



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES  
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID**

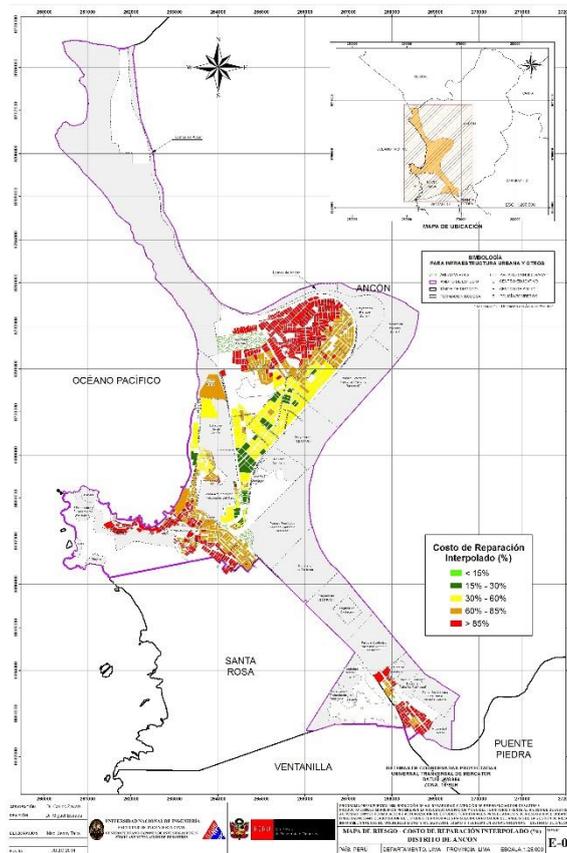


**PROGRAMA PRESUPUESTAL 068:  
REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR  
DESASTRES**

**PRODUCTO 3000562:  
MUNICIPIOS PROMUEVEN LA ADECUADA OCUPACIÓN Y USO DEL  
TERRITORIO FRENTE A L RIESGO DE DESASTRES**

**ACTIVIDAD 5001593:  
FORMULACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS TERRITORIALES PARA EL  
ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL URBANO**

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE SISMO Y TSUNAMI EN ZONAS  
URBANAS  
INFORME FINAL – DISTRITO DE ANCÓN**





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



### CONTENIDO

1	ANTECEDENTES .....	5
2	OBJETIVOS .....	6
2.1	Objetivo General .....	6
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
3	METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....	6
4	LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	7
4.1	Organización del Trabajo de Campo .....	7
4.2	Georreferenciación y Compatibilización de Planos .....	11
4.3	Sistematización de la Información .....	12
5	RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PRINCIPALES SECTORES.....	19
6	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES .....	36
6.1	Conceptos Generales .....	36
6.2	Formas de Evaluación .....	36
6.3	Evaluación y análisis estadístico de las edificaciones evaluadas .....	39
6.4	Evaluación de Edificaciones Esenciales.....	42
7	DIAGNÓSTICO DEL RIESGO SÍSMICO EN EL DISTRITO DE ANCÓN .....	52
7.1	Definición de Riesgo Sísmico .....	52
8	RESUMEN EJECUTIVO DE LAS PROPUESTA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES DE VIVIENDA POR TIPOLOGÍA .....	58
9	PROPUESTA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES DE VIVIENDA POR TIPOLOGÍA .....	59
10	PROPUESTAS REPRESENTATIVAS PARA EL REFORZAMIENTO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA EXISTENTES CON DEFICIENCIA DE CONFINAMIENTO .....	62
10.1	Reforzamiento de muros de albañilería existentes con deficiencia de tamaño o sección 63	
10.2	Reforzamiento de Columnas de Concreto.....	65
10.3	Reforzamiento de Zapata Existente de Columna .....	66
10.4	Inclusión de Muros de Concreto a partir de Columnas Existentes.....	67
10.5	Conclusiones y recomendaciones para el reforzamiento de edificaciones .....	68



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



### RESUMEN EJECUTIVO DE LA ACTIVIDAD 5001593:

#### ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE SISMO EN ZONAS URBANAS INFORME FINAL – DISTRITO DE ANCÓN

- En cumplimiento del Programa Presupuestal 068: Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres, Producto 3000562: Gobiernos Locales con Evaluación de Riesgo ante Sismos y Tsunamis y Actividad 5001593: Formulación y Actualización de Estudios Territoriales para el Análisis de Riesgo a Nivel Urbano, mediante el informe de Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo ante Sismo y Tsunami en Zonas Urbanas, el objetivo del presente informe es elaborar una evaluación de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones del distrito de Ancón.
- Esta investigación en lo concerniente a microzonificación, se llevó a cabo desarrollando tres áreas de estudio; peligro sísmico que emplea métodos probabilísticos y determinísticos para estimar la aceleración máxima horizontal en roca (PGA) valor importante para estimar las aceleraciones del terreno; la mecánica de suelos que caracterizando el suelo mediante exploración de campo, determina el tipo de material sobre el cual se asienta el área urbana y la dinámica de suelos que permite mediante ensayos de tipo geofísicos caracterizar el comportamiento dinámico de los suelos.
- El Peligro Sísmico es un trabajo netamente de gabinete, desarrollándose en función de leyes de atenuación existentes y programas de cómputo diseñados para tal fin. Los estudios de mecánica y dinámica de suelos pasan primero por una etapa de recopilación de información existente, evaluando su cantidad y calidad, y programando luego los ensayos de campo en número suficiente para alcanzar los objetivos planteados.
- Se presenta en los informes de Desarrollo de Microzonificación Ante Sismo y Tsunami los resultados obtenidos en estas tres áreas de estudio, utilizando tanto la información recopilada como la generada en este trabajo.
- Se obtiene un mapa de microzonificación sísmica producto de la superposición de resultados obtenidos en las diferentes áreas de estudio. Las áreas señaladas en el mapa de microzonificación geotécnica sísmica, reflejan el posible comportamiento sísmico, de manera cuantitativa y de menos a más desfavorable, del suelo del distrito de Ancón, ante la ocurrencia de un sismo severo. Este mapa permite proyectar los posibles daños que pueden ocurrir a las edificaciones y a la población. Se convierte también en un gran instrumento para la planificación urbana y/o para la reconstrucción post-desastre sísmico.
- En lo concerniente a la evaluación de la vulnerabilidad, el objetivo del presente trabajo es la evaluación del riesgo sísmico de las edificaciones del distrito de Ancón, a través del cálculo del valor de reparación de una edificación expresado como porcentaje de su costo, a través de la integración de la información geotécnica sísmica, la evaluación de la vulnerabilidad de las edificaciones y la sistematización y procesamiento de toda esta información en una base de datos geoespacial.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID

- Se prepararon planos para la toma de datos de campo. La toma de información se realizó en edificaciones de albañilería, concreto, acero y sistemas mixtos. Consiste en el llenado de una ficha de evaluación a través de una inspección visual de las edificaciones identificando las debilidades en una manzana, tomándose en detalle los datos de aquella edificación representativa. Antes del inicio de la toma de datos se realizó una capacitación y trabajos de campo previos para uniformizar los criterios de evaluación. Posteriormente los encuestadores recaban la información y alimentan un sistema de información geográfica, que servirá para la evaluación de la vulnerabilidad de edificaciones del distrito de Ancón, en 12 sectores según la zonificación de identificación que se utilizó para este trabajo.
- Considerando la muestra de manzanas y lotes representativos se implementó una base de datos con la finalidad de estimar la respuesta sísmica de edificaciones a través de la estimación rápida de desplazamientos máximos y distorsiones de entrepiso, método implementado en CISMID para estudios de vulnerabilidad sísmica en edificaciones.
- Se encontró que básicamente el distrito de Ancón puede calificarse como un distrito con zonas consolidadas y en desarrollo donde las viviendas predominan (86% de la muestra analizada) encontrándose que las edificaciones de albañilería representan 67% de las edificaciones del distrito, seguido por edificaciones usadas como viviendas multifamiliares que representan el 4% de la muestra. La vulnerabilidad de estas edificaciones se ven altamente influenciadas por las prácticas constructivas, condiciones del suelo sobre las cuales se encuentran construidas y por el número de pisos de las mismas. Los resultados de la simulación sísmica nos indican que aproximadamente el 79% de las edificaciones del distrito poseen un grado de vulnerabilidad alto, el 12% una vulnerabilidad media y el 9% posee una vulnerabilidad de baja.
- Para la determinación del riesgo sísmico del distrito de Ancón, se ha utilizado el método de aproximación al valor de reparación de una vivienda expresado como porcentaje del costo de la edificación. Conocida la respuesta sísmica de las edificaciones, se estimó el nivel de distorsión máxima considerando el escenario sísmico propuesto en el estudio de peligro sísmico, que induce una aceleración máxima en el suelo de aproximadamente 569 cm/seg<sup>2</sup>. Conocido el nivel de distorsión es posible estimar el nivel de daño por tipo de sistema estructural, para el lote representativo de la manzana estudiada. Se encontró que aproximadamente el 6% de las edificaciones tendrían daño leve o permanecerían sin daño en el evento severo. Aproximadamente el 3% de las edificaciones tendrían un daño moderado, mientras que aproximadamente el 34% de las edificaciones tendrían un daño severo, mientras que aproximadamente el 57% de las edificaciones colapsarían.
- En el caso especial de las edificaciones esenciales (Colegios, Establecimientos de Salud, Cuartel de Bomberos, Comisarías) que en caso de un evento sísmico severo deben de seguir funcionando luego del evento, se estima que el 100% de las edificaciones esenciales en las manzanas evaluadas podrían experimentar fuerte daño.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



### **PROGRAMA PRESUPUESTAL 068: REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR DESASTRES**

### **PRODUCTO 3000562: MUNICIPIOS PROMUEVEN LA ADECUADA OCUPACIÓN Y USO DEL TERRITORIO FRENTE A L RIESGO DE DESASTRES**

### **ACTIVIDAD 5001593: FORMULACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS TERRITORIALES PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL URBANO**

### **ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO ANTE SISMO EN ZONAS URBANAS INFORME FINAL – DISTRITO DE ANCÓN**

## **1 ANTECEDENTES**

A través de un convenio entre el Gobierno de Japón y el Gobierno de Perú, se viene desarrollando desde el año 2010 el proyecto denominado “Fortalecimiento de Tecnologías para la Mitigación de Desastres por Terremoto y Tsunami en el Perú”, Proyecto de 5 años, donde la contraparte japonesa se compromete a enviar expertos en las diferentes áreas relacionadas a la ingeniería para la estimación de las amenazas y vulnerabilidades en zonas urbanas y proponer medidas de reducción del riesgo ante los efectos que puedan causar los sismos severos y los posibles tsunamis generados, esto a través de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón – JICA y de la Agencia Japonesa para la Ciencia y Tecnología – JST. Adicionalmente la cooperación Japonesa se compromete a enviar equipos y programas de cómputo para realizar ensayos y procesar información en las áreas de estructuras, geotecnia y geomática. Por su parte el Gobierno del Perú a través del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería – CISMID/FIC/UNI, se compromete a realizar los estudios de campo, el procesamiento de información y la elaboración de informes dentro del marco de este proyecto. Para la ejecución de los trabajos que demandan estos estudios se necesita adquirir equipos complementarios y solventar los gastos que demanden todos los investigadores peruanos. Para la ejecución de estas actividades CISMID/FIC/UNI presenta una propuesta de investigación y ejecución de actividades dentro del Programa Presupuestal 068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres, para complementar los trabajos con los investigadores japoneses y honrar de esta manera el compromiso del Gobierno de Perú. De esta manera, se propone la ejecución del Producto: Gobiernos Locales con Evaluación de Riesgos ante Sismos y Tsunamis, donde se incorpora la Actividad: Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo ante Sismo y Tsunami en Zonas Urbanas, la cual tiene como área objetivo los distritos de Los Olivos, Ancón y Ate y este informe da cuenta de los resultados obtenidos para el distrito de Ancón, como parte componente de la actividad mencionada.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Realizar la evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas del distrito de Ancón en concordancia con el objetivo general del Programa Presupuestal 068 “Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres”.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar una base de datos Geoespacial de una muestra de las edificaciones del distrito de Ancón.
2. Analizar la vulnerabilidad física frente a la amenaza sísmica de las edificaciones incluyendo las esenciales en el distrito de Ancón. Entre las edificaciones esenciales se consideran hospitales, escuelas, comisarías, iglesias, bomberos, local municipal principal, puentes.
3. Elaborar un mapa de riesgo para un escenario sísmico, donde se presenten las áreas del distrito con los diferentes niveles de daño probable ante la ocurrencia de un sismo severo.
4. Realizar el diseño de la propuesta técnica de reforzamiento estructural para las edificaciones de vivienda según su tipología, considerando las particularidades que puedan existir en los distritos.

## 3 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

La Universidad Nacional de Ingeniería, a través del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería Civil, reúne un equipo multidisciplinario en las especialidades de planeamiento urbano, planeamiento contra desastres, ingeniería geotécnica, ingeniería sísmica, ingeniería geomática y otras especialidades, formando un cuerpo de especialistas que pueden desarrollar una metodología de evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas, que pueda ser replicada a nivel nacional y proponer medidas de prevención y mitigación.

El equipo multidisciplinario de la UNI, levantará en campo la información requerida para cumplir los objetivos presentados del proyecto. Asimismo la UNI coordinará, a través del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que conforma parte del Programa Presupuestal 068.

Adicionalmente se coordina con las autoridades del gobierno local para que proporcionen toda información relevante que pudiera contribuir al desarrollo del estudio.

Posteriormente, con la información de campo, se desarrollarán los trabajos de gabinete, procesando la información recabada y realizando las tareas de simulación, análisis y generación de mapas con la información que sirvan como base para elaboración de la microzonificación sísmica y determinación del riesgo.



## 4 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

### 4.1 Organización del Trabajo de Campo

#### 4.1.1 Preparación de Actividades, Coordinación y Personal

Para el desarrollo de las actividades del levantamiento de datos de campo, se inició el trabajo con la selección de los ingenieros coordinadores, se organizaron grupos de trabajo asignando tres personas por cada grupo para el levantamiento de información de campo. El personal seleccionado fue formado por un grupo de jóvenes ingenieros, estudiantes de postgrado y estudiantes del último año de ingeniería que laboran como asistentes de investigación o realizan su tesis de antegrado o post grado en nuestro Centro. Este personal recibió un entrenamiento basado en el procedimiento de evaluación. Este procedimiento ha sido diseñado para poder representar de la mejor manera las tipologías constructivas de nuestro país, resaltando el sistema estructural, los materiales utilizados y en general las condiciones físicas de la edificación.

##### a) Metodología de toma de datos

Este procedimiento se basa en la toma de información en edificaciones de adobe, albañilería, quincha y concreto armado. La metodología consiste en una inspección visual rápida de las edificaciones identificando las debilidades aparentes en las edificaciones de una manzana. De acuerdo al porcentaje de lotes visualmente evaluados, se determina el lote representativo de la manzana del cual se toma el detalle de su información a través de una ficha de inspección estructural. El lote representativo es aquel que representa de la mejor manera las características promedio de los lotes de la manzana evaluada.

##### b) Plantilla para la encuesta

Para la valoración en campo de las características de las edificaciones se utiliza una ficha de evaluación elaborada por nuestra institución para la evaluación rápida de estructuras, la cual se presenta en la Figura 1.

La Ficha está dividida en cinco áreas:

- Número de pisos
- Material
- Usos
- Sistema Estructural
- Conservación

Esta información es complementada con la toma de fotografías del lote representativo de la manzana, donde se pueda identificar la estructura de la edificación. Posteriormente estas fotografías se codifican para que coincidan con el identificador del lote y de esta manera poder almacenar la fotografía o fotografías en la base de datos geoespacial.

(a)

CONVENIO CISMID/FIC/UNI - MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO ESTUDIO DE RIESGO SISMICO DEL DISTRITO DE COMAS				
INFORMACION DE LA MANZANA CODIGO DE LA MANZANA:				
LEYENDA PARA LA CODIFICACION DEL LOTE				
No.Pisos (1)	Material (2)	Usos (3)	Sistema Estructural (4)	Conservación (5)
	Adobe (A) Mamposteria (M) Concreto(C) Quincha (Q) Acero (S) Madera(W) Otro (O)	Vivienda (V) Vivienda y Comercio (Y) Comercio (C) Multifamiliar (M) Policia o Bomberos (B) Educativo (E) Hospital (H) Baldio (B) Otros (O)	S Mamposteria de Arcilla Sin Refuerzo N Mamposteria Armada o Confinada con Diafragmas Rigidos L Construcción Informal en Albañileria A Adobe y Quincha C Pórticos de Concreto W Estructura de Concreto Armado con Placas I Pórticos de Concreto con Vanos Rigidizados con Mamposteria L Estructura Celular de Concreto F Pórtico de Acero Resistentes a Momento B Pórtico de Acero Arriostrados con Diagonales U Estructura de Perfiles Livianos W Entramados de Madera T Estructuras Industriales / Comerciales	(B) Bueno (R) Regular (M) Malo
*Nota:La Información de la manzana irá en plano lotizado adjunto similar al ejemplo de llenado que se muestra.			Nota 2: No Evaluado Use (X) Caso Valido Use (V)	
1AVSR			(1) + (2) + (3) + (4) + (5) 1PISOS + ADOBE + USO VIVIENDA + MAMPOSTERIA DE ARCILLA SIN REFUERZO + REGULAR	
Foto 1 - Numero		Foto 2 - Numero		
Foto 3 - Numero		Foto 4 - Numero		

(b)

CONVENIO CISMID/FIC/UNI - MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO ESTUDIO DE RIESGO SISMICO DEL DISTRITO DE COMAS				
CODIGO DE MANZANA		CODIGO INTERNO		
ESTRUCTURACION				
Material	Adobe	Mamposteria	Concreto	Observaciones
Estado de Conservación	Bueno	Regular	Malo	
Cimentación	Asentamiento	Si	No	
	Humedad en la Base	Si	No	
Techo				
Adobe	Mamposteria	Concreto	Otros	
Madera	Losa de CA	Losa de CA		
Caña	Aligerado	Aligerado		
Torta Barro	Calamina	Placa Colaborante		
Otro	Otro	Otro		
Elementos Estructurales				
Fisuración				
Columnas	Fisuras	NOTA	Fisura Vertical (V)	
Vigas	Fisuras	Sin Fisuras (X)	Fisura Diagonal (D)	
Muros	Fisuras		Fisura Horizontal (H)	
Estado de Muros				
Unidad	Artisanal	Industrial	Sólido	Tubular/Hueco
Confinamiento	Si	No		
Fisuras	Si	No		
Tarrajeo	Si	No		
Estado de conservación	Bueno	Regular	Malo	

**Figura 1.** (a) Formato de ayuda para codificación del lote y (b) Formato de evaluación para la edificación representativa de la manzana.

#### 4.1.2 Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo

- Preparación de planos para la toma de datos: Basado en la información de planos georreferenciados del INEI del último censo de vivienda del año 2007, se imprimieron los planos para la elaboración de los trabajos de campo en las zonas de estudio. Para facilitar el trabajo de los grupos evaluadores, el área a evaluar se dividió en 12 sectores, tal como se muestra en el mapa E-01.
- Para la determinación de los límites del área a evaluar, se coordinó con funcionarios del Ministerio de Vivienda, de manera que se evaluara la totalidad del área urbana, con los diferentes niveles de ocupación y consolidación urbana. Adicionalmente,



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

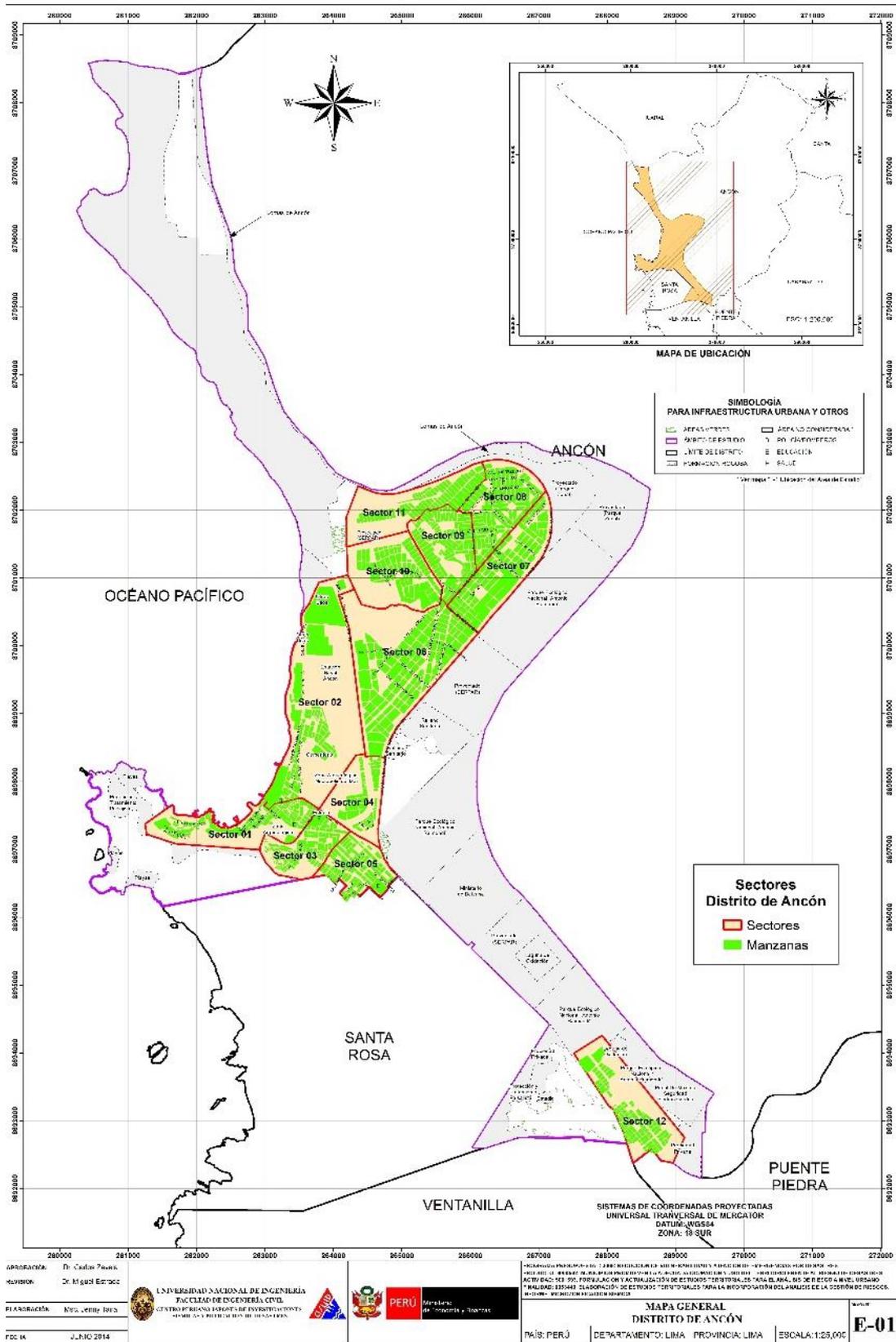
## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



se prepararon mapas sobrepuestos en imágenes de Google Earth © para la determinación exacta de estas áreas. Hay que mencionar que el área evaluada por el equipo geotécnico es un poco mayor, ya que también se evaluaron zonas de posible crecimiento urbano.

- c) Distribución de coordinadores responsables de los equipos de evaluadores: Con los ocho equipos de tres evaluadores cada uno se realizaron salidas periódicas de campo por un espacio de cuatro semanas. Los coordinadores de grupo, sectorizaron el distrito, para que cada grupo de tres personas trabajase en zonas involucradas reportando la información levantada a los coordinadores, quienes con sus asistentes, transfirieron la información generada en las fichas a una base de datos utilizando una hoja de cálculo con campos similares al de la ficha. Posteriormente toda esta información es codificada y llevada a una base de datos en una plataforma de sistema de información geográfica (SIG) para su georreferenciación espacial.

La sectorización del distrito se muestra en la Figura 2, que se adjunta a continuación, en donde son identificados los 12 sectores en que se dividió el distrito de Ancón.



**Figura 2. Sectores de evaluación del distrito de Ancón.**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



### **4.1.3 Procedimiento y Control de Calidad de Datos de Campo**

- a) Digitalización de datos de campo en una plataforma de sistemas de información geográfica

La información recabada en campo fue llevada a una base de datos en formato SHAPE, la cual fue procesada por el programa ArcGIS. La digitalización fue desarrollada por cuatro asistentes y un supervisor, quienes procesaron la información de campo.

- b) Clasificación de datos

Se clasificó la base de datos según las características físicas de los predios levantados como: material predominante, número de pisos, uso y estado de conservación, entre otras características de la ficha de levantamiento de datos.

- c) Verificación de los datos adquiridos

Se llevaron a cabo dos niveles de control de calidad:

c1 - Un control de calidad en campo:

Donde los coordinadores realizaron visitas de campo para verificar la información recolectada por los diferentes equipos tomándose al azar manzanas y lotes que fueron verificadas en el campo. Se realizó el control de calidad durante la campaña de levantamiento de datos por 4 profesionales. Se evaluó en un 28% de las manzanas del distrito.

c2 - Un control de calidad en gabinete:

El método de verificación usado fue mediante la comparación de los formatos llenados en campo con las fotografías tomadas en el lugar además de una verificación de la información de la base de datos.

### **4.2 Georreferenciación y Compatibilización de Planos**

- a) Definición del sistema de georreferenciación

Según normatividad actual, todos los planos producidos deben estar georreferenciados usando la proyección del sistema de coordenadas planas UTM, teniendo como base el DATUM WGS84.

- b) Compatibilización de planos provenientes de diferentes fuentes sobre la misma base cartográfica

Los planos que estuvieron en otro sistema de coordenadas fueron convertidos al sistema de coordenadas WGS 84 mediante los parámetros por defecto que presenta el programa ArcGIS.



#### 4.3 Sistematización de la Información

Para el procesamiento de la información se creó una base de datos geoespacial donde se integraron no sólo los datos cartográficos, como los límites de las manzanas, sino también los datos descriptivos de cada una de ellas. Los datos con los sectores, las manzanas y los lotes dentro los límites distritales son implementados al sistema GIS.

La evaluación de las edificaciones, si bien es cierto que se identificó una evaluación genérica a nivel de lote, la presentación de los resultados se basa en la identificación del lote representativo de la manzana. Para realizar la evaluación y trabajo de campo se seleccionó una muestra estadística distribuida espacialmente entre todas las manzanas del distrito. Para la selección de manzanas se definió que por lo menos el 25% del total de manzanas debe ser evaluado.

##### 4.3.1 Ubicación de las manzanas a evaluar

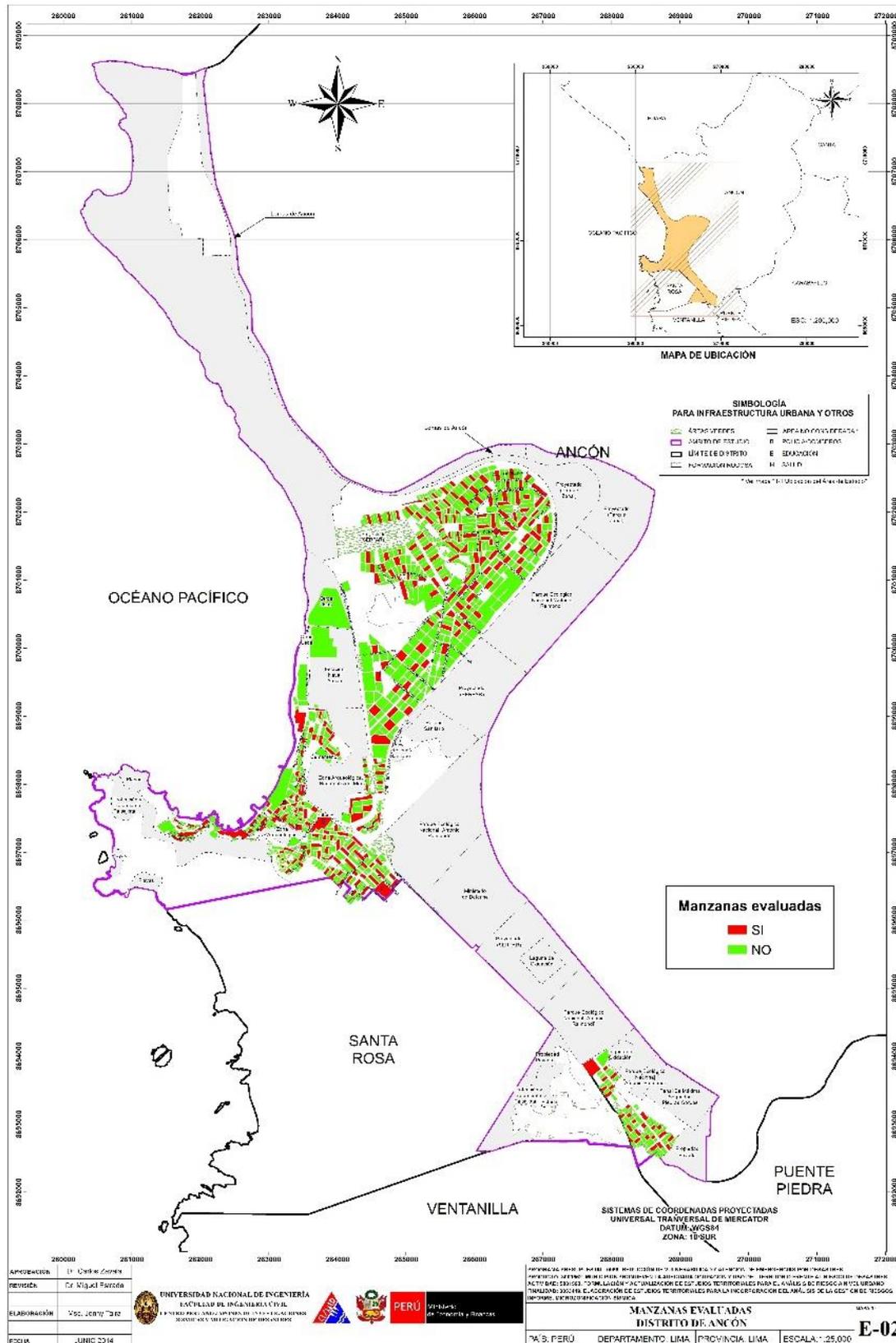
Para la selección de la ubicación de las manzanas a evaluar se utilizó una función estadística de distribución probabilística. La distribución que se utilizó fue la distribución uniforme. En estadística la distribución uniforme es una distribución de probabilidad cuyos valores tienen la misma probabilidad de ocurrencia de todos los valores posibles dentro del rango de valores.

Se define la función de probabilidad uniforme como:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } a \leq x \leq b \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases}$$

Donde:  $a$  y  $b$  son los límites geográficos para el distrito de Ancón y  $x$  toma los valores para las coordenadas Norte y Este. Esta función tiene como característica que su media es  $(a + b)/2$ .

Es decir, si bien la ubicación de la distribución sigue un valor aleatorio tanto para las coordenadas Norte como Este, en un sistema de referencia UTM, esta ubicación tiene límites de borde, los cuales son los límites del distrito que son respetados al momento de generar las coordenadas de las selecciones de las manzanas. Es así que se generaron números aleatorios que siguen una distribución uniforme. En la Figura 3 se presenta el total de las 1016 manzanas del distrito, y en color rojo las evaluadas y en color verde las no evaluadas. Se presentan las 283 manzanas evaluadas en color rojo y las no evaluadas en color verde. El porcentaje de manzanas a evaluar es de 28%, lo cual hace una muestra significativa. En el Mapa E-02 se presenta en detalle las manzanas que fueron evaluadas.



**Figura 3. Manzanas totales (1016) versus manzanas seleccionadas (283).**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



En el presente trabajo se optó por considerar un nivel de confianza del 97% bajo el supuesto que exista un error del orden del 1.93% en la desviación estándar, dando como resultado que el tamaño de la muestra es del 25% de población total de las manzanas. Esto produce un tamaño de muestra calculado en función del tamaño de la población (N), el error en la desviación estándar ( $\alpha$ ) y el número de unidades de desviación estándar para alcanzar el nivel de confianza deseado (z).

$$n = \frac{0.25N}{\left(\frac{\alpha}{z}\right)^2 (N-1) + 0.25}$$

Esto produce un tamaño de muestra mínimo de 256 manzanas. En el presente estudio se mejoró notablemente este valor al considerar una muestra de 283 manzanas, bajo dos premisas: primero, con este mayor número de manzanas se cubre mayor área y por lo tanto el análisis tiene una mayor consistencia; segundo, el error en la desviación estándar se reduce al 3%.

### **4.3.2 Elaboración de la base de datos geo-espacial**

Organizada la información a recolectar y las manzanas dónde se evaluarán los lotes se procedió al trabajo de campo para luego pasar al trabajo de gabinete donde se procesó la información adquirida.

En cada manzana seleccionada se levantó los datos de todos los lotes que se encuentran en esa manzana, indicándose las características de la edificación así como el código de la manzana. De todos estos lotes se seleccionó uno representativo el cual es llevado a una base de datos separada para luego ser incorporada a la plataforma SIG. En la selección del lote representativo, se considera aquel que representa las características más frecuentes, es decir, aquella edificación que se repite más veces, dentro de la manzana evaluada. En la Figura 4 se muestra la base de datos de las características de las edificaciones representativas de cada una de las manzanas levantadas.

Num	CodMza	Sec_Mza	LoteRepre	Cond. De Cimentación	Techo	FisuraCol	Fisuras	FisuraMur	FabricaAlb	Unidad de Albañilería	Confina	Tarrajeo	FotoRepres01	
1	530	S01_1	09CMRR	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120172.jpg
2	670	S01_2	01MOTR	SI	SI	Aligerado	V	H	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120175.jpg
3	569	S01_3	02MVNR	NO	SI	Aligerado	H	V	H	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120176.jpg
4	667	S01_4	02MCNR	NO	SI	Calamina	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120178.jpg
5	296	S01_5	02MVNR	NO	SI	Aligerado	X	H	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120180.jpg
6	452	S01_6	02MVMB	NO	SI	Aligerado	D	V	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120182.jpg
7	468	S01_7	02MVMB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120189.jpg
8	618	S01_8	02MVMB	NO	SI	Calamina	V	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120187.jpg
9	448	S01_9	02MVMB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120191.jpg
10	525	S01_10	02MVMB	NO	SI	Aligerado	H	V	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120195.jpg
11	610	S01_11	01MVVM	SI	SI	Calamina	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120197.jpg
12	609	S01_12	01MVNR	NO	SI	Calamina	X	X	V	Artesanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120198.jpg
13	463	S01_13	02MVNR	NO	SI	Aligerado	X	H	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120201.jpg
14	594	S01_14	02MEMR	SI	SI	Aligerado	X	H	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120203.jpg
15	616	S01_15	02MVLR	NO	SI	Losa de CA	X	X	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120205.jpg
16	571	S01_16	02MVMB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120213.jpg
17	474	S01_17	01AVVR	NO	SI	Calamina	X	D	X	Artesanal	Sólido	NO	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120216.jpg
18	323	S01_18	01QVAR	NO	SI	Calamina	X	X	H	Artesanal	Sólido	NO	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120218.jpg
19	583	S01_19	02MVNR	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Artesanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120221.jpg
20	528	S01_20	11CMCB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120222.jpg
21	582	S01_21	13CMCB	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1120229.jpg
22	586	S01_22	01AVAR	NO	NO	Torta de Barro	X	X	X	ND	ND	NO	NO	.Fotos\Fotos_S01P1100589.jpg
23	313	S01_23	09CMCR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1100592.jpg
24	656	S01_24	08CMCB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1100594.jpg
25	438	S01_25	03CMCR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1100597.jpg
26	324	S01_26	03CMCR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1100595.jpg
27	603	S01_27	02CMCB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1100597.jpg
28	640	S01_28	04CMCB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01P1100600.jpg

**Figura 4.** Base de datos de los lotes representativos por manzana.

Esta base de datos elaborada en hoja de cálculo se transfiere a la plataforma SIG y se integra a la base de datos de las manzanas, de manera de cada una de las manzanas tenga los datos necesarios para su evaluación mediante el programa de cálculo de nivel de daño o reparación.

En la plataforma SIG se genera la base de datos geo-espacial la cual permite una rápida observación de las condiciones de las edificaciones de las manzanas, no sólo desde el punto de vista descriptivo, sino también gráfico, ya que se integran a la base de datos las fotografías de las manzanas.

La Tabla 1 presenta la base de datos descriptiva. En esta tabla se muestran todos los campos ordenados alfabéticamente. Esta base de datos contiene la integración de todos los datos, es decir de los datos levantados en campo así como los valores obtenidos del procesamiento de la información, para finalizar con el valor del costo de reparación, que es explicado más adelante.

**Tabla 1.** Descripción de los campos de la base de datos.

Nombre del Campo	Descripción
AcelMax	Aceleración máxima del terreno en cm/s <sup>2</sup>
Avg_GRID_C	Promedio del porcentaje del costo de reparación
CimentA	Asentamiento en la cimentación
CimentH	Humedad en la cimentación
Codaza	Código de la manzana
Confina	Confinamiento en muros
CostRep3	Porcentaje del costo de reparación calculado
Esen_Dano	Uso de suelo y nivel de daño



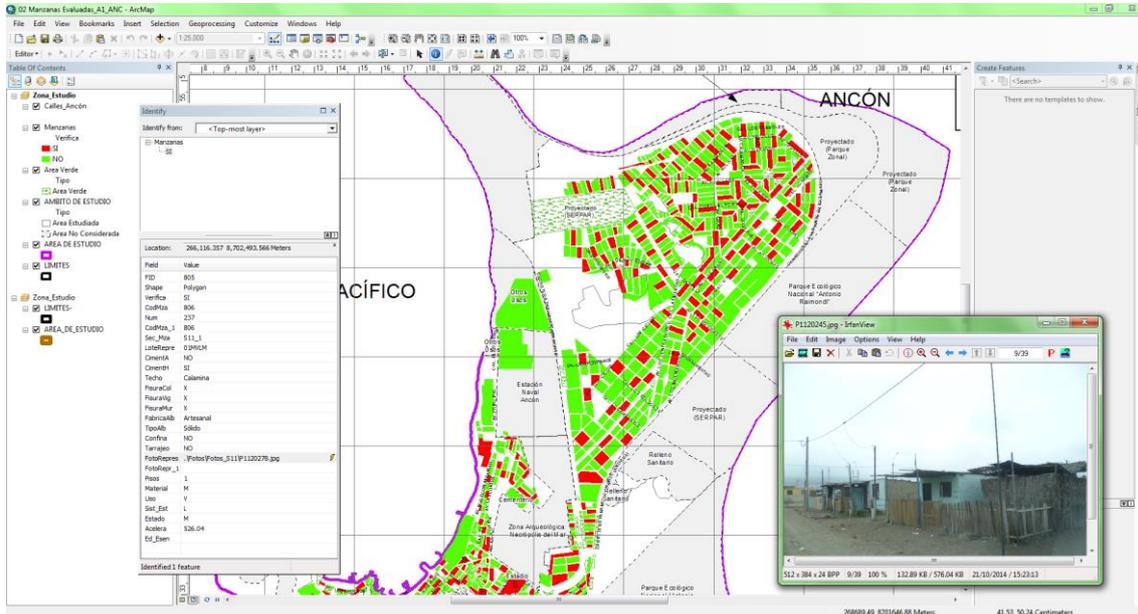
# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Estado	Estado de la edificación
FabricaAlb	Tipo de unidad de albañilería
FID	Identificador de elemento
FisuraCol	Fisuras en las columnas
FisuraMur	Fisuras en muros
FisuraVig	Fisuras en vigas
FotoEsq1	Foto de una esquina de la manzana
FotoEsq2	Foto de una esquina de la manzana
FotoEsq3	Foto de una esquina de la manzana
FotoEsq4	Foto de una esquina de la manzana
FotoRepres	Foto del lote representativo
LoteRepre	Característica del lote representativo
Material	Tipo de material construcción
MatNivDan	Tipo de material y nivel de daño
Max_GRID_C	Valor máximo del porcentaje del costo de reparación interpolado
Min_GRID_C	Valor mínimo del porcentaje del costo de reparación interpolado
Num	Número de manzana interpolada
NumMza	Número de sector y manzana
Pisos	Número de pisos promedio en la manzana
Rango_Dano	Nivel de daño final
SD_GRID_CO	Desviación estándar de los valores del porcentaje de reparación interpolados
Shape	Tipo de entidad geométrica
Sist_Est	Sistema estructural
Tarrajeo	Existencia de tartajeo
Techo	Tipo de techo
TipoAlb	Tipo de unidad de albañilería
Uso	Tipo de uso
Verifica	Se evalúa

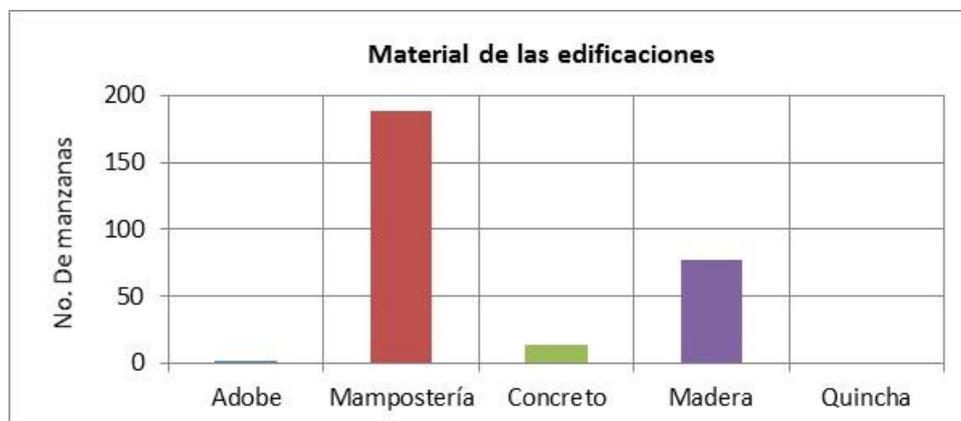
La Figura 5 muestra el detalle de los datos de una manzana evaluada. Como se puede apreciar en esta base de datos geo-espacial se ha integrado una imagen de satélite, obtenida desde Google Earth, la información cartográfica de los bordes de las manzanas y dentro de la base de datos descriptiva además de la información levantada en campo se encuentra la información procesada. Adicionalmente, se han integrado fotografías de las manzanas evaluadas por medio de hipervínculos a los archivos que contienen a estas fotos.



**Figura 5.** Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva para su procesamiento.

Como resumen de los datos adquiridos en campo se presenta en el mapa E-03 el número de pisos, en el mapa E-04 el material predominante de la edificación, en el mapa E-05 el uso de suelo, en el mapa E-06 el sistema estructural y en el mapa E-07 se muestra el estado de conservación.

En el mapa E-04, referente a los materiales existentes en las edificaciones del distrito de Ancón, se realizó un análisis estadístico de la muestra, dando como resultado la gráfica que se presenta en la Figura 6, donde es notorio que el material predominante es la mampostería de ladrillo que representa el 67% de la muestra. Debe destacarse que existen edificaciones de madera que representan un 27% de la muestra, así como edificaciones de concreto que representan el 5% de muestra y adobe con 1%.



**Figura 6.** Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito de Ancón.

En el mapa E-05 se presenta las manzanas evaluadas y clasificadas de acuerdo al uso del suelo de las edificaciones. En la Figura 7 se presenta el resumen estadístico de la muestra en lo referente al uso del suelo o uso de la edificación de la muestra estudiada. Puede leerse que es predominante el uso en viviendas que ocupan un 86% de la muestra, seguido de edificaciones multifamiliares que representan el 4% de la muestra, edificaciones industriales que representan un 3%, de vivienda y comercio, comerciales y educativos representan el 2% cada una de las edificaciones en el área estudiada.

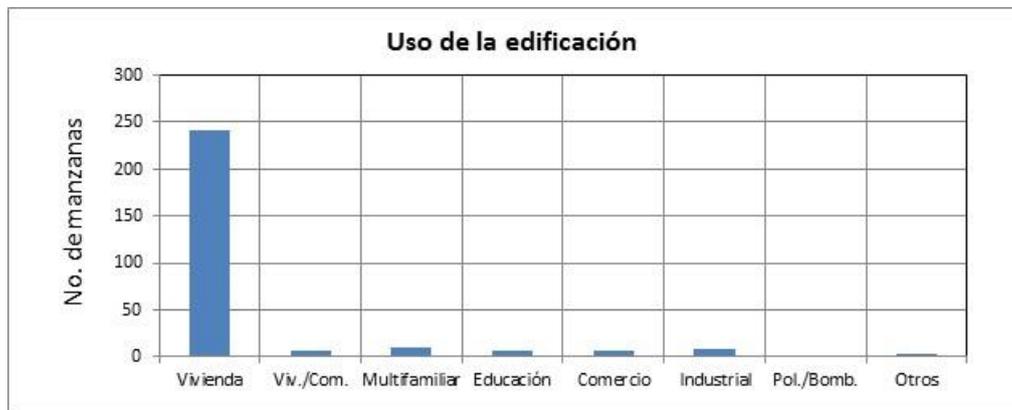
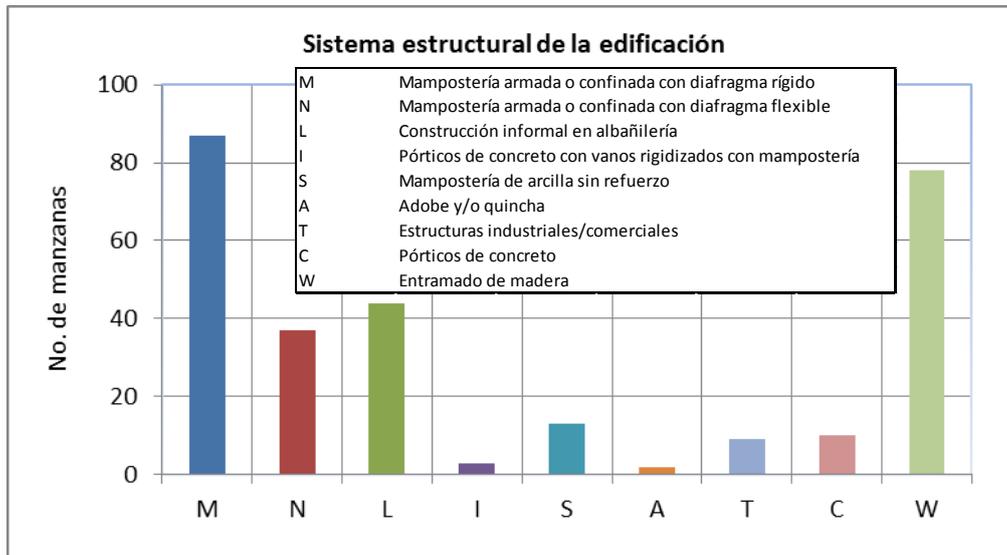


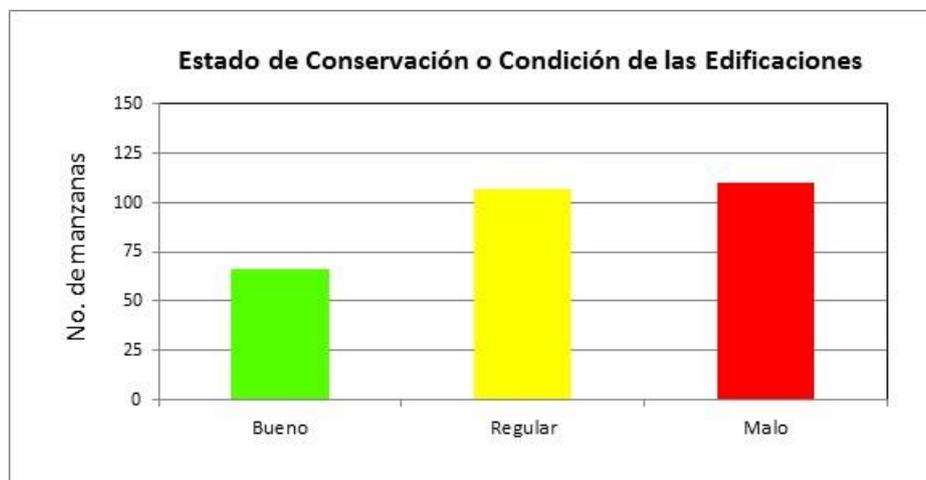
Figura 7. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Ancón.

En el mapa E-06 se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el sistema estructural usado en las edificaciones. La Figura 8 presenta la distribución del uso de los sistemas estructurales que se obtuvo de la estadística de la muestra usada en el distrito de Ancón. En el gráfico se entiende que el sistema estructural más utilizado es la mampostería de ladrillos de arcilla con diafragmas o techos rígidos que ocupa el 31% de la muestra. Le siguen a este sistema en uso los entramados de madera con un 28% de la muestra, las construcciones de albañilería informal con un 16% y la mampostería de ladrillos de arcilla con diafragmas o techos rígidos con un 13%. Por otro lado un 5% de la muestra está representado por mampostería de arcilla sin refuerzo, los pórticos de concreto y las estructuras industriales con un 3% cada una y las estructuras de pórticos de concreto con vanos rigidizados con mampostería representan el 1% de la muestra estudiada, al igual que el adobe.



**Figura 8.** Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de Ancón.

El mapa temático E-07 presenta el estado de conservación de las viviendas del distrito de Ancón. La Figura 9 presenta los resultados estadísticos de la muestra analizada. El 23.3% de las edificaciones se encuentra en buen estado de conservación, mientras que el 37.8% de la muestra presenta un estado regular de conservación, en contra de un 38.9% que presenta un mal estado de conservación.



**Figura 9.** Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de Ancón.

## 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PRINCIPALES SECTORES

### SECTOR 01

El Sector 01 se encuentra ubicado por el norte con el malecón Ferreyros y la playa hermosa, y por el este con las avenidas José paredes, Pedro Garzón y la Av. Las Colinas. En este sector se observa actividad pesquera y cercana a las mismas avenidas como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Edificaciones del Sector 01.

Las viviendas predominante son de dos pisos en su mayoría, donde el sistema estructural es la albañilería confinada con losa aligerada, así como también edificios de concreto armado cercanas al balneario de Ancón como se muestra en la Figura 11 y Figura 12. En general, el sector se encuentra en regular estado de conservación.



Figura 11. Viviendas de albañilería confinada.



Figura 12. Edificios de concreto armado.

## SECTOR 02

El Sector 02 se encuentra ubicado en la zona sur oeste del distrito en estudio, a lo largo de la avenida Miramar y la avenida de acceso a Ancón por el sur. La tipología de vivienda

predominante en este sector es la vivienda de albañilería de dos niveles con losa aligerada, como se muestra en la Figura 13.



**Figura 13.** Vivienda de mampostería de 02 niveles del Sector 02.

También existen un gran número de viviendas de albañilería de un nivel y la losa aligerada, como se muestra en la Figura 14.



**Figura 14.** Viviendas de albañilería de un nivel con losa aligerada del sector.

### SECTOR 03

El Sector 03 está limitado por la Avenida Pedro Garzón, la Avenida Primavera, la Avenida Las Colinas, y cerros circundantes. En este sector fueron evaluadas 26 manzanas.

En general, este sector corresponde en un gran porcentaje (80.7%) a una zona de viviendas, y en mucho menor medida (7.7%) a comercio y (3.8%) a educación). La mayoría de las edificaciones (53.8 %) son de 2 pisos, 42.3 % es de un pisos y 3.9% a edificaciones de 3 pisos.

El material predominante es la mampostería de ladrillo en un porcentaje mayoritario (88.5%), aunque también hay construcciones de madera (11.5 %). Los techos son

predominantemente coberturas ligeras de calamina (53.8 %); aunque existen también techos aligerados (46.2 %).

El sistema estructural que predomina es el de mampostería de arcilla con diafragmas rígidos (61.6%), y en segundo término el de mampostería confinada con diafragmas flexibles (26.9%) y el de madera (11.5%).

La mayoría de edificaciones presenta un buen estado de conservación (46.2%); asimismo, existen construcciones en regular estado de conservación (42.3%) y en mal estado de conservación (11.5%).

La Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20 y Figura 21 muestran algunos tipos de edificaciones encontradas en este sector.



**Figura 15.** Tipos de edificaciones en el Sector 03. Predominan las edificaciones de dos pisos, destinadas principalmente al uso residencial. En un menor porcentaje existen edificaciones de uso comercial como el que se muestra en la imagen de la derecha.



**Figura 16.** El material predominante es la mampostería de ladrillo.



**Figura 17.** Edificaciones de madera destinadas al uso de vivienda. Mal estado de conservación.



**Figura 18.** Los techos son predominantemente coberturas ligeras de calamina.



**Figura 19.** Edificaciones con techos aligerados, en buen estado de conservación.



**Figura 20.** El sistema estructural que predomina es el de mampostería de arcilla con diafragmas rígidos.



**Figura 21.** En mucho menor porcentaje existen edificaciones de mampostería con diafragmas flexibles.

#### SECTOR 04

El Sector 04 se encuentra ubicado al Sur entre las avenidas Pedro Garzón y Antigua Carretera Panamericana Norte. Este sector se caracteriza por ser principalmente residencial, con viviendas de dos pisos en su mayoría, seguidas de viviendas de un piso como se muestra en la Figura 22. El material predominante es la albañilería de ladrillo artesanal sólido en el primer nivel y tubular en el segundo nivel, con un sistema estructural de mampostería confinada y techo aligerado.



**Figura 22.** Viviendas típicas del Sector 04.

En este sector se puede apreciar edificaciones para uso de vivienda-comercio en las zonas adyacentes a las avenidas tal como se ve en la Figura 23.



**Figura 23.** Vivienda - comercio.

#### SECTOR 05

El Sector 05 se encuentra ubicado en la zona sureste del distrito en estudio, entre la avenida Panamericana Norte y la variante Pasamayo por el norte, el acceso a Santa Rosa por el este y la avenida José Carlos Mariátegui por el oeste. La tipología de vivienda predominante en este sector es la vivienda de albañilería de un solo nivel con losa aligerada, como se muestra en la Figura 24.



**Figura 24.** Vivienda de mampostería de un nivel del sector 05.

También existen un gran número de viviendas de albañilería de un piso con cobertura ligera como se muestra en la Figura 25. Además, se observaron varias viviendas de dos niveles con losa aligerada, como se muestra en la Figura 26.



**Figura 25.** Viviendas de albañilería de un nivel con cobertura ligera.



**Figura 26.** Viviendas de albañilería de dos niveles con losa aligerada.

### SECTOR 06

El Sector 06 está ubicado en la parte Central del distrito, entre la Carretera Panamericana Norte (Nueva y Antigua) y 6 de Noviembre. En este sector se evaluaron 23 manzanas. Las edificaciones de este sector son de un piso y dedicado a viviendas, Predomina el sistema estructural de albañilería en regular estado de conservación, en algunos casos humedad en la base de los muros, pero en ningún caso asentamientos, como puede apreciarse en la Figura 27.



**Figura 27.** Edificaciones del sector 06, de un piso.

En este sector se puede apreciar edificaciones para uso de vivienda-comercio en las zonas adyacentes a las avenidas tal como se ve en la Figura 28.



**Figura 28.** Vivienda - comercio.

Este sector concentra muchas edificaciones de uso industrial, con muros perimetrales de uno y dos pisos y con diversos sistemas de cobertura, tal como se muestra en la Figura 29.



**Figura 29.** Zona Industrial del Sector 06.

### SECTOR 07

El Sector 07 está limitado por la antigua carretera Panamericana Norte, la Avenida 06 de Noviembre, la Avenida 11 de Enero, y la carretera Panamericana Variante de Pasamayo. En este sector fueron evaluadas 23 manzanas.

En general, este sector corresponde en un gran porcentaje (95.6%) a una zona de viviendas, y en mucho menor medida (4.4%) a comercio. La mayoría de las edificaciones (92 %) son de 1 piso, y solamente un 8 % es de dos pisos correspondiendo éste último al uso de educación.

El material predominante es la mampostería de ladrillo en un porcentaje mayoritario (91.3%), aunque también hay construcciones de madera (8.7 %). Los techos son predominantemente coberturas ligeras de calamina (91.3 %); aunque existen también techos aligerados (8.7 %).

El sistema estructural que predomina es el de mampostería de arcilla sin refuerzo (56.5%), y en segundo término el de mampostería confinada con diafragmas flexibles (21.7%) y el de madera (8.7%). En mucho menor porcentaje existen edificaciones informales en albañilería (4.4%) y de mampostería con refuerzos (8.7%).

La gran mayoría de edificaciones presenta un mal estado de conservación (69.5 %), y en mucha menor proporción existen construcciones en regular estado de conservación (26.1%) y buen estado de conservación (4.4%).

La Figura 30, Figura 31, Figura 32, Figura 33, Figura 34, Figura 35 y Figura 36 muestran algunos tipos de edificaciones encontradas en este sector.



**Figura 30.** Tipos de edificaciones en el Sector 07. Predominan las edificaciones de un solo piso de uso residencial. En menor porcentaje existen edificaciones de uso comercial (derecha), que están aglutinadas en mercadillos.



**Figura 31.** El material predominante es la mampostería de ladrillo.



**Figura 32.** Edificaciones de madera de uso vivienda, en mal estado de conservación.



**Figura 33.** Predominan las coberturas ligeras de calamina.



**Figura 34.** Edificaciones con techos aligerados, en buen estado de conservación.



**Figura 35.** Sistema estructural predominante de mampostería de arcilla sin refuerzo.



**Figura 36.** En menor porcentaje, edificaciones de mampostería con refuerzos.

## SECTOR 08

El Sector 08 se encuentra ubicado en la parte noreste del distrito, entre las avenidas 11 de Enero, Grau, San Martín y la variante de Pasamayo. Este sector se caracteriza por ser principalmente residencial, con viviendas unifamiliares de un piso como se muestra en la Figura 37. Las viviendas han sido construidas de manera informal, ya que los muros no cuentan con columnas y vigas de confinamiento y techos de calamina. El material predominante es la albañilería artesanal sólido.



**Figura 37.** Viviendas típicas del Sector 08.

Además se observaron viviendas de madera y techo con coberturas ligeras como se muestra en la Figura 38. En general, las edificaciones del sector se encuentran de regular a mal estado de conservación.



**Figura 38.** Viviendas de madera.

### SECTOR 09

El Sector 09 está ubicado en la parte noreste del distrito, entre las avenidas 11 de Enero, Grau y 6 de Noviembre Este sector se caracteriza por ser principalmente residencial, con viviendas unifamiliares de un piso de madera y techos con coberturas ligeras, como se muestra en la Figura 39.



**Figura 39.** Viviendas de madera del Sector 09.

Además se observaron viviendas de albañilería de un piso y techos de calamina construidas de manera informal, ya que no cuentan con columnas y vigas de confinamiento en los muros de ladrillo artesanal sólido, tal como se ve en la Figura 40. En general el sector se encuentra entre regular y mal estado de conservación.



**Figura 40.** Viviendas de albañilería informal.

En este sector puede apreciarse viviendas de madera construidas en la ladera de los cerros que rodean al sector, tal como se ve en la Figura 41. Se pudo observar el uso de llantas, bolsas con arena y piedras como elementos de contención para la base para las viviendas, como se muestra en la Figura 42.



**Figura 41.** Vivienda de madera en las laderas de cerros.



Figura 42. Uso de materiales reciclados para la base de las viviendas en las laderas.

### SECTOR 10

El Sector 10 se encuentra ubicado en la parte norte del distrito, teniendo como principales vía la avenida 6 de Noviembre. Las viviendas predominantes son de un piso, construidos en madera y techos con coberturas ligeras, como se muestra en la Figura 43. Además se observaron viviendas informales de albañilería de ladrillo artesanal sólido y techo de calamina como se muestra en la Figura 44. Se pudo observar el uso de ladrillo artesanal y ladrillo pandereta en la construcción de las viviendas. En general, el sector se encuentra entre regular y mal estado de conservación.



Figura 43. Viviendas de madera del Sector 10.



Figura 44. Viviendas de albañilería informal.

Durante el recorrido se pudo observar una pendiente en el terreno donde se han construido varias de las viviendas, como se muestra en la Figura 45.



**Figura 45.** Pendiente en el terreno.

#### SECTOR 11

El Sector 11 se encuentra ubicado en la parte norte del distrito, teniendo como principal vía la Av. San Martín. Las viviendas son construcciones de madera y techo con coberturas ligeras de un piso en su mayoría, como se muestra en la Figura 46. Además se observaron viviendas informales de albañilería, ya que los muros no cuentan con columnas y vigas de confinamiento y techos de calamina. Se pudo observar el uso de ladrillo artesanal sólido en la construcción de estas viviendas, como se observa en la Figura 47. En general, el sector se encuentra en mal estado de conservación.



**Figura 46.** Viviendas de madera.



**Figura 47.** Viviendas informales de albañilería.

### SECTOR 12

El Sector 12 se encuentra ubicado en la zona sur del distrito; aproximadamente a la altura del kilómetro 38 de la carretera Panamericana Norte. Este sector pertenece a la Asociación Militar Marko Jara, mostrada en la Figura 48. Por el lado oeste existe un cerco perimétrico de muros de albañilería confinada y por el lado este limita con el penal de piedras gordas. Para el levantamiento estructural de las viviendas del Sector 12, se tomó en cuenta un total de 26 manzanas, las mismas que fueron evaluadas de acuerdo a la metodología descrita en el presente informe.



**Figura 48.** Asociación Marko Jara.

Del levantamiento del Sector 12, se observó que existen viviendas de un piso en mayoría de casos, donde el sistema estructural predominante es la madera (paneles) con cobertura ligera, como se observa en la Figura 49. En general, este sector presenta un regular estado de conservación, pues la asociación fue recientemente constituida.



Figura 49. Viviendas de madera en el Sector 12.

## 6 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES

### 6.1 Conceptos Generales

La determinación de la vulnerabilidad sísmica de una edificación es el grado de susceptibilidad de daño ante la ocurrencia de un terremoto. Conociendo este grado, que generalmente es expresado como edificación en buen estado, edificación regular, edificación en mal estado y edificación colapsada, es cuantificar el daño.

### 6.2 Formas de Evaluación

La evaluación de la vulnerabilidad puede realizarse básicamente usando dos criterios: método determinístico y método por criterio.

#### 6.2.1 Método Determinístico

El método determinístico se basa en un estudio detallado de la estructura. Este tipo de estudio se basa en la evaluación mediante una inspección, toma de muestra de materiales, medición de la vibración en la estructura, auscultación del de cimentación, verificación de profundidad del cimiento y la modelación matemática de la estructura a través de programas especializados, para producir un diagnóstico de la respuesta sísmica y encontrar si la edificación resistirá las fuerzas y desplazamientos inducidos por el terremoto.

#### 6.2.2 Método por Criterio

El método por criterio o método empírico están basados, en simplificaciones dadas por la experiencia y desarrolladas por expertos con la finalidad de que a través de un cuestionario y una lista de verificación de parámetros que son usados como entradas a curvas, funciones o simuladores de la respuesta sísmica y así obtener un diagnóstico de su estado luego del evento.

#### 6.2.3 Método adoptado para el análisis de la muestra en el presente estudio

Considerando la muestra de manzanas y lotes representativos se implementó una base de datos con la finalidad de determinar mediante el uso del método de estimación rápida de la respuesta sísmica de edificaciones [3] y [4], basado en la metodología propuesta



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



por Miranda [2] para la estimación rápida de desplazamientos máximos y distorsiones de entrepiso, que ha sido adaptado en el CISMID para estudios de vulnerabilidad sísmica en edificaciones con tipologías propias del Perú.

Este método se basa en el diagnóstico de la respuesta sísmica de las edificaciones, considerando las aceleraciones máximas del terreno según los resultados del estudio del peligro sísmico presentado en el volumen respectivo adjunto a este informe y el catálogo de tipologías de edificaciones representativas del distrito. Con este propósito se consideran variables claves como aceleración de demanda sísmica, material de la edificación, número de pisos, sistema estructural predominante y otros datos recabados en el levantamiento de campo lote a lote en la zona evaluada. Posteriormente, se utiliza la metodología de índices  $\beta_i$ , que considera que la respuesta sísmica de una estructura se encuentra en base al producto de los índices  $\beta_i$  por el desplazamiento espectral ( $S_d$ ) para el periodo predominante de la estructura entre la altura del edificio ( $H$ ), dando una aproximación de la distorsión del entrepiso:

$$\left( \frac{\Delta \delta_j}{h_j} \right) = \frac{\beta_1 \beta_2 \cdot \beta_3 \beta_4}{H} S_d$$

El índice  $\beta_1$ , es una aproximación al factor de participación dado como una función del número de pisos:

$$\beta_1 = \frac{3N}{2N+1}$$

El índice  $\beta_2$ , relaciona la aproximación de la distorsión máxima en la aproximación contra la distorsión en un sistema real:

$$\beta_2 = \frac{\max \left( \frac{\Delta \delta_j}{h_j} \right)}{\left( \frac{U_r}{H} \right)}$$

El índice  $\beta_3$ , relaciona la fuerza de respuesta con la sobre resistencia como función de la ductilidad asignada a cada tipología estructural:

$$\beta_3 = \frac{U^x + \Delta U^x}{U} = \frac{F^x \cdot \mu}{F}$$

El índice  $\beta_4$ , produce una aproximación de la relación existente entre la distorsión inelástica y la distorsión elástica, que expresan una medida de ductilidad:



$$\beta_4 = \frac{\varphi_{inelastico}}{\varphi_{elastico}}$$

El periodo que sirve de base en el diagnóstico, es dependiente de la tipología estructural y del número de pisos, que produce una diagnosis del desplazamiento y distorsiones de cada piso. De esta manera se estiman las distorsiones de entrepiso que diagnostican el estado de la edificación basado en los límites de distorsión máxima de la norma de diseño sismorresistente NTE-030-RNE y ajustada a la base de datos de experimentación muros, paneles y módulos a escala natural ensayados en CISMID a lo largo de sus años de experiencia de laboratorio.

Este procedimiento fue automatizado utilizando el programa SRSND presentado en [5] y utilizado en [6], el mismo que produjo tanto la respuesta sísmica de la edificación representativa de la manzana de la muestra, así como el nivel de daño esperado para el escenario sísmico de demanda propuesto. Los resultados fueron implementados en una plataforma SIG para producir los resultados esperados en los productos mediante los mapas de vulnerabilidad.

A continuación se presenta un resumen de los resultados, dando un énfasis en la zona con mayor vulnerabilidad.

#### ***Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Alto:***

Son edificaciones con gran probabilidad de falla total o de daños muy graves que hagan difícil su reparación (con un daño severo probable, donde su costo de reparación sea superior o igual al 60% de su valor), además de implicar peligro de muerte o heridos graves para sus ocupantes. Por ejemplo:

- Edificaciones de adobe antiguas debilitadas por la humedad, erosión, o sismos anteriores; y ubicados sobre suelos flexibles.
- Edificaciones de ladrillo sin refuerzo ni confinamiento, con poca densidad de muros; ubicados sobre suelos blandos.
- Muros altos de ladrillo o adobe, de poco espesor y sin ningún arriostre.
- Edificaciones construidas con materiales inestables y provisionales, sin ningún tipo de arriostre ni refuerzo vertical u horizontal.
- Edificaciones con configuración en planta irregular.
- Techos o coberturas en mal estado de conservación.

#### ***Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Medio:***

Son edificaciones donde se pueden producir daños importantes, que aunque no colapsen las estructuras, es difícil su utilización sin ser reparadas, estimándose su costo de reparación entre el 30 y 60% de su valor. Pueden producirse accidentes por caídas de bloques de albañilería o concreto, rotura, etc. Por ejemplo:



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID

- Edificaciones de ladrillo con defectos de estructuración, que provoque concentración de esfuerzos en algunos puntos.
- Construcciones de adobe bien estructurado, de un solo piso y construido en terreno flexible.
- Construcciones con muros de ladrillo bien estructurado pero con coberturas en mal estado que signifique algún riesgo.

### **Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Bajo:**

Son edificaciones donde se estiman se producirán daños menores o leves, donde el costo de reparación sea menor el 30% de su valor. El sistema estructural conserva sin mayor peligro gran parte de su resistencia y puede aún seguir siendo utilizado. Por ejemplo:

- Edificaciones de ladrillo con columnas de concreto armado, o acero, diseñadas de acuerdo a normas de diseño sísmico, con materiales de buena calidad, buena mano de obra, e inspección rigurosa.
- Edificaciones regulares de concreto con muros de corte o edificaciones regulares con pórticos de concreto con cajas de escalera y ascensor de concreto con existencia de muros de concreto y/o albañilería.
- Edificaciones en laderas de los cerros, donde su cimentación generalmente se apoya en muros de contención de piedra (pircas secas) no recomendables para tomar fuerzas de sismo.

En la Figura 50 se representa la vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas, considerando los criterios antes expuestos, para los niveles identificados.

### **6.3 Evaluación y análisis estadístico de las edificaciones evaluadas**

- Lotes:** Se evaluaron la totalidad de los lotes representativos de la muestra, siendo el material predominante la albañilería, con presencia en el 67% de los lotes.
- Muros:** Tal como se indicó, el ladrillo tiene una presencia del 67% en las viviendas cuyo sistema estructural son los muros, sean éstas de 1 piso (71%), 2 pisos (27%) y 3 pisos (2%). De acuerdo a lo observado en varios casos, las construcciones son realizadas con intervención de maestros de obra y personal obrero, sin tener la asesoría técnica de un profesional de la especialidad. Asimismo, aproximadamente el 43% de las viviendas presentan columnas de confinamiento de concreto armado en sus paredes, no teniendo el 16% de las viviendas evaluadas, elementos de refuerzo vertical.
- Coberturas y Sistema de techos:** Del total de lotes inspeccionados, el 28% de ellos tienen techos aligerados de ladrillo con viguetas de concreto armado, y el 64%, poseen coberturas de calamina, esteras o madera. Estas coberturas se concentran en los sectores emergentes como las laderas de cerros y asentamientos humanos.
- Estado de Conservación:** El estado de conservación de las construcciones en un 23% es aceptable y bueno. Un 37% de las viviendas muestran un estado de conservación regular y otro 39% de las viviendas presentan un mal estado de

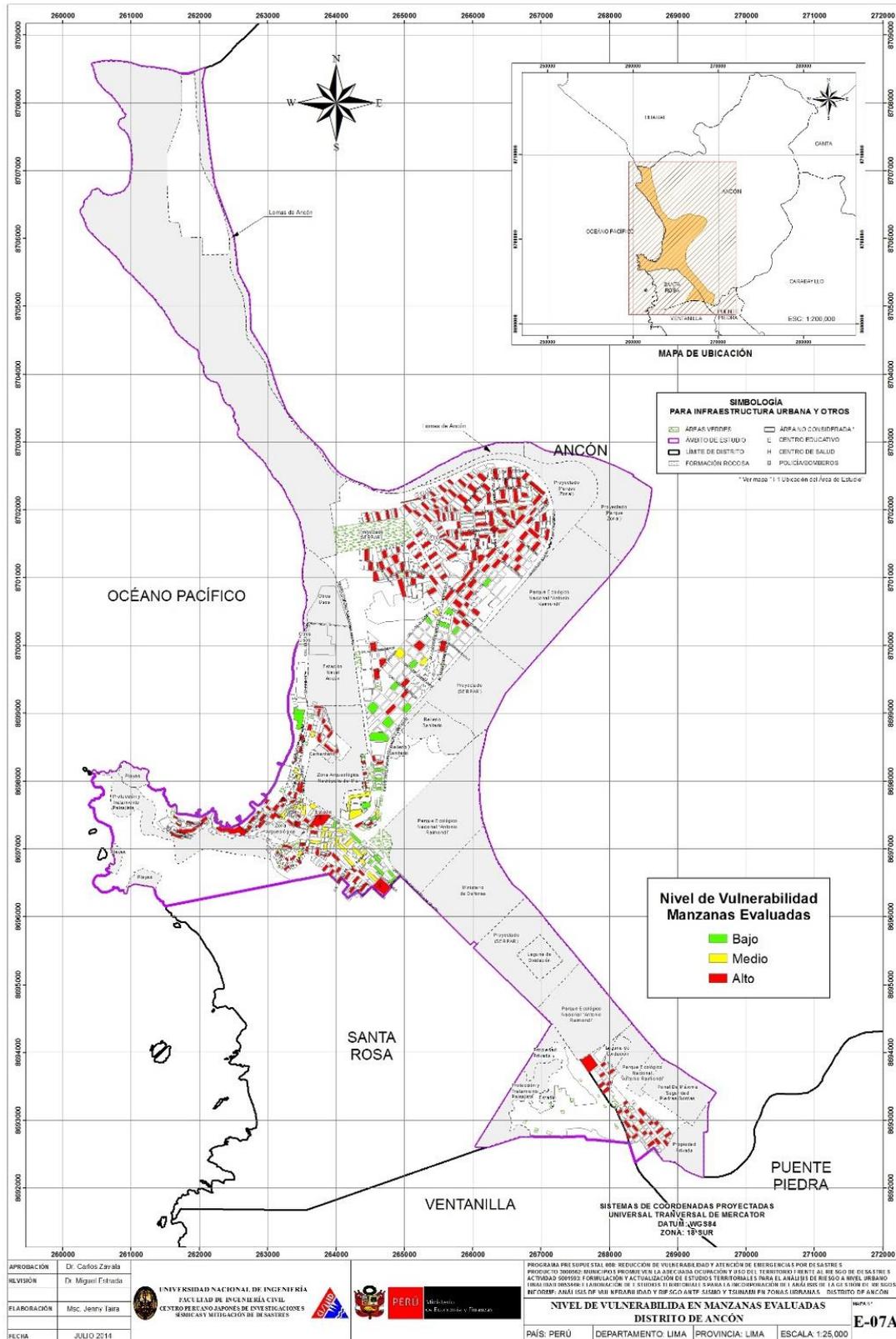


# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



conservación, especialmente, por las condiciones provisionales de sus materiales en techos, la inestabilidad de los taludes, y las malas condiciones del suelo.



**Figura 50.** Mapa de vulnerabilidad de las edificaciones de las manzanas evaluadas.

#### 6.4 Evaluación de Edificaciones Esenciales

Para la evaluación de las edificaciones esenciales se consideraron aquellos colegios, centros de salud de diferente nivel, comisarías, cuartel de bomberos, etc., de manera que en el análisis estructural se considere esta condición de esencial para el cálculo de su respuesta sísmica. Bajo esta premisa, se encontró su demanda para las condiciones del terreno y según el escenario sísmico.

#### SECTOR 01

- I.E. Carlos Gutiérrez Merino, edificación de dos pisos con pórticos de concreto armado rigidizado con mampostería en regular estado de conservación como se muestra en la Figura 51.



Figura 51. I.E. Carlos Gutiérrez Merino.

- I.E.I. 330 Ancón, edificación de un piso con pórticos de concreto armado rigidizado con mampostería en buen estado de conservación como, se muestra en la Figura 52.



Figura 52. I.E.I. 330 Ancón.

- Centro de Salud Materno Infantil Ancón – MINSA, edificación de un piso con pórticos de concreto armado rigidizados con mampostería en buen estado de conservación, como se muestra en la Figura 53.



**Figura 53.** Centro de Salud Materno Infantil Ancón – MINSA.

- Iglesia San Pedro, estructura de un piso de material adobe y quincha en regular estado de conservación. Ver Figura 54.



**Figura 54.** Iglesia San Pedro.

- Estación eléctrica, ubicada en el sector cerca al Jr. Elías Aguirre, como se muestra en la Figura 55.



**Figura 55.** Estación Eléctrica.

- Tanque de agua, ubicada en el sector cerca a la calle El Bergantín, como se muestra en la Figura 56.



Figura 56. Tanque de agua.

## SECTOR 02

- Complejo Educativo Hogar Niños Jesús de Praga – INABIF, consiste principalmente de varias edificaciones cuyo sistema estructural son pórticos de concreto de un nivel y losa ligera, como se muestra en la Figura 57.

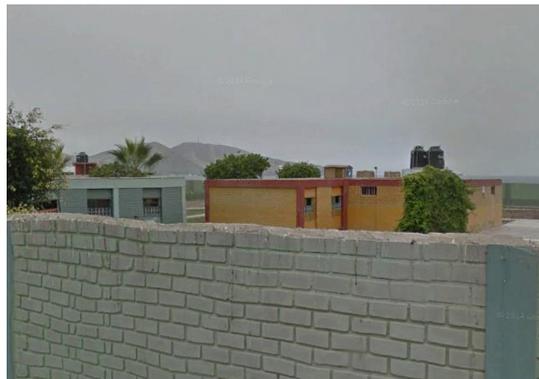


Figura 57. Institución educativa Hogar Niño Jesús de Praga.

- Compañía de Bomberos Ancón N°163, el cual consiste en una estructura de albañilería de un piso con cobertura ligera metálica, como se muestra en la Figura 58.



Figura 58. Compañía de Bomberos Ancón N°163

- Reservorio de agua elevado de concreto armado, como se muestra en la Figura 59.



**Figura 59.** Reservorio elevado de concreto armado.

### SECTOR 03

- Centro de Desarrollo Integral de la Familia “Turquezas”, es una edificación de un nivel, en base a pórticos de concreto armado y divisiones de albañilería en regular estado de conservación, como se muestra en la Figura 60.



**Figura 60.** Centro de Desarrollo Integral de la Familia “Turquezas”.

- I.E. Santa Rosa 3721, es una edificación de dos niveles, en base a pórticos de concreto armado y divisiones de albañilería en regular estado de conservación, como se muestra en la Figura 61.



**Figura 61.** I.E. Santa Rosa 3721.

- Institución Educativa Particular Santa Teresita, es una edificación de dos niveles, de mampostería confinada. No se apreció la existencia de fisuras importantes. Se encuentra en regular estado de conservación, como se muestra en la Figura 62.



**Figura 62.** Institución Educativa Particular Santa Teresita.

- Comisaría, es una edificación de dos niveles de mampostería confinada. No se apreció la existencia de fisuras importantes. Se encuentra en buen estado de conservación, como se muestra en la Figura 63.



**Figura 63.** Comisaría del Sector.

- Estadio José Balta, mostrado en la Figura 64.



Figura 64. Estadio José Balta, sobre la izquierda de la imagen.

#### SECTOR 04

- Centro de Formación y Desarrollo Comunal Ayne, edificación de dos pisos de albañilería confinada con losa aligerada, en buen estado de conservación como se muestra en la Figura 65.



Figura 65. Centro de Formación y Desarrollo Comunal.

- I.E.I. N°615 Señor de los Milagros, como se muestra en la Figura 66.



Figura 66. I.E.I Señor de los Milagros.

- I.E. N°3069 Generalísimo José de San Martín, edificación de dos pisos de albañilería confinada con losa aligerada, en buen estado de conservación como se muestra en la Figura 67.



Figura 67. I.E. Generalísimo José de San Martín.

#### SECTOR 05

- I.E. N°2066 Almirante Miguel Grau, la cual consiste en una estructura aporcada con vanos de albañilería de dos pisos, con techos de losa aligerada y cobertura ligera en los diferentes pabellones, como se muestra en la Figura 68.



Figura 68. I.E. Almirante Miguel Grau.

- I.E.P. Emiliano Ezcurra Carpio, consiste en una estructura de albañilería con techo de losa aligerada de un piso, como se muestra en la Figura 69. Originalmente estuvo destinada a vivienda.



Figura 69. I.E.P. Emiliano Ezcurra Carpio.

- Cisterna de agua, estructura apoyada en el suelo y ubicado en lo alto de un cerro, como se muestra en la Figura 70.



Figura 70. Cisterna de agua.

#### SECTOR 06

- Universidad Privada Telesup, la cual se encuentra en buen estado de conservación, como se muestra en la Figura 71.



Figura 71. Universidad Privada Telesup.

### SECTOR 07

- Institución Educativa Particular “Nuestro Maravilloso Mundo”, es una edificación de dos niveles, en base a pórticos muros de mampostería confinada y techo aligerado, como se muestra en la Figura 72. Se encuentra en buen estado de conservación.



**Figura 72.** Institución Educativa Particular “Nuestro Maravilloso Mundo”.

- Institución Educativa Particular “El Buen Pastor”. Es una edificación de dos niveles, en base a pórticos muros de mampostería confinada y pórticos de concreto armado con divisiones de mampostería, como se muestra en la Figura 73. Se encuentra en buen estado de conservación.



**Figura 73.** Institución Educativa Particular “El Buen Pastor”.

### SECTOR 08

- I.E. 898-8193 Villas de Ancón, cuenta con edificaciones de uno y dos pisos. El sistema estructural predominante son pórticos de concreto armado rigidizado con vanos de mampostería y techo aligerado para las edificaciones de dos pisos y albañilería con cobertura ligera en las de un piso. Se observa un buen estado de conservación, como se muestra en la Figura 74.



Figura 74. I.E. 898-8193 Villas de Ancón.

- Asociación de Comerciantes Mercado Modelo Villas de Ancón, cuenta con edificaciones informales de albañilería, ya que no se observaron columnas ni vigas de confinamiento, y construcciones de madera en regular estado de conservación, como se muestra en la Figura 75.



Figura 75. Asociación de Comerciantes Mercado Modelo Villas de Ancón.

#### SECTOR 09

No se encontraron edificaciones esenciales.

#### SECTOR 10

No se encontraron edificaciones esenciales.

#### SECTOR 11

No se encontraron edificaciones esenciales.

#### SECTOR 12

No se encontraron edificaciones esenciales.



## 7 DIAGNÓSTICO DEL RIESGO SÍSMICO EN EL DISTRITO DE ANCÓN

### 7.1 Definición de Riesgo Sísmico

Se define el riesgo sísmico como la pérdida material o humana, debido a la acción de un evento sísmico severo tomando en cuenta la magnitud de este y la vulnerabilidad de la edificación.

Para este propósito es necesario conocer el peligro sísmico del área de estudio y asimismo la vulnerabilidad de las edificaciones en el área.

El peligro sísmico, para este análisis se basa en las aceleraciones máximas para el tipo de suelo que han sido calculadas a partir de una microzonificación geotécnica sísmica de la zona, luego de haber caracterizado el comportamiento dinámico de los suelos en función de su sismicidad.

Por otro lado se puede identificar el tipo de sistema estructural y diagnosticar la respuesta sísmica de éste, producto de la aceleración máxima inducida por el sismo evaluada en el estudio de vulnerabilidad de las edificaciones. De esta manera puede estimarse el nivel de daño, ya que la respuesta sísmica de una edificación es dependiente de la caracterización dinámica del suelo.

Existen métodos de simulación del riesgo basados en la superposición de la estadística del daño sobre edificaciones durante los sismos, a través del levantamiento de información post evento, que al sobreponerse con las aceleraciones máximas producidas, generan curvas de aceleración versus nivel de daño esperado para un determinado sismo. Estas curvas reciben el nombre de Curvas de Fragilidad, ya que muestran lo frágil que un determinado material y/o sistema estructural puede ser frente a determinado nivel de aceleraciones inducidas sobre el sistema.

Asimismo existen métodos basados en la evaluación de la respuesta sísmica de los sistemas estructurales bajo cierto nivel de aceleración inducida y la estimación de su nivel de daño. Este tipo de metodología ha sido adoptada en el presente estudio.

Para la determinación del riesgo sísmico del distrito de Ancón, se ha utilizado el método de aproximación al valor de reparación de una vivienda, expresado como porcentaje del costo de la edificación. Conocida la respuesta sísmica de las edificaciones, utilizando la metodología presentada en [3] y [4], donde se estima el nivel de distorsión máxima, considerando el escenario sísmico propuesto en el estudio de peligro. Conocido el nivel de distorsión es posible estimar el nivel de daño por tipo de sistema estructural, para el lote representativo de la manzana en estudio.

Un proceso de regresión de los diversos tipos de daño y la cuantificación del costo relacionan el valor de la reparación con la distorsión de la respuesta sísmica ( $\Delta\delta_i/h_i$ ) en cada lote. Este costo de reparación ( $C_r$ ) se expresa como el porcentaje del costo de la

estructura, considerando  $\lambda$  y  $\varepsilon$  parámetros de vulnerabilidad estructural, correspondientes al sistema estructural y al tipo de reparación involucrada para los materiales involucrados.

$$Cr = \left( \frac{\Delta\delta_j}{h_j} \right) / \lambda)^\varepsilon / 100$$

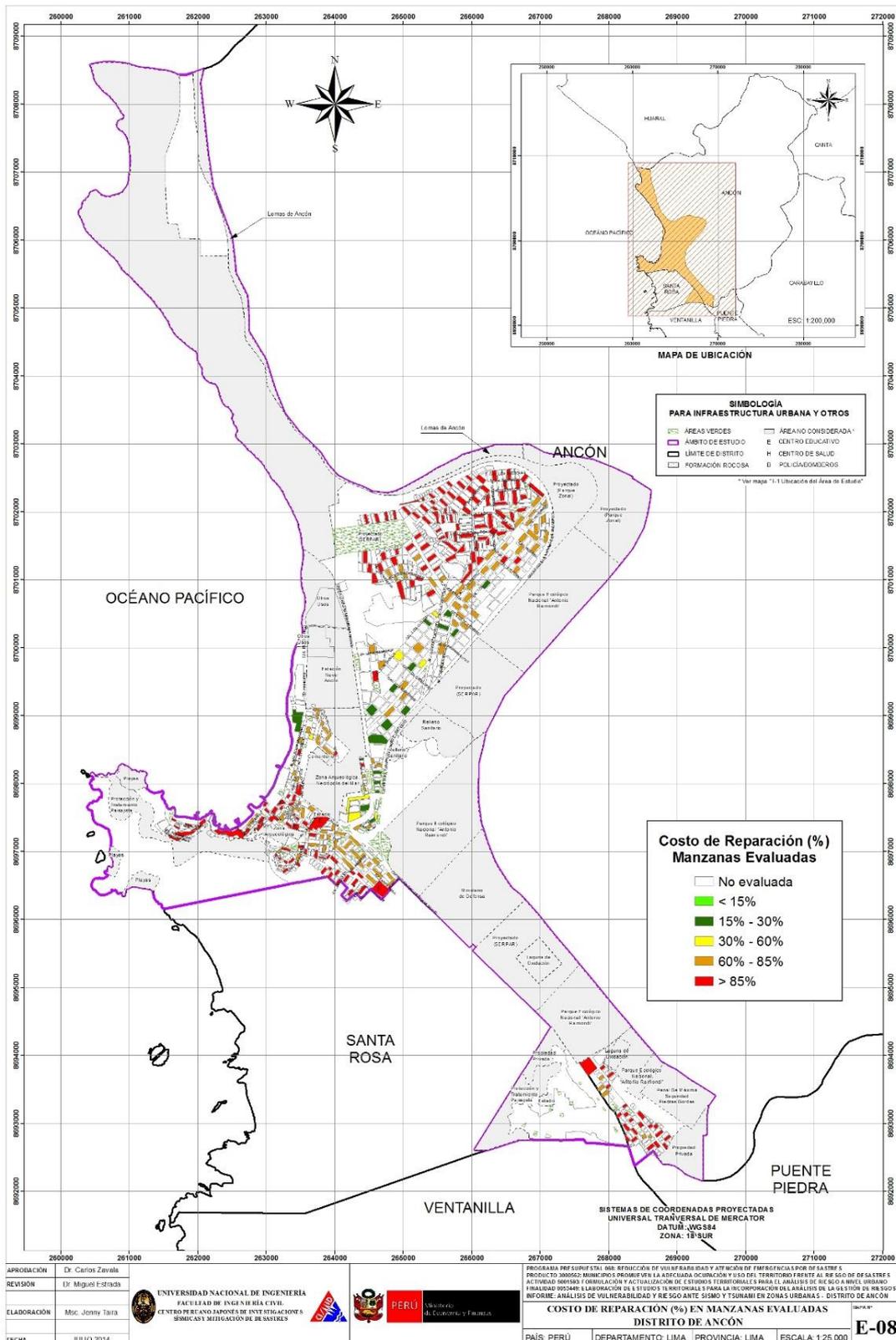
Para la evaluación del riesgo se consideró cada registro de la base de datos produciendo el diagnóstico de la distorsión y en base a esta se elaboró el mapa que representa el costo de reparación representativo para la manzana, considerando los resultados del lote representativo.

El desarrollo de este diagnóstico se realizó mediante el proceso que se presenta en la Figura 76.



**Figura 76.** Proceso de generación del mapa de riesgo.

Basados en la información de campo se evaluaron 283 manzanas con los datos de sus lotes representativos, dando como resultado el mapa E-08 de costo de reparación mostrado en la Figura 77.



**Figura 77. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas.**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Una vez calculado el costo de reparación para las manzanas evaluadas se genera, a través del método de interpolación IDW (Inverse Distance Weighted) un archivo de imagen (raster) donde el valor de cada pixel es el valor del costo de reparación interpolado para una edificación construida sobre esta ubicación. La resolución espacial de este archivo es de 5 metros, es decir que cada pixel cubre un área de 25 metros cuadrados de terreno.

La Figura 78 muestra el resultado de la interpolación de los valores del costo de reparación sobre todo el distrito de Ancón.

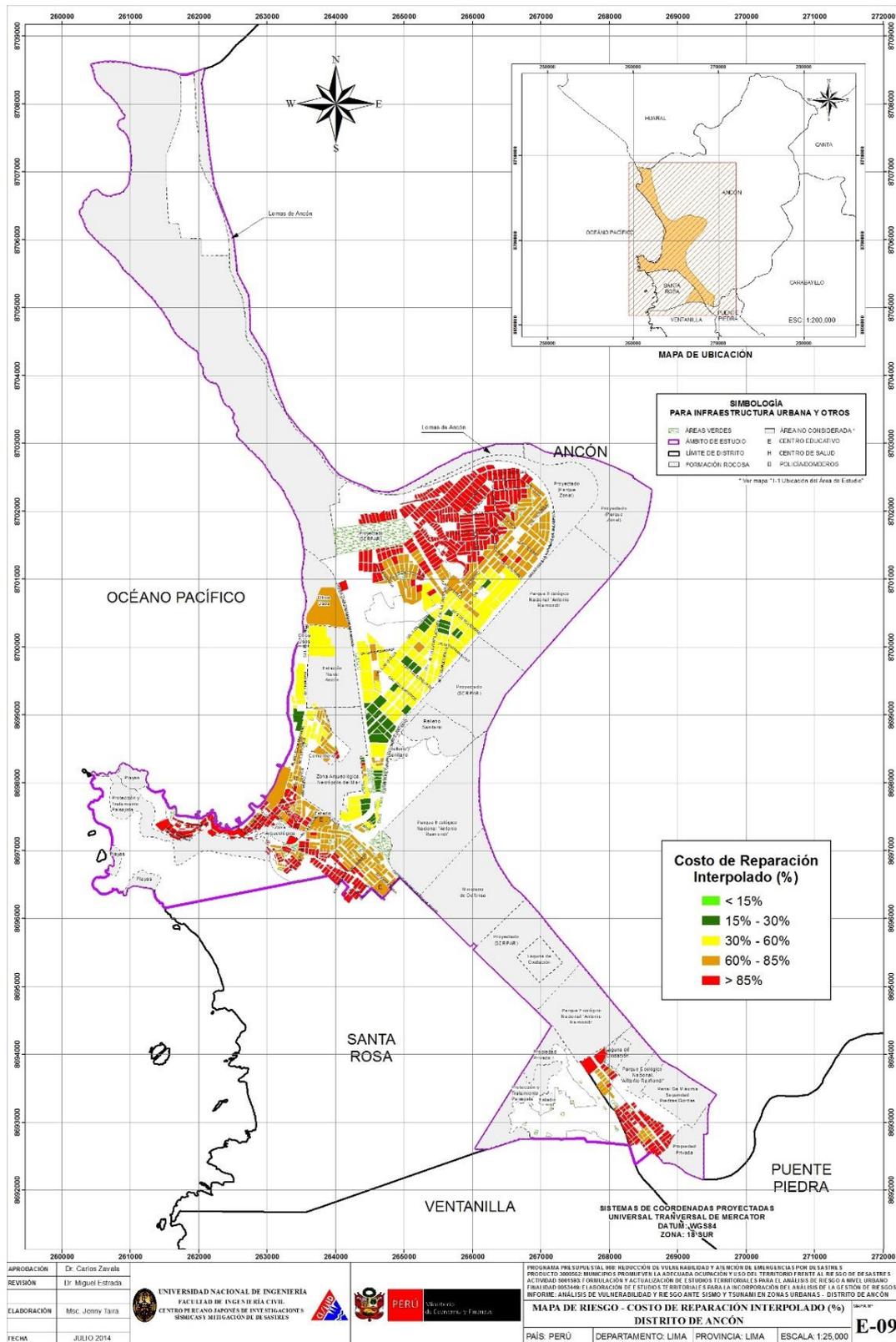


Figura 78. Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW).

Una vez realizada la interpolación, este archivo de imagen se convierte en un archivo de puntos equidistantes a 5 metros, donde el valor contenido en este punto es valor del costo de reparación. Finalmente para cada manzana se procede a promediar los valores de todos los puntos que caen dentro del polígono que representa a la manzana obteniendo finalmente el costo de reparación interpolado para todas las manzanas del distrito. La Tabla 2, presenta los resultados de la simulación de riesgo sísmico para las edificaciones del distrito de Ancón.

**Tabla 2.** Resultados del daño en el distrito de Ancón para un escenario de sismo severo.

Color	Rango	Nivel Daño	Número de Mzas.	%	%	Nivel de Daño
Verde	< 15%	Nivel I	0	0.0%		
Verde agua	15% - 30%	Nivel II	18	6.4%	6.4%	Daño Leve o sin daño
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	7	2.5%	2.5%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	97	34.3%	34.3%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	161	56.9%	56.9%	Colapso
			<b>283</b>	<b>100%</b>		

En el mapa E-08, que presenta el riesgo expresado como porcentaje del costo de la edificación para el distrito de Ancón bajo un escenario del sismo. En el mapa se puede apreciar que los sectores en verde tendrían un costo de reparación entre 0~15%. Aquellos sectores en verde agua poseen un costo de reparación entre 15~30% del valor de la edificación. Los sectores en amarillo tendrían un porcentaje de reparación para sus viviendas entre 30%~60%. Las zonas en color naranja, tendrían porcentaje de costo de reparación entre 60%~85%, mientras que las zonas en rojo tendrían edificaciones con costos de reparación entre 85% a más. Estos dos últimos grupos son diagnosticados como los grupos con indicadores de edificaciones en riesgo de colapso que corresponden al 34.3% de las edificaciones con daño severo y 56.9% con riesgo a colapso, para el escenario propuesto. Las aceleraciones asumidas para el diagnóstico son las presentadas en el informe de la Microzonificación Geotécnica.

Caso especial es el representado por las edificaciones esenciales que en caso de un evento sísmico severo deben de seguir funcionando luego del evento. Bajo esta premisa se tomaron aquellas edificaciones esenciales que formaron parte de la muestra, encontrándose el resumen de los resultados en la tabla siguientes.

**Tabla 3.** Resultado de daño esperado en edificaciones esenciales.

Color	Rango	Nivel Daño	Número de Mzas.	%	%	Nivel de Daño
Verde	< 15%	Nivel I	0			
Verde agua	15% - 30%	Nivel II	0	0.00%	0%	Daño Leve o sin daño
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	0	0.00%	0%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	0	0.00%	0%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	7	100.00%	100%	Colapso
			<b>7</b>	<b>100%</b>		



Los resultados para las edificaciones esenciales son presentados en el mapa E-09A, donde puede apreciarse los resultados que se presentan en la Tabla 3, que muestra que el 100% de las edificaciones esenciales evaluadas experimentarían colapso, debido al nivel de demanda sísmica extrema sobre sus sistemas estructurales y los suelos donde se ubican.

## **8 RESUMEN EJECUTIVO DE LAS PROPUESTA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES DE VIVIENDA POR TIPOLOGÍA**

- El objetivo de esta sección del estudio es identificar el tipo de estructura que debe ser reforzada en base a los resultados del estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico del distrito de Ancón, ilustrando el tipo de refuerzo a través de detalles típicos de reforzamiento e identificando las ubicaciones de aquellas edificaciones que requieren ser intervenidas en forma inmediata.
- Considerando los resultados del estudio de vulnerabilidad sísmica, se encontró que el 66.8% de las edificaciones del distrito de Ancón son de mampostería (albañilería) de ladrillo, seguido por un 27.2% de edificaciones de madera, un 4.9% de edificaciones de concreto y 1.1% de adobe y quincha. La representatividad de la muestra nos orienta a mostrar aquellas técnicas apropiadas para el reforzamiento de viviendas de mampostería y asimismo de edificaciones de concreto.
- Los resultados del estudio de riesgo sísmico de los sectores estudiados y considerando los lotes representativos de la muestra, identifican que los niveles de daño I y II (con costo de reparación inferior al 30%) demandarían inversiones menores en la reparación. Los Niveles de daño III, IV y V, que serían aquellos que demanden intervención para su refuerzo. Así por ejemplo de las 283 manzanas estudiadas para edificaciones de mampostería, 171 manzanas necesitarían algún tipo de intervención. En el caso de las edificaciones de concreto 14 manzanas requerirían de una intervención de reforzamiento.
- Considerando las manzanas que poseen nivel de daño IV y V, que son aquellas que tendrían que ser intervenidas de forma inmediata, se ha cuantificado que 258 manzanas requieren ser intervenidas para evitar un daño severo o el colapso. Estas edificaciones son aquellas cuyo costo de reparación es superior al 60% de su valor. La intervención de estas viviendas debe realizarse luego de una evaluación al detalle de la edificación por parte de un especialista en diseño de estructuras antisísmicas.
- Se presentan técnicas para el reforzamiento de muros, columnas y cimentaciones, típicas de un reforzamiento en viviendas de albañilería. Siguiendo estas recomendaciones y con la asesoría de un ingeniero estructural se logrará disminuir el daño en estas edificaciones.



## 9 PROPUESTA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES DE VIVIENDA POR TIPOLOGÍA

Con la finalidad de proponer la técnica de reforzamiento para las edificaciones en el distrito de Ancón, se estudió la composición de la muestra levantada en campo. Los resultados que se muestran en la Tabla 4 presentan que en el 66.8% de los casos las edificaciones de este distrito son de mampostería (albañilería) de ladrillo, seguido por un 27.2% de edificaciones de madera y 4.9% de edificaciones de concreto. La representatividad de la muestra nos orienta a mostrar aquellas técnicas apropiadas para el reforzamiento de viviendas de mampostería y asimismo de edificaciones de concreto.

**Tabla 4.** Composición por material de la muestra estudiada.

Material	Manzanas	%
Adobe y quincha	3	1.1%
Concreto	14	4.9%
Mampostería	189	66.8%
Madera	77	27.2%
Total	283	100.0%

Por otro lado, luego del diagnóstico del riesgo sísmico en los sectores estudiados y considerando los resultados de los lotes representativos de la muestra, se encontró que dependiendo del nivel de daño diagnosticado por material, en la Tabla 5 se muestra el agrupamiento de los Niveles III, IV y V, que serían aquellos que demanden intervención para su refuerzo. Así por ejemplo de las 283 manzanas estudiadas para edificaciones de mampostería, 171 manzanas necesitarían algún tipo de intervención. En el caso de las 14 edificaciones de concreto, 14 requerirían de una intervención de reforzamiento.

**Tabla 5.** Composición de la muestra por nivel de daño esperado.

Adobe	Nivel I	0	
	Nivel II	0	
	Nivel III	0	
	Nivel IV	0	
	Nivel V	2	2
Mampostería	Nivel I	0	
	Nivel II	18	
	Nivel III	7	
	Nivel IV	95	
	Nivel V	69	164
Concreto	Nivel I	0	
	Nivel II	0	
	Nivel III	0	
	Nivel IV	2	
	Nivel V	12	14
Quincha	Nivel III	0	
	Nivel IV	0	
	Nivel V	1	1
Madera	Nivel III	0	
	Nivel IV	0	
	Nivel V	77	77

A continuación se proponen algunos casos representativos para el reforzamiento de muros de albañilería existentes con deficiencia de confinamiento, refuerzo de muros de albañilería existentes con deficiencia de tamaño o sección, para el reforzamiento de columnas de concreto y para la inclusión de muros de concreto a partir de columnas existentes. Considerando las manzanas que poseen nivel de daño IV y V, que son aquellas que tendrían que ser intervenidas de forma inmediata, se ha cuantificado que 258 manzanas requieren ser intervenidas para evitar un daño severo o el colapso. La ubicación de estas edificaciones es presentada en la Figura 79, donde se muestran aquellas viviendas cuyo costo de reparación es superior al 60% de su valor. Las zonas en color rojo muestran las manzanas con una mayor probabilidad de colapso, mientras que las zonas en color naranja muestran las manzanas con una alta probabilidad de daño severo. La intervención de estas viviendas debe realizarse luego de una evaluación al detalle de la edificación por parte de un especialista en diseño de estructuras antisísmicas.

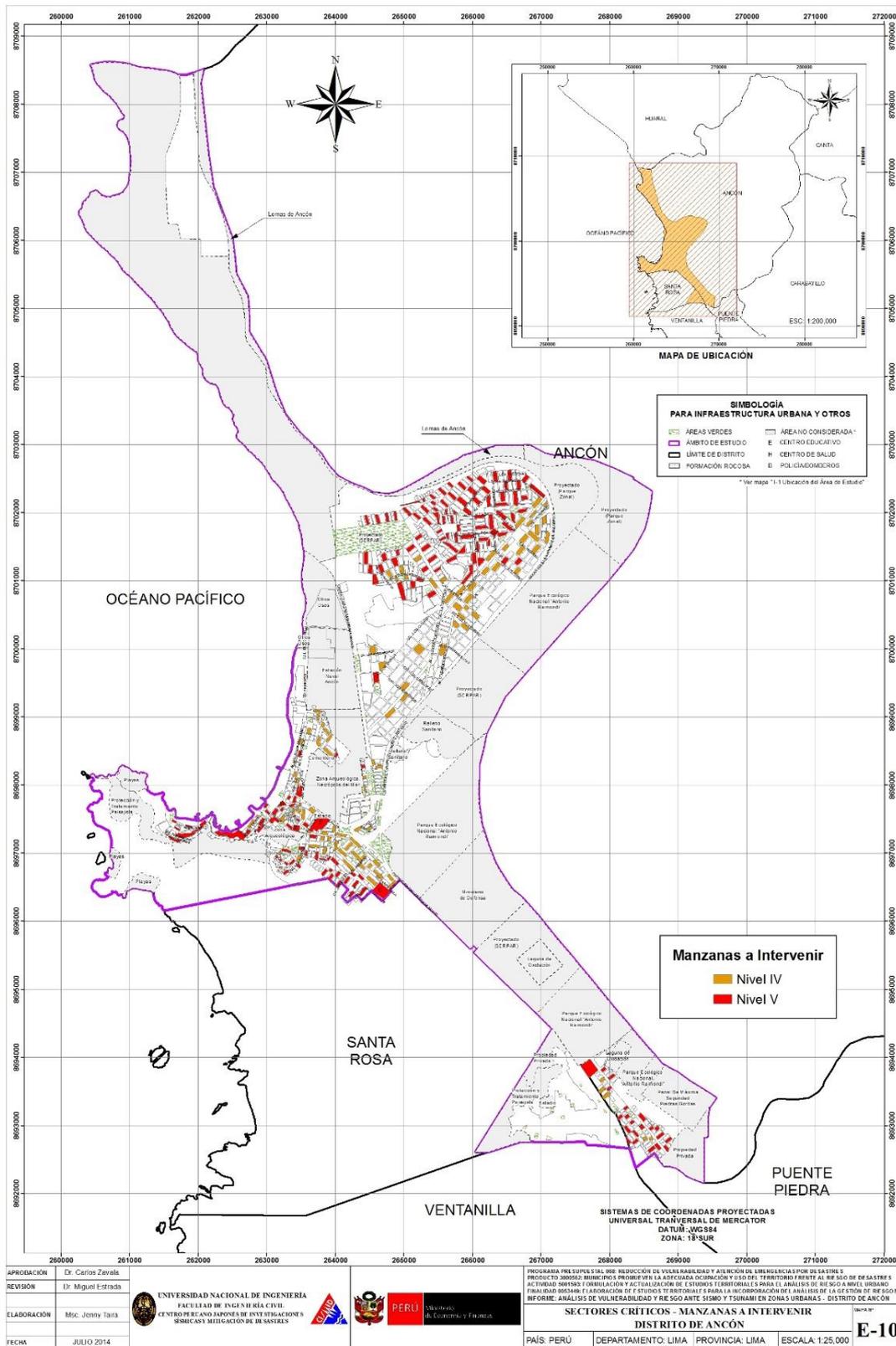


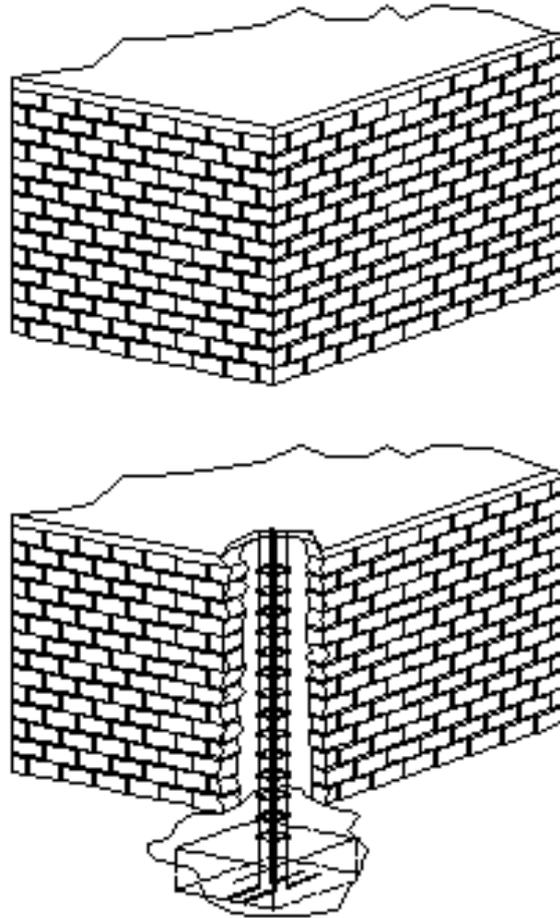
Figura 79. Ubicación de manzanas a intervenir.



Las viviendas en zonas de laderas, en su mayoría han sido edificadas con materiales livianos, de carácter provisional (latas, cartones, planchas de madera contraplacada, etc.) que desde la óptica estructural su modelación y diagnóstico es complejo y escapa a los métodos racionales de análisis estructural y resistencia de materiales, debido a lo cual no se presenta un diagnóstico estructural de los mismos.

## **10 PROPUESTAS REPRESENTATIVAS PARA EL REFORZAMIENTO DE MUROS DE ALBAÑILERÍA EXISTENTES CON DEFICIENCIA DE CONFINAMIENTO**

Es de conocimiento general que una edificación de albañilería (mampostería) de ladrillo sin el debido confinamiento representa un peligro para sus ocupantes, ya que al no tener confinamientos no existen los elementos de borde que puedan desarrollar en conjunto con los ladrillos la toma de las fuerzas de tracción, para las cuales la mampostería es muy débil. Caso especial son los muros esquineros, que generalmente se abrirán en las esquinas ante la demanda sísmica, originando el volteo fuera del plano de sus muros concurrentes. Por esta razón, en ausencia de confinamientos es imprescindible dotar de columnas en los extremos a estos muros. Para este propósito es necesario en primera instancia insertar una zapata dentro del cimiento corrido, de manera que las columnas de confinamiento puedan unirse al muro. Para esto será necesario demoler el muro en su esquina dejando un endentado, con la finalidad de colocar la canastilla de refuerzo y posteriormente vaciar al elemento estructural.



**Figura 80.** Detalle de inclusión de columnas de reforzamiento en muro sin confinamiento existente.

### 10.1 Reforzamiento de muros de albañilería existentes con deficiencia de tamaño o sección

De acuerdo a la norma de diseño de albañilería NTE-070-RNE, la densidad de muros de una edificación, se define como la relación entre el área de muros estructurales de elementos área del área techada del nivel en estudio. Esta relación se encuentra entre el 4% al 5% del área techada en estudio, dependiendo de la zona sísmica, la aceleración esperada y el tipo de suelo. Cuando este criterio no se cumple, existirá deficiencia en el tamaño o sección del muro. En este caso, ya que el muro existe, lo comúnmente adoptado para el refuerzo de este tipo de muro es el envolver al muro con una malla de fierro de  $\frac{1}{4}$ " de diámetro espaciados cada 10 cm en ambas direcciones. Este refuerzo puede hacerse con acero dúctil o con mallas electrosoldada.

En la se Figura 81 se muestra la secuencia del refuerzo de un muro de albañilería, considerando el incremento de la sección con la colocación de malla y recubrimiento.



Figura 81. Detalle de refuerzo sobre las caras del muro.

Otra alternativa para el refuerzo es el uso de bandas en diagonal de malla o fierro dúctil, de manera que se refuercen aquellas zonas que estarán sometidas a las tracciones. Esta técnica ha sido experimentada en CISMID con éxito, y representa una alternativa económica ya que se ahorra material y acero.



(a)

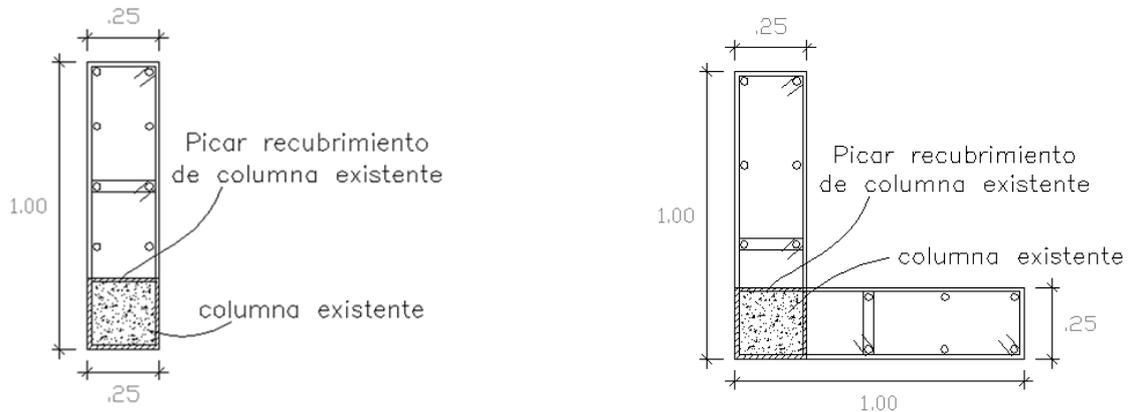


(b)

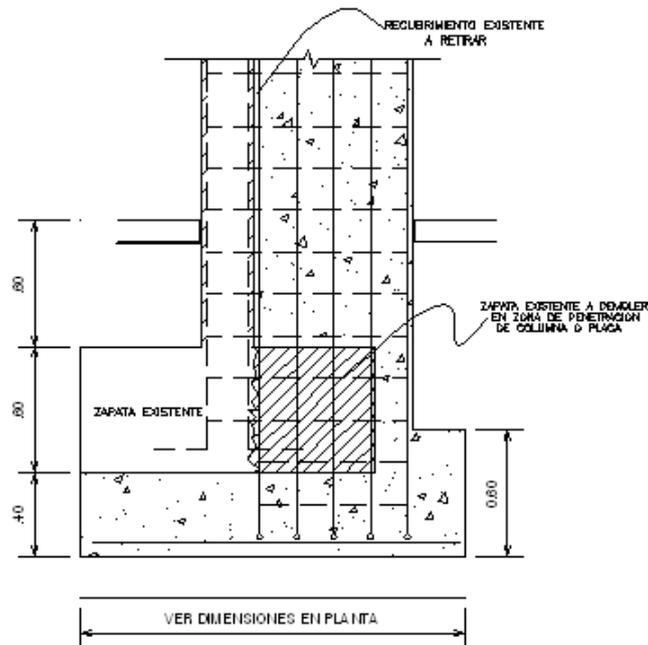
Figura 82. Reforzamiento con bandas de refuerzo.

### 10.2 Reforzamiento de Columnas de Concreto

Cuando existen deficiencias en las secciones de concreto es necesario realizar el incremento de la sección considerando la extracción del recubrimiento y el uso de resinas epóxicas para pegar el concreto existente con el concreto nuevo, formando un suplemento de la columna con deficiencia estructural. En la Figura 83 se muestran dos casos de columna existente donde se requiere incrementar la sección. En el primer caso el incremento de la sección se realiza sobre una dirección mientras que en el segundo, considerando que es una columna esquinera, se incrementa la sección en ambas direcciones. Para esto es necesario retirar el recubrimiento de la columna existente para aplicar una resina epóxica, luego se coloca el acero de refuerzo que debe anclarse al refuerzo de la cimentación el cual describiremos en el siguiente ítem. Colocado el refuerzo, se coloca el encofrado y se coloca el nuevo concreto.



**Figura 83.** Detalle de reforzamiento para columna existente y esquinera.

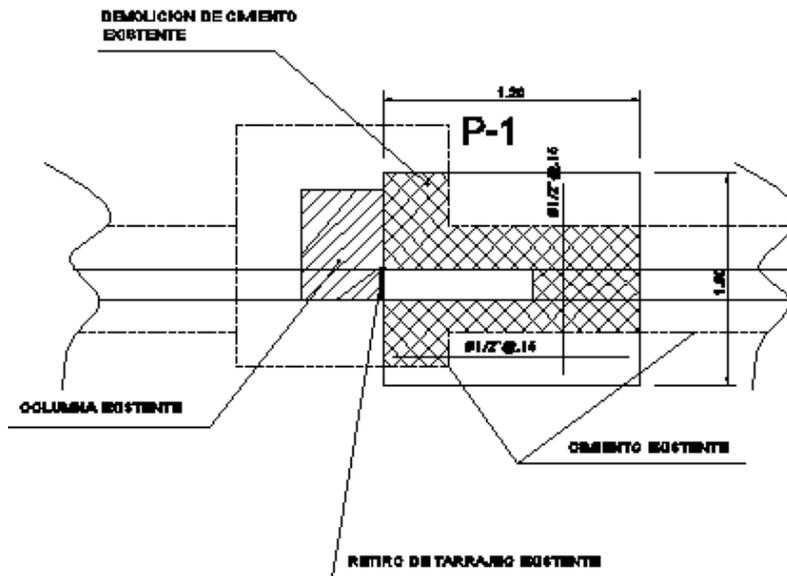


**Figura 84.** Detalle de reforzamiento de zapata para columna.

### 10.3 Reforzamiento de Zapata Existente de Columna

Cuando se refuerza un muro o una columna, es necesario incrementar la sección de su cimentación ya que la inclusión del elemento generará momentos mayores sobre la base del elemento estructural. Así la cimentación existente no será lo suficiente eficiente para tomar las nuevas cargas, por esta razón la sección de cimiento debe incrementarse. La Figura 84 muestra un detalle típico para el reforzamiento de una columna. Aquí como se observa, parte del cimiento existente debe ser demolido, con la finalidad de dar paso al incremento de la sección de la cimentación. Al igual que en el caso de la columna será necesario el uso de resinas epóxicas para pegar el concreto existente con el nuevo concreto, al igual que la fijación de la nueva armadura del elemento a reforzar.





DETALLE DE CIMENTACION DE PLACA DE REFUERZO D-1

Figura 86. Detalle de la cimentación de la placa visto en planta.

### 10.5 Conclusiones y recomendaciones para el reforzamiento de edificaciones

- Considerando los resultados del estudio de vulnerabilidad sísmica, se encontró que el 67% de las edificaciones del distrito de Ancón son de mampostería (albañilería) de ladrillo, seguido por un 27% de edificaciones de madera, un 5% de concreto y 1% de madera y quíncha. La representatividad de la muestra nos orienta a mostrar aquellas técnicas apropiadas para el reforzamiento de viviendas de mampostería y asimismo de edificaciones de concreto.
- Los resultados del estudio de riesgo sísmico de los sectores estudiados y considerando los lotes representativos de la muestra, identifican que los niveles de daño I y II (con costo de reparación inferior al 30%) demandan inversiones menores en la reparación. Los Niveles de daño III, IV y V, que serían aquellos que demanden intervención para su reforzamiento. Así por ejemplo de las 189 manzanas evaluadas para edificaciones de mampostería, 171 manzanas necesitarían algún tipo de intervención. En el caso de las edificaciones de concreto 14 manzanas requerirían de una intervención de reforzamiento.
- Considerando las manzanas que poseen nivel de daño IV y V, que son aquellas que tendrían que ser intervenidas de forma inmediata, se ha cuantificado que 258 manzanas requieren ser intervenidas para evitar un daño severo o el colapso. Estas edificaciones son aquellas cuyo costo de reparación es superior al 60% de su valor. La intervención de estas viviendas debe realizarse luego de una evaluación al detalle de la edificación por parte de un especialista en diseño de estructuras antisísmicas.



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



## CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID

- Se presentan técnicas para el reforzamiento de muros, columnas y cimentaciones, típicas de un reforzamiento en viviendas de albañilería. Siguiendo estas recomendaciones y con la asesoría de un ingeniero estructural se lograra disminuir el riesgo en estas edificaciones.

### Referencias

- [1] Miranda, E. y Reyes C., Approximate Lateral Drift Demands in Multistory Buildings with Non uniform Stiffness - Journal of Structural Engineering ASCE, Julio 2002.
- [2] Miranda, E., Approximate Lateral Deformation Demands In Multistory Buildings, Journal of Structural Engineering ASCE, 1999.
- [3] Zavala, C. y Proaño, R., Estimación Rápida de la Respuesta Sísmica en Base a Sistemas de un Grado de Libertad para el Cálculo de Vulnerabilidad, XIV Congreso de Ingeniería Civil Iquitos Perú, Octubre 2003.
- [4] Scaletti, H., Estimación Rápida de Desplazamientos Laterales Producidos por Sismo, FIC – UNI, 2003.
- [5] Zavala, C., Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño – SRSND, CISMID/FIC/UNI, Noviembre 2007.
- [6] Pallawlecial, E., Efectos del Terremoto de Managua en los efectos de agua y alcantarillado, IX Seminario Centroamericano de Ingenieros Sanitarios Panamá, Septiembre 1973.
- [7] Organización Panamericana de la Salud (OPS), American Water Works Association (AWWA), Reducción del Daño Sísmico – Guía para Empresas de Agua, 2003.
- [8] Maruyama, Y. y Yamazaki, F., Damage Estimation of Water Distribution Pipes following recent earthquakes in Japan, Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE), Marzo 2010.
- [9] Zavala, C., Aguilar, Z., and Estrada, M., Post Quake Microzoning Study On Pisco and Tambo De Mora Due To August 15th 2007 Pisco Quake, Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE), March 2010.