel de ciudades

La infraestructura considerada a nivel de ciudades y los indicadores que pueden usarse para estimar los valores de reposición, a falta de información detallada o específica, son los siguientes:

- Puentes urbanos: se plantean correlaciones según indicadores como el número de habitantes por km² de territorio y según el nivel de complejidad asignado a cada ciudad. El valor de reposición de los puentes urbanos puede plantearse a nivel de costo unitario promedio por cada puente, de nuevo para cada nivel de complejidad.
- Aeropuertos: se puede asignar de acuerdo con las ciudades importantes del país y según el nivel de complejidad asignado a cada una de las ciudades. También es posible realizar búsquedas en fotografías aéreas o imágenes de satélite para cuantificar el número de pistas y la longitud de las mismas, y la densidad de construcciones para cada aeropuerto.
- Puertos: se asignarán únicamente a ciudades costeras o ciudades a la orilla de ríos grandes. Es posible realizar búsquedas en fotografías aéreas o imágenes de satélite para cuantificar la longitud y ancho promedio de la estructura principal del muelle y la densidad de construcciones en la zona.

- Infraestructura de servicios: para los temas relacionados con infraestructura de servicios tales como subestaciones de energía más redes anexas, subestaciones de comunicaciones más antenas, redes de acueducto y alcantarillado, tanques y plantas de acueducto y alcantarillado y redes de gas, se asignan valores globales per cápita promedios a nivel de la ciudad y en función del nivel de complejidad de la misma, todo con base en indicadores similares de ciudades en las que se cuenta con mejor información. Además de lo anterior debe considerarse el porcentaje de cubrimiento de cada una de los servicios con respecto a la población.

2.3.8 Resultados generales del modelo de exposición aproximado

Una vez desarrollado el modelo de exposición aproximado utilizando los indicadores o estimativos presentados anteriormente o mejores datos si están disponibles, es posible estimar los valores expuestos totales para lograr una cuantificación global de cifras. Igualmente es posible obtener una serie de indicadores a nivel del país que permiten comparar un país con otro e identificar posibles problemas gruesos con los estimativos realizados. Estos indicadores permiten tener un modelo consistente y calibrado entre países. La Tabla 2-6 y Tabla 2-7 presentan el resumen de este tipo de indicadores con valores indicativos, solo para efectos de ilustración.

Tabla 2-6
Resumen general: Modelo de exposición aproximado

Indicador	Unidad	Valor
Población total	Hab	12.875.954
Población urbana	Hab	5.940.957
Población rural	Hab	6.934.997
Salario mínimo mensual	US\$	194
PIB (2008)	US\$Billones	67.45
PIB per capita (2008)	US\$	5400

Construcciones	Unidad	Valor	Unidad	Valor per capita
Área construida urbana	m ²	193.554 x10 ⁹	m ² /Hab	15.0
Densidad construcción urbana	m ² /m ² terreno urbano	0.18		-

Infraestructura	Unidad	Valor económico	Unidad	Valor económico per capita	Valor económico per capita / PIB per capita	Participación relativa
Construcciones urbanas	US\$x10 ⁶	73.375	US\$/Hab	5.699	1.06	74.1%
Construcciones rurales	US\$x10 ⁶	-	US\$/Hab	-	-	-
Infraestructura urbana	US\$x10 ⁶	1.750	US\$/Hab	136	0.03	1.8%
Infraestructura nacional	US\$x10 ⁶	23.894	US\$/Hab	1.856	0.34	24.1%
Total Infraestructura país	US\$x10⁶	99,019	US\$/Hab	7,690	0.57	100.0%

2. Lineamientos para la creación del modelo aproximado de exposición a nivel país o región

Tabla 2-7
Resumen general: valores en exposición

Grupos de uso	Área de construcción [m ² x10 ³]	Valor económico [US\$x10 ⁶]	Área de construcción / población del grupo de uso	
			Unidad	Valor
Residencial PB	22,088	2,650	m ² /Hab PB	3.4
Residencial PM	70,736	24,501	m ² /Hab PM	12.3
Residencial PA	15,408	9,721	m ² /Hab PA	22.9
Comercial	34,560	12,735	m ² /FL	20.0
Industrial	27,043	16,180	m ² /FL	50.0
Salud Privada	37	26	m ² /1000 Hab	2.9
Educación Privada	6,007	2,280	m ² /Est	2.0
Salud Pública	44	21	m ² /1000 Hab	3.4
Educación Pública	16,460	4,858	m ² /Est	5.4
Gobierno	1,173	405	m ² /EP	5.0
Total	193,554	73,375	m²/Hab urbano	32.6

Grupos de uso	Ocupación Día	Ocupación Noche
	[Hab]	[Hab]
Residencial PB	1,157,950	2,105,363
Residencial PM	4,539,880	8,254,328
Residencial PA	787,804	1,432,370
Comercial	1,850,417	693,906
Industrial	588,560	326,978
Salud Privada	10,467	10,467
Educación Privada	1,151,128	0
Salud Pública	11,134	11,134
Educación Pública	2,296,510	0
Gobierno	248,793	0
Total	12,642,643	12,834,546

Tabla 2-7
Resumen general valores en exposición (continuación)

Sector	Cantidad		Cantidad per capita Urbano	Valor económico [US\$x10 ⁶]	Valor económico per capita Urbano [US\$ / Hab]	Valor económico / Cantidad	
	Unidad	Valor				Unidad	Valor
SubEst electricas	-	-	-	284	48	-	-
SubEst Comunicaciones	-	-	-	30	5	-	-
Presas abastecimiento	-	-	-	71	12	-	-
Plantas y tanques	-	-	-	97	16	-	-
Red Acueducto	-	-	-	152	26	-	-
Red Alcantarillado	-	-	-	170	29	-	-
Red Gas	-	-	-	52	9	-	-
Aeropuertos (Terminal)	m ²	170,000	28.6	258	43	US\$/m ²	1,518
Aeropuertos (Pistas)	km	15	0.0	86	15	US\$x10 ⁶ /km	6
Puertos (Bodegas)	m ²	104,199	17.5	80	13	US\$/m ²	765
Puertos (Muelle)	m ²	87,765	14.8	156	26	US\$/m ²	1,781
Puentes Urbanos	Und	157	0.0	314	53	US\$x10 ⁶ /und	2
Total				1,750	295		

Sector	Cantidad		Valor económico [US\$x10 ⁶]	Valor económico per capita nacional [US\$/Hab]	Valor económico / Cantidad [US\$x10 ⁶ /km]
	Unidad	Valor			
Red vial principal (Vias)	km	6,418	16,687	1,296	2.6
Red vial secundaria (Vias)	km	5,127	1,666	129	0.33
Red vial principal (Puentes)	km	47	943	73	20
Red vial secundaria (Puentes)	km	5	82	6	15
Hidroelectricas (Presas)	-	-	697	54	-
Hidroelectricas (Casas de Maquinas)	-	-	366	28	-
Plantas Térmicas	-	-	754	59	-
Plantas Geotérmicas	-	-	26	2	-
Distribución energética (Subestaciones)	-	-	101	8	-
Distribución energética (Redes)	-	-	101	8	-
Comunicaciones (Líneas Fijas)	-	-	14	1	-
Comunicaciones (Líneas Móviles)	-	-	129	10.0	-
Hidrocarburos Derivados	-	-	2,095	163	-
Hidrocarburos (Gas)	-	-	232	18	-
Total			23,894	1,856	

2.4 Modelo Nivel 2

El modelo de exposición puede también desarrollarse en un Nivel 2, es decir un nivel intermedio de calidad y detalle de la información. Este nivel es complementario al anterior, es decir se debe implementar preferiblemente solo cuando el nivel anterior ya se haya completado. Con este nivel, en realidad lo que se logra es aumentar el grado de resolución y por lo tanto de certeza en la información disponible solo para algunos grupos de infraestructura.

Este nivel de información incluye el levantamiento de información local a nivel de cada país, con base en consultas a las entidades de orden nacional, departamental y municipal con el fin de recopilar la información requerida en el mayor nivel.

Por otro lado el sistema CAPRA cuenta con una serie de herramientas que permiten refinar la información disponible en algunos tipos de infraestructura y en particular para las ciudades más importantes.

A continuación se explican las herramientas disponibles para lograr un modelo de mayor resolución y confiabilidad en los resultados del análisis.

2.4.1 Sistema de captura de información básica de exposición

Se trata de un sistema montado sobre la plataforma Google Maps, el cual permite al usuario iniciar la captura de información a nivel de cada uno de los países que se desee estudiar. El sistema permite cargar capas de información en formato shape de cualquier tipo de información complementaria que sirva de guía al proceso, como división política incluyendo límites del país, delimitación detallada de zonas costeras, departamentos, municipios, límites de zonas urbanas, lagos y lagunas, ríos principales, usos del suelo, geología, información topográfica o modelos de elevación digital, etc. El usuario puede prender y apagar capas a su voluntad para facilitar el análisis y la conformación de zonas homogéneas.

El sistema permite de igual manera realizar el análisis a nivel ciudad, lo cual representa un nivel de detalle mayor, pero bajo la misma estructura de conformación de zonas homogéneas.

2.4.1.1 Instalaciones especiales

Las instalaciones especiales se refieren a componentes de infraestructura puntuales, asociados a actividades económicas y desarrollo en general del país o región, tales como aeropuertos, puertos, presas, instalaciones industriales, vías y puentes entre otros.

Para este tipo de infraestructura se puede utilizar la información de fotografías aéreas o imágenes de satélites para detallar el grado de resolución de la información. Por ejemplo es posible determinar dimensiones geométricas de las construcciones principales tales como muelles, pistas, presas y construcciones grandes o determinar en forma aproximada los trazados y características de sistemas lineales tales como vías, oleoductos, canales, condiciones y demás obras de infraestructura. Las dimensiones geométricas permiten una mejor caracterización del tamaño de las construcciones y por lo tanto de su valor. A continuación se dan algunos de los parámetros que podrían investigarse con esta metodología:

- Aeropuertos
 - Longitud, ancho y número de pistas
 - Pista pavimentada o destapada
- Puertos:
 - Longitud y ancho del muelle
 - Tamaño y tipo de construcciones
- Presas:
 - Longitud, tipo y tamaño en general
- Instalaciones industriales:
 - Área
 - Descripción: industria liviana, media, pesada.
- Vías
 - Número del tramo
 - Origen-destino de la vía
 - Longitud del tramo
 - Número de carriles
 - Tipo de vía: primaria, secundaria, terciaria
 - Pavimentada o no
- Puentes

Se cruzan las vías principales con la red fluvial principal para lograr localizar los puentes principales con las siguientes características:

 - Vía
 - Río
 - Longitud aproximada total del puente
 - Número de carriles
 - Importancia del puente

2.4.1.2 Zonas rurales homogéneas con construcciones

La zonificación rural se debe realizar mediante inspección de los mapas en Google Maps con las imágenes de satélite. El operador debe seleccionar zonas que sean homogéneas no solo en topografía sino en tipos de cultivos, bosques, densidad de vegetación e incluso los colores predominantes de la zona.

El sistema *CAPRA-InfoPolig-V1.0* permite conformar una zona homogénea con la siguiente información:

- Área de la zona
- Uso principal: cultivos, bosques, desiertos, pastos, latifundios, minifundios
- Topografía: plana, ondulada, montañosa
- Densidad promedio de construcciones
- Edad de construcciones: nuevas, medias, viejas
- Altura promedio
- Categoría socio-económica: alta, media, baja

La densidad promedio de construcciones se establece mediante la herramienta de densidad, la cual consiste en dibujar en pantalla un cuadrado de 1km² de área, y contar el número de construcciones que caen en su interior.

2.4.1.3 Zonas urbanas homogéneas con construcciones

Para cada una de las ciudades o perímetros urbanos definidos se deben tener varias opciones de levantar la información de construcciones expuestas. Las opciones son:

- Información por zonas homogéneas
- Información detallada predio a predio

Opción 1 - Información por zonas homogéneas

La recolección de información básica de ciudades mediante la definición de zonas homogéneas exige definir zonas dentro de las cuales no se presenten variaciones significativas en cuanto a las variables que deben asignarse:

- Uso predominante: desde la foto se clasificará si es residencial, comercial, industrial o institucional.
- Densidad promedio de construcciones en número/km² de terreno
- Densidad de ocupación del área: Área ocupada/km² de terreno
- Edad promedio: nuevas, intermedias, viejas
- Número de pisos promedio
- Área en planta promedio
- Categoría socio-económica promedio: Alta, media, baja
- Situación predominante de edificaciones: edificación aislada, edificación de esquina con edificios vecinos, edificación encajonada lateralmente

La densidad promedio de las construcciones se establece mediante la herramienta densidad, la cual permite al usuario dibujar un polígono sobre lo que considere una manzana representativa del sector, y sobre dicho polígono contar el número de edificaciones presentes.

Opción 2 - Información detallada predio a predio

La recolección de información básica de ciudades predio a predio debe incluir la información mínima para el análisis utilizando las herramientas disponibles para el levantamiento de información al igual que información directa levantada en campo. La propuesta metodológica se basa en los siguientes supuestos:

- No existe información particular para la ciudad. Cualquier información que exista deberá considerarse para modificar los resultados obtenidos con este procedimiento.
- Se utiliza la mejor información visual disponible de Google Maps, Google Earth, Virtual Earth o cualquier sistema equivalente.
- Se trabaja con la última versión disponible de las siguientes aplicaciones:
 - *CAPRA-InfoPunt-VI.0*
 - *CAPRA-InfoMovil-VI.0*
 - *CAPRA-InfoPolig-VI.0*
 - *CAPRA-InfoLinea-VI.0*

Este procedimiento de levantamiento de información aplica solo para el levantamiento de información de edificaciones. Para levantar información de infraestructura diferente se utilizan otras rutinas modificadas. Para el levantamiento de la información se propone lo siguiente:

1. Abrir una base de datos nueva que tenga la información de país y ciudad o municipio. Este dato debe quedar guardado en todos los campos que tenga la base de datos. El formato “shape” que se crea con este procedimiento es de polígonos. El usuario le deberá poner un nombre a esta base de datos.
2. Correr la herramienta *CAPRA-InfoPolig-VI.0* con la cual se obtiene la siguiente información:
 - Número de referencia: representa el identificador local del polígono en la base de datos.
 - Ubicación: coordenadas de localización del polígono, calculadas automáticamente.
 - Número de pisos: valor aproximado de altura de la edificación. Por defecto el sistema establece un piso a cada nueva entidad digitalizada.
 - Área de la edificación: es calculada automáticamente por el sistema. Corresponde al área del polígono que representa a la edificación.
 - Uso actual predominante: desde la foto se clasificará si es residencial, comercial, industrial o institucional.
 - Edad de la edificación: se indica si la edificación es nueva o vieja.
 - Categoría socio-económica: seleccionar una entre Alta, Media y Baja.
 - Situación de la edificación: edificación aislada, edificación de esquina con edificios vecinos o edificación encajonada lateralmente

- Irregularidad en planta: una caja de chequeo que permite indicar si presenta o no irregularidad e planta

Cada una de zonas de las clasificaciones anteriores vendría acompañada de un juego de fotografías que se levantarán con el sistema *CAPRA-InfoMovil-V1.0*. Además de fotografías generales de cada zona sería deseable contar con fotografías de tipos constructivos típicos representativos por zonas.

El sistema permite completar una información adicional para cada una de las fotografías, lo cual solo se recomienda utilizar cuando las características de la zona que se está tratando de caracterizar son más o menos uniformes. Las fotografías quedan georeferenciadas y marcadas en los mapas. La información complementaria es la siguiente:

- Identificador: es un número consecutivo asignado por la aplicación *CAPRA-InfoMovil-V1.0* por defecto.
- Número de referencia: número de control para el levantamiento de la información, estará relacionado con la información levantada en el procedimiento (1)
- Departamento, Provincia, Ciudad: información corresponde a la ubicación de la información que se está levantando
- Latitud, Longitud: localización geográfica del sitio en el cual se están tomando los datos, asignada automáticamente por el dispositivo móvil.
- Número de edificaciones: número de edificaciones localizadas en la zona.
- Área promedio por edificación: obedece al promedio observado en la zona
- Número de pisos promedio: obedece al número de pisos promedio de la zona
- Uso predominante: obedece al uso de las edificaciones predominante en la zona
- Estado general: obedece al estado general de las edificaciones de la zona
- Observaciones: obedece a los comentarios pertinentes a la información levantada.

2.4.2 Complementación de la información en la base de datos

La siguiente información debe ser completada por personas con buen conocimiento de las condiciones locales de la región o ciudad, o mediante la revisión de información oficial obtenida. La información a completar sería la siguiente:

- Polígonos con clasificación de zonas planas, onduladas o pendientes (montañosas).
- Polígonos con la clasificación en zonas duras (colinas y montañas), medias y blandas (zonas centrales de valles o depósitos conocidos de suelos blandos).
- Polígonos con un mapa de alturas máximas de edificaciones por zonas de la ciudad.
- Polígono de usos predominantes de la ciudad: los usos posibles serían residencial, comercial, combinado residencial y comercial, industrial, áreas libres (parques, lotes no construidos, zonas de reserva, etc.).
- Polígonos con fechas aproximadas de construcción de las zonas de la ciudad: si hay información las fechas deben corresponder a las fechas en que se instauraron

códigos de construcción sismorresistentes o algo similar. En defecto tomar tres rangos:

- Antes de 1980
- Entre 1980 y 2000
- Posteriores a 2000

- Polígonos con clasificación socioeconómica aproximada. Si no hay información detallada se pueden definir tres categorías así:
 - Alta
 - Media
 - Baja

- Polígonos con valores aproximados del precio por metro cuadrado de construcción en cada zona.

- Polígono con densidad poblacional en el día, en términos de número de habitantes por cada 100 m² de construcción.

- Polígono con densidad poblacional en la noche, en términos de número de habitantes por cada 100 m² de construcción.

2.4.3 Procedimiento final para asignación de variables

La asignación final de parámetros se realiza de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Número de referencia: asignado directamente por la base de datos.
- Ubicación: la base de datos ubica el país, el departamento y el municipio o ciudad. Las coordenadas se toman directamente de la base de datos.
- Tipo de suelo: se toma directamente del mapa de polígonos de tipos de suelo. Si no hay información se asigna suelo medio.
- Número de pisos: se asignará la que existe en la base de datos. Se comparará con la del polígono de altura máxima y se hará la asignación.
- Área de construcción: se calcula como el área del edificio multiplicada por el número de pisos. Se suma un valor constante para tener en cuenta el primer piso más amplio y posibles sótanos.
- Uso actual predominante: se toma de la base de datos y se compara con el polígono de usos.
- Fecha de construcción: se asigna según el polígono de fechas de construcción.
- Asignación del estrato socio-económico: se asigna de acuerdo con el polígono de estrato socio-económico.
- Tipo constructivo: se asigna mediante un algoritmo que tiene en cuenta el número de pisos, el uso predominante, la fecha de construcción, y el estrato socio-económico.
- Características especiales: se asignan si están asignadas en la base de datos. De lo contrario no se asigna nada.
- Valor de reposición: se calcula con base en los índices de precio por metro cuadrado tomado del polígono de precios metro cuadrado multiplicándolo por el área

construida calculada. Se compara con una tabla de precios mínimos y máximos por metro cuadrado en función del estrato socio-económico.

- Ocupación: se calcula con base en el índice de ocupación de día o de noche y el área total de construcción. Se realiza una calibración con los índices de densidad poblacional disponibles.

Para el caso de la metodología de zonas homogéneas se genera la misma información pero como índices promedio de cada una de las anteriores variables dentro de la zona. Igualmente con los índices definidos de la zona y el área calculada de la zona se calculan los siguientes parámetros:

- Área total construida en la zona: $\text{área ocupada promedio/km}^2 * \text{área del polígono} * \text{número de pisos}$.
- Valor total de reposición: $\text{área total construida de la zona por el índice de precios unitarios por m}^2 \text{ promedio de la zona}$
- Ocupación: $\text{índice promedio de ocupación por área total construida en la zona}$.

2.4.4 *Ajuste de la valoración de activos*

Una vez realizada la valoración de cada uno de los componentes individuales de infraestructura se realizan verificaciones globales de los valores en riesgo con base en índices económicos generales. Para el efecto se utilizan parámetros tales como el stock de capital, valoración general de obras de infraestructura para efectos de seguros y otros.

La valoración incluye tanto el valor del bien como tal (elementos estructurales y no estructurales principales) como la valoración de contenidos susceptibles al daño. La valoración misma del bien no incluye el valor del terreno en el cual está localizado. Corresponde únicamente a un valor de reposición de la construcción física.

Para la valoración de contenidos se utiliza la información existente relacionada con el uso y sector. Se recurre a experiencia local e información de expertos locales para la valoración de los mismos y para clasificarlos según su fragilidad. Por ejemplo para el caso de inundaciones normalmente los daños están asociados a los contenidos y a una porción de la estructura que requiere reparación y mantenimiento después de ocurrido el desastre.

2.4.5 *Información para afectación humana*

Con el fin de calcular la posible afectación humana, se estima información general referente a la ocupación de edificaciones. El parámetro básico asignado a la ocupación corresponde a la ocupación máxima que puede llegar a tener la construcción. Como tal, al sumar este parámetro para todas las construcciones resultará probablemente en un total de población muy superior a la población real de la zona de estudio. El análisis para escenarios específicos de ocupación podrá ser definido por el usuario para diferentes horas de ocurrencia. Cuando no se dispone de información específica sobre ocupación, se puede

emplear información aproximada para completar los datos, en función del tipo de construcción que se está analizando. La Tabla 2-8 presenta alguna información de referencia sobre ocupación general de tipos de edificaciones en ciudades intermedias típicas de países en desarrollo.

*Tabla 2-8
Distribución de población según uso de la edificación*

Uso	Total de personas		Personas dentro del edificio	
	Día	Noche	Día	Noche
	[%]	[%]	[%]	[%]
Residencial	20	80	90	100
Comercial, Industrial, otros	80	20	90	100
Educación	1 persona/15 m ² de construcción		100	0
Salud	15 m ² /persona		100	100

2.4.6 Información para impacto económico indirecto

El impacto económico indirecto se cuantifica principalmente mediante la evaluación del lucro cesante, variable que en algunos casos puede ser muy difícil de evaluar de manera precisa. En términos generales el lucro cesante puede definirse como el impacto global de un evento en las finanzas generales de una determinada entidad o grupo de análisis. Las dificultades en la determinación de este parámetro se centran en lo siguiente:

- Las pérdidas pueden ser a mediano y largo plazo
- El rango de tiempo no es fácilmente definible
- En la evaluación podrían involucrarse intangibles tales como servicios no prestados, oportunidades perdidas, metas no cumplidas y otros aspectos que son de difícil evaluación.

El impacto económico indirecto puede cuantificarse en algunos casos mediante el tiempo que se estima pueda permanecer el componente dado fuera de servicio y que corresponde al tiempo estimado de reparación o reemplazo. Para esto puede relacionarse el nivel de daño esperado con el tiempo que estará la construcción fuera de servicio. Teniendo como referencia el valor de las pérdidas por unidad de tiempo en que está fuera de servicio la construcción, es posible estimar las pérdidas consecuencias o por lucro cesante.

Existen otras maneras de calcular las pérdidas indirectas y cada caso particular debe evaluarse de manera especial.

2.5 Modelo Nivel 3

Corresponde a un nivel de información de mayor detalle para cada uno de los capítulos de información requerido. Se basa normalmente en la información digital disponible en las entidades gubernamentales o las entidades de servicios públicos.

Este nivel también incluye el proceso mediante el cual se realizan levantamientos de información en campo predio a predio o edificación por edificación.

ANEXO ERN-CAPRA-T1-4-1
Diagrama de flujo del modelo de exposición de Nivel 1
