



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



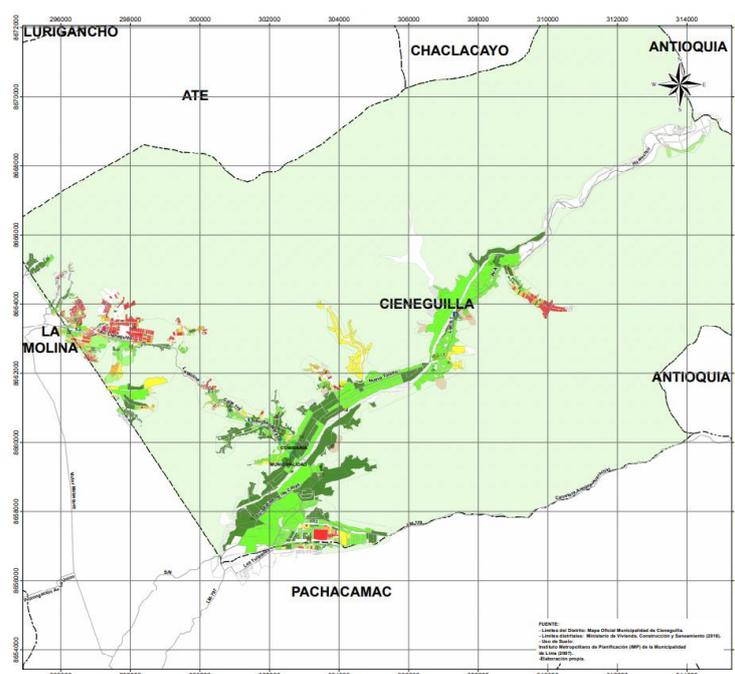
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



**CONVENIO DE COLABORACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO Y LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL
ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y ANÁLISIS DE RIESGO EN
LA ZONA UBICADA EN EL ÁREA URBANA DE LA MUNICIPALIDAD
DISTRITAL DE CIENEGUILLA (PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE LIMA)**

**PRODUCTO 02
ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y ANÁLISIS DE RIESGO
EN LA ZONA DE ESTUDIO UBICADA EN EL
DISTRITO DE CIENEGUILLA**

**TOMO III
ESTIMACIÓN DEL RIESGO**



LIMA, DICIEMBRE 2019



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



PRODUCTO 02 - TOMO III ESTIMACIÓN DEL RIESGO

ÍNDICE

ÍNDICE	1
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA TABLAS	6
1. ANTECEDENTES	7
2. INTRODUCCIÓN	7
3. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA	8
3.1. Mapa de Microzonificación Sísmica.....	8
3.2. Mapa de Zonas de Aceleraciones	10
3.3. Mapa de Zonas de Velocidades.....	11
4. MAPAS DE VULNERABILIDAD	12
4.1. Exploración de Campo de Tipo Muestral	12
4.1.1. Preparación de Actividades, Coordinación y Personal.....	12
4.1.2. Metodología de toma de datos	12
4.1.3. Plantilla para la encuesta	12
4.1.4. Sectorización y Levantamiento de Datos de Campo	14
4.1.5. Procedimiento y control de calidad de datos de campo	15
4.1.6. Georeferenciación y Compatibilización de Planos	16
4.1.7. Sistematización de la Información	16
4.1.8. Ubicación de las manzanas a evaluar	16



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



4.2.	Informe de campo	19
4.2.1.	Edificaciones	19
4.2.2.	Edificaciones esenciales	23
4.3.	Base de datos geo-espacial	34
4.3.1.	Mapa de Uso de Suelo	37
4.3.2.	Mapa de Materiales Predominantes	38
4.3.3.	Mapa de Alturas de Edificación	39
4.3.4.	Mapa de Tipologías Estructurales	40
4.3.5.	Mapa de Estado de Conservación	42
4.3.6.	Mapa de Vulnerabilidad	43
5.	MAPAS DE RIESGO	48
5.1.	Elaboración de Estudio de Riesgo para un Escenario Sísmico	48
5.2.	Mapa de riesgo de las edificaciones evaluadas para un escenario sísmico	49
5.3.	Conclusiones de evaluación del riesgo sísmico para un escenario de sismo severo	51
6.	ESTUDIO PRELIMINAR DE RIESGO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	54
6.1.	Mapa de tipo de tubería de agua	59
6.2.	Mapa de roturas para un escenario sísmico	60
6.3.	Conclusiones y recomendaciones del diagnóstico preliminar del sistema de agua	61
7.	REFERENCIAS	63



PERÚ

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Viceministerio de Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras Ciudades



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



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formato de ayuda para codificación del lote	13
Figura 2. Formato de evaluación para la edificación representativa de la manzana	14
Figura 3. Sectores de evaluación del distrito de Cieneguilla	15
Figura 4. Manzanas totales (1482) versus manzanas seleccionadas (335)	17
Figura 5. Vivienda de un nivel del Sector 01.....	19
Figura 6. Vivienda de dos niveles del Sector 01.	19
Figura 7. Vivienda de entramados de madera de un nivel del Sector 01.	19
Figura 8. Vivienda de un nivel de La Planicie.....	20
Figura 9. Vivienda de dos niveles de La Planicie.	20
Figura 10. Vivienda de un nivel del Sector 02.	20
Figura 11. Vivienda de dos niveles del Sector 02.	20
Figura 12. Vivienda de un nivel del Sector 03.	21
Figura 13. Vivienda de dos niveles del Sector 03.	21
Figura 14. Vivienda de un nivel del Sector 04.	22
Figura 15. Vivienda de dos niveles del Sector 04.	22
Figura 16. Viviendas de madera en estado de conservación regular del Sector 04.	22
Figura 17. Viviendas de madera en estado de conservación malo del Sector 04.	22
Figura 18. Área destinada a casa de campo del Sector 04.	23
Figura 19. Área destinada a casa de campo del Sector 04.	23
Figura 20. Institución Educativa Inicial Nueva Gales.	24
Figura 21. Biblioteca Municipal Inca Garcilaso de la Vega.	24
Figura 22. Agencia Municipal.....	24
Figura 23. Institución Educativa San Francisco de los Ángeles.	24
Figura 24. Instituto de Educación Santa Rosa de Collanac.....	25
Figura 25. Colegio Jesús de Cieneguilla	25
Figura 26. Instituto Educativo Privado “Los Emprendedores”	25
Figura 27. Grifo	25
Figura 28. Institución Educativa Privada Blaise Pascal	26



Figura 29. Casa de la Cultura “Juan Cuadrado R.” 26

Figura 30. Instituto de educación superior tecnológico Magda Portal 26

Figura 31. Colegio Jesús de Cieneguilla 26

Figura 32. Grifo Repsol 27

Figura 33. Colegio Jesús de Cieneguilla 27

Figura 34. El Colegio Martin Adan 27

Figura 35. Colegio Albert Einstein 27

Figura 36. Iglesia Bautista Vida Nueva..... 28

Figura 37. Colegio Amiguito..... 28

Figura 38. Centro educativo inicial San Martin de Porres 28

Figura 39. Parroquia San José 28

Figura 40. Biblioteca Municipal Cesar Vallejo 29

Figura 41. Policlínico Municipal de Cieneguilla 29

Figura 42. Tanque Elevado..... 29

Figura 43. Institución Educativa Mi Pequeña Semillita 29

Figura 44. Institución Educativa Jesús Sacramentado 30

Figura 45. Municipalidad Distrital de Cieneguilla 30

Figura 46. Planta de tratamiento de aguas residuales..... 30

Figura 47. Capilla Nuestra Señora del Carmen..... 30

Figura 48. Tanque elevado 31

Figura 49. Tanque 31

Figura 50. Colegio La Libertad..... 31

Figura 51. Cementerio Municipal San Pedro..... 31

Figura 52. Tanque Elevado..... 31

Figura 53. Colegio “Qapac Ñam” 32

Figura 54. IEI 157 “Huaycan” 32

Figura 55. Colegio “Víctor Raúl Haya de la Torre” 32

Figura 56. Colegio “Waldorf - Cieneguilla” 32

Figura 57. A.C.E.P. Peruano Chino “Diez de Octubre” 33



Figura 58. Colegio Guillermo Wagner 33

Figura 59. Puesto de Salud “Colca” 33

Figura 60. Base de datos de los lotes representativos por manzana 34

Figura 61. Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva y procesamiento 36

Figura 62. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Cieneguilla 37

Figura 63. Mapa de Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Cieneguilla 37

Figura 64. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito Cieneguilla 38

Figura 65. Mapa de Distribución de los materiales de construcción predominante del distrito de Cieneguilla 38

Figura 66. Distribución del número de pisos de las edificaciones del distrito de Cieneguilla 39

Figura 67. Mapa temático del número de pisos de las edificaciones del distrito de Cieneguilla 39

Figura 68. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de Cieneguilla .. 40

Figura 69. Mapa del uso del sistema estructural muestra del distrito de Cieneguilla 41

Figura 70. Estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de Cieneguilla 42

Figura 71. Mapa del estado de conservación de la muestra de edificaciones del distrito de Cieneguilla 42

Figura 72. Edificación representada por un sistema equivalente 44

Figura 73. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de Cieneguilla 48

Figura 74. Proceso de generación del mapa de riesgo 50

Figura 75. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas.... 50

Figura 76. Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW) 51

Figura 77. Roturas por Km en tubos CIP y PVC. 56

Figura 78. Roturas por Km en tubos de acero dúctil. 57

Figura 79. Curvas extremas de tasa de daño en CIP y PVC. 57

Figura 80. Curvas extremas de tasa de daño en tubería de hierro dúctil. 58

Figura 81. Mapa de Tipos de Tubería en el distrito de Cieneguilla 59

Figura 82. Roturas por criterio de Yamazaki (2008). 60

Figura 83. Roturas por criterio de Isoyama (2000)..... 61



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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.....	35
Tabla 2. Resultados del daño en el distrito de Cieneguilla para un escenario de sismo severo.....	52
Tabla 3. Resultado de daño esperado en edificaciones esenciales.....	53
Tabla 4. Descripción de la base de datos del sistema de distribución de agua para el distrito de Cieneguilla.....	55
Tabla 5. Tipo de tuberías de agua en el distrito de Cieneguilla.....	59

**PERÚ**Ministerio
de Vivienda, Construcción
y SaneamientoViceministerio de
Vivienda y UrbanismoPrograma Nuestras
CiudadesUNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES

Producto 05 - Tomo III: Estimación del Riesgo

1. ANTECEDENTES

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) de conformidad con la Ley N° 30156, tiene entre sus competencias el desarrollar, contribuir, coordinar y ejecutar acciones para el proceso de gestión del riesgo de desastres, en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Asimismo, en concordancia con lo dispuesto en la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo, ejerce competencias compartidas con los Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales, en materia de vivienda, urbanismo, construcción y saneamiento. El Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres - CISMID, fundado por la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, 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. Ambas instituciones unen esfuerzos a fin de lograr el conocimiento de los Estudios de Microzonificación Sísmica y Análisis de Riesgo en zonas de estudios ubicadas en las áreas urbanas de las municipalidades distritales de Cieneguilla (Lima). Por este motivo, el MVCS y la UNI, firman el convenio específico para la ejecución de los estudios en fecha 04 de noviembre de 2019.

El presente informe que constituye el Producto 2 del convenio específico en referencia, presenta el estudio de Microzonificación Sísmica y Análisis de Riesgo en zonas ubicadas en el distrito de Cieneguilla.

2. INTRODUCCIÓN

El distrito de Cieneguilla es uno de los 43 distritos que conforman la provincia de Lima, ubicada en el departamento de Lima - Perú. Se encuentra en la parte suroriental de la provincia y es uno de los pocos distritos que no se encuentran totalmente urbanizados y tiene una superficie de 240.33 km².

Acerca de la Historia del distrito de Cieneguilla

La historia de Cieneguilla se remonta al primer milenio de nuestra era, según los estudios realizados por el arqueólogo Dr. Alberto Bueno Mendoza. La zona estuvo vinculada a Pachacámac y los poblados de Lurín, y es precisamente durante el apogeo del Tahuantinsuyo cuando figuró como el último tramo del Qapak Ñan o Camino Inca que unía Pachacámac con el Cusco, pasando por el célebre santuario del Apu Nevado Pariacaca y los tambos de Jauja y Vilcashuamán. Es precisamente en Cieneguilla donde se inician la carretera de acceso a la provincia de Huarochirí, una zona con muchos atractivos turísticos.

En 1539 la zona pasa a poder del entonces alcalde de Lima Nicolás de Rivera El Viejo. Años después se integra a la provincia de Cañete para volver a Lima según ordenanza del virrey Luis de Velasco y Castilla.



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



Un censo realizado a mediados del siglo pasado da una población de medio millar de habitantes, repartidos en la zona de Lurín, Manchay y Cieneguilla. Por aquellos años la zona cobró celebridad por la presencia de bandidos y asaltantes de caminos

Pero fue durante la Guerra del Pacífico cuando volvió a cobrar importancia luego de que las tropas chilenas pasaron por Manchay para atacar Lima ingresando por el actual distrito de La Molina.

En 1895 La Casa Hacienda Cieneguilla fue elegida como cuartel general de las tropas rebeldes de don Nicolás de Piérola.

Hasta 1960, La Casa Hacienda de Cieneguilla vuelve a cobrar importancia cuando su propietario, Luis Ortiz de Zevallos, inicia un programa de lotización con miras a convertirlo en una zona residencial campestre. Fue precisamente esa gestión la que motivó la construcción del actual serpentín de acceso, en reemplazo del viejo camino que subía por las pampas de Manchay.

El distrito fue creado el 3 de marzo de 1970 mediante Decreto Ley N° 18166, en el gobierno del presidente Juan Velasco Alvarado.

3. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

3.1. Mapa de Microzonificación Sísmica

La microzonificación sísmica es un estudio dirigido a identificar zonas de suelos que puedan presentar comportamiento similar durante la ocurrencia de un sismo severo; determinadas las zonas pueden darse recomendaciones precisas para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes. La determinación de estas zonas se realiza teniendo en cuenta las condiciones topográficas, los depósitos geológicos y los materiales que conforman los suelos (tipos, espesores y consistencia de los suelos expresados mediante sus características mecánicas y dinámicas). La Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030 define lo que es el estudio de Microzonificación Sísmica e indica que será requisito la ejecución de este estudio para la determinación de áreas de expansión de ciudades, construcción de complejos industriales o similares y reconstrucción de áreas urbanas destruidas por sismos y fenómenos asociados. Por lo tanto el Mapa de Microzonificación Sísmica es una herramienta muy útil para los planificadores urbanos ya que les proporcionará información técnica que les permitirá tomar decisiones para orientar el crecimiento y desarrollo urbano de manera sostenible en una ciudad, disminuyendo su riesgo ante la ocurrencia de un sismo severo.

Las características mecánicas y dinámicas del suelo del distrito de Cieneguilla han sido determinadas en el presente estudio y son representadas en los mapas de Microzonificación Geotécnica y de Isoperiodos (Mapa II-3 y Mapa II-4 del Tomo II respectivamente), de la misma manera el Mapa II-5 del Tomo II presenta el resultado de los Peligros de Origen Natural que afectan al distrito. Los resultados de estos mapas son superpuestos en la superficie del área de estudio, permitiendo obtener el Mapa de Microzonificación Sísmica (Mapa III-1 del presente

Tomo III), identificándose un comportamiento homogéneo del suelo frente a la ocurrencia de un sismo severo. A continuación, se describen las zonas obtenidas:

Zona I

Esta zona está conformada por afloramientos de rocas con diferentes grados de fracturación, predominan las rocas ígneas intrusivas como la gabro-diorita y la granodiorita, las cuales, en algunas zonas, intuyen a rocas sedimentarias.

Las gravas y arenas de origen aluvial y coluvio-aluvial, de compacidades densas, también se incluyen en esta zona. Las gravas de origen aluvial presentan formas sub redondeadas, están inmersas en una matriz areno-limo-arcillosa y se encuentran predominantemente en el valle del río Lurín. Las arenas de origen coluvio-aluvial, se encuentran emplazadas en las quebradas que presenta el distrito, tienen formas angulosas, bajos contenidos de humedad y una baja o nula plasticidad.

La capacidad de carga admisible estimada en esta zona, considerando una cimentación corrida de 0.60 m de ancho y un desplante mínimo de 0.80 m, es de 5.0 kg/cm² si se desplanta roca fracturada y de 2.0 a 4.0 kg/cm² si se desplanta sobre grava o arena. Estos materiales presentan las mejores características geotécnicas para cimentar viviendas convencionales.

Debido a la dispersión de resultados obtenidos en los ensayos químicos, no se puede definir un único tipo de cemento contra el ataque de los sulfatos en esta zona, sin embargo, considerando el tema de seguridad, se recomienda el uso de Cemento Portland Tipo II, hasta que un estudio detallado de sitio defina lo contrario.

En esta zona no se espera un incremento del nivel de peligro sísmico estimado por efecto del comportamiento dinámico del suelo. Los valores de períodos de oscilación lateral del suelo son menores a 0.30 s.

Zona II

Esta zona se encuentra conformada por depósitos de arenas de origen aluvial y eólico, de compacidad media. También se encuentran, aunque en menor proporción, depósitos de limos y/o arcillas de consistencia media. Estos materiales se encuentran predominantemente en la parte central del distrito y se entiende que sobreyacen a los depósitos de gravas o a las rocas.

La capacidad de carga admisible estimada, considerando una cimentación corrida de 0.60 m de ancho y un desplante mínimo de 0.80 m, varía entre 1.20 a 2.0 kg/cm². Estos materiales presentan características geotécnicas favorables para cimentar viviendas convencionales.

Con el criterio seguido en la Zona I, se recomienda el uso de Cemento Portland Tipo II, debido a una elevada concentración de sulfatos presentes en el suelo que conforma esta zona.

En esta zona se espera un incremento moderado del nivel de peligro sísmico estimado por efecto del comportamiento dinámico del suelo. Los valores de períodos de oscilación lateral del suelo son menores a 0.40 s.

Zona V

Conformada por rellenos antrópicos no controlados de potencia variable. Esta zona se encuentra ubicada en la parte noroeste, en el margen de la avenida Cieneguilla. Se presume que antiguamente esta zona fue utilizada como una cantera para la obtención de materiales de construcción, producto del cual se formaron unas hondonadas en el suelo, las cuales fueron rellenadas y posteriormente habitadas. Dada la heterogeneidad de este tipo de materiales, es sumamente complicado predecir su comportamiento mecánico, por esta razón, y siguiendo las recomendaciones de la Norma E050 (2018) de debe restringir todo tipo de construcción en esta zona hasta no haber removido en su totalidad el material de relleno.

El comportamiento dinámico del suelo en esta zona es el más desfavorable por la presencia del material de relleno.

Es importante indicar que los estudios realizados en este distrito no han identificado ni han encontrado materiales correspondientes a zonas sísmicas Tipo III y Tipo IV.

3.2. Mapa de Zonas de Aceleraciones

Una vez determinado el mapa de microzonificación sísmica en el área de estudio, es necesario caracterizar las zonas identificadas de manera cuantitativa estimando el valor de la aceleración horizontal máxima esperada para el suelo; para ello se utilizará como dato de entrada el resultado de la aceleración esperada para terreno firme del estudio de peligro sísmico para el distrito de Cieneguilla (ver ítem 6.5, Tomo II) que corresponde para un suelo "Tipo C" (IBC) un valor de aceleración horizontal máxima de diseño PGA (Peak Ground Acceleration) de 462.27 cm/s²; los valores de aceleración máxima proyectados para las diferentes zonas mostrados en el mapa de Microzonificación Sísmica III-1 se obtienen multiplicando los parámetros del suelo propuestos en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente (2016) por la aceleración máxima PGA de 462.27 cm/s² de la siguiente manera:

Zona	Factor	Aceleración máxima
I	1.00	462.27 cm/s ²
II	1.05	485.38 cm/s ²
V	1.3	600.94 cm/s ²

El valor obtenido para las zonas descritas es mostrado en el mapa III-2 del presente Tomo III.



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



3.3. Mapa de Zonas de Velocidades

Es necesario determinar los valores de velocidad máxima del suelo que pueden presentarse en la zona de estudio con la finalidad de estimar el riesgo al que se encuentra expuesto el sistema de tuberías de la red de saneamiento.

Para la elaboración del mapa de velocidades máximas se utiliza la relación matemática presentada en el artículo técnico titulado “Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: Aplicación en el análisis del peligro sísmico”, (Miguel A. Jaimes, Eduardo Reinoso, Mario Ordaz y Cesar Arredondo, 2009), publicado en la Revista de Ingeniería Sísmica No. 81, pag. 19-35 (2009), editada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS). La relación es la siguiente:

$$\ln(V_{max}) = -1.8349 + 1.1146 \cdot \ln(A_{max}) + 0.4043 \cdot \ln(T_s) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde la velocidad máxima esperada del suelo (V_{max}) se expresa en función de la aceleración máxima esperada del suelo (A_{max}) y del periodo de oscilación del suelo (T_s) para sismos de tipo subducción. Entonces para determinar el mapa de velocidades máximas del suelo para el distrito de Cieneguilla, se deberá utilizar como datos de entrada la aceleración máxima del suelo y el periodo de oscilación del suelo estimados anteriormente y representados en el mapa III-2 del presente Tomo III y el mapa II-4 del Tomo II, respectivamente. Los valores de velocidades máximas esperadas del suelo para el distrito de Cieneguilla se muestran en el mapa III-3 del presente Tomo III.

4. MAPAS DE VULNERABILIDAD

4.1. Exploración de Campo de Tipo Muestral

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.

4.1.2. 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.

4.1.3. 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 de fotografía del lote representativo de la manzana, donde se pueda identificar la estructura de la edificación. Posteriormente esta

fotografía se codifica para que coincida con el identificador del lote y de esta manera poder almacenar la fotografía en la base de datos geoespacial.

CONVENIO CISMID/FIC/UNI – MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO DEL DISTRITO DE CIENEGUILLA				
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)	Policía 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	
<p>*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 Valdío Use (V)</p> <p>1AVSR → (1) + (2) + (3) + (4) + (5) 1PISOS + ADOBE + USO VIVIENDA + MAMPOSTERÍA DE ARCILLA SIN REFUERZO + REGULAR</p>				
Foto 5 - Numero <input type="text"/>				
Acharur lote representativo				
Foto 1 - Numero <input type="text"/>				Foto 2 - Numero <input type="text"/>
Foto 3 - Numero <input type="text"/>				Foto 4 - Numero <input type="text"/>

Figura 1. Formato de ayuda para codificación del lote

CODIGO DE MANZANA		CODIGO INTERNO	
ESTRUCTURACIÓN			
Material	Adobe	Mampostería	Concreto
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
Confinamiento	Sí	No	Tubular/Hueco
Fisuras	Sí	No	
Tarrajeo	Sí	No	
Estado de conservación	Bueno	Regular	Malo

Achurar lote representativo

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

4.1.4. 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 4 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.
- 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.

- d) La sectorización del distrito se muestra en la Figura 3, en donde son identificados los 4 sectores en que se dividió el distrito de Cieneguilla.

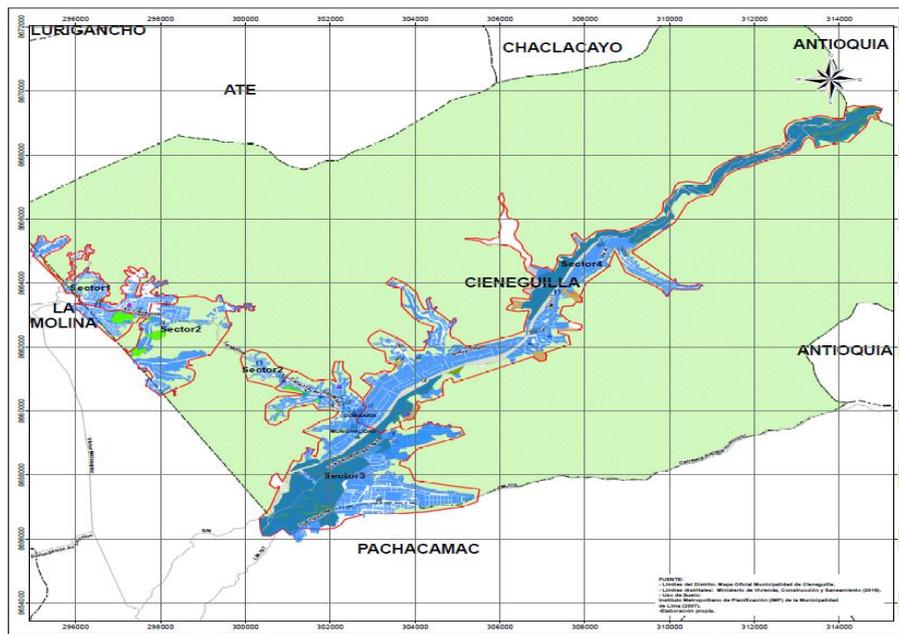


Figura 3. Sectores de evaluación del distrito de Cieneguilla

4.1.5. 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 el 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.

4.1.6. 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.

4.1.7. 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 dentro 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 22.3% del total de manzanas debe ser evaluado.

4.1.8. 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:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{para } x \text{ a } \leq x \leq b \\ 0 & \text{para el resto} \end{cases} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde, a y b son los límites geográficos para el distrito de Cieneguilla, 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 4 se presenta el total de las 335 manzanas del área estudiada del distrito, en color rojo las evaluadas y en color verde las 1147 manzanas no evaluadas. El porcentaje de manzanas a evaluar es de 23%, lo cual hace una muestra significativa. En el Mapa E-02 del Anexo I se presenta en detalle las manzanas que fueron evaluadas.

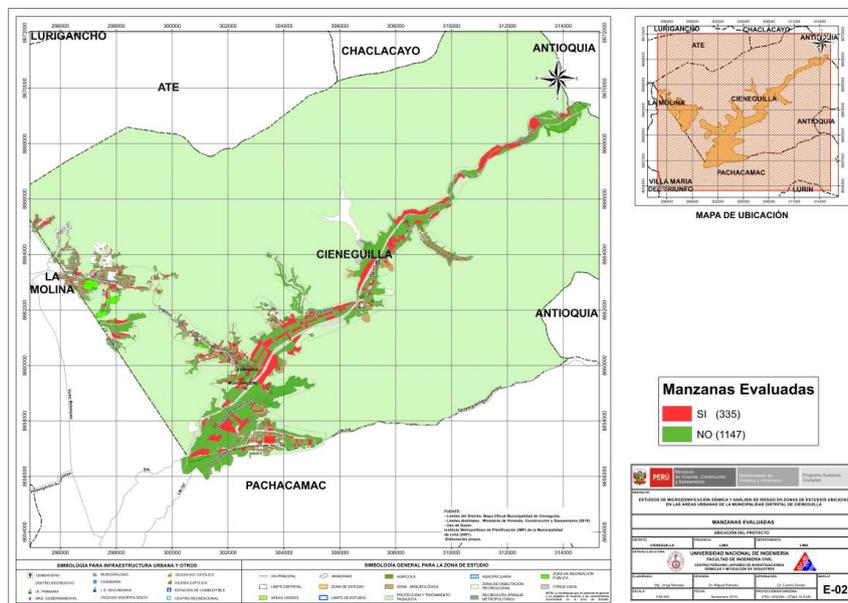


Figura 4. Manzanas totales (1482) versus manzanas seleccionadas (335)



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



En el presente trabajo se optó por considerar un nivel de confianza del 97.33% bajo el supuesto que exista un error del orden del 1.10% en la desviación estándar, dando como resultado que el tamaño de la muestra es del 22.3% de población total de las manzanas. Esto produce un tamaño muestral calculado en función del tamaño de la población (N), el error en la desviación estándar (α) y el número de unidades de desviación estándar para alcanzar el nivel de confianza deseado (z).

$$n = \frac{0.25N}{\left(\frac{\alpha}{z}\right)^2 (N - 1) + 0.25} \quad \text{Ec. 3}$$

Esto produce un tamaño muestral mínimo de 330 manzanas. En el presente estudio se mejoró este valor al considerar una muestra de 335 manzanas, bajo la premisa, con este mayor número de manzanas se cubre mayor área y por lo tanto el análisis tiene una mayor consistencia.

4.2. Informe de campo

4.2.1. Edificaciones

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

SECTOR 01

El Sector 01 se encuentra ubicado en la zona oeste del distrito de Cieneguilla. Este sector se encuentra delimitado con: el distrito de Ate por el norte, la avenida Cieneguilla por el sur, el distrito de La Molina por el oeste, y el Sector 02 por el este.

El total de manzanas evaluadas fueron de 87, de las cuales el 93% corresponden a viviendas unifamiliares, el 1% corresponden comercio, y un 6% restante se divide entre colegios, hospitales, iglesias otros. La tipología predominante es de entramados de madera en un 60% y albañilería confinada en un 39%, de uno a dos niveles, con losa aligerada y un estado de conservación regular en su mayoría. La Figura 5, Figura 6 Y Figura 7 muestran algunas viviendas representativas.



Figura 5. Vivienda de un nivel del Sector 01.



Figura 6. Vivienda de dos niveles del Sector 01.



Figura 7. Vivienda de entramados de madera de un nivel del Sector 01.

En la zona noroeste del sector denominada “La Planicie”, existen viviendas multifamiliares de uno y dos niveles de mampostería confinada y diafragmas rígidos de losa aligerada con un estado de conservación bueno. La Figura 8 y Figura 9 muestran algunas de estas viviendas.



Figura 8. Vivienda de un nivel de La Planicie.



Figura 9. Vivienda de dos niveles de La Planicie.

NOTA: Algunas manzanas de la zona norte del sector como la manzana 1192, no pudieron ser evaluadas debido a su inaccesibilidad.

SECTOR 02

El Sector 02 se encuentra ubicado en la zona noroeste del distrito de Cieneguilla. Este sector se encuentra delimitado con el sector 1 por el norte y con el sector 3 por el sureste. El total de manzanas evaluadas fueron de 89, de las cuales 87 corresponden a edificaciones. De estas 87 manzanas, el 75,9% corresponde a viviendas unifamiliares, el 7,6% corresponde a vivienda y comercio, y un 7,6% restante corresponde a comercio. La tipología predominante es de albañilería confinada y no confinada de un nivel, con cubierta ligera y de dos niveles, con techo de losa aligerada. El estado de conservación es regular en su mayoría. La Figura 10 y la Figura 11 muestran algunas viviendas representativas.



Figura 10. Vivienda de un nivel del Sector 02.



Figura 11. Vivienda de dos niveles del Sector 02.

SECTOR 03

El Sector 03 se encuentra ubicado en la zona sur del distrito de Cieneguilla. Este sector se encuentra delimitado con el asentamiento humano Magda Portal por el norte, el condominio la Raya por el sur y con el asentamiento humano Inmaculada Concepción por el este.

El total de manzanas evaluadas fueron de 95, de las cuales 72 corresponden a edificaciones. De estas 72 manzanas, el 89% corresponde a viviendas unifamiliares, el 4% corresponde a edificios comerciales, y un 7% restante se divide en colegios y hospitales. La tipología predominante es de albañilería confinada y no confinada de un nivel, con cubierta ligera y de dos niveles, con techo de losa aligerada. El estado de conservación es regular en su mayoría. La Figura 12 y la Figura 13 muestran algunas viviendas representativas.



Figura 12. Vivienda de un nivel del Sector 03.



Figura 13. Vivienda de dos niveles del Sector 03.

SECTOR 04

El Sector 04 se encuentra ubicado en la zona este del distrito de Cieneguilla. Este sector se encuentra delimitado con: el sector 03 y la Av. San Martín por el sur, por el noreste con el distrito de Antioquia – Huarochirí y por el suroeste con el distrito de Pachacamac.

En el sector existe un total de 363 manzanas y el número de manzanas evaluadas fue de 87. En este sector predominan las viviendas de uno y dos niveles de albañilería con diafragmas flexibles y en un estado de conservación regular, como se muestran en la Figura 14 y la Figura 15 que muestran algunas de las viviendas representativas.



Figura 14. Vivienda de un nivel del Sector 04.



Figura 15. Vivienda de dos niveles del Sector 04.

En una zona del sector 04, se encontraron una cantidad considerable de casas de madera con estado de conservación regular y mala, como se muestra en la Figura 16 y Figura 17 respectivamente.



Figura 16. Viviendas de madera en estado de conservación regular del Sector 04.



Figura 17. Viviendas de madera en estado de conservación malo del Sector 04.

Finalmente, se encontraron varias áreas destinadas a casas de campo, la mayoría son propiedades privadas, a dos grupos de estas casas no se pudo acceder ya que tenían acceso restringido como el club “La Quebrada” y el club ecológico “Sierra Morena”. Ver Figura 18 y Figura 19.



Figura 18. Área destinada a casa de campo del Sector 04.



Figura 19. Área destinada a casa de campo del Sector 04.

4.2.2. Edificaciones esenciales

Para la evaluación de las edificaciones esenciales se consideró la edificación típica que formaba parte del complejo sea 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 que se encuentran dentro de la muestra estudiada en los sectores del distrito:

Sector 01

El Sector 01 cuenta con algunas edificaciones esenciales, tales como:

La Institución Educativa Inicial Nueva Gales se encuentra en la manzana 1070. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural de pórticos de concreto armado. La estructura presenta un estado de conservación bueno. Ver Figura 20.

La Biblioteca Municipal Inca Garcilaso de la Vega se encuentra en la manzana 1151. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural de pórticos de concreto armado con diafragma rígido de losa aligerada. La estructura presenta un estado de conservación bueno. Ver Figura 21.



Figura 20. Institución Educativa Inicial Nueva Gales.



Figura 21. Biblioteca Municipal Inca Garcilaso de la Vega.

La Agencia Municipal se encuentra se la manzana 524. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural de pórticos de concreto armado con diafragmas rígidos de losa aligerada. La estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 22.

La Institución Educativa San Francisco de los Ángeles se encuentra en la manzana 463. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural de mampostería confinada con diafragma rígido de losa aligerada. La estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 23.



Figura 22. Agencia Municipal.



Figura 23. Institución Educativa San Francisco de los Ángeles.

Sector 02

El Sector 02 cuenta con algunas edificaciones esenciales, tales como:

El Instituto de Educación Santa Rosa de Collanac se encuentra en la manzana 1288. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y cobertura ligera de techo. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 24.

La Institución Educativa Inicial “Angelitos de María” UGEL 06 Los Industriales – Cieneguilla se encuentra en la manzana 1463. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a

base de muros de albañilería confinada y cobertura ligera de techo. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 25.



Figura 24. Instituto de Educación Santa Rosa de Collanac



Figura 25. Colegio Jesús de Cieneguilla

El Instituto Educativo Privado “Los Emprendedores” se encuentra en la manzana 487. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un buen estado de conservación. Ver Figura 26.

El grifo Repsol se encuentra en la manzana 764 y tiene un sistema estructural de pórticos de acero y una cobertura ligera. La estructura presenta un buen estado de conservación. Ver Figura 27.



Figura 26. Instituto Educativo Privado “Los Emprendedores”



Figura 27. Grifo

La Institución Educativa Privada Blaise Pascal se encuentra en la manzana 272. Presenta estructura de 04 niveles y tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada en todos los niveles. La estructura se encuentra en regular estado de conservación. Ver Figura 28.

La Casa de la Cultura “Juan Cuadrado R.”, se encuentra entre las manzanas 752 y 753. Presenta estructura de 03 niveles y tienen un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y cobertura ligera. La estructura se encuentra en regular estado de conservación. Ver Figura 29.



Figura 28. Institución Educativa Privada Blaise Pascal



Figura 29. Casa de la Cultura "Juan Cuadrado R."

Sector 03

El Sector 03 cuenta con algunas edificaciones esenciales, tales como:

El Instituto de educación superior tecnológico Magda Portal se encuentra en la manzana 5414. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 30.

El Colegio Jesús de Cieneguilla se encuentra en la manzana 654. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de muros de albañilería confinada y losa aligerada en todos los niveles. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 31.



Figura 30. Instituto de educación superior tecnológico Magda Portal



Figura 31. Colegio Jesús de Cieneguilla

El grifo Repsol se encuentra en la manzana 654 y tiene un sistema estructural de pórticos de acero y una cobertura ligera. En general la estructura presenta un buen estado de conservación. Ver Figura 32.

El colegio Jesús de Cieneguilla se encuentra en la manzana 438. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería. La estructura presenta un mal estado de conservación. Ver Figura 33.



Figura 32. Grifo Repsol



Figura 33. Colegio Jesús de Cieneguilla

El colegio Martín Adán y Albert Einstein se encuentran en la manzana 653. Ambas son estructuras de 02 niveles y tienen un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada en todos los niveles. Las estructuras en general se encuentran en regular estado de conservación. Ver Figura 34 y Figura 35.



Figura 34. El Colegio Martín Adán



Figura 35. Colegio Albert Einstein

La Iglesia Bautista Vida Nueva se encuentra en la manzana 653. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a base de perfiles livianos y una cobertura ligera de techo. En general la estructura presenta un regular estado de conservación. Ver Figura 36.

El colegio Amiguito se encuentra en la manzana 662. Esta edificación de 03 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un buen estado de conservación. Ver Figura 37.



Figura 36. Iglesia Bautista Vida Nueva



Figura 37. Colegio Amiguito

El Centro educativo inicial San Martín de Porres se encuentra en la manzana 667. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un regular estado de conservación. Ver Figura 38.

La Parroquia San José se encuentra en la manzana 667. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto y vanos rigidizados de mampostería. En la parte frontal presenta una torre de 3 niveles y una cúpula en la parte superior. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 39.



Figura 38. Centro educativo inicial San Martín de Porres



Figura 39. Parroquia San José

La Biblioteca Municipal César Vallejo se encuentra en la manzana 662. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 40.

El Policlínico Municipal de Cieneguilla se encuentra en la manzana 671. Esta edificación de 03 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada en todos sus niveles. En general la estructura presenta un buen estado de conservación. Ver Figura 41.



Figura 40. Biblioteca Municipal Cesar Vallejo



Figura 41. Policlínico Municipal de Cieneguilla

El tanque elevado se encuentra en la manzana 669. Este tanque tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 42.

La Institución Educativa Mi Pequeña Semillita se encuentra en la manzana 671. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada en todos sus niveles. En general la estructura presenta un buen estado de conservación. Ver Figura 43



Figura 42. Tanque Elevado



Figura 43. Institución Educativa Mi Pequeña Semillita

La Institución Educativa Jesús Sacramento se encuentra en la manzana 1105. Esta edificación de 02 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada en todos sus niveles. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 44.

La Municipalidad Distrital de Cieneguilla se encuentra en la manzana 676. Esta edificación de 03 niveles tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 45.



Figura 44. Institución Educativa Jesús Sacramentado



Figura 45. Municipalidad Distrital de Cieneguilla

La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra en la manzana 747. Ver Figura 46.

La Capilla Nuestra Señora del Carmen se encuentra en la manzana 715. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería y losa aligerada de techo. En general la estructura presenta un mal estado de conservación. Ver Figura 47.



Figura 46. Planta de tratamiento de aguas residuales



Figura 47. Capilla Nuestra Señora del Carmen

El tanque elevado se encuentra en la manzana 205. Este tanque tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 48.

El tanque se encuentra en la manzana 1396. Este tanque tiene un sistema estructural a base de muros de concreto armado. En general la estructura presenta un mal estado de conservación. Ver Figura 49.



Figura 48. Tanque elevado



Figura 49. Tanque

El Colegio La Libertad se encuentra en la manzana 1408. Esta edificación de 01 nivel tiene un sistema estructural a base de pórticos de concreto armado con vanos rigidizados de mampostería. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 50.

El cementerio municipal San Pedro se encuentra en la manzana 1423, la cual está conformada por muros perimetrales de albañilería. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 51.



Figura 50. Colegio La Libertad



Figura 51. Cementerio Municipal San Pedro

El tanque elevado se encuentra en la manzana 160. Este tanque tiene un sistema estructural a base de muros de concreto armado. En general la estructura presenta un estado de conservación regular. Ver Figura 52.



Figura 52. Tanque Elevado

Sector 04

El Sector 04 cuenta con algunas edificaciones esenciales, tales como:

El colegio “Qapac Ñam” se encuentra en la manzana 825 y el colegio IEI 157 “Huaycan” en la manzana 632. Ambas son estructuras de dos niveles y de estado de conservación regular, pero el primero es de concreto armado con vanos rigidizados y el segundo de albañilería confinada con diafragmas flexibles. Los colegios se pueden apreciar en la Figura 53 y Figura 54.



Figura 53. Colegio “Qapac Ñam”



Figura 54. IEI 157 “Huaycan”

Asimismo, en este sector se encuentra el colegio “Víctor Raúl Haya de la Torre” y el colegio “Waldorf - Cieneguilla” ubicadas en las manzanas 59 y 682 respectivamente, ambas edificaciones están en estado de conservación regular, pero el primero es de albañilería confinada con diafragmas flexibles (un nivel) y el segundo de concreto armado con vanos rigidizados (dos niveles). Los colegios se observan en Figura 55 y Figura 56.



Figura 55. Colegio “Víctor Raúl Haya de la Torre”



Figura 56. Colegio “Waldorf - Cieneguilla”

Además, se encuentra el A.C.E.P. Peruano Chino “Diez de octubre” y el colegio “Guillermo Wagner”, el primero de un nivel en la manzana de 264 y el segundo de dos niveles en la manzana 252. Cabe resaltar que el primer colegio tiene un sistema estructural de

mampostería confinada con diafragmas rígidos y el segundo de pórticos de concreto rigidizado con vanos.



Figura 57. A.C.E.P. Peruano Chino "Diez de Octubre"



Figura 58. Colegio Guillermo Wagner

Finalmente, se encontró el puesto de salud "Colca" en la manzana 233, una estructura de un nivel en estado de conservación regular, el sistema estructural es de mampostería confinada con vanos rigidizados, tal como se muestra en la Figura 59.



Figura 59. Puesto de Salud "Colca"

4.3. 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 60 se muestra la base de datos de las características de las edificaciones representativas de cada una de las manzanas levantadas.

Num	CodMza	LoteRepre	Cond. De Cimentación		Techo	Fisuras			Unidad de Albañilería		Muros		Foto Representativa
			CimentA	CimentH		FisuraCol	FisuraVig	FisuraMur	FabricaAlb	TipoAlb	Confina	Tarrajeo	
1	125	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140423.jpg
2	45	04MMMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140424.jpg
3	221	03CEPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140425.jpg
4	184	04CHPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140430.jpg
5	150	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140432.jpg
6	12	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140436.jpg
7	104	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140440.jpg
8	15	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140441.jpg
9	169	10CHPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140443.jpg
10	24	04MMNR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140444.jpg
11	16	05CEIB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140446.jpg
12	214	18CYCR	NO	NO	Losa de CA	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140448.jpg
13	117	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140457.jpg
14	7	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140458.jpg
15	37	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140460.jpg
16	44	04MYMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140461.jpg
17	183	03MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140462.jpg
18	123	20CMPB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S01\P1140463.jpg
19	199	02MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1140992.jpg
20	153	01AYAR	NO	NO	Madera	X	V	X	ND	NO	NO	NO	.Fotos\Fotos_S02\P1140993.jpg
21	164	03MVMB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1140998.jpg
22	56	03MVMR	NO	SI	Aligerado	X	X	X	Artisanal	Sólido	NO	NO	.Fotos\Fotos_S02\P1140999.jpg
23	3	04MMMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1150002.jpg
24	188	04MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1150026.jpg
25	134	02MVMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Tubular	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1150008.jpg
26	156	01AVAM	NO	NO	Madera	X	X	X	ND	NO	NO	NO	.Fotos\Fotos_S02\P1150012.jpg
27	198	03MYMR	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1150013.jpg
28	69	05CMIB	NO	NO	Aligerado	X	X	X	Industrial	Sólido	SI	SI	.Fotos\Fotos_S02\P1150019.jpg

Figura 60. 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 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

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.

La Figura 61 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.

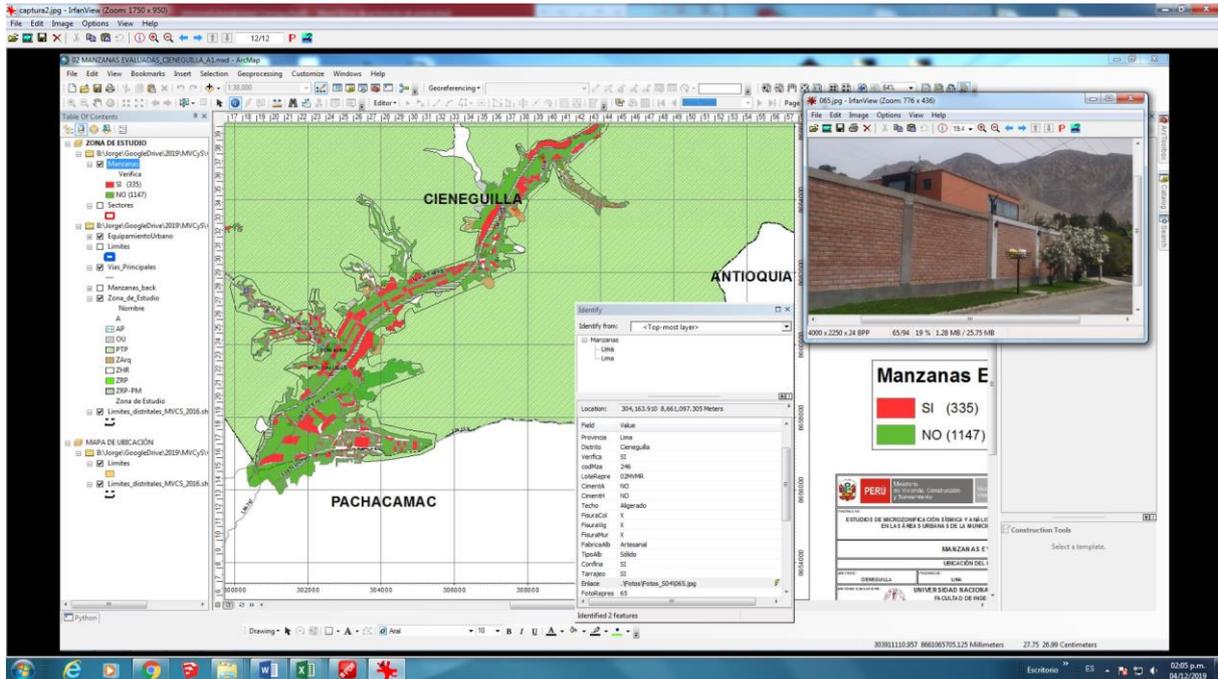


Figura 61. Base de datos Geo-espacial, integración de información cartográfica, descriptiva y procesamiento

Como resumen de los datos adquiridos en campo se presenta en el mapa No. E-03 el número de pisos, en el mapa No. E-04 el material predominante de la edificación, en el mapa No. E-05 el uso de suelo, en el mapa E-06 el sistema estructural y en el mapa No. E-07 se muestra el estado de conservación.

4.3.1. Mapa de Uso de Suelo

En el mapa E-05 (Figura 63) se presenta las manzanas evaluadas y clasificadas de acuerdo al uso del suelo de las edificaciones. En la Figura 62 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 representa el 83.6%, los baldíos que representan el 7.2%, comercio que ocupan un 3.3% de la muestra, seguido de vivienda/comercio que representan el 2.4% de la muestra, otros un 1.5%, los edificios dedicados a industria y educación con un 0.9%, salud con un 0.3%.

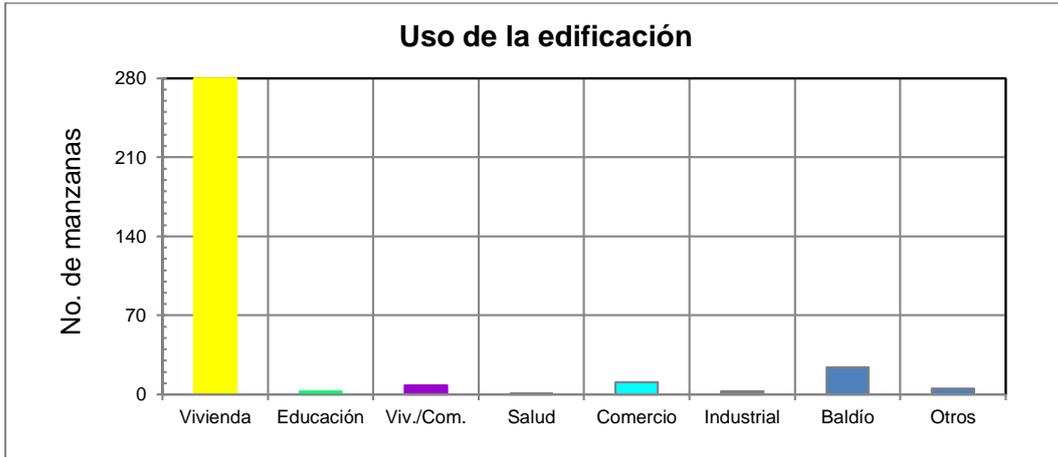


Figura 62. Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Cieneguilla

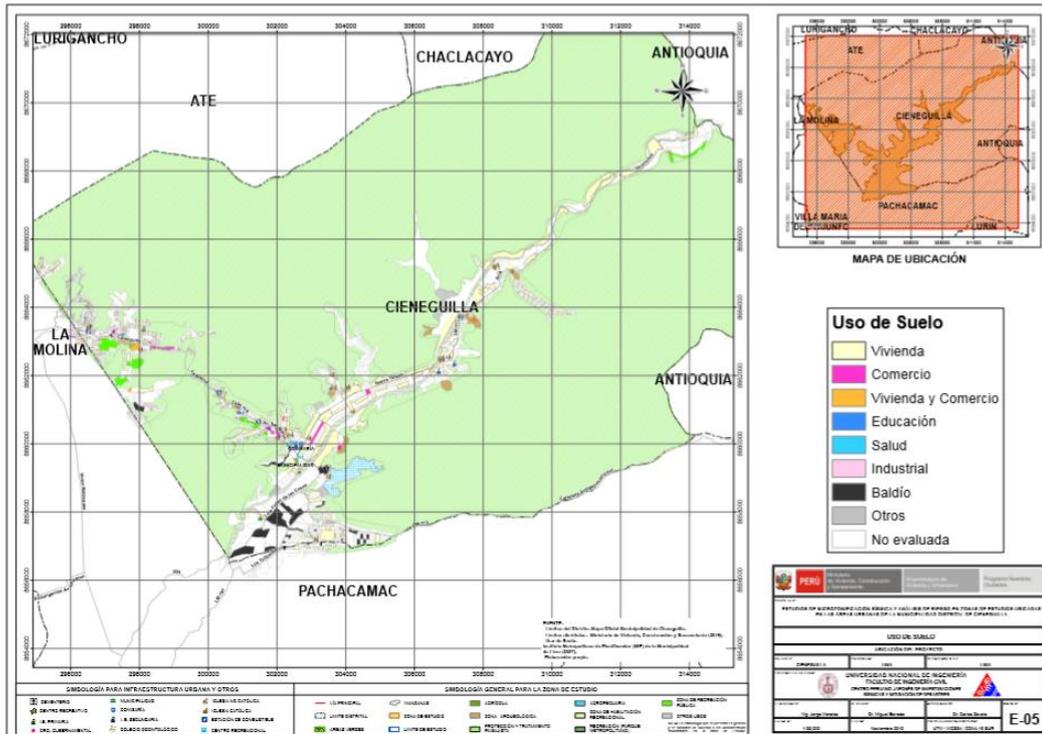


Figura 63. Mapa de Distribución del uso del suelo de la muestra del distrito de Cieneguilla

4.3.2. Mapa de Materiales Predominantes

En el mapa No. E-04 (Figura 65), referente a los materiales existentes en las edificaciones del distrito de Cieneguilla, se realizó un análisis estadístico de la muestra, dando como resultado la gráfica que se presenta en la Figura 64, donde es notorio que el material predominante es la mampostería de ladrillo que representa el 59% de la muestra, seguido de las edificaciones de madera con un 32%. Asimismo, existen edificaciones con otros tipos de materiales con 7% y concreto con 2.4% de la muestra.

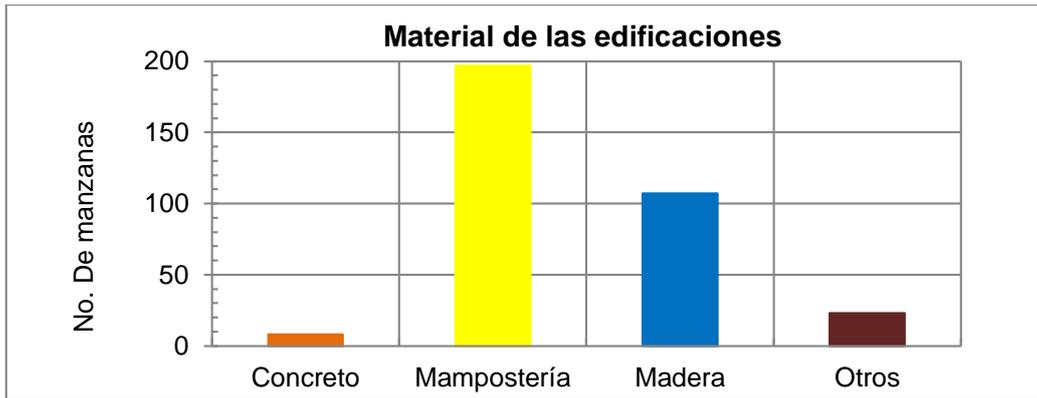


Figura 64. Distribución de los materiales de construcción de la muestra del distrito Cieneguilla

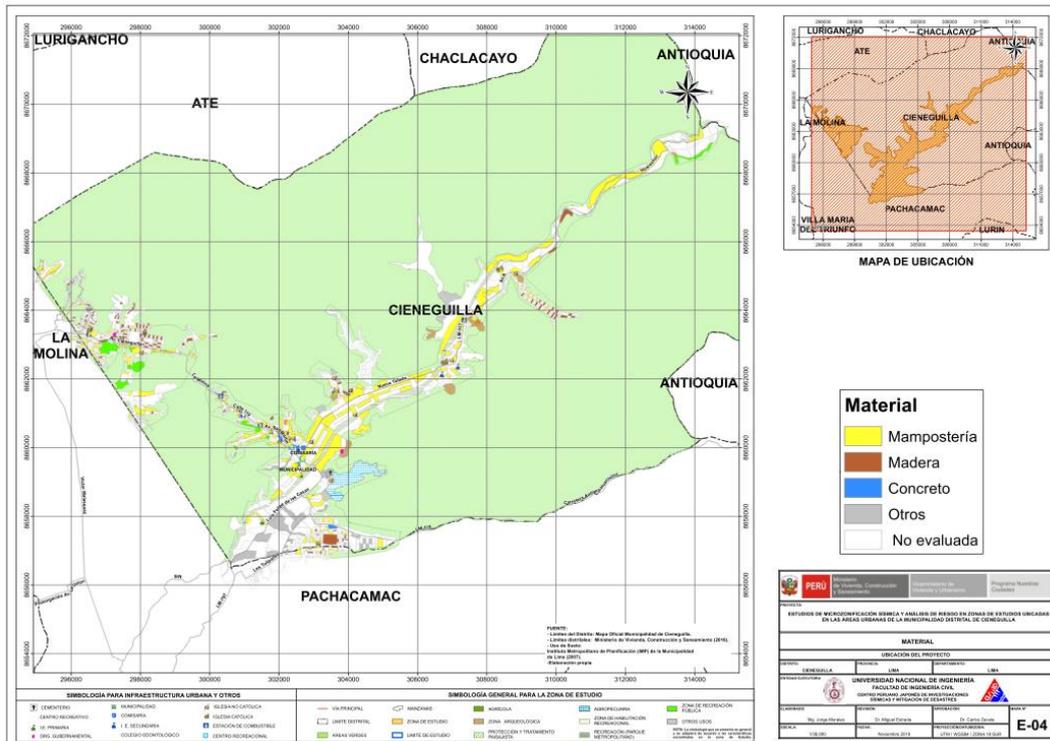


Figura 65. Mapa de Distribución de los materiales de construcción predominante del distrito de Cieneguilla

4.3.3. Mapa de Alturas de Edificación

En el mapa E-03 (Figura 67) 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 66, donde se puede apreciar que, en el Distrito de Cieneguilla, predominan las edificaciones de 1 piso que corresponde al 69.9% 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 2 piso y que corresponde al 29.0% del total de las edificaciones evaluadas. Este distrito también cuenta con edificaciones de 3 pisos, pero en un porcentaje menor, equivalente al 0.9% del total de las edificaciones evaluadas y edificios con 4 pisos con 0.3% en la muestra evaluada.



Figura 66. Distribución del número de pisos de las edificaciones del distrito de Cieneguilla

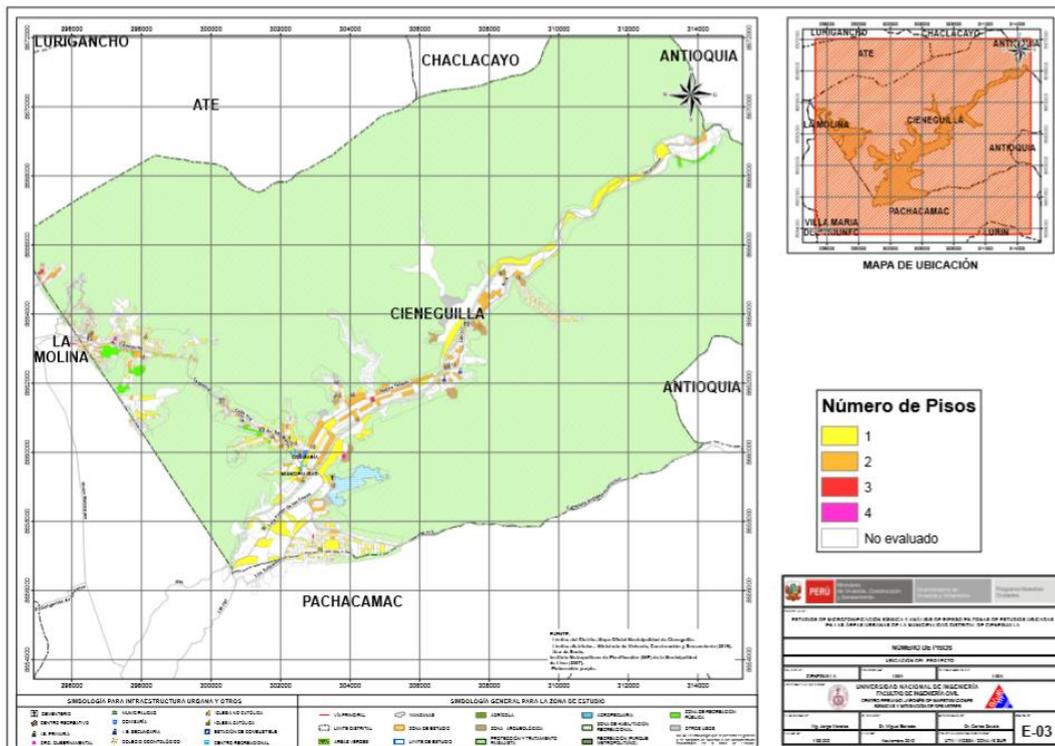


Figura 67. Mapa temático del número de pisos de las edificaciones del distrito de Cieneguilla

4.3.4. Mapa de Tipologías Estructurales

En el mapa E06 (Figura 69) se presenta el levantamiento de información de las manzanas evaluadas relacionadas con el sistema estructural usado en las edificaciones. La Figura 68 presenta la distribución del uso de los sistemas estructurales que se obtuvo de la estadística de la muestra usada en el distrito de Cieneguilla. En el gráfico se entiende que el sistema estructural más utilizado es de entramados de madera con 32.2%, seguido por mampostería de ladrillos de arcilla con diafragmas o techos rígidos que ocupa el 31.9% de la muestra. Las estructuras con mampostería armada o confinada con diafragma flexibles ocupa el 14.6%, los pórticos de concreto con vanos rigidizados con mampostería representan el 2.4%.



Figura 68. Distribución del uso del sistema estructural muestra del distrito de Cieneguilla

4.3.6. 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 cimiento 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 se basa 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 72. Con este sistema equivalente se realiza la estimación explicado en el siguiente párrafo.

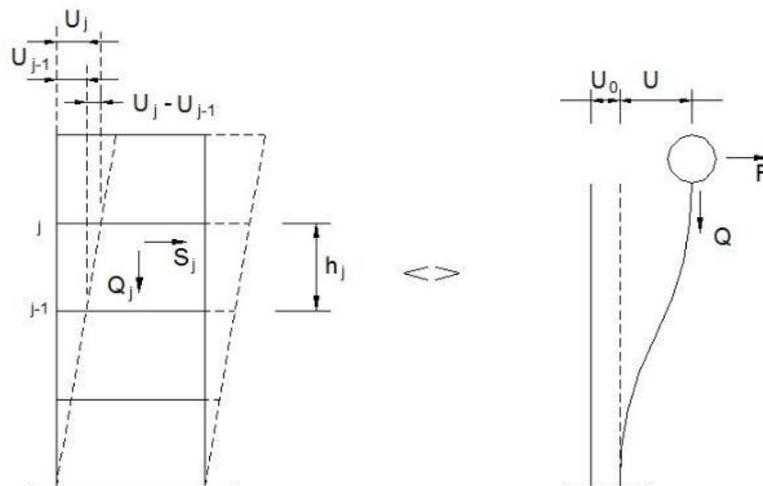


Figura 72. Edificación representada por un sistema equivalente

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:

$$\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right) = \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \beta_4}{H} S_d \quad \text{Ec. 4}$$

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

$$\beta_1 = \frac{3N}{2N + 1} \quad \text{Ec. 5}$$

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

$$\beta_2 = \frac{\max\left(\frac{\Delta\delta_j}{h_j}\right)}{\frac{U_r}{H}} \quad \text{Ec. 6}$$

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

$$\beta_3 = \frac{U^x + \Delta U^x}{U} = \frac{F^x \cdot \mu}{F} \quad \text{Ec. 7}$$

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:

$$\beta_4 = \frac{\varphi_{inelastico}}{\varphi_{elastico}} \quad \text{Ec. 8}$$

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 30 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 59% de los lotes, seguido por un 32% de edificaciones de madera, otros tipos de materiales representan el 7%, y los materiales de concreto 2.4% cada uno.
- Muros:** Tal como se indicó, el ladrillo tiene una presencia del 59% en las viviendas cuyo sistema estructural son los muros, sean éstas de un piso (69.9%), dos pisos (29.0%), tres pisos (0.9%) y cuatro pisos (0.3%). Aproximadamente el 31.9% de las viviendas presentan columnas de confinamiento de concreto armado en sus paredes no teniendo el 10.4% de las viviendas evaluadas, elementos de refuerzo vertical.
- Coberturas y Sistema de techos:** Del total de lotes inspeccionados, el 31.9% de ellos tienen techos aligerados de ladrillo con viguetas de concreto armado, y el 14.6%, 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 5.1% de las viviendas muestran un estado de conservación bueno y el 77.0% de las viviendas presentan un regular estado de conservación. Finalmente, las edificaciones en mal estado de conservación representan un 17.9% de la muestra.

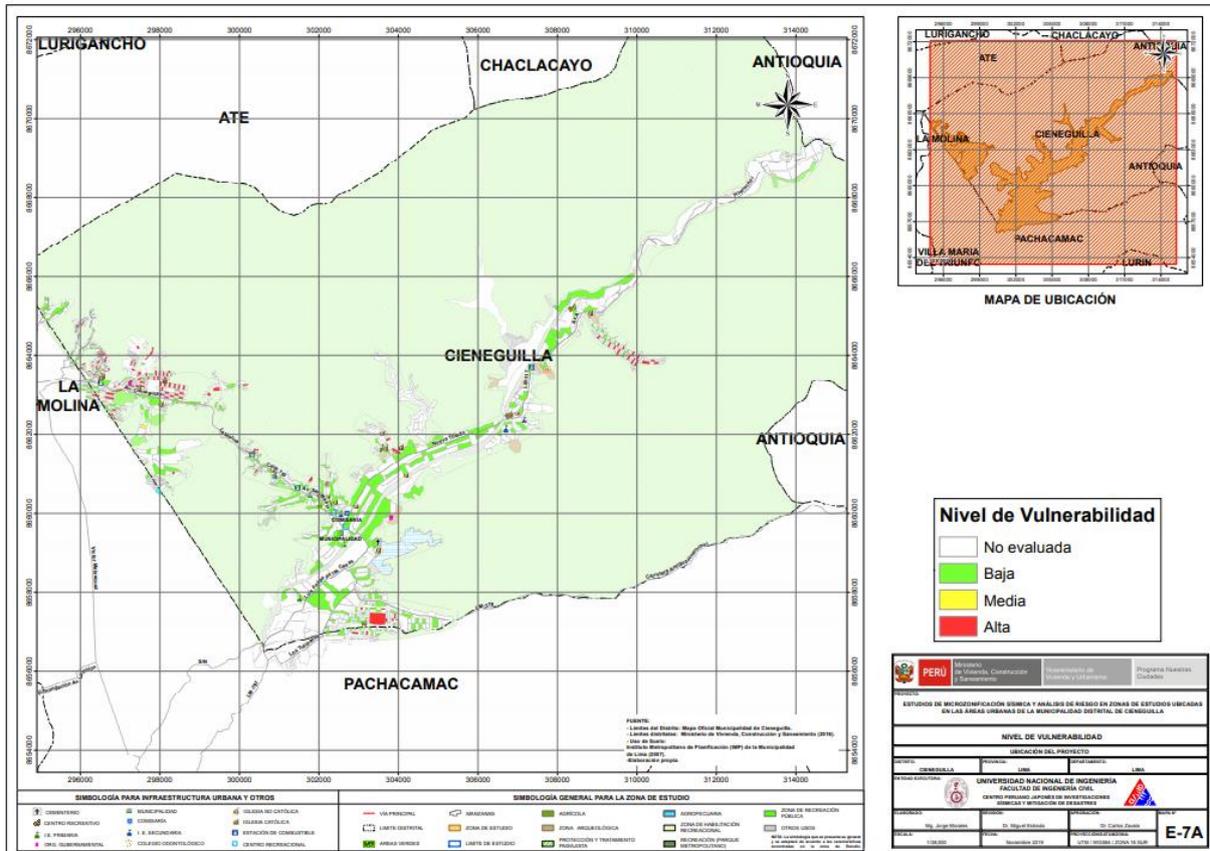


Figura 73. Mapa de vulnerabilidad del Distrito de Cieneguilla

Con respecto a los resultados del estudio en el distrito de Cieneguilla, se tienen edificaciones con vulnerabilidades relativamente bajas que representan el 65.0% de la muestra concentrada en todo el distrito, así como vulnerabilidades medias, que representan el 0.9% de la muestra en zona oeste del distrito. Existe un 34.1% de edificaciones con vulnerabilidad alta disperso en la zona sur del distrito. Los resultados son presentados en la Figura 73.

5. MAPAS DE RIESGO

5.1. 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.

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

Para la determinación del riesgo sísmico del distrito de Cieneguilla, 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.

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

Ec. 9

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 74.

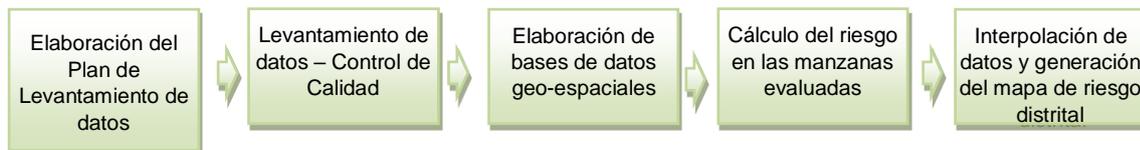


Figura 74. Proceso de generación del mapa de riesgo

Basados en la información de campo se evaluaron 335 manzanas con los datos de sus lotes representativos, dando como resultado el mapa de costo de reparación mostrado en la Figura 75.

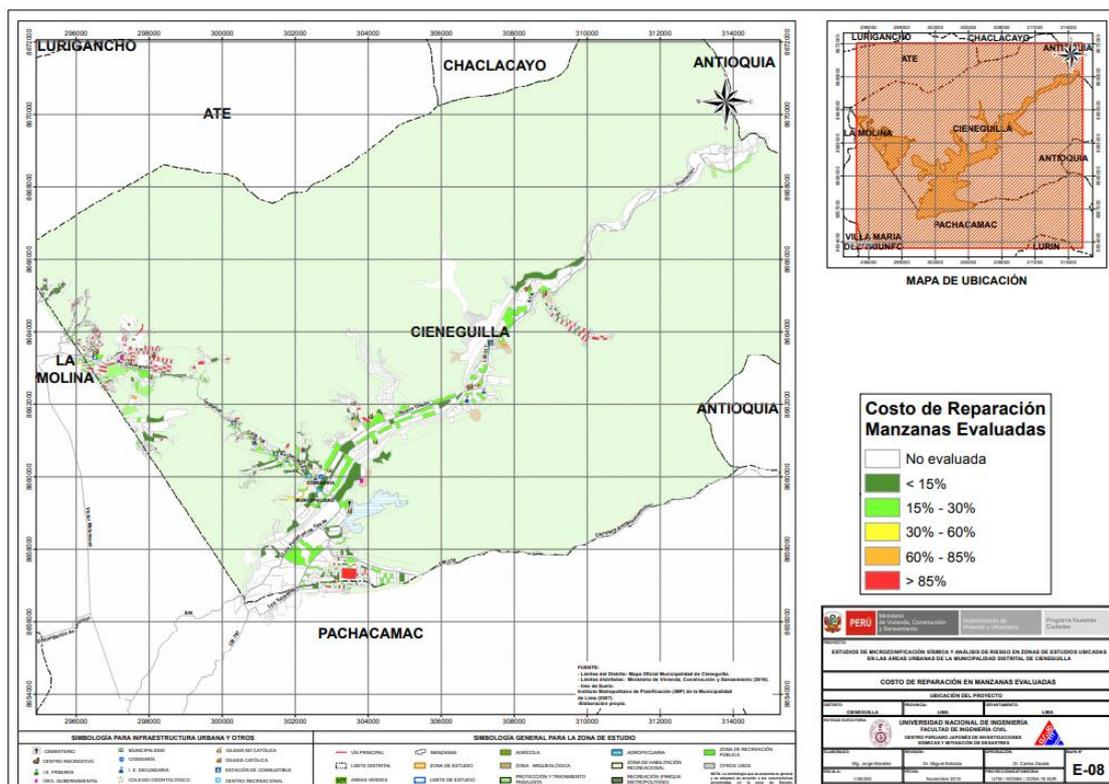


Figura 75. Resultado del cálculo del costo de reparación para las manzanas evaluadas

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 76 muestra el resultado de la interpolación de los valores del costo de reparación sobre todo el distrito de Cieneguilla.

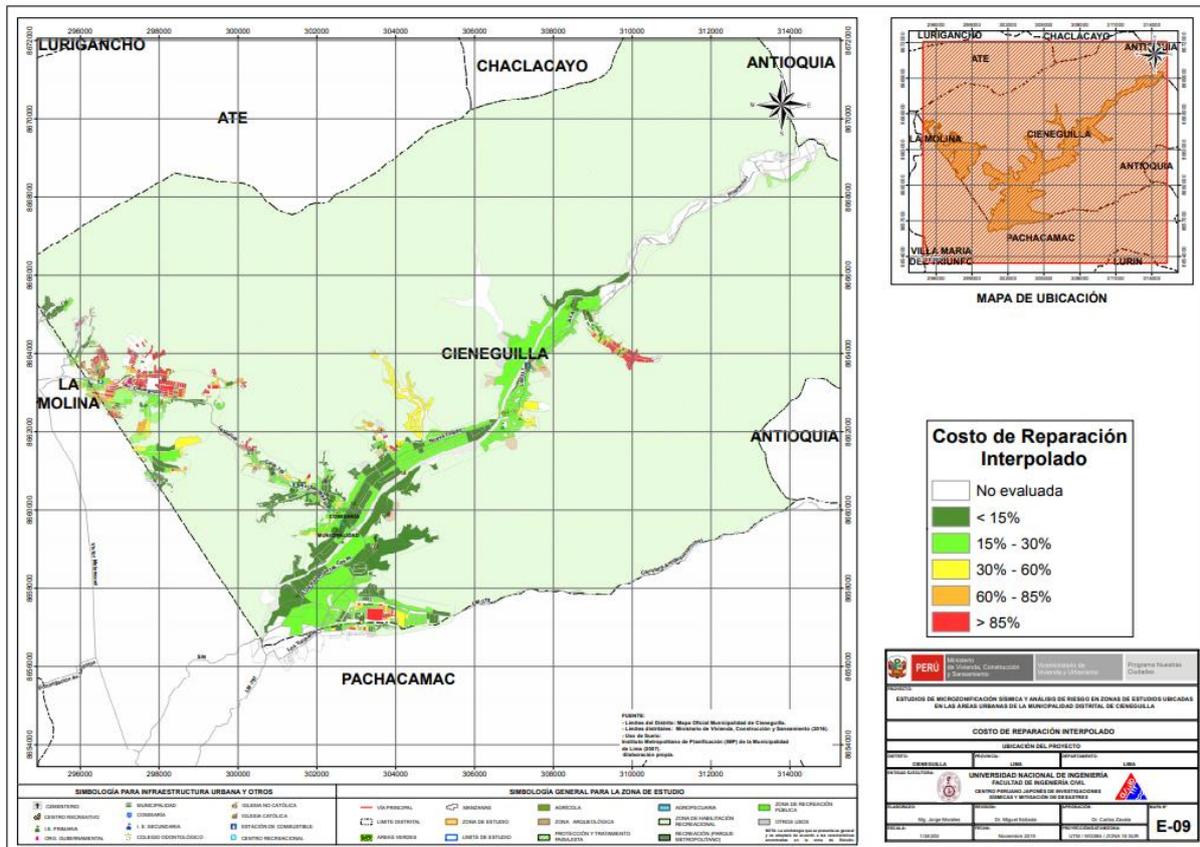


Figura 76. Imagen de interpolación del costo de reparación (método IDW)

5.3. Conclusiones de evaluación del riesgo sísmico para un escenario de sismo severo

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 viviendas del distrito de Cieneguilla.

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

Color	Rango	Nivel Daño	Número de Mzas	%	%	Nivel de Daño
Verde	< 15%	Nivel I	101	31.3%		
Verde agua	15% - 30%	Nivel II	102	31.6%	62.8%	Daño Leve o sin daño
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	7	2.2%	2.2%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	3	0.9%	0.9%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	110	34.1%	34.1%	Colapso

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 Cieneguilla 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 62.8% 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 2.2% 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 0.9% y 34.1%, respectivamente, de las edificaciones evaluadas para el escenario sísmico propuesto. La aceleración considerada para el diagnóstico es la presentada en el informe de Microzonificación Sísmica que corresponde a 462.27 gal para la zona I, mientras que para la zona II 485.38 gal y en la zona V 600.94 gal. De acuerdo al estudio realizado el mayor porcentaje de las edificaciones del distrito de Cieneguilla experimentarían un nivel II, un daño leve y en segundo término tendrían el nivel V, colapso en su mayor parte concentrado en la zona 5 de la microzonificación. Del mapa se puede observar que una pequeña zona de la parte central del distrito se encontró que los riesgos de las edificaciones presentarían colapso para esta zona. Asimismo, en la zona este colindante con el distrito de La Molina, y en la zona sur colindante con el distrito de Pachacamac, presentarían también colapso para esta zona.

Las edificaciones esenciales 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	0	0.0%	0%	Daño Leve o sin daño
Amarillo	30% - 60%	Nivel III	3	75.0%	75%	Daño Moderado
Naranja	60% - 85%	Nivel IV	0	0.0%	0%	Daño Severo
Rojo	85%-100%	Nivel V	1	25.0%	25%	Colapso

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 0% de las edificaciones esenciales podrían experimentar daño leve, mientras que el 75% experimentarían un daño moderado debido al nivel de demanda sísmica extrema sobre sus sistemas estructurales, el 0% podría experimentar daño severo y el 25% podría experimentar el colapso. 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. De acuerdo con el estudio realizado, el nivel III, Daño Moderado estaría experimentando las edificaciones esenciales del distrito de Cieneguilla.

6. ESTUDIO PRELIMINAR DE RIESGO DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Para la determinación de riesgo del sistema de distribución de agua es necesario realizar una revisión de las bases de datos de la infraestructura involucrada en el desarrollo del sistema de agua. Para esto es necesario contar con planos de las redes de distribución de agua y acompañados de las características de materiales y geométricas de estas redes.

En el presente estudio, se hace un diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad del sistema de agua. Se desarrolla un diagnóstico para el sistema de distribución de agua basado en las curvas de fragilidad desarrolladas por investigadores japoneses. Estas curvas de fragilidad consideran que el daño probable en las redes de agua, está basado en las velocidades máximas probables que ocurrirían en el terreno donde se ubican estas redes, durante un evento sísmico y las características de material y diámetro de las tuberías de las redes instaladas. Ya que las tuberías de las redes de agua trabajan a presión durante eventos severos son muy susceptibles a sufrir daños en suelos poco competentes y por lo tanto el análisis de daño se representaría como el número de roturas que se producirían en la red por unidad de longitud.

En este estudio se presenta el diagnóstico de las líneas de conducción de agua, basado en la aplicación de las curvas de fragilidad considerando los materiales y diámetros que se encuentran disponibles en las bases de datos que fueron proporcionadas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

La información recopilada fue adquirida desde el SEDAPAL, es un archivo en plataforma de Sistema de Información Geográfica (SIG) donde se presentan los ejes de las líneas de conducción primaria y secundaria de agua y alcantarillado, así como datos de tipo de material, diámetro, longitud, entre otra información.

Sistema de Agua

Para el estudio de los sistemas de agua es necesario conocer los tipos de tubería, material, tipo de junta, rango de diámetros y sería adecuado tener una base de datos de las roturas originadas por sismos severos históricos. La estadística de estas roturas, debe ser registrada por la entidad competente, en este caso SEDAPAL, a fin de poder realizar un análisis con mayores precisiones.

El daño que afecta a las tuberías puede producirse por la propagación de ondas, la deformación permanente del suelo y la ruptura de fallas originadas por la evolución del evento sísmico. Las tasas de falla de las tuberías en áreas donde no se produce licuefacción pero sí se producen fallas del terreno (MM de VIII o menos, lugares donde se generen pequeños deslizamientos, grietas y terreno húmedo) equivalen aproximadamente a ocho veces las fallas debido a la propagación de ondas. Las tasas de falla de las tuberías en áreas donde sí ocurre la licuefacción son de aproximadamente 12 veces las tasas de falla por propagación de ondas y es debido a las grandes deformaciones que se producen.

Para la evaluación de los daños se necesita conocer las características físicas de las tuberías del sistema de distribución de agua, esta información se encuentra en la plataforma SIG de SEDAPAL que han sido procesadas para obtener los datos necesarios para el estudio de las redes de agua. La información utilizada es mostrada en la Tabla 4.

El mapa E-11 muestra el material de las tuberías de la red agua y un cuadro con la longitud total por cada material.

Tabla 4. Descripción de la base de datos del sistema de distribución de agua para el distrito de Cieneguilla.

Campo	Descripción
DIAMETER	Diámetro de tubería en milímetros
MATERIAL	Material de tubería de agua
REALLENGTH	Longitud de tubería en metros
SHAPE_Length	Longitud de tubería en metros
Velocidad	Velocidad de partículas del suelo
Yamazaki	Número de roturas por kilómetro de tubería según Yamazaki (2008)
Isoyama	Número de roturas por kilómetro de tubería según Isoyama (2000)
Mat_Diam	Material concatenado con el Diámetro

La estimación de la tasa de daño de tuberías de distribución de agua (el número de daños o incidentes (roturas) por kilómetro de longitud de tubería) será estimada en este estudio utilizando el método propuesto en la Universidad de Chiba Japón por los profesores Dr. Yoshihisa Maruyama y Fumio Yamazaki. De acuerdo a esta metodología la fórmula para la estimación de la tasa de daño fue propuesta por Isoyama el año 2000, luego del sismo de Kobe.

$$Rm(v) = C_p \cdot C_d \cdot C_g \cdot CI \cdot R(v) \quad \text{Ec. 10}$$

Donde Rm es la tasa de daño por kilómetro de tubería, C_p , C_d , C_g , y CI son coeficientes de corrección para el material de la tubería, diámetro, condición geológica y ocurrencia de licuefacción respectivamente, siendo v la velocidad máxima en el sector (PGV). En el estudio mencionado, el valor de $R(v)$ se estima para una tasa de daño en tuberías de hierro fundido (CIP) con rango de diámetros entre 100-150 mm en base a una regresión de valores de la base de datos de los tubos dañados por sismo en el sistema:

$$R(v) = c \cdot (v - A)^b \quad \text{Ec. 11}$$

Donde b , c , y A son los coeficientes de regresión. Considerando la base de datos del sismo de Kobe de 1995, Isoyama obtuvo el siguiente resultado para $R(v)$:

$$R(v) = 3.11 \times 10^{-3} \cdot (v - 15)^{1.30} \quad \text{Ec. 12}$$

Yamazaki y Maruyama asumieron que el valor de A se encuentra entre 0 y 30 cm/s y experimentaron análisis de regresión con cambios de A en intervalos de 5 cm/s. Según los

autores consideran que el valor de A debe ser 15 cm/s, pues con este valor la correlación entre PGV y la tasa de daño atenuada produce un valor máximo. Así, la constante A produce el mínimo PGV que causa daños en un sistema de distribución de agua. Los resultados presentados por Isoyama indican que los sistemas de distribución de agua fallarían con PGV mayores a 15 cm/s. Diversos autores proponen factores de b, c y A que originan diferencia mínima en el diagnóstico. La Figura 77 y la Figura 78, muestran el número de roturas en las tuberías de distribución de agua, según varios investigadores y por tipo de material y diámetro.

Por ejemplo en el caso de la ciudad de Tokio los valores particulares de los factores producen la siguiente fórmula:

$$R(v) = 2.24 \times 10^{-3} \cdot (v - 20)^{1.51} \quad \text{Ec. 13}$$

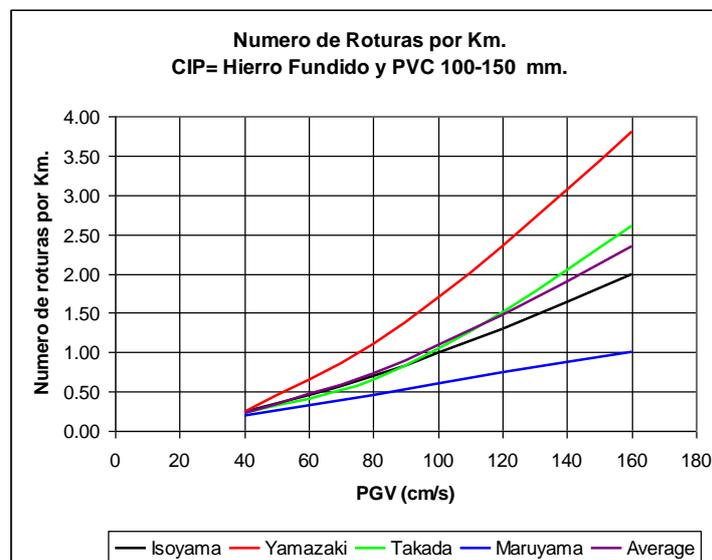


Figura 77. Roturas por Km en tubos CIP y PVC.

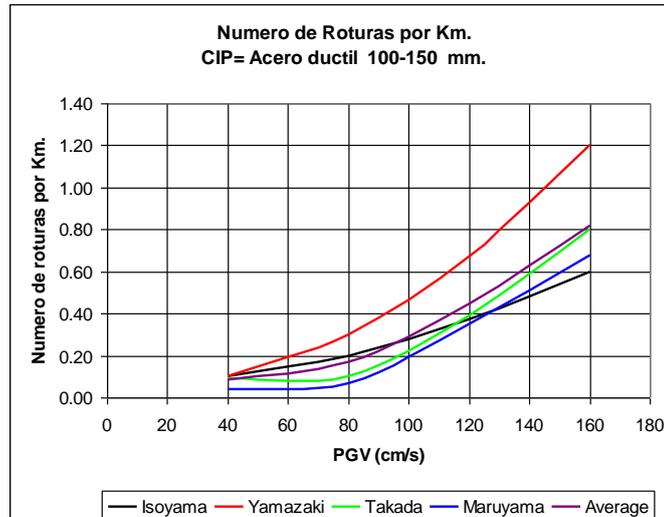


Figura 78. Roturas por Km en tubos de acero dúctil.

La Figura 77 muestra las relaciones presentadas por diversos autores para determinar el número de roturas por kilómetro de tubería de hierro fundido y PVC en función de la velocidad máxima del suelo (PGV) alcanzada durante el sismo de diseño en la zona donde se encuentran. Utilizando los datos de estos autores es posible elaborar una curva promedio, la cual se indica con la leyenda "Average" en el gráfico. Para llevar a cabo el cálculo del número de roturas en las tuberías, se ha considerado la curva de Isoyama, ya que esta curva se encuentra cercana a la curva promedio, adicionalmente se ha considerado la curva de valores máximos (Yamazaki), que se presenta en la Figura 79, para mostrar un escenario más desfavorable.

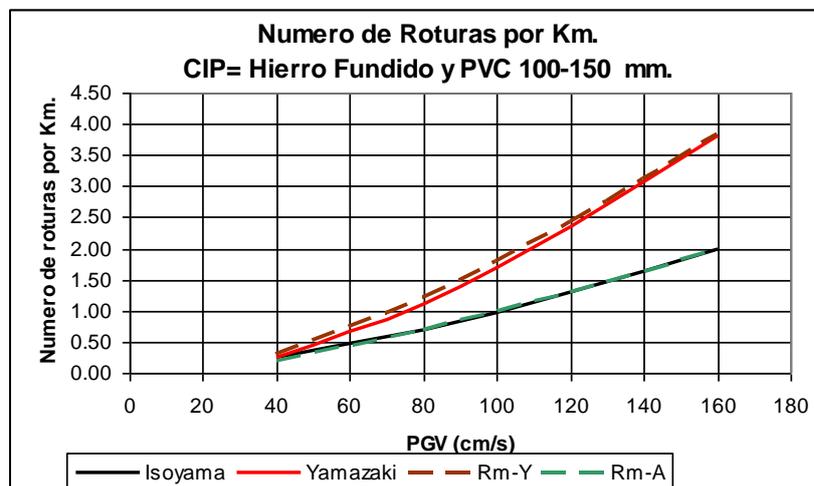


Figura 79. Curvas extremas de tasa de daño en CIP y PVC.

En el presente estudio se ha utilizado una regresión de los valores de la curva de Isoyama que aproxima el número de roturas por Km. Con la siguiente expresión:

$$R(v) = 3.00 \times 10^{-3} \cdot (v - 15)^{1.305} \quad \text{Ec. 14}$$

En forma similar, a los materiales presentados anteriormente, la Figura 78 presenta las relaciones desarrolladas por diversos autores para la estimación de la tasa de daño por kilómetro en tuberías de hierro dúctil. Utilizando estos datos se construye una curva promedio (“Average”) la que es presentada en este gráfico.

Usando un procedimiento similar al presentado anteriormente, en la Figura 80 se muestra las curvas de máximo valor y valor más cercano al promedio en el caso de tubería de acero dúctil. Considerando la curva de Isoyama y la curva de Yamazaki, es posible expresar mediante un análisis de regresión de los datos, el número de roturas de tuberías de acero dúctil por Kilómetro que serían afectadas por un sismo severo mediante la siguiente expresión que presenta la regresión en datos de Isoyama:

$$R(v) = 2.00 \times 10^{-4} \cdot (v - 9)^{1.6} \quad \text{Ec. 15}$$

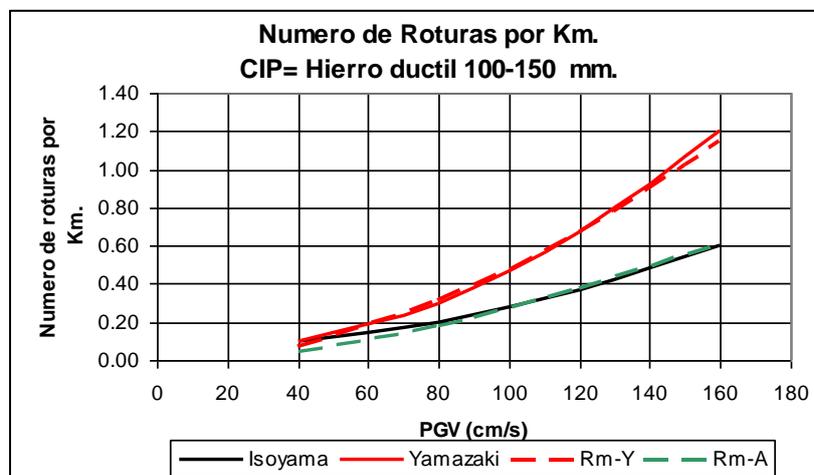


Figura 80. Curvas extremas de tasa de daño en tubería de hierro dúctil.

Considerando las funciones presentadas en las ecuaciones (5) y (6) se determina el número de roturas en las tuberías, según el tipo de material y diámetro. Estas funciones son implementadas dentro de la plataforma SIG para la presentación de la vulnerabilidad de las líneas de conducción.

6.1. Mapa de tipo de tubería de agua

La Tabla 5 presenta los tipos de tubería por material que existen en el distrito de Cieneguilla. Esta información se ha preparado en base de la información proporcionada por SEDAPAL. La información no presenta tipos de tubería, por lo mismo se ha asumido como material para efectos de resultado para generar el mapa de N° de roturas por km el Asbesto Cemento (AC), tampoco el rango de diámetros utilizados, se ha considerado la existencia de un diámetro más frecuente utilizado en las líneas de conducción con su longitud total expresada en kilómetros. En la columna de porcentaje se muestra la longitud porcentual de tuberías.

Tabla 5. Tipo de tuberías de agua en el distrito de Cieneguilla.

Material	N° tuberías	φ más usado	Longitud total (m)	% long	# roturas/km	
					Yamazaki	Isoyama
Asbesto cemento	470	100	41355.4285	75.68%	0.880	0.789
PVC	187	110	13138.8228	24.04%	0.626	0.603
Hierro Dúctil	2	90	64.1391	0.12%	0.175	0.142
Polietileno	1	90	87.993	0.16%	0.343	0.228

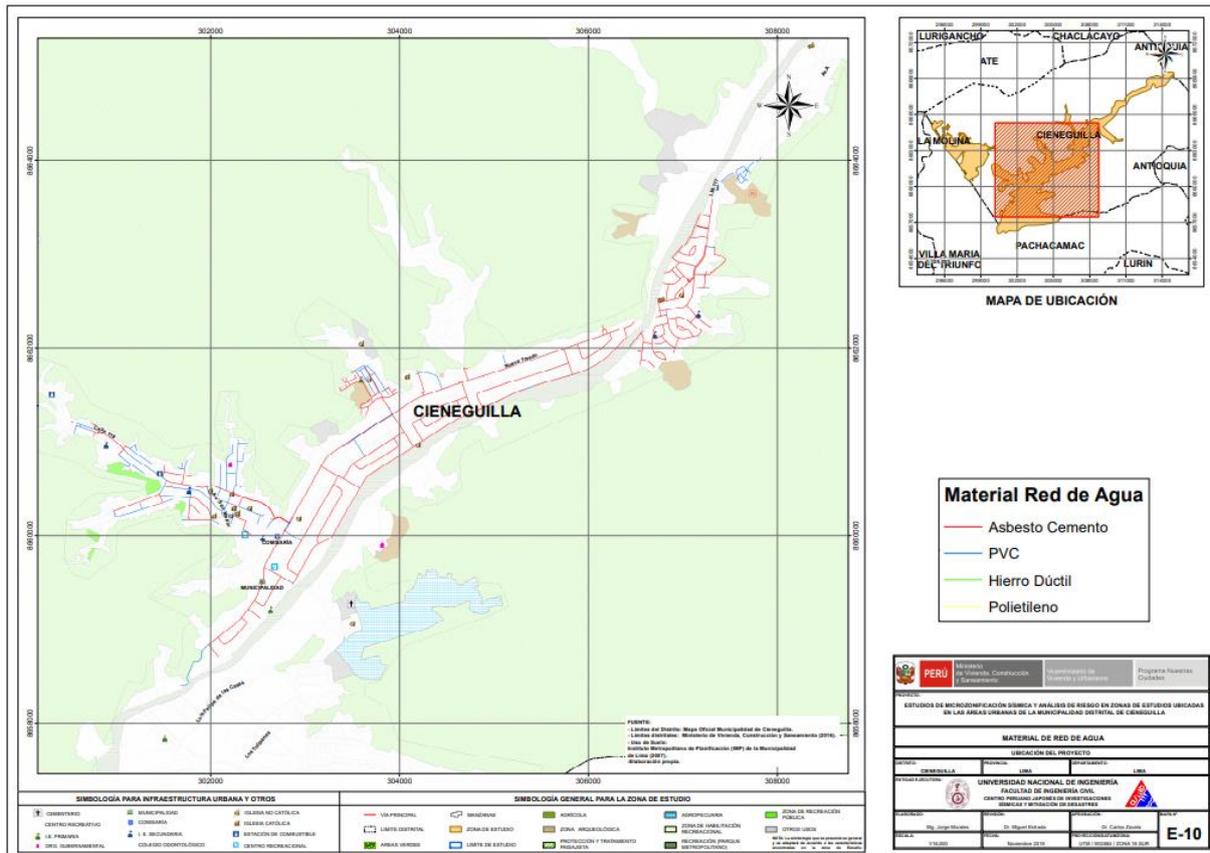


Figura 81. Mapa de Tipos de Tubería en el distrito de Cieneguilla



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



- Es recomendable que SEDAPAL desarrolle un programa de estudios de vulnerabilidad que consideren la infraestructura de captación de agua, los canales de conducción, decantadores, filtros, tanques de almacenamiento y asimismo válvulas de paso, que adicionalmente al estudio preliminar presentado, proporcionarán un mejor diagnóstico para evitar la interrupción del servicio en caso de sismo severo.



7. 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] Reducción del Daño Sísmico – Guía para empresas de agua – Organización Panamericana de la Salud (OPS) y American Water Works Association (AWWA)/ 2003.
- [8] Damage Estimation of Water Distribution Pipes following recent earthquakes in Japan – Y. Maruyama and F. Yamazaki – Joint Conference Proceedings 7th International Conference on Urban Earthquake Engineering (7CUEE) /March 2010.
- [9] 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.
- [10] AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications 6th Edition (US) – Customary U.S. Units 2012 – Publication code: LRFDUS-6.
- [11] 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>).
- [12] 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.
- [13] American Society of Civil Engineers - Structural Engineering Institute (2010), "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures".
- [14] 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.
- [15] Berrocal J., (1974), "South American Seismotectonics from SAAS data", Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy in the University of Edinburg.



- [16] Bolaños A. y Monroy O. (2004), "Espectros de Peligro Sísmico Uniforme", Tesis para Optar el Grado de Magíster en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Boore, D.; Joyner, W. (1982), "The empirical prediction of ground motion", Seismological Society of America, Vol. 72, N° 6, pp. S43-S60.
- [21] Cahill, T.; Isacks, B. (1992), "Seismicity and shape of the subducted Nazca plate". Journal of Geophysical Research, Vol. 97, No.B12, p. 17503-17529.
- [22] Castillo J. (1993), "Peligro Sísmico en el Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería Lima.
- [23] Castillo, J; Alva, J. (1998), "Peligro sísmico en el Perú", Memorias del VIII Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, SPMSIF, Lima, Perú.
- [24] Cornell A. (1968), "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of the Seismological Society of America", Vol 58, N°5 págs.1538-1606.
- [25] 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.
- [26] Deza E. y Carbonell C. (1978), "Regionalización Sismotectónica Preliminar del Perú", IV Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú.
- [27] 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.
- [28] Esteva, L. (1970), "Criterios para la Construcción de Espectros de Diseño", Publicación N° 19 del Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- [29] 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.
- [30] 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.
- [31] 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.

- [32] Gutenberg, B. (1945), "Magnitude determination for deep-focus earthquakes", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 35, pp. 117-130.
- [33] Gutenberg, B.; Richter, C. (1956), "Earthquake magnitude: intensity, energy, and acceleration", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 46, pp. 104-145.
- [34] Hanks, T.; Kanamori, H. (1979), "A moment magnitude scale", *Journal of Geophysical Research*, Vol. 84, pp. 2348-2350.
- [35] 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.
- [36] Instituto Geofísico del Perú. (2001), "Catálogo Sísmico del Perú: Versión Revisada y Actualizada". Lima, Perú.
- [37] International Building Code (2012), "2012 International Building Code", International Code Council, INC (ICC) - USA.
- [38] Isacks B., Oliver J. y Sykes L.R., (1968), "Seismology and Global Tectonics", *Journal of Geophysical Research*, Vol 73, N°18, páginas: 5855-5899.
- [39] Kramer, S. L., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering". Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [40] Macharé, J., Benavente, C., Laurence, A. (2009), "Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico 2008", *Boletín N° 40 Serie C Geodinámica e Ingeniería Geológica, INGEMMET*
- [41] 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.
- [42] 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*.
- [43] 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.
- [44] Ministerio de Energía y Minas (1995), "Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros"
- [45] 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*.
- [46] 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*.
- [47] Pomachagua, O. (2000), "Características Generales de la Tectónica y Sismicidad de Perú", *Revista de Trabajos de Investigación, CNDG, IGP*, pp. 93 – 104. Lima, Perú.
- [48] Richter C.F. (1958), "Elementary Seismology", W.H. Freeman Co., San Francisco.

- [49] 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.
- [50] 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.
- [51] Scordilis E 2006: Empirical global relations converting Ms and mb to moment magnitude, Journal of Seismology 10: pp. 225-236.
- [52] 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.
- [53] 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.
- [54] Silgado E. (1973), "Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú 1955-1970", Geofísica Panamericana, Vol 2 pp. 179-243.
- [55] 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.
- [56] Silgado E. (1992), "Investigación de Sismicidad Histórica en la América del Sur en los Siglos XVI, XVII, XVIII y XIX", CONCYTEC, Lima, Perú.
- [57] SISRA (1985), "Catálogo de Terremotos para América del Sur" Vol 7a, 7b y 7c, Proyecto SISRA, CERESIS, Lima, Perú.
- [58] Slemmons D. (1982), "Magnitude of Active Faults", U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, USA.
- [59] Tavera H. y Buforn E (1998), "Sismicidad y Sismotectónica de Perú", Física de la Tierra, N° 10, pp. 187 – 219. España.
- [60] 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.
- [61] 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.
- [62] 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.
- [63] 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.
- [64] 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.
- [65] 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



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa Nuestras
Ciudades



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



Period”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 898 – 913, June 2006, doi: 10.1785/0120050122.

- [66] 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.
- [67] 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.
- [68] 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.
- [69] Kuroiwa J., Reducción de Desastres, Viviendo en Armonía con la Naturaleza, 2002.