

Olga Lozano Cortijo

PREDES, Perú

olgalc0407@yahoo.es



METODOLOGÍA PARA EL ANALISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE INUNDACIONES Y SISMOS, DE LAS EDIFICACIONES EN CENTROS URBANOS





Foto: Unicef/Alejandro Bell

Resumen

La metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en centros urbanos, se aplica después de contar con la evaluación de amenazas y un diagnóstico físico del centro urbano en estudio. Para el análisis de vulnerabilidad ante inundaciones, se diseñaron dos metodologías:

Cualitativa: Identificación de manzanas y/o lotes con indicadores críticos de las variables seleccionadas para el análisis, comparándolas con las zonas de amenaza a inundaciones, obteniendo niveles de vulnerabilidad y riesgo a la vez.

Heurística: Asignación de una ponderación a cada variable seleccionada, según su importancia ante inundaciones y asignación de un valor, a cada indicador de cada variable, según su nivel de criticidad. Los niveles de vulnerabilidad de cada manzana quedan establecidos mediante rangos.

Para el análisis de vulnerabilidad ante sismos, se utiliza la misma metodología heurística que para inundaciones, pero con otras variables e indicadores y sus respectivos rangos.

En los servicios de emergencia y lugares de concentración pública, se aplica la metodología heurística, con una información detallada de cada uno de los establecimientos.

Respecto a la formulación de escenarios de riesgo, la metodología comprende la estimación de pérdidas y daños que podría sufrir la ciudad de estudio ante la ocurrencia de inundaciones y sismos.

Establecidos los niveles de amenaza y vulnerabilidad, éstos se combinan, asignando valores para determinar los niveles de riesgo en base a criterios generales, tanto para inundaciones como para sismos; lo cual permite identificar “Sectores Críticos de Riesgo”, aquellos con similares condiciones de riesgo, que sirven para proponer, obras y/o acciones específicas de mitigación.

En resumen, se tiene una metodología fácil de implementar, con cuadros y matrices que combinan lo cuantitativo con lo cualitativo, donde lo fundamental es la asignación de las ponderaciones y valores a las variables e indicadores y los criterios técnicos de los especialistas, así como una buena base de datos, a nivel de manzana o lote y la utilización del sistema de información geográfica (SIG o GIS), para el procesamiento.

PRESENTACIÓN

El Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES), se complace en presentar el artículo denominado **“Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos, de las edificaciones en centros urbanos”**, elaborado por la Arq. Olga Lozano Cortijo, consultora en ordenamiento territorial y asociada de nuestra institución.

Esta metodología se utilizó en el “Componente de Gestión del Riesgo de Desastres para el Ordenamiento Territorial de la Ciudad de Calca, Distrito de Calca, Región Cusco, Perú”¹, como parte del Proyecto Piloto Participativo de Gestión Local del Riesgo de Desastres del Distrito de Calca, Región Cusco, ejecutado por PREDES, en asociación con Welthungerhilfe (Agro Acción Alemana), promovido y financiado por el Proyecto Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina (PREDECAN), que forma parte de la cooperación entre la Unión Europea y la Comunidad Andina, en representación de sus países miembros.

La Arq. Lozano diseñó la metodología y recibió los aportes del Equipo Técnico del proyecto y de consultores del PREDECAN.

PREDES ha considerado oportuna la presentación de esta metodología en la “I Sesión de la Plataforma Regional de Reducción del Riesgo de Desastres de las Américas”, como un aporte a los objetivos de la Plataforma Global, en cuanto a “aumentar el conocimiento de la reducción del riesgo de desastres como parte integral del desarrollo sostenible” y de “brindar guías y herramientas prácticas a las naciones y comunidades para reducir el riesgo de desastres”.

Esperamos que este instrumento sea de interés para los estudiosos del tema y que pueda contribuir a la gestión del riesgo de desastres en las Américas.

ARQ. JOSÉ SATO ONUMA

Presidente del Consejo Directivo



www.predes.org.pe

postmast@predes.org.pe

METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE INUNDACIONES Y SISMOS, DE LAS EDIFICACIONES EN CENTROS URBANOS

ARQ. OLGA LOZANO CORTIJO

Se ha diseñado una metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo físico ante inundaciones y sismos de las edificaciones en general y en particular de los servicios de emergencia y lugares de concentración pública, en centros urbanos; la cual ha sido generalizada a partir de la metodología desarrollada para el documento: “Componente de Gestión del Riesgo de Desastres para el Ordenamiento Territorial de la Ciudad de Calca, Distrito de Calca, Región Cusco, Perú”.

Para realizar el análisis se requiere haber realizado previamente, la evaluación de las amenazas² y el diagnóstico físico del centro urbano en estudio, con los correspondientes mapas temáticos.

A lo largo del documento, se presentan algunos ejemplos de la aplicación de la metodología para la ciudad de Calca y en el Anexo, al final del texto, los mapas principales.

1. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

1.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Para el análisis de vulnerabilidad se selecciona las siguientes variables:

- **Materiales predominantes de construcción:** Existen algunos materiales más vulnerables tanto a inundaciones como a sismos (por ejemplo el adobe), (Mapa CU-06).
- **Alturas de edificación:** A mayor altura, se incrementa la vulnerabilidad ante sismos (Mapa CU-07).
- **Estado de conservación de las edificaciones:** El mal o muy mal estado de conservación, vuelve vulnerables a las edificaciones frente a inundaciones y sismos, inclusive, sin necesidad de que ocurran estos fenómenos podrían desplomarse (Mapa CU-08).

²En algunos países, como el Perú, no se utiliza el término amenaza, sino peligro

Estas tres variables se obtienen de la base de datos catastral, actualizada con trabajo de campo, que enlazada a través del sistema de información geográfica (SIG o GIS), generan los mapas temáticos. La unidad utilizada dependerá del tipo de información existente, que puede ser por manzana o por lote.

Adicionalmente se deben considerar otras variables, específicamente para inundaciones, que deberán ser graficadas en un plano para enlazarlas con la base de datos:

- **Emplazamiento al borde del río o cursos de agua:** Las edificaciones que tienen esta condición son más vulnerables.
- **Zonas bajas con respecto a la vía:** En algunas ciudades existen manzanas cuyo nivel se encuentra por debajo de la vía, lo cual, en caso de inundaciones, puede originar el ingreso del agua a las edificaciones.

1.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES

1.2.1 Para las Edificaciones en General

Se presentan dos tipos de metodologías para el análisis de vulnerabilidad de las edificaciones ante inundaciones: uno cualitativo y el otro heurístico.

A. Metodología Cualitativa

- Comprende el análisis de las edificaciones utilizando las variables del siguiente cuadro:

**CUADRO N° 1.01
METODOLOGÍA CUALITATIVA:
VARIABLES E INDICADORES CRÍTICOS ANTE
INUNDACIONES**

| Variable | Indicador crítico |
|--------------------------------|-------------------|
| Materiales de construcción | Adobe o quincha |
| Estado de conservación | Malo y Muy Malo |
| Emplazamiento al borde del río | Si |
| Zonas bajas respecto a la vía | Si |

- Para cada zona de amenaza (peligro) ante inundaciones, se identifican las manzanas o frentes de manzana que tienen los indicadores críticos de las variables seleccionadas, vaciando esa información de acuerdo al Cuadro N° 1.02 (ver ejemplo E-01).

**CUADRO N° 1.02
METODOLOGÍA CUALITATIVA: MATRIZ DE VARIABLES ANTE INUNDACIONES**

| Zona de Amenaza (Peligro) | Vulnerabilidad ante Inundaciones | | | | Nivel de Vulnerabilidad y Riesgo |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| | Materiales | Estado de Conservación | Emplazamiento borde del río | Zonas bajas respecto a la vía | |
| Muy Alto | | | | | Muy Alta |
| Alto | | | | | Alta |
| Medio | | | | | Media |

**E-01: METODOLOGÍA CUALITATIVA:
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIONES
CIUDAD DE CALCA: ZONA CENTRAL**

| Niveles de Peligro | Condiciones de vulnerabilidad y localización | | | | Nivel de Vulnerabilidad | |
|--------------------|--|--|--|--|--|--------------|
| | Emplazamiento al borde del río | Zonas bajas respecto a la vía | Materiales de edificación | Estado de conservación | | |
| Muy Alto | MD | Alrededor del puente Inclán (1) Alrededor del puente Miller (1) | Cuadra 7 de Ucayali | A partir de la cuadra 3 de Ucayali hasta la altura del puente Inclán | Cuadras 3, 4 y 8 de Ucayali | Muy Alto (?) |
| | MI | A partir del puente Inclán, hacia el norte, a lo largo del río | Cuadra 2 de Ucayali Barrio Coricancha | Cuadras 1 y 2, y a partir de la cuadra 5 de Ucayali, hasta la calle Inclán | Cuadras 2, 3, 4, 5 y 6 de Ucayali | |
| Alto | MD | Alrededor del puente Inclán | Cuadra 7 de Ucayali Manzanas entre Leoncio Prado y José Gálvez Cuadra 2 de Ucayali y | Toda esta zona de peligro es de adobe, salvo las cuadras 1 y 2 de Ucayali | En el puente Inclán, en el Jr. Lara y cuadras 1 y 4 de Ucayali | Alta (?) |
| | MI | A partir del puente Inclán, hacia el norte, a lo largo del río | volteando hacia la calle Simón Bolívar. Cuadra 9 de Espinar | Toda esta zona de peligro es de adobe, salvo las cuadras 3 y 4 de Ucayali | Cuadras 2, 3, 4, 5 y 6 de Ucayali | |
| Medio | MD | --- | Calle Simón Bolívar | Toda esta zona de peligro es de adobe, salvo el centro de salud | --- | Media |
| | MI | --- | Calle Simón Bolívar | Toda esta zona de peligro es de adobe, salvo tres cuadras entre la Plaza Sontor y la Av. Vilcanota | Algunos lotes entre la calle Simón Bolívar y la Av. Vilcanota | |

MD: Margen derecha del río Qochoq, MI: Margen izquierda del río Qochoq

- (1) Ambos puentes constituyen puntos críticos por inundaciones y embalses del río Qochoq, de acuerdo al estudio: "Diagnóstico de Peligros del Distrito de Calca, Cusco – Perú" (Mayo 2008, como parte del Proyecto Piloto)
- (2) El nivel de vulnerabilidad se reduce a partir de la calle José Gálvez, hacia el río Vilcanota, considerando que el río se encuentra encauzado y que la pendiente va en bajada
- Elaboración: PREDES

Fuente: "Diagnóstico del Riesgo de Desastres – Ciudad de Calca", Arq. Olga Lozano Cortijo y Arq. Carlos Alfaro Ochoa, Julio 2009. Producto intermedio del "Proyecto Piloto Participativo de Gestión del Riesgo de Desastres, Distrito de Calca, Región Cusco, Perú"

- El nivel de vulnerabilidad es correspondiente a las zonas de peligro, para aquellas manzanas que tienen las variables seleccionadas.
- Para efectos de visualizar mejor, se recomienda realizar el análisis en forma gráfica, dividiendo la ciudad por sectores y comparando los mapas temáticos.
- Esta metodología es sencilla y fácil de implementar, especialmente para centros urbanos pequeños, donde es posible tener identificar específicamente los frentes de manzana y lotes que son vulnerables y se encuentran en riesgo ante inundaciones, tal como se muestra en la matriz del Cuadro N° 1.03.

**CUADRO N° 1.03
METODOLOGÍA CUALITATIVA
MATRIZ DE NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ANTE INUNDACIONES**

| SECTOR | NIVEL DE VULNERABILIDAD | | | |
|--------|-------------------------|------|-------|------|
| | Muy Alta | Alta | Media | Baja |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

B. Metodología Heurística

Esta metodología combina lo cualitativo con lo cuantitativo, para lo cual se procede de la siguiente manera:

Paso 1 (Cuadro N° 1.04):

- Elección de las variables más representativas de vulnerabilidad ante inundaciones.
- Asignación de un peso (ponderación), de acuerdo a su incidencia ante inundaciones. A mayor peso, mayor incidencia.
- Asignación de un valor a cada uno de los indicadores de cada variable. Mayor valor al que tiene mayor incidencia.

CUADRO N° 1.04
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD DE LAS
EDIFICACIONES ANTE INUNDACIONES

| VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | Materiales | Estado de Conservación | Emplazamiento borde del río | Zonas bajas respecto a la vía | |
|-----------------------------------|---|------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----|
| PONDERACIÓN (P) | | 6 | 4 | 10 | 10 | |
| VALOR (V) (De los Indicadores) | 4 | Muy Alto | Adobe | Muy Malo | SI | SI |
| | 3 | Alto | Quincha | Malo | -- | -- |
| | 2 | Medio | Adobe reforzado | Regular | -- | -- |
| | 1 | Bajo | Ladrillo | Bueno | NO | NO |

Paso 2:

- Aplicación, mediante el SIG, a cada manzana, multiplicando la ponderación de la variable con el valor del indicador. De esta forma se obtiene un puntaje a cada manzana, de la sumatoria resultante.

Paso 3 (Cuadro N° 1.05):

- Establecimiento de los rangos para definir los niveles de vulnerabilidad:
 - Diferencia entre el puntaje menor posible y el mayor
 - División de la diferencia entre 4
 - Establecimiento de 4 rangos semejantes
- De esta manera, los niveles de vulnerabilidad de cada manzana quedan establecidos mediante los rangos que se muestran en el cuadro y que queda graficado en un mapa (ver Mapa VU-02).

**CUADRO N° 1.05
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES
ANTE INUNDACIONES**

| NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | RANGOS |
|---------------------------|---|--|-------------|
| Muy Alto | 4 | | De 98 a 120 |
| Alto | 3 | | De 75 a 97a |
| Medio | 2 | | De 53 a 74 |
| Bajo | 1 | | De 30 a 53 |

1.2.2 Para los Servicios de Emergencia y Lugares de Concentración Pública

Para el análisis de vulnerabilidad de los Servicios de Emergencia y Lugares de concentración Pública (Instituciones Educativas y Otros Equipamientos), primero se identifican las características, tanto físicas como de organización, de cada uno de los establecimientos, utilizando las matrices que se muestran en los Cuadros N° 1.06, 1.07 y 1.08.

En base a la información recopilada, se grafica la ubicación de los servicios de emergencia y lugares de concentración pública, en función a su capacidad (ver Mapa VU-04).

Luego se procede a aplicar la metodología heurística detallada para el análisis de las edificaciones en general, a la que se le añade la variable de capacidad de los locales (población que pueden albergar). De esta manera se obtienen los Cuadros N° 1.09 y N° 1.10.

De la aplicación de estos dos últimos cuadros, se califica cada servicio de emergencia y lugares de concentración pública, de acuerdo a la matriz que se muestra en el Cuadro N° 1.11.

Es importante señalar que es necesaria realizar un análisis más detallado de todos los establecimientos de emergencia, considerados como esenciales para la respuesta efectiva en situaciones de desastres, por lo que se recomienda realizar inspecciones técnicas de detalle, con el fin de identificar medidas correctivas específicas para la superación de su vulnerabilidad. La recomendación se extiende a los lugares de concentración pública, priorizando aquellos de mayor vulnerabilidad y riesgo (ver ejemplo E-02).




CUADRO N° 1.08
MATRIZ DE CARACTERÍSTICAS DE LOS LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA:
OTROS EQUIPAMIENTOS

| TIPO | N° | NOMBRE | DIRECCION | CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | | | | | | | | | | ORGANIZACIÓN | | | | | | |
|------------|----|--------|-----------|-------------------------|--------------|-----------------|----------|-------|------------------------|------|----------|-------------|------------|--------------|-----------------------|----|--------------------------|----|--------|----|
| | | | | Capacidad | | Materiales | | | Estado de Conservación | | | N° DE PISOS | ÁREA (m2.) | | Organización (Comité) | | Capacitación (simulacro) | | Seguro | |
| | | | | Personal | Adobe simple | Adobe reforzado | Concreto | Bueno | Regular | Malo | Muy malo | | Terreno | Edificación | SI | NO | SI | NO | SI | NO |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Culto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recreación | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comercio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Financiero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Otros | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

CUADRO N° 1.09
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA, ANTE INUNDACIONES

| VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | Capacidad | Materiales | Estado de Conservación | Emplazamiento borde del río | Zonas bajas respecto a la vía |
|--|--------------------------|-----------|-----------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| PONDERACIÓN (P) | | 4 | 6 | 4 | 10 | 10 |
| VALOR (V) (De los Indicadores) | 4 Muy Alto | > 500 | Adobe | Muy Malo | SI | SI |
| | 3 Alto | 300 < 500 | Quincha | Malo | -- | -- |
| | 2 Medio | 100 < 300 | Adobe reforzado | Regular | -- | -- |
| | 1 Bajo | < 100 | Ladrillo | Bueno | NO | NO |

CUADRO N° 1.10
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA ANTE INUNDACIONES

| NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | RANGOS |
|---------------------------|---|---|--------------|
| Muy Alto | 4 |  | De 113 a 136 |
| Alto | 3 |  | De 87 a 112 |
| Medio | 2 |  | De 61 a 86 |
| Bajo | 1 |  | De 34 a 60 |

CUADRO N° 1.11
MATRIZ DE CALIFICACION DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD FÍSICA ANTE INUNDACIONES DE
LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA

| N° | NOMBRE | VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | | | PUNTAJE Y NIVEL DE VULNERABILIDAD | |
|----|--------|-----------------------------|---|------------|---|------------------------|---|----------------------------|---|-------------------------------|---|-----------------------------------|--------------|
| | | Capacidad | | Materiales | | Estado de Conservación | | Emplazamiento borde de río | | Zonas bajas respecto a la vía | | 4 = 113 - 136 | 3 = 87 - 112 |
| | | P = 4 | | P = 6 | | P = 4 | | P = 10 | | P = 10 | | | |
| | | V | P | V | P | V | P | V | P | V | P | Puntaje | NIVEL |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

E-02: METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA - CIUDAD
DE CALCA

| N° | NOMBRE | VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | | | PUNTAJE Y NIVEL DE VULNERABILIDAD | |
|----|------------------------------|-----------------------------|---|------------|----|------------------------|----|----------------------------|----|-------------------------------|----|-----------------------------------|--------------|
| | | Capacidad | | Materiales | | Estado de Conservación | | Emplazamiento borde de río | | Zonas bajas respecto a la vía | | 4 = 113 - 136 | 3 = 87 - 112 |
| | | P = 4 | | P = 6 | | P = 4 | | P = 10 | | P = 10 | | | |
| | | V | P | V | P | V | P | V | P | V | P | Puntaje | NIVEL |
| 1 | Centro de Salud - ESSALUD | 1 | 4 | 4 | 24 | 2 | 8 | 4 | 40 | 1 | 10 | 86 | 2 |
| 2 | Centro de Salud - MINSA | 1 | 4 | 1 | 6 | 2 | 8 | 1 | 10 | 1 | 10 | 38 | 1 |
| 3 | Centro Salud Hampina Wasi | 1 | 4 | 4 | 24 | 2 | 8 | 1 | 10 | 1 | 10 | 56 | 1 |
| 4 | Compañía de Bomberos | 1 | 4 | 4 | 24 | 3 | 12 | 1 | 10 | 1 | 10 | 60 | 1 |
| 5 | Comisaría Sectorial de Calca | 1 | 4 | 4 | 24 | 2 | 8 | 1 | 10 | 1 | 10 | 56 | 1 |
| 6 | Gobernación | 1 | 4 | 4 | 24 | 3 | 12 | 1 | 10 | 1 | 10 | 60 | 1 |
| 7 | Municipalidad | 2 | 8 | 4 | 24 | 2 | 8 | 1 | 10 | 1 | 10 | 60 | 1 |

Fuentes: Encuesta aplicada por PREDES, recorrido de campo del Equipo Técnico de PREDES

Fuente: "Diagnóstico del Riesgo de Desastres – Ciudad de Calca", Arq. Olga Lozano Cortijo y Arq. Carlos Alfaro Ochoa, Julio 2009. Producto intermedio del "Proyecto Piloto Participativo de Gestión del Riesgo de Desastres, Distrito de Calca, Región Cusco, Perú"

1.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE SISMOS

1.3.1 Para las Edificaciones en General

Para el análisis de vulnerabilidad de las edificaciones ante sismos, se utiliza la misma metodología heurística descrita que para inundaciones, pero con otras variables e indicadores, con los consiguientes diferentes rangos para los niveles de vulnerabilidad, tal como se muestra en los Cuadros N° 1.12 y N° 1.13 (ver Mapa VU-03).

CUADRO N° 1.12
METODOLOGÍA HEURÍSTICA: PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES, ANTE SISMOS

| VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | Materiales | Estado de Conservación | Altura de Edificación | |
|-----------------------------------|---|------------|------------------------|-----------------------|---|
| PONDERACIÓN (P) | | 6 | 8 | 4 | |
| VALOR (V) (De los Indicadores) | 4 | Muy Alto | Adobe | Muy Malo | 3 |
| | 3 | Alto | Quincha | Malo | 2 |
| | 2 | Medio | Adobe reforzado | Regular | 1 |
| | 1 | Bajo | Ladrillo | Bueno | 0 |

CUADRO N° 1.13
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LAS EDIFICACIONES ANTE SISMOS

| NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | RANGOS |
|---------------------------|---|--|------------|
| Muy Alto | 4 | | De 59 a 72 |
| Alto | 3 | | De 45 a 58 |
| Medio | 2 | | De 32 a 44 |
| Bajo | 1 | | De 18 a 31 |

1.3.2 Para los Servicios de Emergencia y Lugares de Concentración Pública

En base a las características físicas, tanto de los Servicios de Emergencia como Lugares de Concentración Pública, se aplica la misma metodología heurística que para la vulnerabilidad ante inundaciones, con las variables e indicadores definidos para el análisis de las edificaciones, incluyendo la variable de capacidad.

De esta manera se tienen los siguientes cuadros de Ponderación de Variables y Valoración de Indicadores, así como de los Niveles de Vulnerabilidad y la matriz final (Cuadros N° 1.14, 1.15 y 1.16).

CUADRO N° 1.14
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
PONDERACIÓN Y VALORACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA, ANTE SISMOS

| VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | Capacidad | Materiales | Estado de Conservación | Altura de Edificación | |
|-----------------------------------|---|-----------|------------|------------------------|-----------------------|---|
| PONDERACIÓN (P) | | 4 | 6 | 8 | 4 | |
| VALOR (V) (De los Indicadores) | 4 | Muy Alto | > 500 | Adobe | Muy Malo | 3 |
| | 3 | Alto | 300 < 500 | Quincha | Malo | 2 |
| | 2 | Medio | 100 < 300 | Adobe reforzado | Regular | 1 |
| | 1 | Bajo | < 100 | Ladrillo | Bueno | 0 |

CUADRO N° 1.15
METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA ANTE SISMOS

| NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | RANGOS |
|---------------------------|---|--|------------|
| Muy Alto | 4 | | De 72 a 88 |
| Alto | 3 | | De 55 a 71 |
| Medio | 2 | | De 39 a 54 |
| Bajo | 1 | | De 22 a 38 |

CUADRO N° 1.16
MATRIZ DE NIVELES DE VULNERABILIDAD FÍSICA ANTE SISMOS DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA

| N° | NOMBRE | VARIABLES DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | PUNTAJE Y NIVEL DE VULNERABILIDAD | |
|----|--------|-----------------------------|---|------------|---|------------------------|---|-------------|---|-----------------------------------|---------|
| | | Capacidad | | Materiales | | Estado de Conservación | | N° de Pisos | | 4 = | 72 - 88 |
| | | P = 4 | | P = 6 | | P = 8 | | P = 4 | | 3 = | 55 - 71 |
| | | V | P | V | P | V | P | V | P | 2 = | 39 - 54 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

1.4 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES Y SISMOS

El análisis de vulnerabilidad ante inundaciones y sismos permite formular conclusiones relativas a las causas que la originan, los niveles de vulnerabilidad, dónde están localizadas y la criticidad de los servicios de emergencia y lugares de concentración pública. Para detallar esto último, se realiza un resumen de acuerdo a los Cuadros N° 1.17 y 1.18.

CUADRO N° 1.17
RESUMEN DE LOS NIVELES DE VULNERABILIDAD DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA

| N° | SERVICIOS DE EMERGENCIA | NIVEL DE VULNERABILIDAD FÍSICA | | | NIVEL DE VULNERABILIDAD GLOBAL |
|----|-------------------------|--------------------------------|-------------|-------|--------------------------------|
| | | Ante Inundaciones | Ante Sismos | Total | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

CUADRO N° 1.18
NIVELES DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA (APLICABLE TANTO ANTE INUNDACIONES COMO SISMOS)

| TIPO | MUY ALTO | ALTO | MEDIO | BAJO |
|--------------------------|----------|------|-------|------|
| INSTITUCIONES EDUCATIVAS | | | | |
| OTROS EQUIPAMIENTOS | | | | |

2. ESCENARIOS DE RIESGO³

El Riesgo está definido como la resultante de la interacción del Peligro con la Vulnerabilidad:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

La formulación de escenarios de riesgo comprende la estimación de pérdidas y daños que podría sufrir una ciudad ante la ocurrencia de algún desastre asociado a los principales peligros identificados.

Para efectos de la estimación de los escenarios de riesgo se ha tomado en cuenta la matriz que INDECI⁴ tiene para tal fin (ver Cuadro N° 2.01), utilizando las amenazas (peligros) recurrentes en la ciudad materia de estudio.

En la medida que tanto las amenazas (peligros), como las condiciones de vulnerabilidad de la ciudad presentan variaciones en el territorio, es posible determinar una distribución espacial del riesgo, con la finalidad de determinar y priorizar acciones, intervenciones y proyectos de manera específica, orientados a disminuir los niveles de vulnerabilidad y riesgo.

Del análisis desarrollado de la asociación de **niveles de peligro Muy Alto con zonas de Vulnerabilidad Muy Alta**, se identifican **Zonas de Riesgo Muy Alto**. Conforme disminuyen los niveles de Peligro y Vulnerabilidad, disminuye el Nivel de Riesgo y por lo tanto el nivel de pérdidas esperadas.

2.1 FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES

Para la formulación de escenarios de riesgo ante inundaciones, se siguen los pasos siguientes:

Paso 1:

- En base a la matriz de Zonificación de Riesgos (Cuadro N° 2.01), se obtiene la Matriz para definir los niveles de riesgo ante inundaciones (Cuadro N° 2.02), la cual se aplica a cada manzana (mediante el SIG), con el fin de identificar los sectores de riesgo.
- Igualmente, dicha matriz se aplica a cada uno de los servicios de emergencia y lugares de concentración pública, con el fin de identificar sus niveles de riesgo. (Ver ejemplo E-03 y Mapa RG-01).

3 Fuentes consultadas: 1) Página Web del Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI: Programa de Ciudades Sostenibles, Perú 2) "Estudios de Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación – Zonas I y II" Proyecto SEDI/AICD/AE/25406 del Programa de Ciudades Sostenibles, Arq. Olga Lozano, Marzo 2008

4 Instituto Nacional de Defensa Civil, institución normativa del Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI), del Perú

**CUADRO Nº 2.01
MATRIZ DE ZONIFICACION DE RIESGOS - INDECI**

| | | ZONAS DE VULNERABILIDAD EN ÁREAS OCUPADAS | | | | ÁREAS LIBRES | RECOMENDACIONES PARA ÁREAS SIN OCUPACIÓN | |
|------------------|----------|---|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------|--|----------|
| | | MUY ALTA | ALTA | MEDIA | BAJA | | | |
| ZONAS DE PELIGRO | MUY ALTO | ZONAS DE RIESGO MUY ALTO | ZONAS DE RIESGO MUY ALTO | ZONAS DE RIESGO ALTO | ZONAS DE RIESGO ALTO | | Prohibido su uso con fines de expansión urbana Se recomienda utilizarlos como zonas recreativas, etc. | MUY ALTO |
| | ALTO | ZONAS DE RIESGO MUY ALTO | ZONAS DE RIESGO ALTO | ZONAS DE RIESGO MEDIO | ZONAS DE RIESGO MEDIO | | Pueden ser empleados para expansión urbana de baja densidad, sin permitir la construcción de equipamientos urbanos importantes Se deben emplear materiales y sistemas constructivos adecuados | ALTO |
| | MEDIO | ZONAS DE RIESGO ALTO | ZONAS DE RIESGO MEDIO | ZONAS DE RIESGO MEDIO | ZONAS DE RIESGO BAJO | | Suelos aptos para expansión urbana | MEDIO |
| | BAJO | ZONAS DE RIESGO ALTO | ZONAS DE RIESGO MEDIO | ZONAS DE RIESGO BAJO | ZONAS DE RIESGO BAJO | | Suelos ideales para expansión urbana y localización de equipamientos urbanos importantes | BAJO |

| ZONAS | PELIGRO | VULNERABILIDAD | RIESGO |
|----------|--|--|---|
| MUY ALTO | Sectores amenazados por alud, avalanchas y flujos repentinos de piedra y lodo (huaycos). Áreas amenazadas por flujos piroclásticos o lava. Fondos de quebradas que nacen de la cumbre de volcanes activos y sus zonas de deposición afectables por flujos de lodo. Sectores amenazados por deslizamientos. Zonas amenazadas por inundaciones a gran velocidad, con gran fuerza hidrodinámica y poder erosivo. Sectores amenazados por tsunamis. Suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones. | Zonas con viviendas de materiales precarios, en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y turgurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencias. | Sectores críticos donde se deben priorizar obras, acciones y medidas de mitigación ante desastres. De ser posible, reubicar a la población en zonas más seguras de la ciudad. Colapso de todo tipo de construcciones ante la ocurrencia de un fenómeno intenso |
| ALTO | Sectores donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas. Sectores que son inundados a baja velocidad y permanecen bajo agua por varios días. Ocurrencia parcial de la licuación y suelos expansivos. | Zonas con predominancia de viviendas de materiales precarios, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y turgurización en marcha. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencias. | Sectores críticos donde se deben priorizar obras, acciones y medidas de mitigación ante desastres. Educación y capacitación de la población y autoridades. No son aptas para procesos de densificación ni localización de equipamientos urbanos. Colapso de edificaciones en mal estado y/o con materiales inadecuados para soportar los efectos de los fenómenos naturales. |
| MEDIO | Suelos de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas con bajo tirante y velocidad. | Zonas con predominancia de viviendas de materiales nobles, en regular y buen estado de construcción. Población con un ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de servicios básicos, con facilidades de acceso para atención de emergencias. | Suelos aptos para uso urbano. Es deseable implementar medidas de mitigación ante desastres y educación y capacitación de la población en temas de prevención. Pueden densificarse con algunas restricciones. Daños considerables en viviendas en mal estado. |
| BAJO | Terrenos planos o con poca pendiente, roca o suelo compacto y seco con alta capacidad portante. Terrenos altos no inundables, alejados de barrancos o cerros deleznales. No amenazados por actividad volcánica o tsunamis. | Zonas con viviendas de materiales nobles, en buen estado de construcción. Población con un ingreso económico medio y alto, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura de servicios básicos, con buen nivel de accesibilidad para atención de emergencias | Suelos aptos para uso urbano de alta densidad y para localización de equipamientos urbanos de importancia, tales como hospitales, grandes centros educativos, bomberos, cuarteles de policía, etc. Daños menores en las edificaciones |

Fuente: Página Web del Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI, www.indeci.gob.pe

CUADRO N° 2.02
MATRIZ PARA DEFINIR LOS ESCENARIOS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES

| | | NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|---------------------------|----------|------|----------|-------|-------|------|-------|---|-------|
| | | MUY ALTO | | ALTO | | MEDIO | | BAJO | | | |
| | | 4 | | 3 | | 2 | | 1 | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| NIVELES DE PELIGRO | MUY ALTO | 4 | Muy Alto | 4 | Muy Alto | 3 | Alto | 3 | Alto | 3 | Alto |
| | ALTO | 3 | Muy Alto | 3 | Alto | 2 | Medio | 2 | Medio | 2 | Medio |
| | MEDIO | 2 | Alto | 2 | Medio | 2 | Medio | 1 | Bajo | 1 | Bajo |
| | BAJO | 1 | Alto | 2 | Medio | 1 | Bajo | 1 | Bajo | 1 | Bajo |
| NIVELES DE RIESGO ANTE INUNDACIONES | | | | | | | | | | | |

E-03: METODOLOGÍA HEURÍSTICA:
ANÁLISIS DE RIESGO ANTE INUNDACIONES DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA - CIUDAD DE CALCA

| N° | NOMBRE | NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | | NIVELES DE PELIGRO | | | | NIVELES DE RIESGO | | | |
|----|------------------------------|---------------------------|---|---|---|--------------------|---|---|---|-------------------|---|---|---|
| | | MA | A | M | B | MA | A | M | B | MA | A | M | B |
| 1 | Centro de Salud - ESSALUD | | | 2 | | 4 | | | | | 3 | | |
| 2 | Centro de Salud - MINSA | | | | 1 | | | 2 | | | | | 1 |
| 3 | Centro Salud Hampina Wasi | | | | 1 | | 3 | | | | | 2 | |
| 4 | Compañía de Bomberos | | | | 1 | | 3 | | | | | 2 | |
| 5 | Comisaría Sectorial de Calca | | | | 1 | | 3 | | | | | 2 | |
| 6 | Gobernación | | | | 1 | | 3 | | | | | 2 | |
| 7 | Municipalidad | | | | 1 | | 3 | | | | | 2 | |

Fuente: "Diagnóstico del Riesgo de Desastres – Ciudad de Calca", Arq. Olga Lozano Cortijo y Arq. Carlos Alfaro Ochoa, Julio 2009. Producto intermedio del "Proyecto Piloto Participativo de Gestión del Riesgo de Desastres, Distrito de Calca, Región Cusco, Perú"

Paso 2:

En base a la evaluación de peligros, análisis de vulnerabilidad y la identificación de los niveles de riesgo, se formulan los escenarios de riesgo, tomando adicionalmente los siguientes criterios:

- Conforme baja la pendiente, el nivel de exposición de las edificaciones disminuye.
- El agua discurre, pero se empoza en aquellas zonas cuyo nivel se encuentra por debajo de la vía.
- Mayor susceptibilidad tienen las edificaciones que son de adobe, sumadas a un mal o muy mal estado de conservación.

2.2 FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO ANTE SISMOS

Para la formulación de escenarios de riesgo ante sismos, se siguen pasos similares al de inundaciones:

Paso 1:

- En base a la matriz de Zonificación de Riesgos (Cuadro N° 2.01), se obtiene la Matriz para definir los niveles de riesgo ante sismos (Cuadro N° 2.03), la cual se aplica a cada manzana (mediante el SIG), con el fin de identificar los sectores de riesgo.
- Igualmente, dicha matriz se aplica a cada uno de los servicios de emergencia y lugares de concentración pública, con el fin de identificar sus niveles de riesgo.

CUADRO N° 2.03
MATRIZ PARA DEFINIR LOS NIVELES DE RIESGO ANTE SISMOS DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA
Y LUGARES DE CONCENTRACIÓN PÚBLICA

| | | NIVELES DE VULNERABILIDAD | | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------|---------------------------|----------|------|----------|-------|-------|------|-------|--|--|
| | | MUY ALTO | | ALTO | | MEDIO | | BAJO | | | |
| | | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | |
| NIVELES DE PELIGRO | MUY ALTO | 4 | Muy Alto | 4 | Muy Alto | 3 | Alto | 2 | Medio | | |
| | ALTO | 3 | Alto | 3 | Alto | 2 | Medio | 2 | Medio | | |
| | MEDIO | 2 | Medio | 2 | Medio | 1 | Bajo | 1 | Bajo | | |
| | BAJO | 1 | Medio | 1 | Bajo | 1 | Bajo | 1 | Bajo | | |
| NIVELES DE RIESGO ANTE SISMOS | | | | | | | | | | | |

Paso 2:

En base a la evaluación de peligros, análisis de vulnerabilidad y la identificación de los niveles de riesgo, se formulan los escenarios de riesgo.

2.3 IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CRÍTICOS DE RIESGO

En base a los mapas de riesgo ante inundaciones y sismos, se delimitan los Sectores Críticos de Riesgo, que son aquellos que resulten con niveles de riesgo Muy Alto y Alto. El objetivo es homogenizar espacios con similares condiciones de riesgo para sistematizar al interior de cada uno de ellos y bajo criterios específicos, las obras y/o acciones concretas orientadas a mitigar los efectos generados por la ocurrencia de inundaciones y sismos.

Para cada Sector Crítico de Riesgo se especifican sus características en base al Cuadro N° 2.04 (a nivel general). (Ver Mapa RG-02).

CUADRO N° 2.04
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SECTORES CRÍTICOS DE RIESGO

| RIESGO | SECTORES CRÍTICOS | SUPERFICIE | | | POBLACIÓN | | | Cantidad de Lotes | |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|-----|---|-----------|-----|---|-------------------|-----|
| | | Has. | % | | Hab.* | % | | Lotes | % |
| | | | A | B | | A | B | | |
| Muy Alto | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | Total Muy Alto Riesgo | | | | | | | |
| Alto | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | Total Alto Riesgo | | | | | | | |
| TOTAL SECTORES CRÍTICOS | | | | | | | | | |
| TOTAL CIUDAD | | | --- | | | --- | | --- | --- |

A: Respecto al total de Sectores Críticos
B: Respecto al total de la ciudad

Asimismo, es conveniente detallar cada Sector, con los siguientes datos:

- Ubicación
- Población
- Superficie
- Lotes
- Usos
- Equipamientos
- Materiales
- Estado de Conservación
- Alturas
- Nivel de Riesgo

3. UTILIDAD DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGOS

El análisis de vulnerabilidad y riesgos es la fuente básica para incorporar la gestión de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial y sirve para lo siguiente:

- Promover y orientar el crecimiento de los centros urbanos, sobre las zonas que presentan los mejores niveles de aptitud y seguridad física ante las amenazas (peligros) naturales y antrópicos.
- Proponer medidas de mitigación y prevención de riesgos a desastres, como instrumentos de ordenamiento territorial a ser incorporados en Plan de Ordenamiento Territorial respectivo.
- Las medidas de mitigación se aplican en el suelo ocupado con actividades urbanas, en los sectores críticos de riesgo.
- Las medidas preventivas se aplican en el suelo no ocupado con actividades urbanas.
- Identificar y priorizar proyectos y acciones que permitan la reducción del riesgo ante desastres sobre diversas áreas y situaciones de vulnerabilidad del centro urbano.

Es decir, que sirve para la toma de decisiones de las autoridades municipales, para el control urbano y para la programación de proyectos específicos.

Es importante señalar que en gran parte de los países de la región Latinoamericana, el Plan de Usos del Suelo ante Desastres no se encuentra normado en ningún dispositivo legal de manejo municipal, pero sí existen aquellos relativos a los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), cuya denominación varía según cada país.

Sin embargo sí es posible elaborar un documento que se constituya en el “**Componente de Gestión del Riesgo de Desastres para el Ordenamiento Territorial**”, que contenga los objetivos mencionados.

BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTOS

- Plan de Usos del Suelo ante Desastres y Medidas de Mitigación – Zonas I y II, Proyecto SEDI/AICD/AE/25406, del Programa de Ciudades Sostenibles, INDECI, Arq. Olga Lozano, Marzo 2008
- Incorporación del Análisis del Riesgo en los Procesos de Planificación e Inversión Pública en América Latina y el Caribe, Memoria y Resultados del Taller Internacional, PREDECAN, GTZ, MEF, Lima, Setiembre 2005
- Guía Metodológica 1: Incorporación de la Prevención y la Reducción de riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial, Serie Ambiente y Ordenamiento Territorial, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Territorial, República de Colombia
- Manual Básico para la Estimación del Riesgo, Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI, Dirección Nacional de Prevención, DINAPRE, Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos, UEER, Lima, Perú, 2006

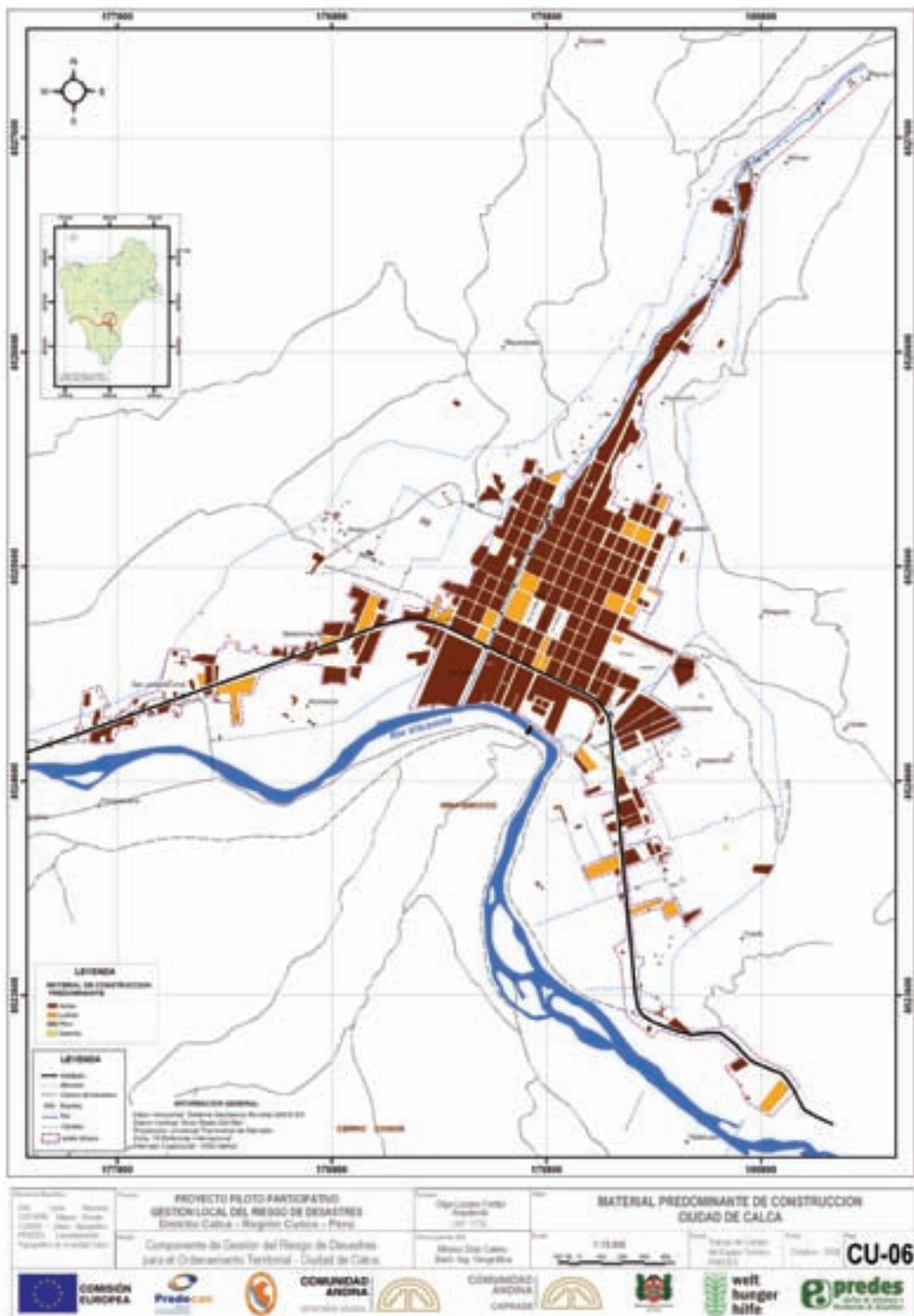
DOCUMENTACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS TALLERES CONVOCADOS POR EL PROGRAMA DE APOYO A LA PREVENCIÓN DE DESASTRES EN LA COMUNIDAD ANDINA, PREDECAN

- Taller Subregional Andino: “De la Práctica Social al establecimiento del políticas: enfoque, conceptos y metodologías para la gestión local del riesgo en la Subregión Andina – Los Proyectos Piloto, Lima, 10 al 12 de octubre de 2007
- Reunión Técnica Nacional para el Fortalecimiento de la Incorporación de la Gestión del riesgo en los procesos de Planificación del Territorio, Lima, 28 al 30 de noviembre de 2007
- Taller Nacional sobre la Planificación de la Gestión Local del Riesgo en Perú, Lima, 31 de marzo y 01 de abril de 2008
- Taller Subregional Andino: “Aplicación de análisis de amenazas y riesgos en procesos de planificación y gestión territorial”, Lima, 27 al 30 de mayo de 2008

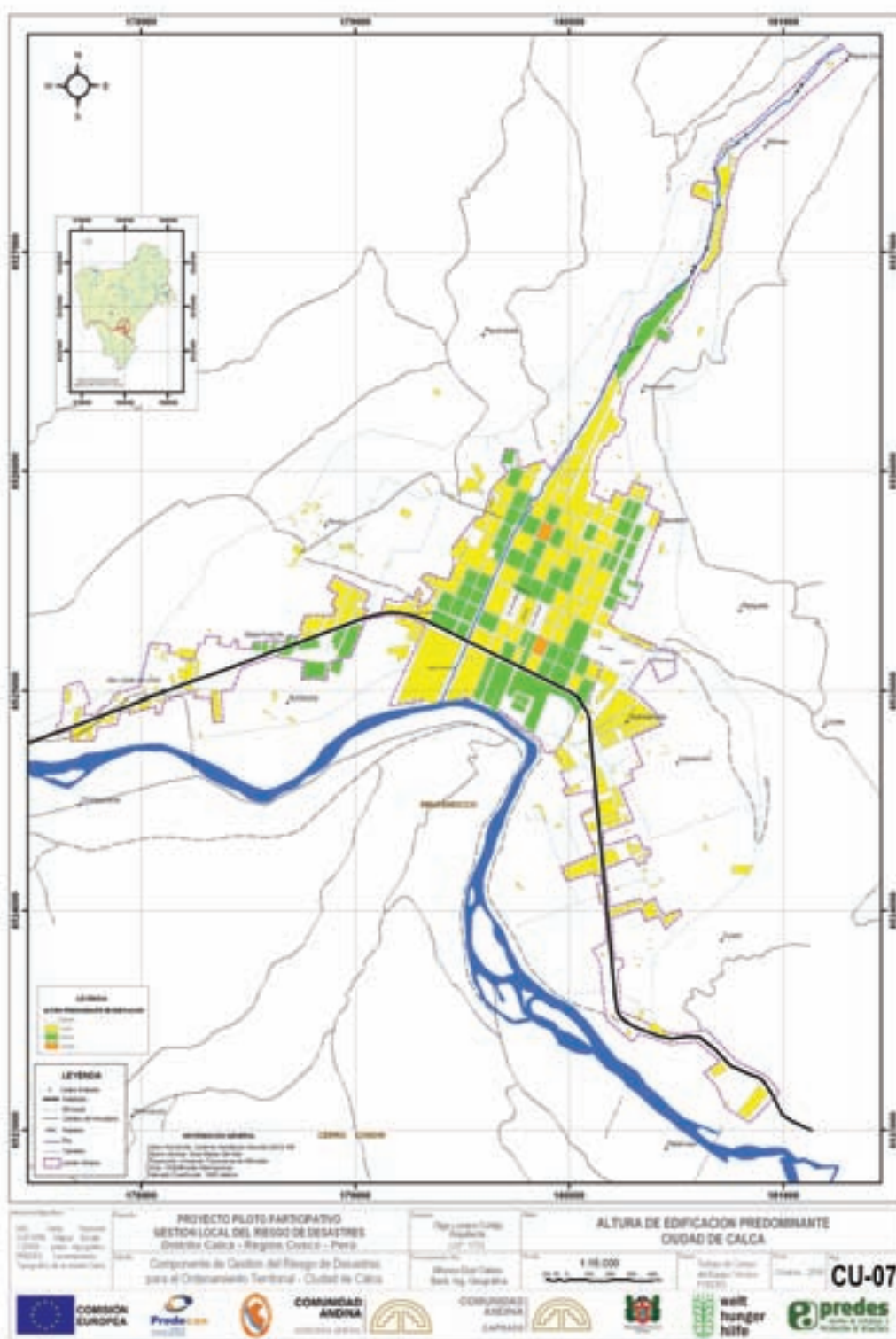
PÁGINAS WEB

- Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento
- Programa de Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina, PREDECAN

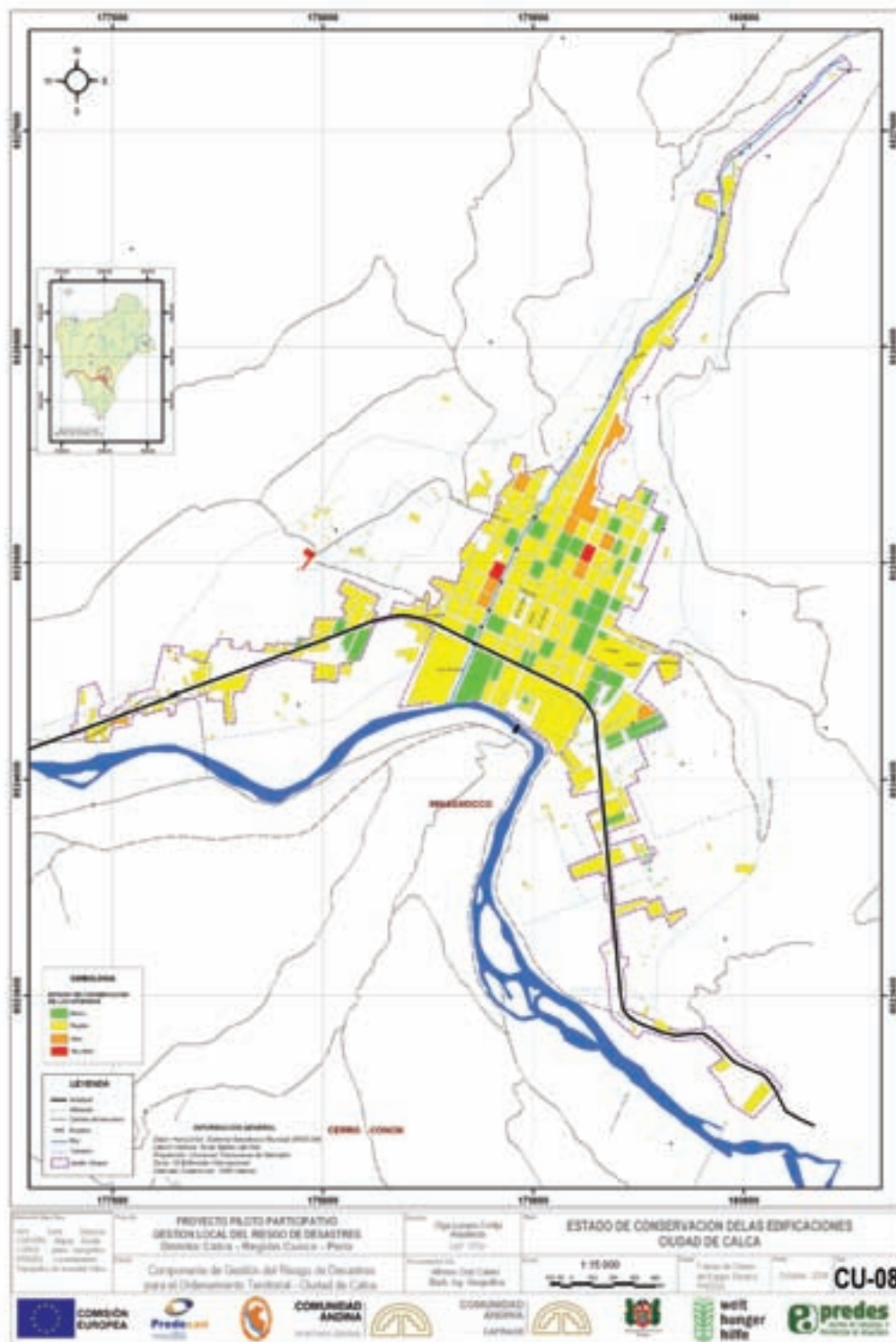
ANEXO: MAPAS



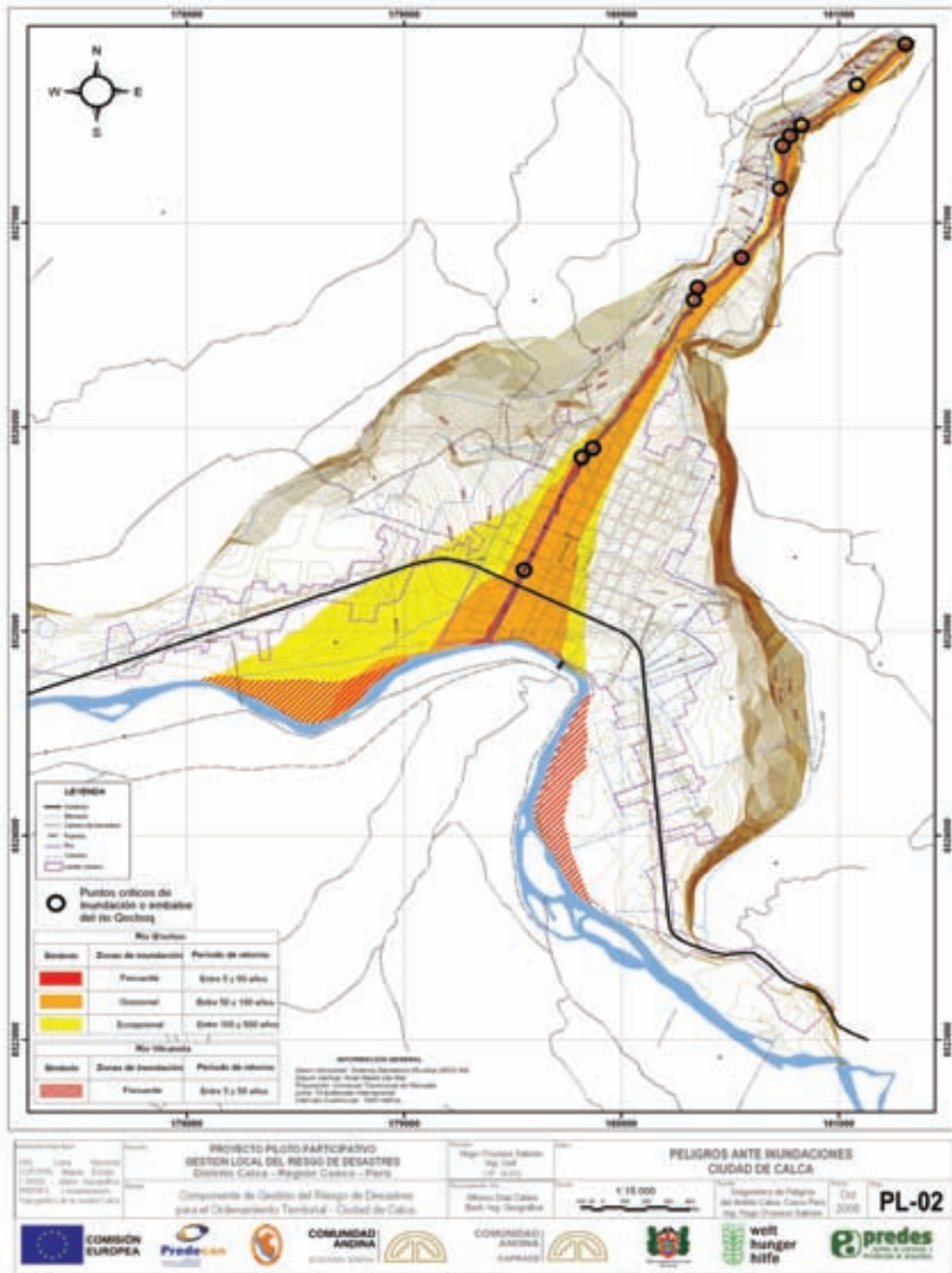
CU-06: Materiales de Edificación



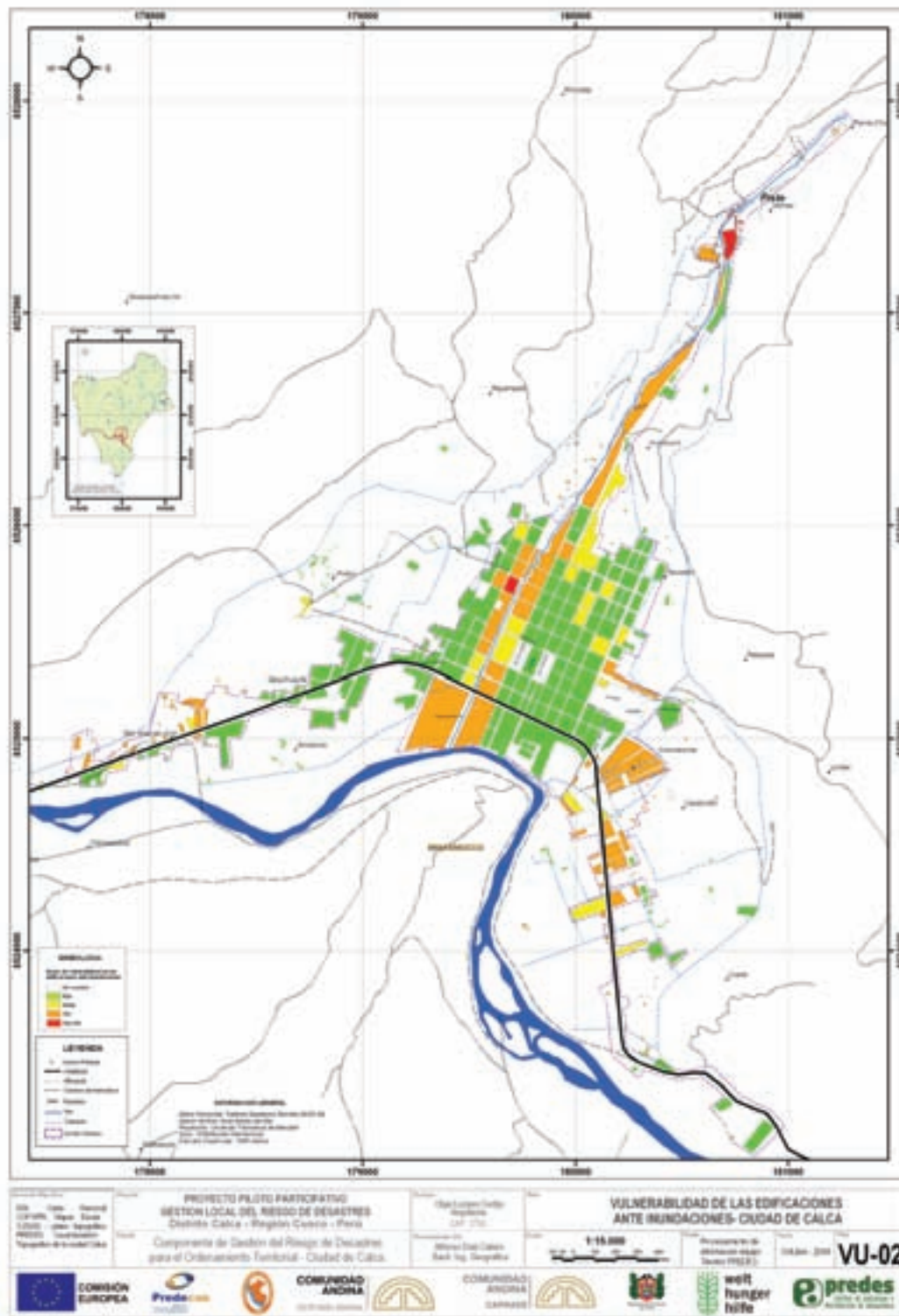
CU-07: Alturas de Edificación



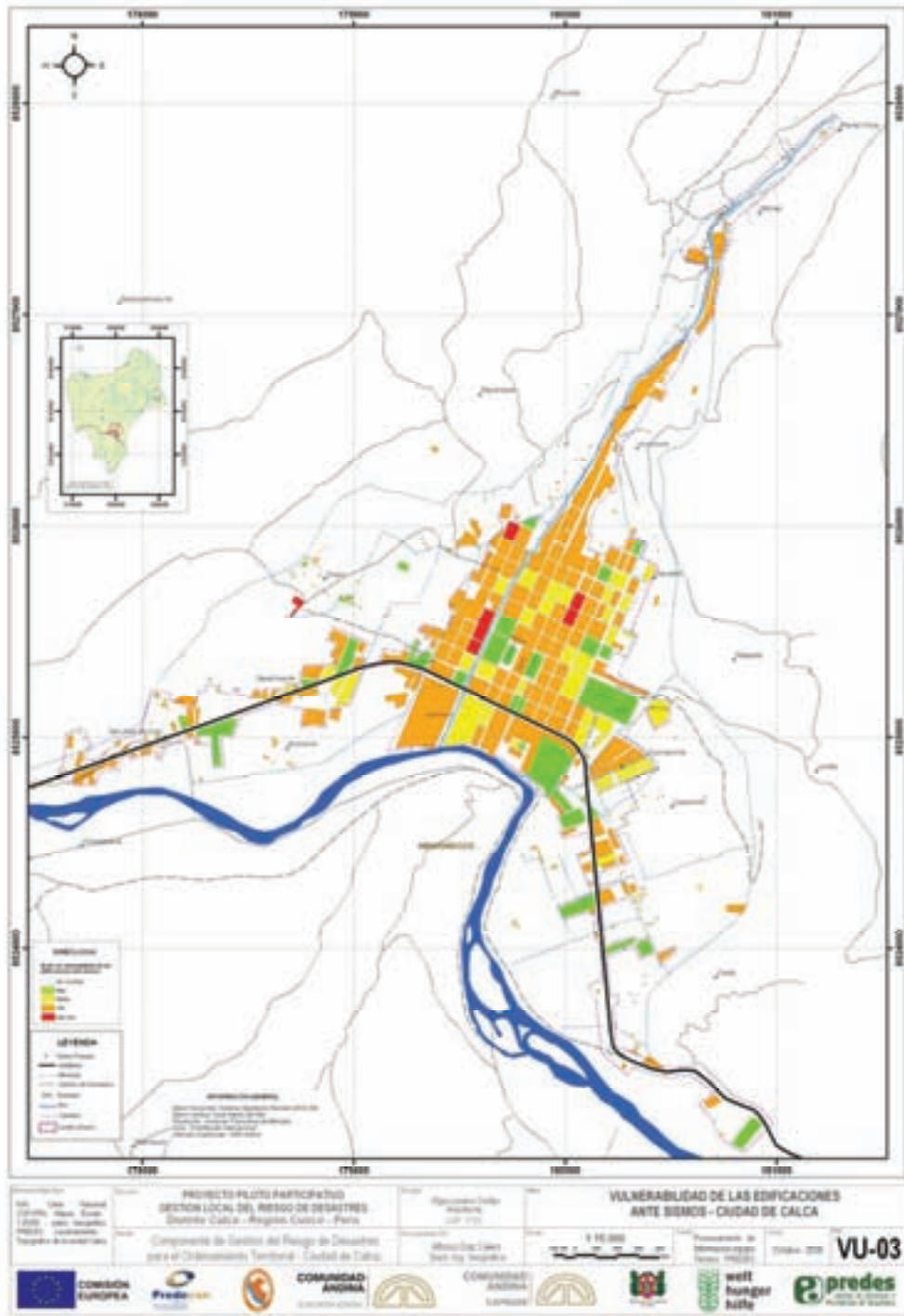
CU-08: Estado de Conservación



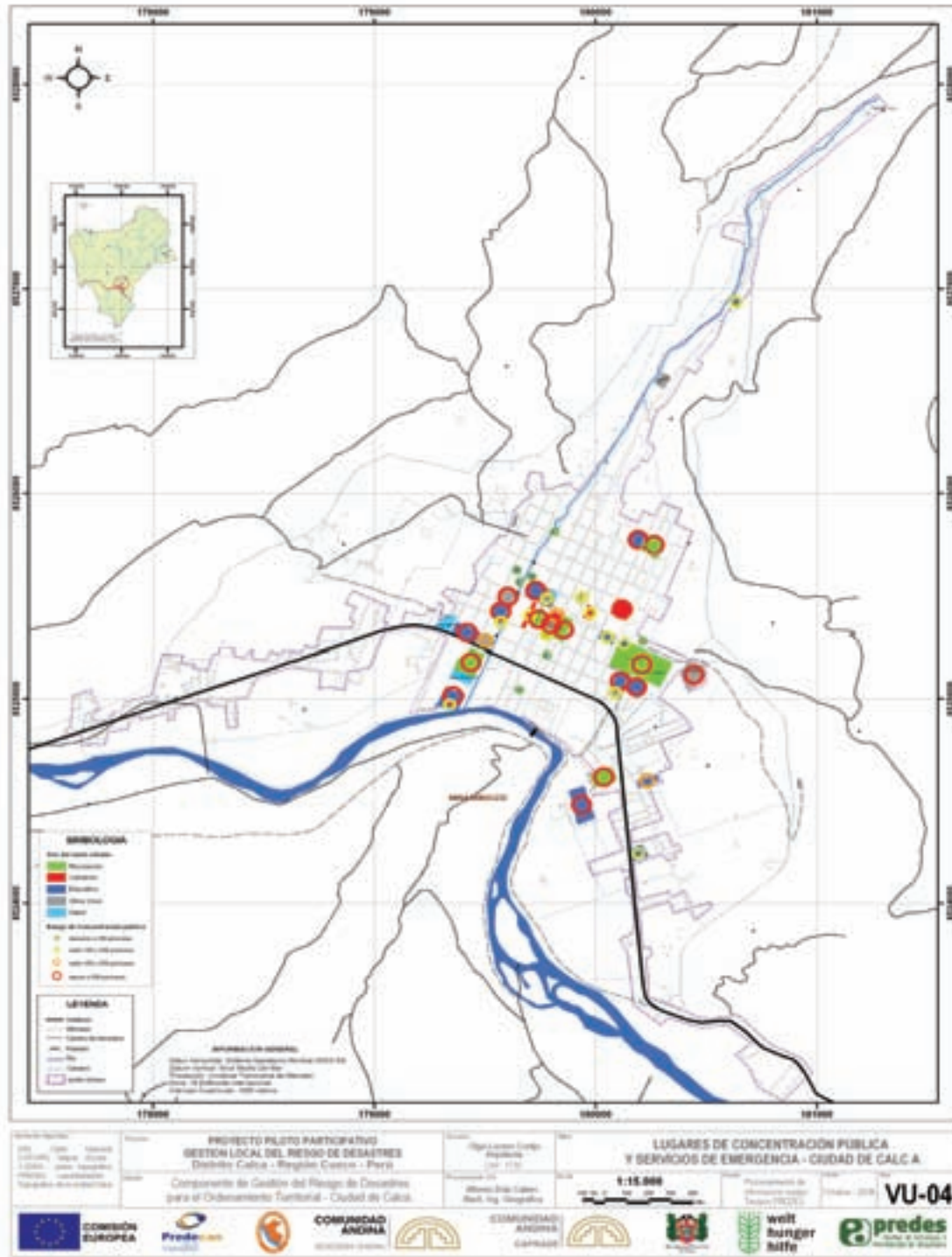
PL-02: Zonificación de Peligros ante Inundaciones



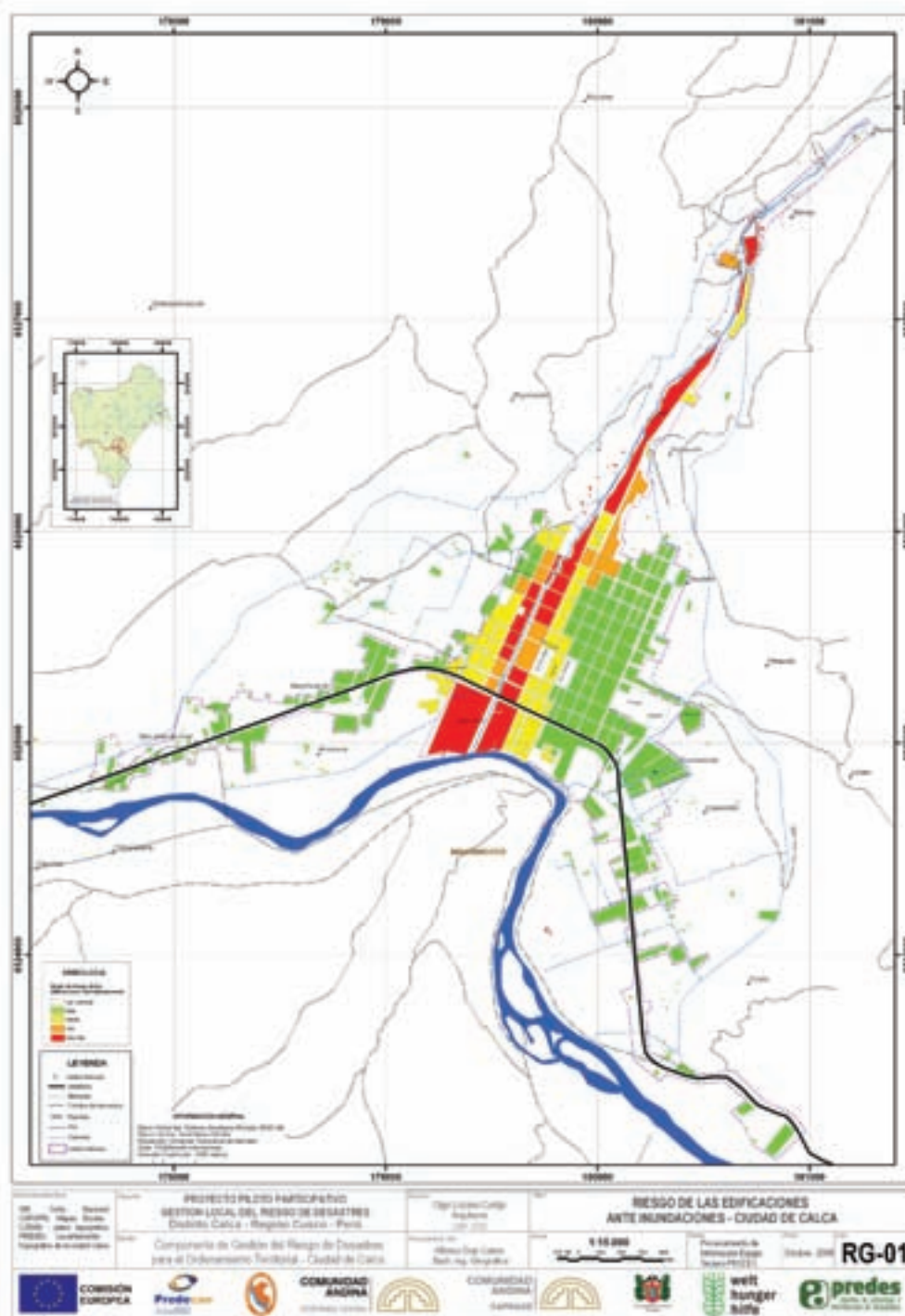
VU-02: Vulnerabilidad ante Inundaciones



VU-03: Vulnerabilidad ante Sismos



VU-04: Lugares de Concentración Pública



RG-01: Riesgo ante Inundaciones

