



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



PROGRAMA PRESUPUESTAL	0068: REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES
PRODUCTO	3000562. MUNICIPIOS PROMUEVEN LA ADECUADA OCUPACIÓN Y USO DEL TERRITORIO FRENTE AL RIESGO DE DESASTRES
ACTIVIDAD	5001593. FORMULACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE ESTUDIOS TERRITORIALES PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL URBANO
FINALIDAD	0053449. ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TERRITORIALES PARA LA INCORPORACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RIESGOS
INFORME	ANÁLISIS DE RIESGO EN ZONAS URBANAS DEL DISTRITO DE SAN LUIS



LIMA, ABRIL 2016



ÍNDICE

ÍNDICE	1
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA TABLAS	5
1. ANTECEDENTES	6
2. INTRODUCCIÓN	6
3. MAPAS DE VULNERABILIDAD	7
3.1. Exploración de Campo de Tipo Muestral	7
3.1.1. Preparación de Actividades, Coordinación y Personal	7
3.1.2. Metodología de toma de datos	8
3.1.3. Plantilla para la encuesta	8
3.1.4. Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo	10
3.1.5. Procedimiento y control de calidad de datos de campo	12
3.1.6. Georeferenciación y Compatibilización de Planos	12
3.1.7. Sistematización de la Información	13
3.1.8. Ubicación de las manzanas a evaluar	13
3.2. Informe de campo	15
3.2.1. Edificaciones	15
3.2.2. Edificaciones esenciales	18
3.3. Base de datos geo-espacial	27
3.3.1. Mapa de Uso de Suelo	30
3.3.2. Mapa de Materiales Predominantes	31
3.3.3. Mapa de Alturas de Edificación	32



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



3.3.4.	Mapa de Tipologías Estructurales	33
3.3.5.	Mapa de Estado de Conservación	34
3.3.6.	Mapa de Vulnerabilidad	35
4.	MAPAS DE RIESGO	42
4.1.	Elaboración de Estudio de Riesgo para un Escenario Sísmico	42
4.2.	Mapa de riesgo de las edificaciones evaluadas para un escenario sísmico	43
4.3.	Conclusiones de evaluación del riesgo sísmico para un escenario de sismo severo	45
5.	REFERENCIAS	47



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formato de Ayuda para Codificación del Lote	9
Figura 2. Formato de evaluación para la edificación representativa de la manzana	10
Figura 3. Sectores de evaluación del distrito de San Luis.....	11
Figura 4. Manzanas totales (315) versus manzanas seleccionadas (124)	14
Figura 5. Edificaciones de mampostería de tres y cuatro pisos con techo aligerado.	15
Figura 6. Edificaciones con techo de losa aligerada.	16
Figura 7. Vivienda representativa del Sector 02.	16
Figura 8. Vivienda de albañilería confinada representativa del Sector 02.	17
Figura 9. Edificaciones de uso comercial.....	17
Figura 10: Colegio Saco Oliveros y la I.E.E. P.A.E.N.F.T.	18
Figura 11: Colegio Niño Jesús de Praga y el colegio San Juan Macías.	19
Figura 12: I.E.P Oh Cielito, I.E.P Don Bosco y el C.E.I.P Los Hijos de María.	19
Figura 13: I.E Los Educadores y Universidad San Martín de Porres.....	20
Figura 14. Comisaría San Luis y Parroquia San Juan.....	20
Figura 15. Mercado 1º de Mayo y C.C Señor de los Milagros.....	21
Figura 16. Villa Deportiva Nacional.....	21
Figura 17. I.E. 1133 Santísima Virgen de Fátima.	22
Figura 18. I.I.E.E.1128 San Luis.....	22
Figura 19. I.E.P. Almirante Lord Cochrane.	22
Figura 20. I.E.P. I.E. 0082 La Cantuta.....	22
Figura 21. I.E. Javier Prado.	23
Figura 22. I.E.I. 133 Fernando Luna Demutti.....	23
Figura 23. Colegio Saco Oliveros.	23
Figura 24. I.E. 1204 Villa Jardín.	23
Figura 25. Universidad Privada Telesup.....	24
Figura 26. Policlínico San Luis.	24



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



Figura 27. Clínica José Marelló.	24
Figura 28. Clínica San Juan de Dios.	25
Figura 29. Municipalidad de San Luis.	25
Figura 30. Mercado.	25
Figura 31. Asociación de Comerciantes San Jacinto.	25
Figura 32. Estaciones de Servicio de Combustible.	26
Figura 33. Base de datos de los lotes representativos por manzana.	27
Figura 34. Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva y procesamiento.	29
Figura 35. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de San Luis.	30
Figura 36. Mapa de Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de San Luis.	30
Figura 37. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito San Luis.	31
Figura 38. Mapa de Distribución de los materiales de construcción predominante del distrito de San Luis.	31
Figura 39. Distribución del número de pisos de las edificaciones del distrito de San Luis.	32
Figura 40. Mapa temático del número de pisos de las edificaciones del distrito de San Luis.	32
Figura 41. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de San Luis.	33
Figura 42. Mapa del uso del sistema estructural muestra del distrito de San Luis.	34
Figura 43. Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de San Luis.	34
Figura 44. Mapa del estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de San Luis.	35
Figura 45. Edificación representada por un sistema equivalente.	37
Figura 46. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de San Luis.	41
Figura 47. Proceso de generación del mapa de riesgo.	43
Figura 48. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas.	44
Figura 49. Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW).	45



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



LISTA TABLAS

Tabla 1. Descripción de los campos de la base de datos	28
Tabla 2. Resultados del daño en el distrito de San Luis para un escenario de sismo severo	45
Tabla 3. Resultado de daño esperado en edificaciones esenciales	46



Análisis de Riesgo en Zonas Urbanas del Distrito de San Luis

1. ANTECEDENTES

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) tiene entre sus programas presupuestales al Programa Presupuestal PP-068, “Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres”, asignando recursos a las instituciones públicas competentes, para el desarrollo de estudios para establecer el riesgo a nivel territorial. La Universidad Nacional de Ingeniería es receptora de un presupuesto anual asignado por el MEF, para el desarrollo de los estudios de riesgo a nivel territorial, cuya unidad ejecutora del presupuesto es el Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). CISMID es una institución de sólido prestigio internacional, cuya misión es la difusión de conocimientos en prevención y mitigación de desastres a través de la investigación y aplicación de tecnologías propias para contribuir al desarrollo sostenible y prosperidad de los pueblos del país. Entre sus competencias se encuentra el desarrollo de estudios de microzonificación sísmica, vulnerabilidad sísmica de edificaciones y evaluación del riesgo sísmico en áreas urbanas.

El presente informe desarrollado en el marco del Programa Presupuestal PP-068, presenta el análisis de riesgo en zonas ubicadas en el distrito de San Luis.

2. INTRODUCCIÓN

El distrito de San Luis es uno de los 43 distritos de la provincia de Lima. El distrito limita al Norte con el distrito de El Agustino (principales vías limitantes Jr. Garcilaso de la Vega –Jr. Ollanta), al Este con el distrito de Ate (principales vías limitantes Av. Nicolás Ayllón – Av. Las Torres – Av. Circunvalación), al Sur con el distrito de San Borja (principales vías limitantes Av. Canadá – Jr. Urdanivia – Jr. Hualgayoc), al Oeste con el distrito de La Victoria (principales vías limitantes Av. Nicolás Arriola – Av. Aviación – Av. Circunvalación) y por el Noroeste con el distrito de Cercado de Lima (principal vía limitante Ca. El Timón). Tiene una superficie de 3.49 km² con una altitud de 175 msnm y una población censada (2007) de 54634.

Acerca de la Historia del distrito de San Luis

A mediados de 1960, los vecinos de las urbanizaciones de San Luis, San Pablo y Yerbateros y las cooperativas de viviendas el Triunfo y la Popular, decidieron crear el distrito de San Luis, debido al olvido y los malos servicios que prestaban las municipalidades de La Victoria, Surco y Ate Vitarte al cual pertenecían.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



Montones de desmote y basura se veían por las calles y avenidas, sus parques se encontraban en inmensos terrales e invadidos por aguas servidas, además de contar con una pobre electrificación, menudeando los asaltos y robos. Por todo ello, los vecinos organizados en el comité cívico procreación del distrito de San Luis, lucharon durante ocho años para conseguir la dación de la ley 17023 que crea el distrito de San Luis.

Dos proyectos fueron declarados improcedentes por la apelación de las autoridades y vecinos de los distritos de La Victoria y Ate Vitarte y el tercero fue el de creación.

El distrito de san Luis fue creado durante el gobierno de presidente del Arq. Belaunde Terry, pero fue el Congreso de la República, presidido en ese entonces por el diputado Armando Illanueva del Campo, quien promulgó la ley el 23 de mayo de 1968.

La urbanización de San Luis, que en aquella época era jurisdicción de La Victoria, dio su nuevo nombre al nuevo distrito. Decisión en la que primó la opinión de los gestores del comité pro – distrito, los cuales, en su mayoría residían en el sector hoy conocido San Luis antiguo.

Pero la urbanización debe su denominación de San Luis a la familia propietaria de dichas tierras, entonces maizales, a cuya cabeza estaba don Luis Cánepa Caycho, quien además era devoto del santo francés del mismo nombre, San Luis (Luis IX de Francia).

3. MAPAS DE VULNERABILIDAD

3.1. Exploración de Campo de Tipo Muestral

3.1.1. 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.



3.1.2. 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 presenta de la mejor manera las características promedio de los lotes de la manzana evaluada.

3.1.3. 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 y Figura 2. La Ficha está dividida en cinco áreas:

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

Esta información es complementada con la toma del lote representativo de la manzana, donde se pueda identificar la estructura de la edificación. Posteriormente las 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



PROGRAMA PRESUPUESTAL PP-068 REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA CISMID/FIC/UNI -				
ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO DEL DISTRITO DE SAN LUIS		PERÚ Ministerio de Economía y Finanzas		
INFORMACIÓN DE LA MANZANA				
CÓDIGO DE LA MANZANA:				
LEYENDA PARA LA CODIFICACIÓN DEL LOTE				
No.Pisos (1)	Material (2)	Usos (3)	Sistema Estructural (4)	Conservación (5)
	Adobe (A)	Vivienda (V)	S Mampostería de Arcilla Sin Refuerzo	(B) Bueno
	Mampostería (M)	Vivienda y Comercio (Y)	M Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Rígidos	(R) Regular
	Concreto (C)	Comercio (C)	N Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Flexibles	(M) Malo
	Quincha (Q)	Multifamiliar (M)	L Construcción Informal en Albañilería	
	Acero (S)	Policia o Bomberos (B)	A Adobe y Quincha	
	Madera (W)	Educativo (E)	C Pórticos de Concreto	
	Otro (O)	Hospital (H)	W Estructura de Concreto Armado con Placas	
		Industrial (I)	I Pórticos de Concreto con Vanos Rigidizados con Mampostería	
		Baldío (B)	L Estructura Celular de Concreto	
		Otros (O)	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	
*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 Valdio Use (V)	
1AVSR		(1) + (2) + (3) + (4) + (5) 1PISOS + ADOBE + USO VIVIENDA + MAMPOSTERIA DE ARCILLA SIN REFUERZO + REGULAR		
Foto 1 - Numero		Foto 5 - Numero		
		Achurar lote representativo		
Foto 2 - Numero		Foto 3 - Numero		
		Foto 4 - Numero		

Figura 1. Formato de Ayuda para Codificación del Lote

PROGRAMA PRESUPUESTAL PP-068					
REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES					
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA CISMID/FIC/UNI -					
ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO DEL DISTRITO DE SAN LUIS					
CODIGO DE MANZANA		CODIGO INTERNO			
ESTRUCTURACIÓN					
Material	Adobe	Mampostería	Concreto	Observaciones	
Estado de Conservación	Bueno	Regular	Malo		
Cimentación	Asentamiento	Sí	No		
	Humedad en la Base	Sí	No		
Techo					
Adobe	Mampostería	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	Sí	No			
Fisuras	Sí	No			
Tarrajeo	Sí	No			
Estado de conservación	Bueno	Regular	Malo		
Acharurar lote representativo					

Figura 2. Formato de evaluación para la edificación representativa de la manzana

3.1.4. 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 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 2 sectores, tal como se muestra en el mapa No. E-01.
- Para 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, se prepararon mapas sobrepuestos en imágenes de Google Earth para la determinación exacta de estas áreas.

c) Distribución de coordinadores responsables de los equipos de evaluadores: Con los cuatro equipos de dos 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 3, que se adjunta a continuación, en donde son identificados en los 2 sectores en que se dividió el distrito de San Luis.

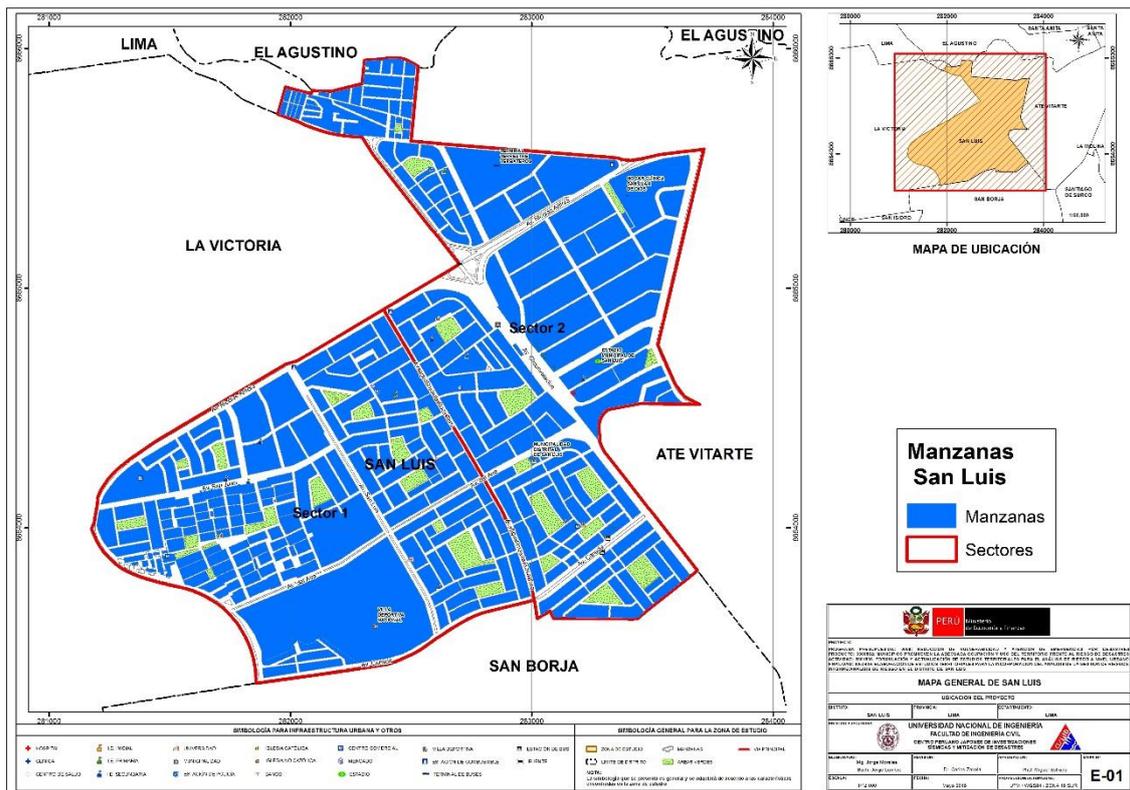


Figura 3. Sectores de evaluación del distrito de San Luis



3.1.5. 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 vertida en 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.

- c) Verificación de los datos recogidos

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 campo. Se realizó el control de calidad durante la campaña de levantamiento de datos por 4 profesionales.

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 digitales tomadas en el lugar, la verificación se hace comparando la foto con los atributos de los lotes, por ejemplo observando el número de pisos en la foto y comparándolo con el valor almacenado en la base de datos.

3.1.6. Georeferenciación y Compatibilización de Planos

- a) Definición del sistema de georeferenciación.

Según normatividad actual, todos los planos producidos deben estar georeferenciados 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 en mención mediante los parámetros por defecto que otorga el programa ArcGIS.



3.1.7. Sistematización de la Información

Para el procesamiento de la información se creó una base de datos geoespacial donde se integrarían no solo 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 y los límites distritales son implementados al sistema SIG.

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 32% del total de manzanas debe ser evaluado.

3.1.8. Ubicación de las manzanas a evaluar

Para la selección de la ubicación de las manzanas a evaluar se utilizó una función estadística de distribución continua. 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. Se define la función de probabilidad uniforme como:

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

Donde, a y b son los límites geográficos para el distrito de San Luis, 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 la selección de las manzanas. Es así que se generaron número aleatorios que siguen una distribución uniforme. En la Figura 4 se presenta el total de las 315 manzanas del área estudiada del distrito. Se presentan las 124 manzanas evaluadas en color rojo y las 191 no evaluadas en color verde. El porcentaje de manzanas a evaluar es de 39%, lo cual hace una muestra significativa. En el Mapa E-02 del Anexo I se presenta en detalle las manzanas que fueron evaluadas.

3.2. Informe de campo

3.2.1. Edificaciones

Las edificaciones de vivienda representan la mayor parte del distrito de San Luis. Existen edificaciones de varios materiales, combinaciones de material, entre otros. De acuerdo a la sectorización presentada en ítems anteriores se describe a continuación las viviendas que se consideran como representativas de cada sector:

SECTOR 01

El Sector 01 está ubicado al sur con la avenida Canadá; colinda al norte con la avenida Nicolás Arriola; al oeste con la avenida Aviación y por el este colinda con el sector 02 y la avenida Rosa Toro. En este sector se evaluaron 69 manzanas.

En este sector, las edificaciones en su mayoría son de tres y cuatro pisos, cuyo material predominante es la albañilería. Las edificaciones presentan estados de conservación regular, como se puede observar en la Figura 5.



Figura 5. Edificaciones de mampostería de tres y cuatro pisos con techo aligerado.

Las edificaciones en este sector presentan techo de losa aligerada, además no presentan humedad ni asentamiento en la base, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Edificaciones con techo de losa aligerada.

SECTOR 02

El Sector 02 se encuentra ubicado en la ciudad de Lima, distrito de San Luis, el cual se encuentra delimitado por: Av. Agustín de la Rosa Toro, Av. Canadá, Av. Nicolás Arriola, Av. Circunvalación, Av. Nicolás de Ayllón y Av. de las Torres. El Sector 02 cuenta con un total de 55 manzanas evaluadas de 143 manzanas en total.

En general, se pudo observar que en el Sector 01 existen principalmente edificaciones de 02 y 03 pisos de mampostería confinada con losa aligerada de uso vivienda, en regular estado de conservación. (Figura 7).



Figura 7. Vivienda representativa del Sector 02.

Asimismo, existe un gran número de edificaciones de 03 pisos de mampostería confinada con losa aligerada de uso vivienda y comercio, además las edificaciones presentan un regular estado de conservación, tal como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Vivienda de albañilería confinada representativa del Sector 02.

Por otro lado, la actividad comercial de este sector corresponde a edificaciones de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados con muros de mampostería y losa aligerada de hasta 03 pisos en regular estado de conservación. Sin embargo, cabe destacar la existencia de varias viviendas de adobe de 01 y 02 pisos en mal estado de conservación, generalmente ubicadas en las afueras o laderas de cerros (Ver Figura 9 **Error! Reference source not found.**).



Figura 9. Edificaciones de uso comercial.

3.2.2. Edificaciones esenciales

Para la evaluación de las edificaciones esenciales se consideraron Colegio, Hospital, posta médica, comisaría, etc., los que podrían ser utilizados como refugio temporal de las personas damnificadas si la autoridad lo cree conveniente, de manera que fue tratada como una edificación sobre la cual deseamos conocer aproximadamente su respuesta sísmica. Bajo esta premisa, se encontró su demanda para las condiciones del estudio, de acuerdo a la demanda dada en el estudio de microzonificación geotécnica sísmica del distrito. A continuación, se presentan las edificaciones esenciales de la muestra de los sectores del distrito:

Sector 01

En este sector se encuentran algunas edificaciones esenciales, entre los cuales encontramos el colegio Saco Oliveros (izquierda) y la I.E.E. P.A.E.N.F.T (derecha), ambas estructuras son de tres pisos con techo de losa aligerada, presentando un sistema estructural aporticado con vanos rigidizados en el eje longitudinal, como se muestra en la Figura 10. Las edificaciones se encuentran en buen estado de conservación.



Figura 10: Colegio Saco Oliveros y la I.E.E. P.A.E.N.F.T.

El colegio Niño Jesús de Praga (izquierda) es de un piso con cobertura ligera y el colegio San Juan Macías (derecha) presenta tres pisos con techo de losa aligerada como se muestra en la Figura 11. Las dos instituciones presentan un sistema estructural aporticado con vanos rigidizados en el eje longitudinal, además ambas instituciones se encuentran en regular estado de conservación.



Figura 11: Colegio Niño Jesús de Praga y el colegio San Juan Macías.

La I.E.P Oh Cielito (izquierda) de un piso con techo de losa aligerada, la I.E.P Don Bosco (izquierda) de dos pisos con techo de losa aligerada y el C.E.I.P Los Hijos de María (derecha) de cuatro pisos de techo de losa aligerada; todas estas instituciones educativas presentan un sistema estructural de albañilería confinada como se observa en la Figura 12. Todas las instituciones se encuentran en regular estado de conservación.



Figura 12: I.E.P Oh Cielito, I.E.P Don Bosco y el C.E.I.P Los Hijos de María.

La I.E Los Educadores (izquierda) de tres pisos con techo de losa aligerada y la Universidad San Martín de Porres (derecha) de cinco pisos con techo de losa aligerada; ambas instituciones presentan un sistema estructural a base de pórticos con vanos rigidizados en el eje longitudinal. Estas instituciones se encuentran en buen estado de conservación, como se puede apreciar en la Figura 13.



Figura 13: I.E Los Educadores y Universidad San Martín de Porres.

En este sector también se encuentra la comisaria de San Luis (izquierda) que presenta dos pisos con techo de losa aligerada y la parroquia San Juan (derecha) de tres pisos y de techo de losa aligerada. Las edificaciones presentan un sistema estructural de albañilería confinada, como se observa en la Figura 14. Estas edificaciones se encuentran en buen estado de conservación.



Figura 14. Comisaria San Luis y Parroquia San Juan.

OTROS

En la inspección realizada a este sector también se encuentra el Mercado Asociación de Servicios Múltiples 1º de Mayo y el Centro Comercial Señor de los Milagros, como se muestra en la Figura 15. Las dos edificaciones son de un piso con techo de losa aligerada cuyo sistema estructural es de albañilería confinada. Las edificaciones se encuentran en regular estado de conservación.



Figura 15. Mercado 1º de Mayo y C.C Señor de los Milagros.

Por último en el sector se encontró la Villa Deportiva Nacional, como se puede apreciar en la Figura 16. Esta edificación es de un piso con techo de estructura metálica y presenta un sistema estructural de placas de concreto armado y que se encuentra en un buen estado de conservación.



Figura 16. Villa Deportiva Nacional.

Sector 02

El Sector 02 cuenta con algunas edificaciones esenciales, tales como el Centro Educativo I.E. 1133 Santísima Virgen de Fátima, tiene una estructura de 02 pisos construido a base de muros de albañilería confinada y losa aligerada; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se muestra en la Figura 17.

El Centro Educativo I.I.E.E.1128 San Luis, tiene una estructura de 02 pisos construido a base de pórticos de concreto armado rigidizados con muros de mampostería y losa aligerada; la estructura presenta un buen estado de conservación. (Ver Figura 18)



Figura 17. I.E. 1133 Santísima Virgen de Fátima.



Figura 18. I.I.E.E. 1128 San Luis.

El Colegio Particular I.E.P. Almirante Lord Cochraine, tiene una estructura de 03 pisos construido a base de muros de albañilería confinada y losa aligerada, además cuenta con el cuarto piso sin terminar; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se observa en la Figura 19.

La Figura 20 muestra el Centro Educativo I.E. 0082 La Cantuta, el cual es una edificación de 02 pisos construido a base de muros de albañilería, losa aligerada y cobertura ligera en el último nivel, la edificación presenta un regular estado de conservación.



Figura 19. I.E.P. Almirante Lord Cochraine.



Figura 20. I.E.P. I.E. 0082 La Cantuta

El Centro Educativo I.E. Javier Prado, tiene una estructura de 04 pisos construido a base de muros de albañilería confinada y losa aligerada, con una azotea cubierta con cobertura ligera; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se muestra en la Figura 21. El Centro Educativo I.E.I. 133 Fernando Luna Demutti, tiene una estructura de 03 pisos construido a base de muros de albañilería confinada, losa aligerada y cobertura ligera en el

último nivel; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se aprecia en la Figura 22.



Figura 21. I.E. Javier Prado.



Figura 22. I.E.I. 133 Fernando Luna Demutti.

El Colegio Saco Oliveros, tienen una estructura de 02 pisos construido a base de muros de albañilería confinada, losa aligerada y cobertura ligera en el último nivel; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se observa en la Figura 23.

El Centro Educativo I.E. 1204 Villa Jardín, tiene una estructura de 02 pisos construido a base de pórticos de concreto armado rigidizados con muros de mampostería y losa aligerada; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se aprecia en la Figura 24.



Figura 23. Colegio Saco Oliveros.



Figura 24. I.E. 1204 Villa Jardín.

La Universidad Privada Telesup (Ver Figura 25), tiene una estructura de 06 pisos construida a base de muros de mampostería confinada y losa aligerada, además la estructura presenta un buen estado de conservación.



Figura 25. Universidad Privada Telesup.

El Policlínico San Luis, tiene una estructura de 04 pisos construido a base de muros de albañilería confinada y losa aligerada; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se muestra en la Figura 26.

La Clínica José Marelo, tiene una estructura de 04 pisos construido a base de albañilería confinada y losa aligerada; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se aprecia en la Figura 27 **Error! Reference source not found.**



Figura 26. Policlínico San Luis.



Figura 27. Clínica José Marelo.

La Clínica San Juan de Dios, tiene una estructura de 04 pisos construido a base de pórticos de concreto armado, muros de albañilería y losa aligerada; la estructura presenta un buen estado de conservación tal como se observa en la Figura 28.

El edificio de la Municipalidad de San Luis que se aprecia en la Figura 29, es una edificación de 03 pisos construido a base de pórticos de concreto armado y losa aligerada, la edificación presenta un buen estado de conservación.



Figura 28. Clínica San Juan de Dios.



Figura 29. Municipalidad de San Luis.

La Figura 30 muestra un mercado, cuya estructura es una edificación de 01 piso de albañilería confinada y losa aligerada, la edificación presenta un regular estado de conservación. Asimismo, la Figura 31 muestra la Asociación de Comerciantes San Jacinto, el cual consta de varias manzanas, con edificios de 03 pisos en su mayoría, de mampostería confinada y losa aligerada en regular estado de conservación.



Figura 30. Mercado.



Figura 31. Asociación de Comerciantes San Jacinto.

Cuatro Estaciones de Servicio de Combustible, cuya estructura es de concreto armado con muros de albañilería y losa aligerada en buen estado de conservación. (Ver Figura 32)



Figura 32. Estaciones de Servicio de Combustible

3.3. Base de datos geo-espacial

Organizada la información a recolectar y las manzanas donde 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 33 se muestra la base de datos de las características de las edificaciones representativas de cada una de las manzanas levantadas.

PROGRAMA PRESUPUESTAL 068: REDUCCIÓN DE VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR DESASTRE														
ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO DEL DISTRITO DE SAN LUIS														
Levantamiento de Información - Distrito de Lince - Lima - Lima														
Muros														
Num	CodMza	LoteRepre	Cond. De Cimentación		Techo	FisuraCol	FisuraVig	FisuraMur	Unidad de Albañilería		Confina	Tarrajeo	Foto Representativa	
			CimentA	CimentH					FabricaAlb	TipoAlb				
11	1	125	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140423.jpg
12	2	45	04MMMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140424.jpg
13	3	221	03CEPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140425.jpg
14	4	184	04CPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140430.jpg
15	5	150	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140432.jpg
16	6	12	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140436.jpg
17	7	104	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140440.jpg
18	8	15	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140441.jpg
19	9	169	10CPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140443.jpg
20	10	24	04MMNR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140444.jpg
21	11	16	05CEIB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140446.jpg
22	12	214	18CYCR	NO	NO	Losa de CA	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140448.jpg
23	13	117	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140457.jpg
24	14	7	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140458.jpg
25	15	37	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140460.jpg
26	16	44	04MYMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140461.jpg
27	17	183	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140462.jpg
28	18	123	20CMPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S01\P1140463.jpg
29	19	199	02MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1140992.jpg
30	20	153	01AYAR	NO	NO	Madera	X	V	X	ND	ND	NO	NO	.\Fotos\Fotos_S02\P1140993.jpg
31	21	164	03MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1140998.jpg
32	22	56	03MVMR	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	NO	NO	.\Fotos\Fotos_S02\P1140999.jpg
33	23	3	04MMMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1150002.jpg
34	24	188	04MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1150026.jpg
35	25	134	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1150008.jpg
36	26	156	01AVAM	NO	NO	Madera	X	X	X	ND	ND	NO	NO	.\Fotos\Fotos_S02\P1150012.jpg
37	27	198	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1150013.jpg
38	28	69	05CMIB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.\Fotos\Fotos_S02\P1150019.jpg

Figura 33. 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 que 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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



de vista descriptivo, sino también gráfico, ya que se integran a la base de datos las fotografías de las manzanas. Por cada manzana se tomó una fotografía del lote representativo.

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

Nombre del Campo	Descripción
AcelMax	Aceleración máxima del terreno en cm/s ²
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
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
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 tarrajeo
Techo	Tipo de techo
TipoAlb	Tipo de unidad de albañilería
Uso	Tipo de uso
Verifica	Se evalúa

3.3.1. Mapa de Uso de Suelo

En el mapa E05 (Figura 36) se presenta las manzanas evaluadas y clasificadas de acuerdo al uso del suelo de las edificaciones. En la Figura 35 se presenta el análisis 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 52.4% de la muestra, seguido de los edificios multifamiliares que representan el 15.3% de la muestra, los edificios vivienda-comercio un 13.7%, los edificios dedicados al comercio y edificios dedicados a la educación con un 11.3% y un 4% las edificaciones de salud en el área estudiada.

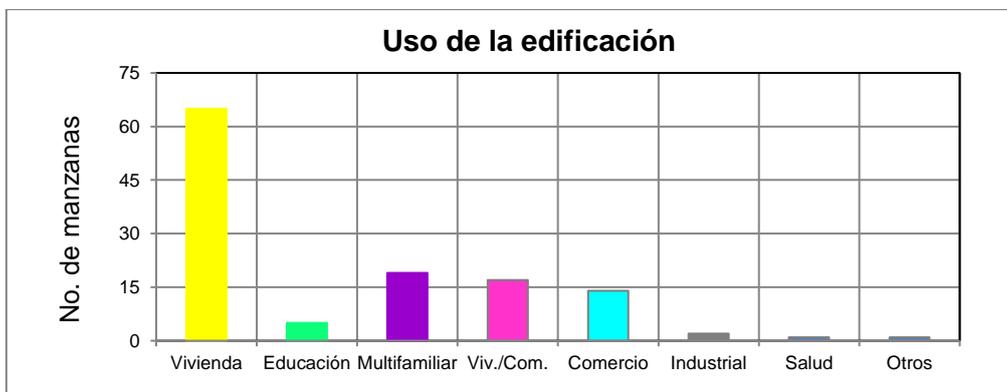


Figura 35. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de San Luis

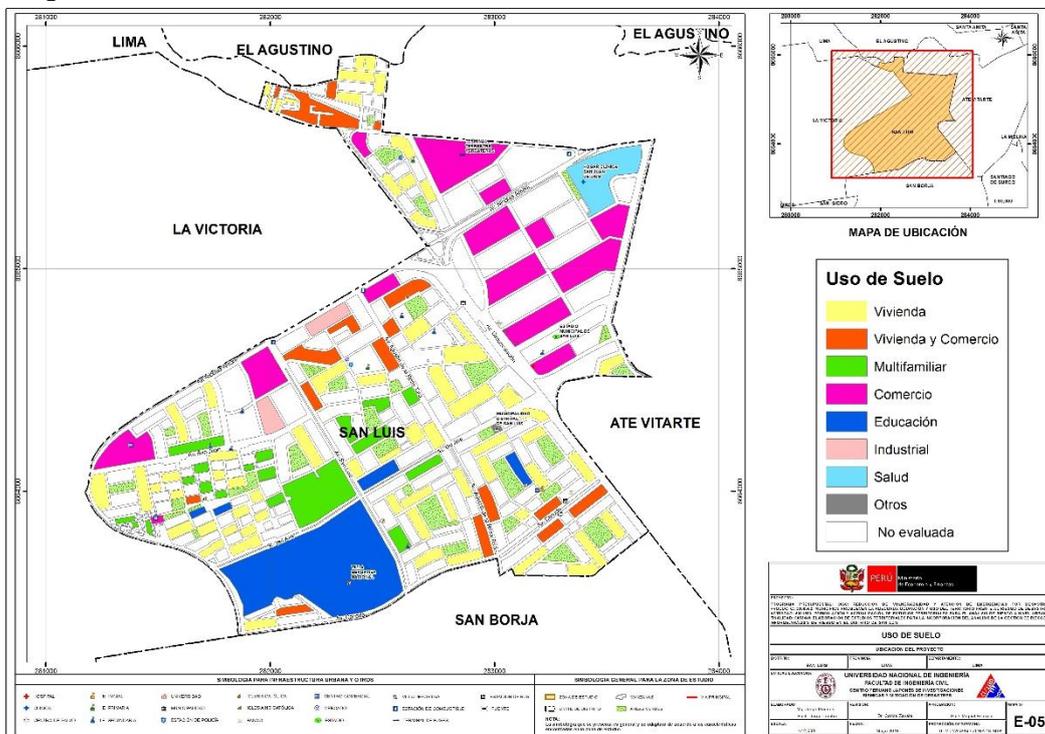


Figura 36. Mapa de Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de San Luis

3.3.2. Mapa de Materiales Predominantes

En el mapa No. E04 (Figura 38), referente a los materiales existentes en las edificaciones del distrito de San Luis, se realizó un análisis estadístico de la muestra, dando como resultado la gráfica que se presenta en la Figura 37, donde es notorio que el material predominante es la mampostería de ladrillo que representa el 82.3% de la muestra, seguido de las edificaciones de concreto con un 17.7%.

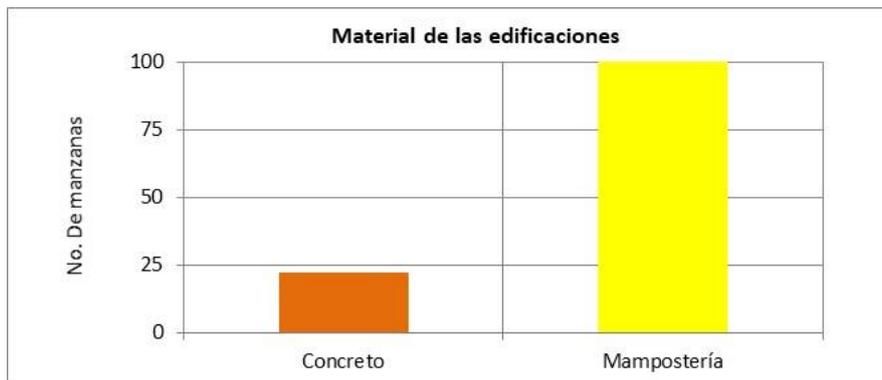


Figura 37. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito San Luis

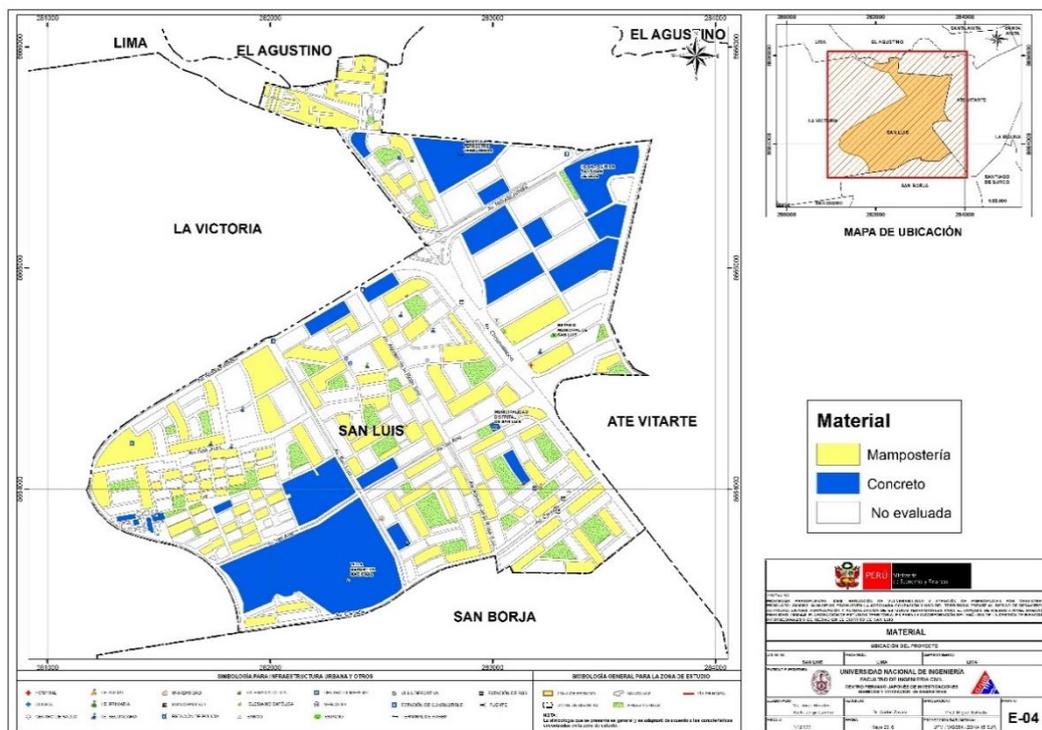


Figura 38. Mapa de Distribución de los materiales de construcción predominante del distrito de San Luis

3.3.3. Mapa de Alturas de Edificación

En el mapa E-03 (Figura 40) se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el número de pisos de las edificaciones representativas de las manzanas.

Esta distribución de alturas se resume en la Figura 39, donde se puede apreciar que en el Distrito de San Luis, predominan las edificaciones de 3 pisos que corresponde al 53.2% del total de las edificaciones evaluadas y es la tendencia general en el distrito. En segundo lugar, de niveles de altura son las edificaciones de 4 pisos y que corresponde al 22.6% del total de las edificaciones evaluadas. También existen edificios de 1 piso (4.0%), 2 pisos (16.9%), 5 pisos (2.4%) y 8 pisos (0.8%) en la muestra evaluada.

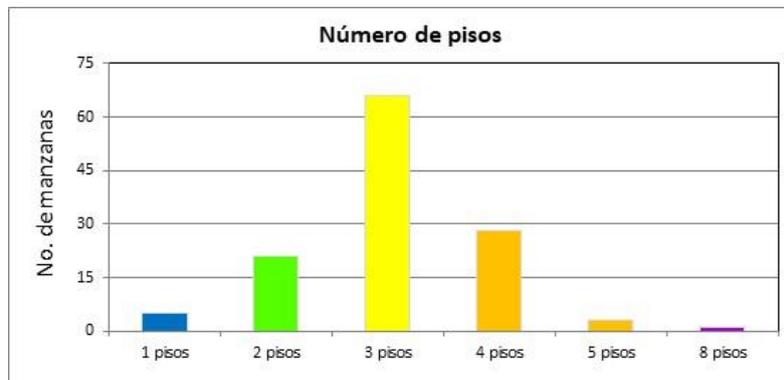


Figura 39. Distribución del número de pisos de las edificaciones del distrito de San Luis

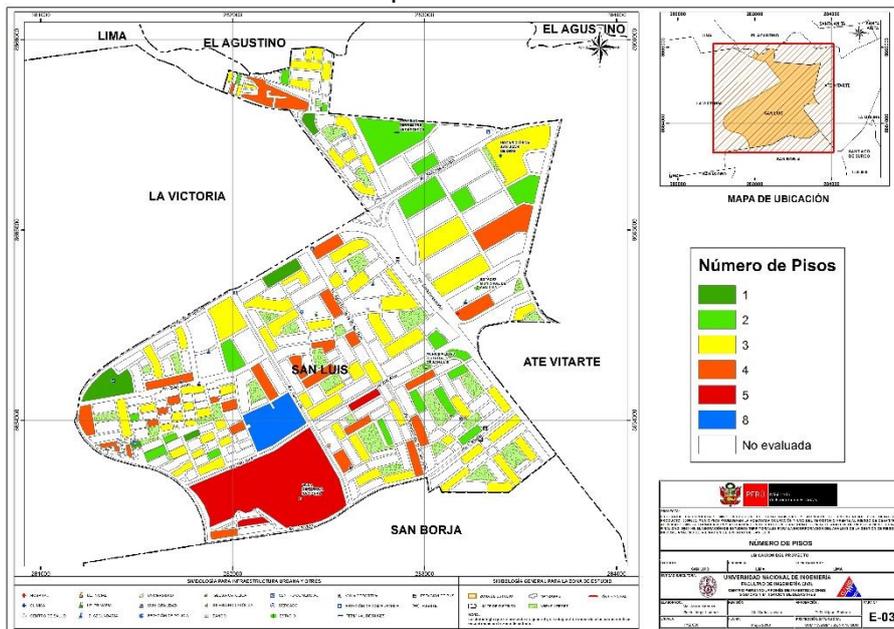


Figura 40. Mapa temático del número de pisos de las edificaciones del distrito de San Luis

3.3.4. Mapa de Tipologías Estructurales

En el mapa E06 (Figura 42) se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el sistema estructural usado en las edificaciones. La Figura 41 presenta la distribución del uso de los sistemas estructurales que se obtuvo de la estadística de la muestra usada en el distrito de San Luis. 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 71.8% de la muestra. Le siguen los pórticos de concreto con muros de relleno de tabiquería de ladrillo que representa el 12.1% de la muestra, la construcción informal en albañilería representa un 8.1%, las estructuras de pórticos con placas que representa un 4.0%. Por otro lado, las edificaciones de pórticos de concreto representan un 0.8%, mientras que las edificaciones de albañilería con diafragma flexible representan el 3.2% de la muestra.

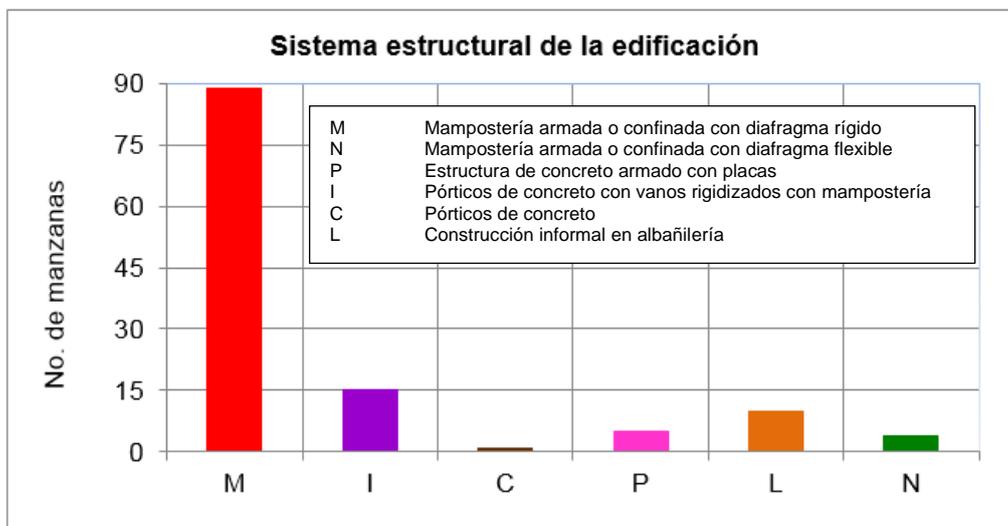


Figura 41. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de San Luis

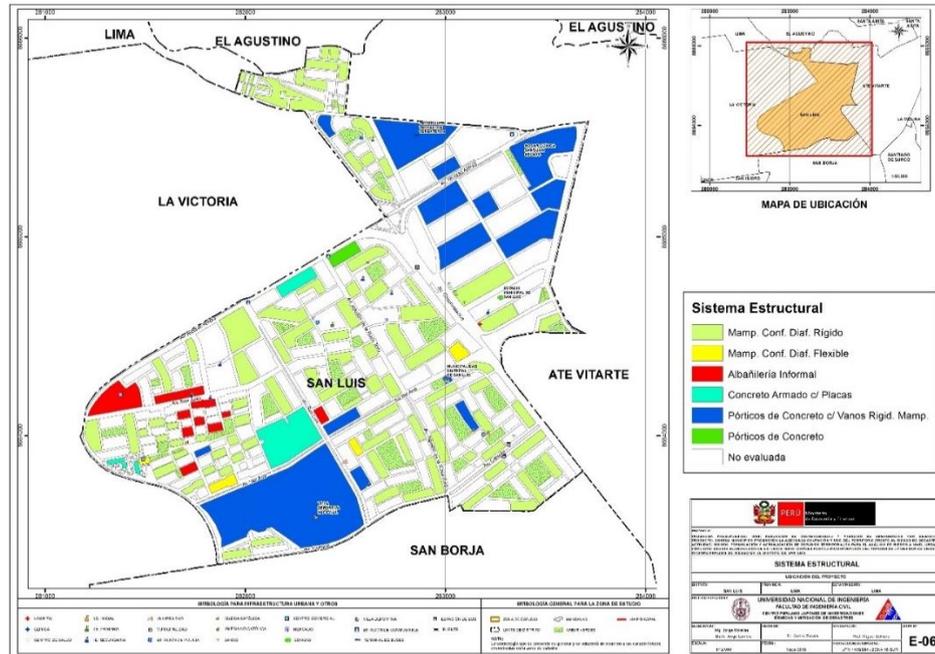


Figura 42. Mapa del uso del sistema estructural muestra del distrito de San Luis

3.3.5. Mapa de Estado de Conservación

El mapa temático E07 (Figura 44) presenta el estado de conservación de las viviendas del distrito de San Luis. La Figura 43 presenta los resultados estadísticos de la muestra analizada. El 5.6% de las edificaciones se encuentra en buen estado de conservación, mientras que el 87.9% de la muestra presenta un regular estado de conservación. Finalmente se encuentran en mal estado de conservación el 6.5% de la muestra.

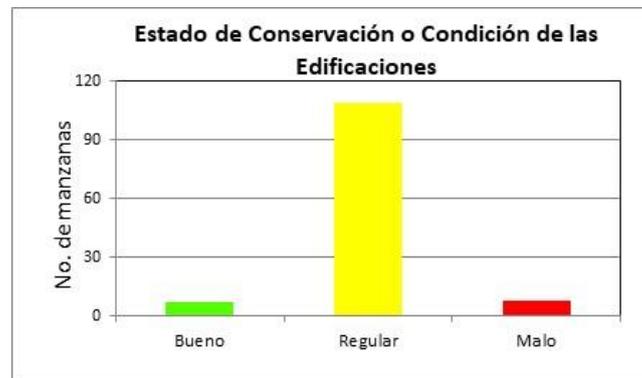


Figura 43. Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de San Luis

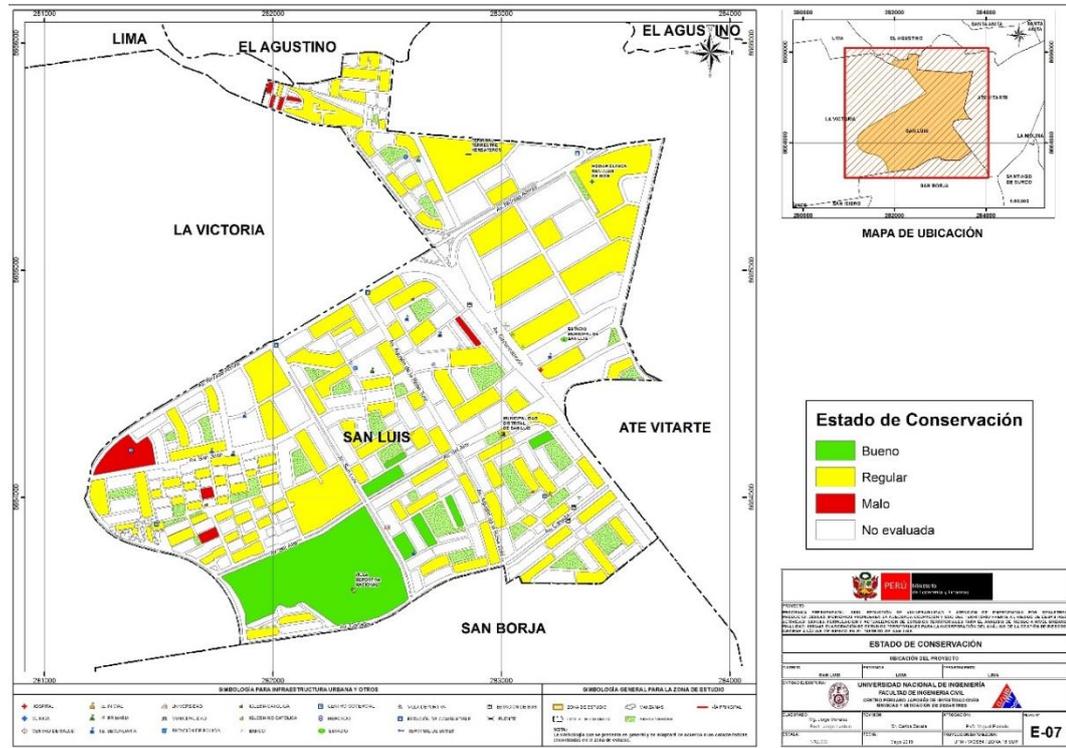


Figura 44. Mapa del estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de San Luis

3.3.6. Mapa de Vulnerabilidad

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.

Formas de Evaluación

Su evaluación puede realizarse básicamente usando dos criterios: método determinístico y método por criterio.

Método Determinístico

El método determinístico se basa en un estudio detallado de la estructura. Este estudio se basa en la evaluación mediante una inspección, toma de muestra de materiales, medición de



la vibración en la estructura, auscultación de la cimentación, verificación de profundidad del cimientado y la modelación matemática de la estructura a través de programas especializados competentes, para producir un diagnóstico de la respuesta sísmica y encontrar si la edificación resistirá las fuerzas y desplazamientos inducidos por el terremoto.

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 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, con el fin de dar un diagnóstico de su estado luego del evento.

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 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.

Considerando las bases de datos desarrolladas, las tipologías constructivas existentes y el estudio de microzonificación sísmica, se utilizará la herramienta SRSND (Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño, C. Zavala, CISMID-2004), con la finalidad de encontrar la respuesta sísmica de las edificaciones consideradas típicas de cada manzana bajo el escenario de sismo de la norma de diseño sismorresistente, que corresponde a un sismo severo de periodo de retorno de 475 años y probabilidad de excedencia del 10%. La respuesta sísmica producida en las edificaciones, nos darán el indicativo de su vulnerabilidad y la presencia de daño. Los resultados de esta simulación serán incorporados a la base de datos para producir el mapa de vulnerabilidad sísmica.

Metodología sustento de SRSND

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 que se incluirá en la microzonificación sísmica y el catálogo de tipologías de edificaciones representativas del distrito.

El método considera que la estructura de la edificación está representada por un sistema de masas y resortes, representadas como una función del periodo de la edificación. Este periodo es aproximado a partir de la tipología estructural, del número de pisos, las irregularidades y el estado de conservación entre otros. Este periodo representa al primer modo del sistema estructural, lo que el método considera como representativo para el sistema reducido de un grado de libertad, como el mostrado en la Figura 45. Con este sistema equivalente se realiza la estimación explicado en el siguiente párrafo.

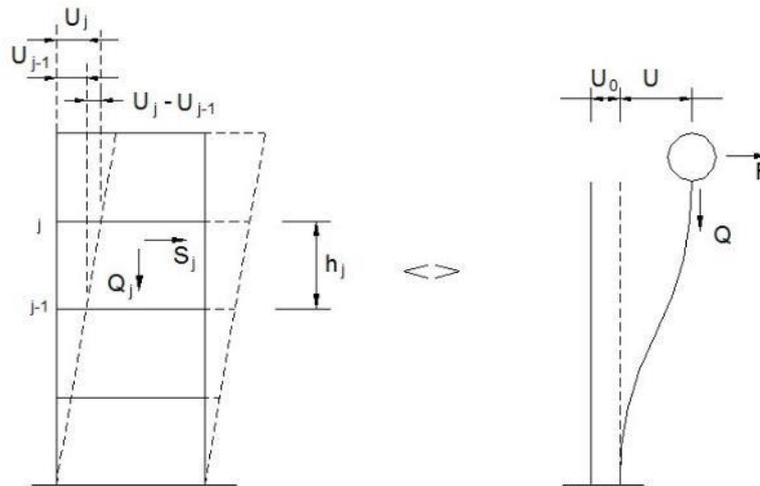


Figura 45. Edificación representada por un sistema equivalente

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 de estudio.

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 Anexo 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 ciudad. Seguidamente se utiliza la metodología de índices β_i , que considera que la respuesta sísmica de una estructura se encuentra en base al producto de los índices β_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:

$$\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right) = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4}{H} S_d \quad \text{Ec. 3}$$

El índice β_1 , es una aproximación al factor de participación dado como una función del número de pisos:

$$\beta_1 = \frac{3N}{2N + 1} \quad \text{Ec. 4}$$



El índice β_2 , relaciona la aproximación de la distorsión máxima en la aproximación contra la distorsión en un sistema real:

$$\beta_2 = \frac{\max\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right)}{\frac{U_r}{H}} \quad \text{Ec. 5}$$

El índice β_3 , relaciona la fuerza de respuesta con la sobre resistencia como función de la ductilidad asignada a cada tipología estructural:

$$\beta_3 = \frac{U^x + \Delta U^x}{U} = \frac{F^x \cdot \mu}{F} \quad \text{Ec. 6}$$

El índice β_4 , produce una aproximación de la relación existente entre la distorsión inelástica y la distorsión elástica, que expresan una medida de ductilidad:

$$\beta_4 = \frac{\varphi_{inelastico}}{\varphi_{elastico}} \quad \text{Ec. 7}$$

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 en base a la base de datos de experimentación muros, paneles y módulos a escala natural ensayados en CISMID a lo largo de sus 27 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 85% 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 arriostramiento o refuerzo vertical u horizontal.
- Edificaciones con configuración en planta irregular.
- Techos o coberturas en mal estado de conservación.
- Edificaciones en laderas de los cerros, donde su cimentación generalmente se apoya en muros de contención de piedra (pircas secas) no recomendables para tomar las fuerzas producidas por el sismo.

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:

- 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.
- Construcciones con ladrillo tubular y confinamientos.



Edificaciones con Nivel de Vulnerabilidad Bajo:

Son edificaciones donde se estiman se producirán daños menores o leves. 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.

Evaluación y análisis estadístico de las edificaciones evaluadas

- Manzanas:** Se evaluaron la totalidad de las manzanas de la muestra, siendo el material predominante la albañilería, con presencia en el 82.3% de las manzanas, seguido por un 17.7% de edificaciones de concreto.
- Muros:** Tal como se indicó, el ladrillo tiene una presencia del 82.3% en las viviendas cuyo sistema estructural son los muros, sean éstas de un piso (4.0%), dos pisos (16.9%), tres pisos (53.2%), cuatro pisos (22.6%), cinco pisos (2.4%) y 8 pisos (0.8%). Aproximadamente el 71.8% de las viviendas presentan columnas de confinamiento de concreto armado en sus paredes, no teniendo el 8.1% de las viviendas evaluadas, elementos de refuerzo vertical.
- Coberturas y Sistema de techos:** Del total de lotes inspeccionados, el 71.8% de ellos tienen techos aligerados de ladrillo con viguetas de concreto armado, y el 3.2%, poseen coberturas de calamina, esteras o madera. Estas coberturas se concentran en los sectores emergentes.
- Estado de Conservación:** El estado de conservación de las construcciones en un 5.6% de las viviendas muestran un estado de conservación bueno y el 87.9% de las viviendas presentan un regular estado de conservación. Finalmente, las edificaciones en estado de conservación malo representan un 6.5% de la muestra.

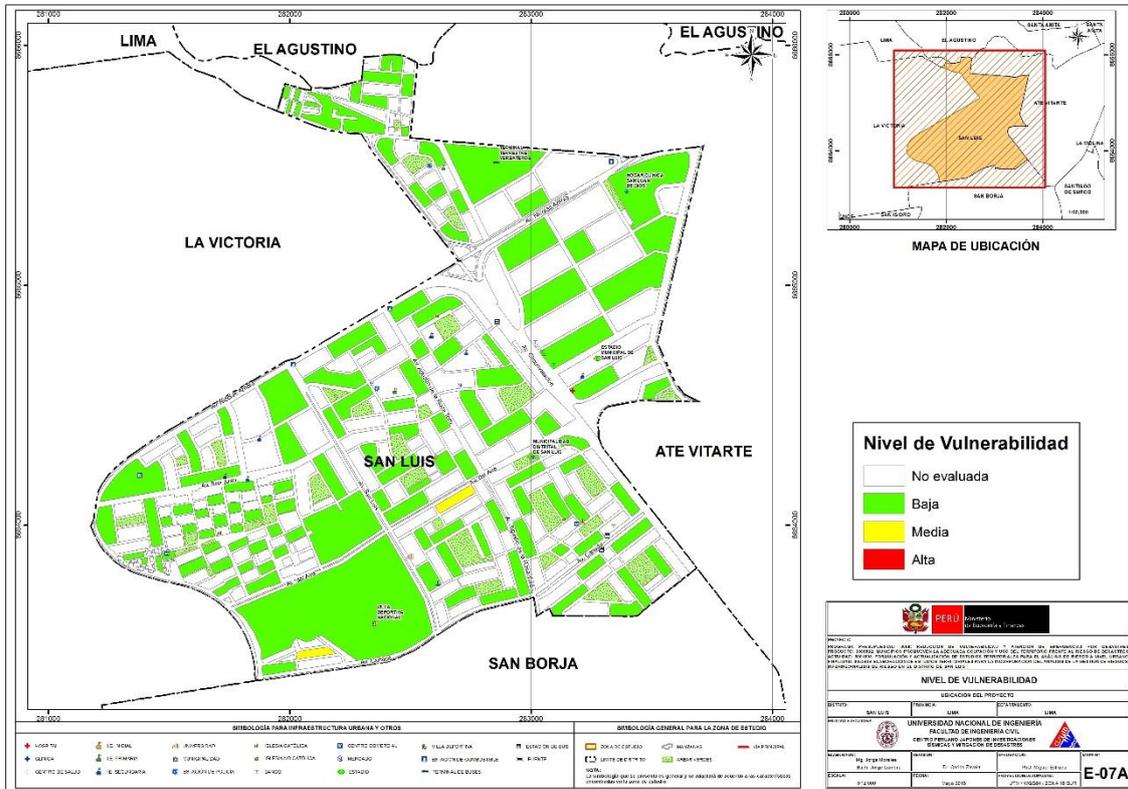


Figura 46. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de San Luis

Con respecto a los resultados del estudio en el distrito de San Luis, se tienen edificaciones con vulnerabilidades relativamente bajas que representan el 98.4% de la muestra concentrada en todo el distrito, así como vulnerabilidades medias, que representan el 1.6% de la muestra en la zona central del distrito de San Luis. Los resultados son presentados en la Figura 46.



4. MAPAS DE RIESGO

4.1. Elaboración de Estudio de Riesgo para un Escenario 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 por 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 muestra 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. La estimación de la respuesta sísmica ha sido desarrollada utilizando el programa SRSND (Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño, C. Zavala, CISMID-2004), como fue descrito en la evaluación de la vulnerabilidad. En el caso del riesgo se debe de considerar un escenario sísmico para un sismo severo, que usualmente es un escenario cuyas aceleraciones son superiores a la aceleración máxima del suelo que propone la norma sísmica NTE-E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, que considera un sismo con periodo de retorno de 475 años con la probabilidad de ser excedida en 10%. El sismo de la norma considera una aceleración máxima en el suelo de 450 gals.

4.2. Mapa de riesgo de las edificaciones evaluadas para un escenario sísmico

Para la determinación del riesgo sísmico del distrito de San Luis, 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 estudiada.

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 ($\Delta\delta_j/h_j$) en cada lote. Este costo de reparación (C_r) se expresa como el porcentaje del costo de la estructura, considerando λ y ε parámetros de vulnerabilidad estructural, correspondientes al sistema estructural y al tipo de reparación involucrada para los materiales involucrados.

$$C_r = \left[\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j} \right) / \lambda \right]^\varepsilon / 100 \quad \text{Ec. 8}$$

Para el diagnóstico del riesgo se consideró cada registro de la base de datos produciendo el diagnóstico de la distorsión y en base a esta se encontró 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 47.

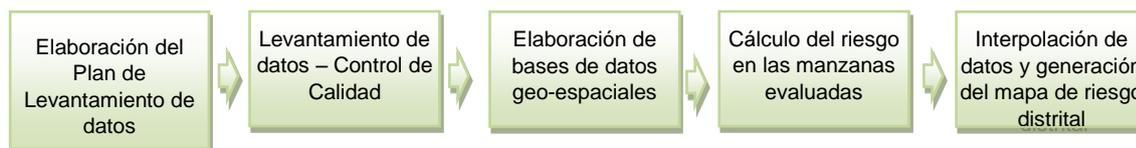


Figura 47. Proceso de generación del mapa de riesgo

Basados en la información de campo se evaluaron 124 manzanas con los datos de sus lotes representativos, dando como resultado el mapa de costo de reparación mostrado en la Figura 48.

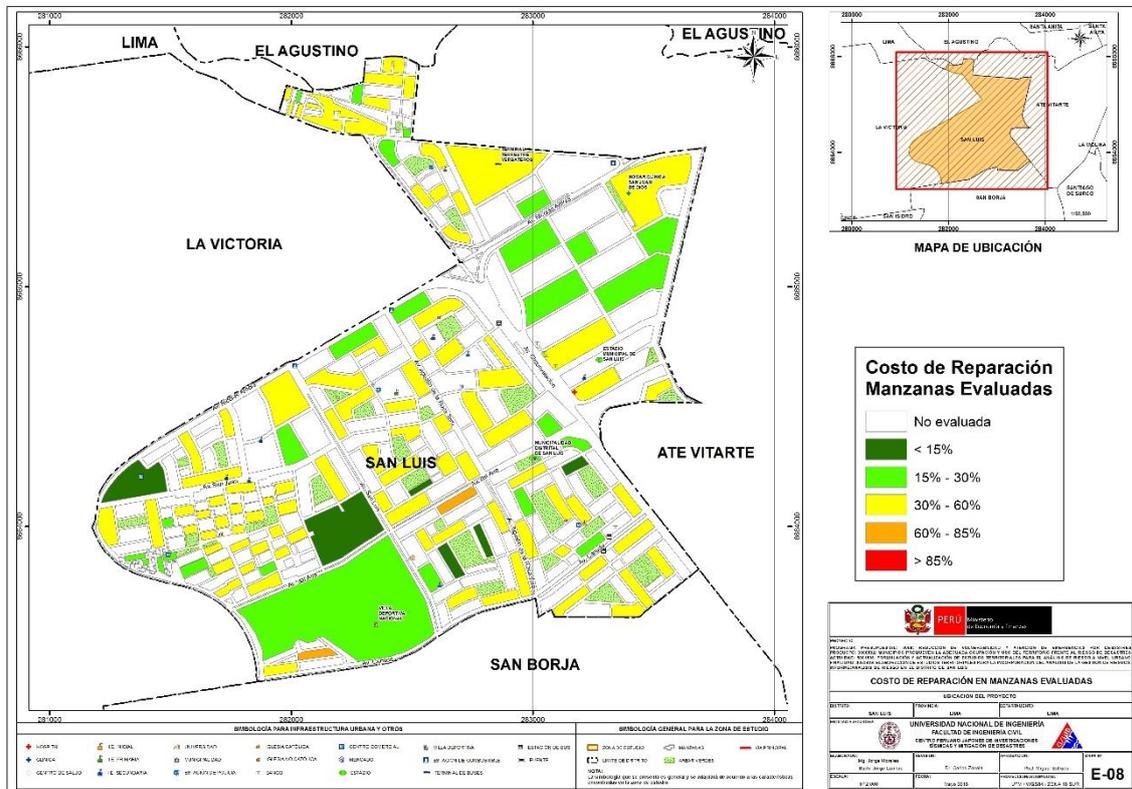


Figura 48. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas

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 para una edificación construida sobre ese terreno. 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 49 muestra el resultado de la interpolación de los valores del costo de reparación sobre todo el distrito de San Luis.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



En el Anexo I, en el mapa No. E-09, que presenta el riesgo expresado como porcentaje del costo de la edificación para el distrito de San Luis 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, agrupando ambos verdes se obtiene que en este grupo de daño leve se encuentra el 26.6% de las manzanas evaluadas. Los sectores en amarillo tendrían un porcentaje de reparación para sus viviendas entre 30~60%, en donde se encontró que el 71.8% de la muestra tendrían daño moderado. 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 daño severo y colapso que corresponden al 1.6% y 0.0%, respectivamente, de las edificaciones evaluadas para el escenario sísmico propuesto.

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	0.0%		
Verde agua	15% - 30%	Nivel II	1	16.7%	17%	Daño Leve o sin daño
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	5	83.3%	83%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	0	0.0%	0%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	0	0.0%	0%	Colapso

Los resultados para las edificaciones esenciales pueden apreciarse en la Tabla 3, que muestra que el 17% de las edificaciones esenciales podrían experimentar daño leve, mientras que el 83% experimentarían un daño moderado debido al nivel de demanda sísmica extrema sobre sus sistemas estructurales. Este estado de riesgo medio se debe a la presencia de edificaciones que se han adecuado al uso nidos, centros educativos, academias entre otros, como también la antigüedad y falta de mantenimiento de las edificaciones.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



5. REFERENCIAS

- [1] Approximate Lateral Drift Demands in Multistory Buildings with Non uniform Stiffness - Eduardo Miranda and Carlos J. Reyes Journal of Structural Engineering ASCE / July 2002.
- [2] Approximate lateral deformation demands in multistory buildings - Miranda, E. (1999). Journal of Structural Engineering ASCE. /1999.
- [3] Estimación rápida de la Respuesta Sísmica en base a sistemas de un grado de libertad para el cálculo de vulnerabilidad sísmica – Carlos Zavala y Ricardo Proaño – XIV Congreso de Ingeniería Civil Iquitos Perú / Octubre 2003.
- [4] Estimación Rápida de Desplazamientos Laterales Producidos por Sismo -Hugo Scaletti Farina – FIC – UNI /2003.
- [5] Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño –SRSND – Carlos Zavala – CISMID/FIC/UNI/ Noviembre 2007.
- [6] Efectos del Terremoto de Managua en los efectos de agua y alcantarillado - Ing. E. Pallawlecial IX Seminario Centroamericano de Ingenieros Sanitarios Panamá /Septiembre 1973.
- [7] Post Quake Microzoning Study On Pisco and Tambo De Mora Due To August 15th 2007 Pisco Quake – C. Zavala, Z. Aguilar, and M. Estrada– Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE) /March 2010.
- [8] Alva Hurtado J. E. (2004), "Banco de Datos de Mapas de Isosistas en el Perú", Página web del CISMID – FIC – UNI (<http://www.cismid-uni.org/component/k2/item/68-banco-de-datos-de-isosistas-del-peru>).
- [9] Alva Hurtado J. E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- [10] American Society of Civil Engineers - Structural Engineering Institute (2010), "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures".
- [11] Bernal, I. (2000), "Características de la Sismicidad en la Región Sur del Perú", Revista de Trabajos de Investigación, CNDG, IGP, pp. 69 – 80. Lima, Perú.
- [12] Berrocal J., (1974), "South American Seismotectonics from SAAS data", Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy in the University of Edinburg.
- [13] Bolaños A. y Monroy O. (2004), "Espectros de Peligro Sísmico Uniforme", Tesis para Optar el Grado de Magister en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- [14] Bommer, J. J., (2002), "Deterministic vs. Probabilistic Seismic Hazard Assessment: An Exaggerated and Obstructive Dichotomy", Journal of Earthquake Engineering, Vol. 6, Special Issue 1, pp. 43 – 73, Imperial College Press.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



- [15] Bommer, J. J., (2012), "Challenges of Building Logic Trees for Probabilistic Seismic Hazard Analysis" Earthquake Spectra, Volume 28, N°. 4, pages 1723-1735, November 2012. Earthquake Engineering Research Institute.
- [16] Boore, D. (1983), "Stochastic simulation of high frequency ground motion based on seismological models of the radiated spectra", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 73, N° 6, pp. 1865-1894.
- [17] Boore, D.; Joyner, W. (1982), "The empirical prediction of ground motion", Seismological Society of America, Vol. 72, N° 6, pp. S43-S60.
- [18] Cahill, T.; Isacks, B. (1992), "Seismicity and shape of the subducted Nazca plate". Journal of Geophysical Research, Vol. 97, No.B12, p. 17503-17529.
- [19] Castillo J. (1993), "Peligro Sísmico en el Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería Lima.
- [20] Castillo, J; Alva, J. (1998), "Peligro sísmico en el Perú", Memorias del VIII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cementaciones, SPMSIF, Lima, Perú.
- [21] Cornell A. (1968), "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of the Seismological Society of America", Vol 58, N°5 págs.1538-1606.
- [22] Deza E. (1969), "Estudio Preliminar Sobre las Zonas de Transición que Separan Posibles Regiones Sismotectónicas del Margen Occidental de Sudamérica: Zona de Transición en el Perú", I Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima, Perú.
- [23] Deza E. y Carbonell C. (1978), "Regionalización Sismotectónica Preliminar del Perú", IV Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú.
- [24] Dorbath, L., Cisternas, A. y Dorbath, C. (1990) "Assessment of the Size of large and Great Historical Earthquakes in Peru". BSSA, 80, pg 551-576.
- [25] Esteva, L. (1970), "Criterios para la Construcción de Espectros de Diseño", Publicación N° 19 del Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [26] Gamarra, C. A. (2010), "Nuevas Fuentes Sismogénicas para la Evaluación del Peligro Sísmico y Generación de Espectros de Peligro Uniforme en el Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería Lima.
- [27] Giovanni M. K., Beck S. L. & Wagner L. (2002), "The June 23, 2001 Peru Earthquake and the Southern Peru Subduction Zone". Geophysical Research Letters, Vol 29, N° 21, 2018.
- [28] Grange, F. et al (1984), "Tectonics implications of the micro earthquake seismicity and fault plane Solutions in the Southern Peru", Journal of Geophysical Research, Vol. 89, Pp 6139-6152.
- [29] Gutenberg, B. (1945), "Magnitude determination for deep-focus earthquakes", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 35, pp. 117-130.
- [30] Gutenberg, B.; Richter, C. (1956), "Earthquake magnitude: intensity, energy, and acceleration", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 46, pp. 104-145.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



- [31] Hanks, T.; Kanamori, H. (1979), "A moment magnitude scale", Journal of Geophysical Research, Vol. 84, pp. 2348-2350.
- [32] Hynes-Griffin, M.E., and Franklin, A.G., (1984), "Rationalizing the Seismic Coefficient Method", Miscellaneous Paper GL-84,-13, U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- [33] Instituto Geofísico del Perú. (2001), "Catálogo Sísmico del Perú: Versión Revisada y Actualizada". Lima, Perú.
- [34] International Building Code (2012), "2012 International Building Code", International Code Council, INC (ICC) - USA.
- [35] Isacks B., Oliver J. y Sykes L.R., (1968), "Seismology and Global Tectonics", Journal of Geophysical Research, Vol 73, N°18, páginas: 5855-5899.
- [36] Kramer, S. L., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering". Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [37] Macharé, J., Benavente, C., Laurence, A. (2009), "Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico 2008", Boletín N° 40 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica, INGEMMET
- [38] Macharé, J., Fenton, C., Machette, M., Lavenue, A., Costa, C. and Dart, R., (2003), "Database and Map of Quaternary Faults and Folds of Peru and its Offshore Regions", Open-File Report 03-451, US Geological Survey, U.S.A.
- [39] Macharé, J., Laurence, A., Romero, J., Costa, C., Ramírez, V., Lara, L., et al. (2009), "Atlas de Deformaciones Cuaternarias de los Andes", Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, Publicación Geológica Multinacional N° 7.
- [40] McGuire R.K. (1974), "Seismic Structural Response Risk Analysis incorporating Peak Response Regression on Earthquake Magnitude and Distance", MIT Report R74-51 Cambridge MA, USA.
- [41] Ordaz, M., Aguilar A., Arboleda J: (1999), "Program for Computing Seismic Hazard: CRISIS 2003 Ver 3.0.1", Institute of Engineering, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [42] Patwardhan, K.; Sadigh, I. M.; Idriss and Youngs, R. (1978). "Attenuation of Strong Motion Effect of Site Conditions. Transmission Path Characteristics and Focal Depths", submitted to the Bull Seismological Society of America.
- [43] Pomachagua, O. (2000), "Características Generales de la Tectónica y Sismicidad de Perú", Revista de Trabajos de Investigación, CNDG, IGP, pp. 93 – 104. Lima, Perú.
- [44] Richter C.F. (1958), "Elementary Seismology", W.H. Freeman Co., San Francisco.
- [45] S. Rodríguez, H. Tavera, (1991), Determinación con Alta Resolución de la zona Wadati-Benioff en la Región del Perú Central, Revista Geofísica Vol. 9, N°2, 141-159.
- [46] Sadigh K. Chang C., Egan J., Makdisi F., Youngs R. R., (1997), "Attenuation Relationship for Shallow Crustal Earthquakes Based on California Strong Motion Data", Seismological Research Letters, Volume 68, Number 1, January/February.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



- [47] Scordilis E 2006: Empirical global relations converting Ms and mb to moment magnitude, *Journal of Seismology* 10: pp. 225-236.
- [48] Sébrier M., Huamán D., Blanc J. L., Macharé J., Bonnot D. y Cabrera J. (1982), "Observaciones acerca de la Neotectónica del Perú", Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.
- [49] Silgado E., (1969), "Sismicidad de la Región Occidental de la América del Sur entre los paralelos 2° y 18° Latitud Sur", Primer Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, pp. 33-44.
- [50] Silgado E. (1973), "Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú 1955-1970", *Geofísica Panamericana*, Vol 2 pp. 179-243.
- [51] Silgado E. (1978), "Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, Boletín N°3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú.
- [52] Silgado E. (1992), "Investigación de Sismicidad Histórica en la América del Sur en los Siglos XVI, XVII, XVIII y XIX", CONCYTEC, Lima, Perú.
- [53] SISRA (1985), "Catálogo de Terremotos para América del Sur" Vol 7a, 7b y 7c, Proyecto SISRA, CERESIS, Lima, Perú.
- [54] Slemmons D. (1982), "Magnitude of Active Faults", U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, USA.
- [55] Tavera H. y Buforn E (1998), "Sismicidad y Sismotectónica de Perú", *Física de la Tierra*, N° 10, pp. 187 – 219. España.
- [56] Tavera H., (1998), "Mecanismo Focal de Terremotos en Perú y Sismotectónica", Tesis para Optar el Grado de Doctor en Ciencias Físicas, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid, España.
- [57] Tavera H., Buforn E., Bernal I., Antayhua Y. & Vilcapoma L. (2002), "The Arequipa (Peru) Earthquake of June 23, 2001", *Journal of Seismology*, Vol. 6, pp. 279 – 283.
- [58] Tavera H., Vilca R. y Marín G. (2006), "Inferences on the Geometry of the Nazca Plate in Northwestern Peru Based on Data Collected by a Local Seismograph Network", *Earth Science Research Journal*, Vol. 10, N° 1, pp. 15 – 24.
- [59] Weichert, Dieter H. (1980), "Estimation of the Earthquake Recurrence Parameters for Unequal Observation Periods for Different Magnitudes", *Bulletin of Seismological Society of America*, Vol. 70, N°. 4, pp. 1337-1346, August, 1980.
- [60] Youngs, R. R., Chiou. S. J., Silva, W. J. and Humprey, J. R. (1997), "Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes", *Seismological Research Letters*, Vol. 68, Numb. 1, Pp. 58 – 73, USA.
- [61] Zhao, J., Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., et al (2006), "Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 96, No. 3, pp. 898 – 913, June 2006, doi: 10.1785/0120050122.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



- [62] Silgado F., E., (1992). Investigaciones de sismicidad histórica en la America del Sur en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima, Perú.
- [63] Dorbath L., Cisternas A., y Dorbath C., 1990, Assessment of the Size of Large and Great Historical Earthquakes in Peru, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 80, No. 3, pp. 551-576.
- [64] Okada, Y., 1985, Surface Deformation Due to shear and Tensile Faults in Half-space, Bulletin Seismological Society of America. Vol. 75, No. 4, 1135-1154.
- [65] N. Pulido, H. Tavera, H. Perfettini, M. Chlieh, Z. Aguilar, S. Aoi, S. Nakai, and F. Yamazaki, "Estimation of Slip Scenarios for Megathrust Earthquakes: A Case Study for Peru," in Effects of Surface Geology on Seismic Motion, pp. 1-6, 2011.
- [66] Kuroiwa J., Reducción de Desastres, Viviendo en Armonía con la Naturaleza, 2002.
- [67] Silgado F., E., (1992). Investigaciones de sismicidad histórica en la America del Sur en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima, Peru.
- [68] Dorbath L., Cisternas A., y Dorbath C., 1990, Assessment of the Size of Large and Great Historical Earthquakes in Peru, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 80, No. 3, pp. 551-576.
- [69] Okada, Y., 1985, Surface Deformation Due to shear and Tensile Faults in Half-space, Bulletin Seismological Society of America. Vol. 75, No. 4, 1135-1154.
- [70] N. Pulido, H. Tavera, H. Perfettini, M. Chlieh, Z. Aguilar, S. Aoi, S. Nakai, and F. Yamazaki, "Estimation of Slip Scenarios for Megathrust Earthquakes: A Case Study for Peru," in Effects of Surface Geology on Seismic Motion, pp. 1-6, 2011.
- [71] Kuroiwa J., Reducción de Desastres, Viviendo en Armonía con la Naturaleza, 2002.