

JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Título del Proyecto

Microzonificación sísmica del Cantón Cuenca

Carrera(s): INGENIERÍA CIVIL,

Director del Proyecto:

JUAN SEBASTIÁN MALDONADO NOBOA; 0104005152; INGENIERÍA CIVIL; UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN; MATRIZ CUENCA

Colaboradores del Proyecto

Luis Mario Almache Sanchez; 0103401451; Ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Eduardo Dionei Palma Zambrano; 1716685191; Ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Código de Proyecto: PICVII19-83

Cuenca, junio de 2021

Versión 2.0

TABLA DE CONTENIDOS

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
1. TÍTULO.....	3
2. CARRERAS	3
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN	3
B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	3
4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO	3
4.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	3
4.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	3
4.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i>	3
5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.....	4
5.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	4
5.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	4
5.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i>	4
6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS	4
6.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	4
6.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	5
6.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i>	5
C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO.....	6
7. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES.....	6
D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS.....	6
8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN	6
9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL.....	7
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO	7
11. PROGRAMA:	7
12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	7
13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	7
14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.....	7
15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	8
E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	8
16. RESUMEN DEL PROYECTO	8
17. PALBARAS CLAVES	8
18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	8
19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	9
20. OBJETIVOS	10
21. ESPECÍFICOS.....	10
22. MARCO METODOLÓGICO.....	11
F. IMPACTO DEL PROYECTO	11
23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA.....	11
24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO	12
25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS	12
26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
G. ANEXOS.....	14

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1. TÍTULO
Microzonificación sísmica del Cantón Cuenca
2. CARRERAS
INGENIERÍA CIVIL,
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN
MATRIZ CUENCA

B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO	
Función en el proyecto	DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
JUAN SEBASTIÁN MALDONADO NOBOA; 0104005152; INGENIERÍA CIVIL; UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN; MATRIZ CUENCA	
4.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:	
Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil	
4.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.	
Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)	
4.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:	
Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.	

5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Función en el proyecto	COLABORADORES UCACUE
------------------------	----------------------

Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

Luis Mario Almache Sanchez; 0103401451; Ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

Eduardo Dionei Palma Zambrano; 1716685191; Ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; Matriz Cuenca.

5.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

5.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

5.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS

Función en el proyecto	COLABORADORES EXTERNOS
------------------------	------------------------

Nombre, Institución

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

ROBERTO XAVIER LUQUE NUQUES; ESCUELA POLITECNICA DEL LITORAL

6.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; CUMULATIVE STRUCTURAL DAMAGE DUE TO LOW CYCLE FATIGUE: AN ENERGY-BASED APPROXIMATION; JOURNAL OF EARTHQUAKE ENGINEERING; 21-NOVIEMBRE-2019; <https://doi.org/10.1080/13632469.2019.1692736>; Q1

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; RESIDUAL DISPLACEMENT ESTIMATION FOR SOFT SOILS: APLICATION TO MEXICO CITY LAKEBED; SOIL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINNERING; 130-2020; <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105970>; Q1

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; LONG DURATION AND FREQUENT, INTENSE EARTHQUAKES: LESSONS LEARNED FROM THE 19 SEPTEMBER 2017 EARTHQUAKE FOR MEXICO CITY'S RESILIENCE; EARTHQUAKE SPECTRA; 2020; doi:10.1177/875529302094254; Q1

ROBERTO XAVIER LUQUE NUQUES; Dynamic Analysis of a Shallow-Founded Building in Christchurch during the Canterbury Earthquake Sequence". 6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering; Journal of Earthquake Engineering; NOVIEMBRE-2015; <https://doi.org/10.1080/13632469.2019.1692736>; Q1

6.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; CUMULATIVE STRUCTURAL DAMAGE DUE TO LOW CYCLE FATIGUE: AN ENERGY-BASED APPROXIMATION; JOURNAL OF EARTHQUAKE ENGINEERING; 21-NOVIEMBRE-2019; <https://doi.org/10.1080/13632469.2019.1692736>; Q1

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; RESIDUAL DISPLACEMENT ESTIMATION FOR SOFT SOILS: APLICATION TO MEXICO CITY LAKEBED; SOIL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINNERING; 130-2020; <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105970>; Q1

PABLO DAVID QUINDE MARTINEZ; LONG DURATION AND FREQUENT, INTENSE EARTHQUAKES: LESSONS LEARNED FROM THE 19 SEPTEMBER 2017 EARTHQUAKE FOR MEXICO CITY'S RESILIENCE; EARTHQUAKE SPECTRA; 2020; doi:10.1177/875529302094254; Q1

ROBERTO XAVIER LUQUE NUQUES; Dynamic Analysis of a Shallow-Founded Building in Christchurch during the Canterbury Earthquake Sequence". 6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering; Journal of Earthquake Engineering; NOVIEMBRE-2015; <https://doi.org/10.1080/13632469.2019.1692736>; Q1

6.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

7. PERSONAL DEL PROYECTO - ESTUDIANTES	
Función en el proyecto	ESTUDIANTES COLABORADORES EN EL PROYECTO
Nombre; Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
<p>DIANA DEL ROCIO URGILES PARRA; 0105759450; Maestría en ingeniería civil con mención en estructuras sismorresistentes; ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería industria y construcción; MATRIZ CUENCA</p>	
<p>MARCELO EUGENIO ESPINOZA CARDENAS; 0104253059; Maestría en ingeniería civil con mención en estructuras sismorresistentes; ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería industria y construcción; MATRIZ CUENCA</p>	
<p>ADRIANA VALERIA FAJARDO GUAPISACA; 0105135404; Maestría en ingeniería civil con mención en estructuras sismorresistentes; ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería industria y construcción; MATRIZ CUENCA</p>	
<p>SERGIO RAUL PEÑALOZA ORELLANA; 0102049715; Maestría en ingeniería civil con mención en estructuras sismorresistentes; ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería industria y construcción; MATRIZ CUENCA</p>	
<p>CHRISTIAN SANTIAGO CHIRIBOGA CHIRIBOGA; 0103473518; Maestría en ingeniería civil con mención en estructuras sismorresistentes; ingeniería civil; Unidad Académica de Ingeniería industria y construcción; MATRIZ CUENCA</p>	

D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS

8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN
Centro de Investigación Ingeniería, Industria, Construcción y TICs
Grupo de Investigación INGENIERÍA CIVIL,

9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL

Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace [Líneas y Ámbitos de Investigación Institucionales](#),

Línea de Investigación: Territorios, Naturalezas y Tecnología

Ámbito de Investigación: Geotecnia, Estructuras y Construcciones

10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO

Código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace [SKOS](#)

Campo	33	Disciplina	3305	Sub disciplina	330532
-------	----	------------	------	----------------	--------

11. PROGRAMA:

En caso de que el proyecto sea parte de un programa.

SMARTUNIVERSITY

12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Duración del proyecto en meses

12

13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

Monto total del financiamiento proyecto

\$ 20000

14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA

NO

Justificación:

15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los profesionales de las ramas de la ingeniería civil y arquitectura con más de 5500 socios en los colegios profesionales locales serían los beneficiarios directos.

La comunidad cuencana con más de 600000 habitantes serían los beneficiarios indirectos al aumentar su nivel de confianza en sus edificaciones.

E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

16. RESUMEN DEL PROYECTO

El Ecuador es un país localizado en el cinturón Circunpacifico, la región donde más sismos suceden en todo el mundo. La costa ecuatoriana está catalogada de amenaza sísmica muy alta, donde sismos ocurren por subducción y convergencia de la placa de Nazca contra la placa Sudamericana. Existen también sismos superficiales producto de fallas locales activas. Si los epicentros de estos sismos se encuentran debajo o cerca de centros urbanos, pueden ocasionar pérdidas humanas y, generar daños en infraestructura desarrollada.

Estos daños, están relacionados a la respuesta del terreno frente a las ondas sísmicas, ya que estas sufren modificaciones debidas a las condiciones geológicas, topográficas, rigidez del subsuelo variables conocidas como los efectos de sitio.

Se genera la necesidad de realizar estudios de microzonificación sísmica del Cantón Cuenca, para caracterizar la amenaza geológica sísmica, mediante la estimación del periodo predominante del suelo, los factores de amplificación de ondas y funciones de transmisión roca-suelo para los diferentes estratos a través de modelos matemáticos, estadísticos, analíticos y geofísicos que permita generar un mapa de riesgo Sísmico del Cantón.

En una primera etapa se realiza el análisis de parroquias en expansión urbana, Paccha, Nulti, Ricaurte, Baños, para determinar y correlacionar información geológica con datos de velocidad de propagación de ondas P y S, utilizando la metodología de refracción sísmica, sondeos eléctricos verticales, y estudios con acelerómetros triaxiales que permiten la obtención de datos para determinar el periodo predominante del suelo mediante la velocidad Vs30, para la elaboración del mapa.

17. PALABRAS CLAVES

Microzonificación, Riesgo Sísmico, Periodo del Suelo, Cuenca

18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La norma Ecuatoriana NEC -15 peligro sísmico, proporciona el mapa de zonificación sísmica de Ecuador, que representa la amenaza sísmica que describe los posibles efectos que puede provocar un terremoto raro en el suelo de dichas zonas representados mediante un porcentaje de la aceleración de la gravedad (Z) que estima la aceleración probable máxima del suelo en roca, sin embargo es importante determinar zonas de riesgo mayor debido a efectos de sitio en su subestructura, así como las leyes de atenuación de las ondas entre la falla y el sitio en estudio.

Para evaluar la amenaza es necesario analizar los fenómenos que ocurren desde la emisión de las ondas sísmicas en el foco, hasta que dichas ondas alcancen la zona de estudio. Cuando se produce un terremoto con determinadas características (profundidad del foco, mecanismo focal, magnitud, etc.), parte de la energía

disipada se convierte en ondas sísmicas. Al propagarse por el suelo, dichas ondas se reflejan, refractan, atenúan o amplifican y llegan en forma de excitación sísmica al basamento rocoso que se encuentra bajo el edificio.

Entre los principales efectos de sitio tenemos: la licuación de suelos arenosos genera amplificación en la onda superficial y produce asentamientos diferenciales en las estructuras, los deslizamientos sobre fallas activas generan cimentaciones flexibles, incluso sin la presencia de un sismo, en estructuras en zonas como Nulti o Paccha, la presencia de nivel freático y arcillas expansivas genera esfuerzos que nos son considerados al momento de diseño.

La Velocidad de las ondas se transmite de estrato a estrato modificando el comportamiento de estructuras en la superficie, el estudio de esta función de transferencia permite obtener a escala local los parámetros reales que valoran el verdadero riesgo sísmico de las zonas en las cuales se colocarán las construcciones civiles y el impacto que puede provocar en ellas un terremoto dado.

El desconocer el riesgo local debido a efectos de sitio nos dificulta definir si el suelo de fundación atenuará o amplificará el sismo de diseño, en unos casos se podría sobredimensionar la estructura y en otros casos subdimensionarla, acarreando costos innecesarios, o diseños ineficientes.

19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

El Ecuador es un país localizado en el cinturón de fuego del Pacífico, la región donde más sismos suceden en todo el mundo. La causa principal de la sismicidad en el país es el fenómeno de convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, paralelo a la costa del Pacífico. Zonas de convergencia y subducción como éstas producen a escala mundial no solamente la gran mayoría de la actividad sísmica sino también los eventos de mayor magnitud (Encalada, 2002).

Esta magnitud ($M_s > 7$) presenta tiempos de recurrencia relativamente cortos. Sismos de magnitudes considerables también ocurren dentro del territorio nacional a profundidades de 30-50 km, aproximadamente. Sismos de fallas transcurrentes también afectan al país, estos sismos tienen profundidades aproximadas de 10 km. Finalmente y no menos importantes, los sismos superficiales producto de fallas locales activas. Si los epicentros de estos sismos se encuentran debajo o cerca de centros urbanos, pueden ocasionar pérdidas humanas y materiales, además, generar cuantiosos daños en la infraestructura desarrollada. Los daños que se producen en las estructuras por la ocurrencia de un sismo, están influenciados por la respuesta sísmica del terreno frente a las ondas sísmicas, ya que estas sufren modificaciones debidos a las condiciones geológicas, topográficas y rigidez del subsuelo, o sus efectos de sitio.

Actualmente en Cuenca no existe un mapa de micro zonificación sísmica, a pesar que la norma ecuatoriana de la construcción sugiere: "Para poblaciones con más de 100 000 habitantes que deberían disponer de estudios de microzonificación sísmica y geotécnica en su territorio y sitios con suelo de tipo F, se realizará un espectro de respuesta elástico de aceleraciones específico al sitio, basado en la geología, tectónica, sismología y características del suelo local.", a nivel nacional se han realizado estudios en otros cantones como Quito, Guayaquil, Ambato, Esmeraldas, Pedernales, pero ninguno específico en la zona 6.

En nuestro país si existe un mapa de zonificación sísmica regional, plasmado en el documento nacional NEC-15-PeligroSismico. A nivel de microzonificación sísmica cantonal, (Encalada, 2002) publicó una investigación para el BID-P400 que caracteriza los tipos de formaciones geológicas en la zona los diferentes estratos de cada una de ellas y compara los registros medidos en estaciones en tipo de suelo A,B,C con registros de estaciones sismográficas de la Red sísmica del austro, en el documento menciona que "Es importante tomar en cuenta que los valores obtenidos deberán ser comprobados en futuras investigaciones, debido a que los depósitos fueron modelados en función de los parámetros obtenidos de la prospección geofísica, sin embargo algunos de esos parámetros como por ejemplo la velocidad de ondas de corte se obtuvieron de una correlación basada en información de apoyo debido a que no se pudo obtener la velocidad cortante in situ desde prospecciones superficiales, por lo tanto estos parámetros deben ser considerados como referenciales y deben ser sujetos a futuras comprobaciones (1), también existe el "Estudio de peligro sísmico del Ecuador y espectros de diseño para la ciudad de Cuenca" (2). El documento perteneciente a la ciudad de Guayaquil se denomina "ELABORACION DE DOCUMENTO DE LA MICROZONIFICACION SISMICA Y GEOTECNICA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL, SEGÚN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION 2011"(3). Otra ciudad

que presenta estudios de microzonificación, es la ciudad de Quito, en el documento “MICROZONACIÓN SÍSMICA DEL CENTRO NORTE DE QUITO. SEGUNDA JORNADA DE “INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DESDE LAS AULAS (2013)” escrito por el Dr. Roberto Aguiar (4), se puede tener una visión amplia de los estudios realizados y luego del sismo de 2016, se realizó un estudio en Pedernales, denominada “AMENAZA SÍSMICA, MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y ESPECTROS DE DISEÑO DE LA CIUDAD DE PEDERNALES, MANABÍ, ECUADOR”(5). De igual manera por el Dr. Roberto Aguiar en 2018 lanza el libro “MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA AMBATO”(5), también existe el ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE ESMERALDAS SEGÚN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION 2015(6).

A nivel mundial se tiene como referencia la “METODOLOGÍA PARA REALIZAR ESTUDIOS DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA” de la Secretaria de Gobernación del Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED EN CIUDAD DE MÉXICO(7).

En el análisis de efectos de sitio con fines de microzonificación sísmica, necesitamos conocer algunas características y la distribución espacial de los estratos que componen el suelo, para dicho fin podemos apoyarnos en algunos métodos geofísicos tales como; los métodos sísmicos de fuente activa (Refracción, SASW, MASW) y pasiva (ReMi, SPAC, Inversión H/V), además, de estudios de zonificación geotécnica o estudios geotécnicos SPT (sondeo de penetración estándar), SM (sondeos mixtos) y CPT (sondeos de cono eléctrico) con profundidades de 30m o hasta el contacto con la roca o basamento.

Sabemos que los efectos de sitio, es el movimiento que sufre el suelo al paso de ondas sísmicas por la presencia de suelos blandos o poco consolidados, dichas ondas se dividen en dos grupos, las de cuerpo y las de superficie. Las ondas de cuerpo se subdividen a su vez en ondas de compresión P (Vp) y de corte S (Vs). Las ondas Vp son entre 70% y 140% más rápidas que las Vs. En las ondas superficiales encontramos las Rayleigh y Love, siendo la onda Rayleigh la más importante en geotecnia por su acercamiento a las ondas de corte, cuya velocidad (VR) es de alrededor de 93% de la velocidad de las ondas Vs.

El método de refracción de microtemores (ReMi) es de fuente sísmica pasiva, es decir, utiliza el ruido ambiental y cultural que se propaga por suelo, fue propuesta por (Louie, 2001), es un método de fácil aplicación en la caracterización de sitios y evaluación del subsuelo.

Este método es empleado para determinar las velocidades de onda de corte Vs.

20. OBJETIVOS

Caracterizar los niveles de amenaza geológicos sísmicos del Cantón Cuenca, mediante la determinación del contenido de frecuencias naturales del suelo para cuantificar las amplificaciones relativas en las ondas sísmicas que pueden presentarse a través de los estratos utilizando modelos matemáticos estadísticos y geofísicos para generar un mapa de riesgo del cantón Cuenca

21. ESPECÍFICOS

- Determinar las características geológicas, geotécnicas, y geomorfológicas a través de ensayos MASW y SASW, para determinar las propiedades mecánicas de los estratos y el Periodo Predominante del Suelo.
- Analizar los niveles de amenaza de las parroquias según las fuentes sísmicas sean estas corticales o de subducción o mixtas mediante ensayos de microtemores para clasificar la respuesta de los diferentes estratos presentes en el Cantón.
- Elaborar un mapa de riesgo del cantón Cuenca a través de una plataforma GIS para presentar los resultados

22. MARCO METODOLÓGICO

Revisión Bibliográfica de los estudios de microzonificación a nivel nacional e Internacional.

Reconocimiento geológico y geomorfológico geotécnico, geofísico además de registros de movimiento fuerte y daños ocasionados por sismos

La metodología planteada propone estudios geotécnicos como sísmica de refracción, penetración estándar (SPT), sondeos eléctricos o similares adicional estudios topográficos de la zona en estudio.

El método geofísico de sísmica de refracción se utiliza para la exploración de capas someras para determinar la velocidad de propagación de las ondas sísmicas función de los módulos elásticos de los medios de propagación con lo cual se establecen los estratos que constituyen el subsuelo.

Se correlaciona las ondas sísmicas compresionales que sufren refracción total las cuales son recibidas por los geófonos y se determina sus sismogramas, y la profundidad de la roca.

Se obtiene las ondas V_p y los espesores de los sedimentos, se localiza posibles fallas y zonas de fractura, y se estima mediante métodos indirectos la V_s a través de módulos elásticos

Reconocimiento de fallas geológicas

Evaluación de amenazas y leyes de atenuación

Ensayos de laboratorio

Registro de análisis de movimientos débiles y/o vibración ambiental.

Definir zonas Sismogénicas

Obtención de los mapas de periodos fundamentales del suelo

Modelos computacionales, modelos matemáticos

Análisis de leyes de atenuación

Análisis de resultados

Mapa de Microzonificación

F. IMPACTO DEL PROYECTO

23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA

El proyecto en análisis contribuye a la meta del Plan Nacional para el Buen vivir que trata de mejorar la calidad de vida de la población, garantizando la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen sísmico.

En base a los resultados obtenidos de la investigación, se delinearán recomendaciones técnicas para la decisión en cuanto a zonas vulnerables a deslizamiento, zonas seguras para un crecimiento poblacional ordenado, zonas de posible licuación de suelos u otros efectos de sitio así como zonas de suelo firme para emplazar edificaciones de altura.

El precio del suelo puede ser un factor importante a la hora de elegir un terreno para emplazar edificaciones este debería definirse por sus condiciones geomorfológicas.

24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

El proyecto plantea la generación de un mapa de riesgo del cantón Cuenca en sus zonas de expansión, mismo que será retroalimentado con futuras investigaciones y con información existente en la red sísmica del Austro, y de la Secretaría de Gestión de Riesgos del Gad Municipal de Cuenca.

Se cuenta con la colaboración de estudiantes de grado en ingeniería civil e ingeniería eléctrica y estudiantes de la maestría en ingeniería civil con mención en estructuras sismorresistentes en sus trabajos de titulación.

Por último, se espera generar una estación sismo-gráfica en el laboratorio de ingeniería sísmica de la UCACUE para aportar información a la red nacional de acelerógrafos RENAC.

25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del proyecto podrían contribuir a crear una base de información geotécnica-sísmica para toma de decisiones, además el proyecto desarrollará una metodología que podrá ser implementada y/o mejorada en diferentes lugares de nuestro país para definir el riesgo sísmico y aportar con información valiosa a la secretaría de Gestión de Riesgos. Como parte de la consecución del proyecto, será necesario contar con la colaboración de alumnos de pregrado y/o posgrado para las actividades en campo y procesamiento de la información, de lo cual resultarán prácticas pre-profesionales, proyectos integradores, trabajos de grado y proyectos de vinculación con la sociedad que motivarán el desarrollo de profesionales en la temática plateada.

26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Encalada, M. (2002). Microzonificación del cantón Cuenca. Universidad de Cuenca.
- (2) Quinde Martínez, P. D., & Reinoso Angulo, E. (2016). Estudio De Peligro Sísmico De Ecuador Y Propuesta De Espectros De Diseño Para La Ciudad De Cuenca. *Ingeniería Sísmica*, 26(94), 1–26. <https://doi.org/10.18867/ris.94.274>
- (3) Aguiar Falconí, R. (213 C.E.). Microzonificación Sísmica Quito (Centro de Investigaciones Científicas (ed.); Primera). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito - Ecuador, ISBN: 978-9978-301-02-9.
- (4) CENAPRED. (2017). Metodología para realizar estudios de microzonificación sísmica. Centro Nacional de prevención de desastres, Mexico, D.F.
- (5) Aki, K. (1957). Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with Special Reference to Microtremors. *Bulletin, Earthquake Research Institute*, 35, 415–456. <http://eprints.uni-kiel.de/43280/1/Aki.pdf>
- (6) Alodia, S., & Condo, Y. (2006). Microtremores (pp. 40–52). Instituto Geofísico de Perú. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/767>
- Asten, M. W. (1976). The use of microseisms in geophysical exploration. Thesis (Ph.D.) - Macquarie University, Sydney.
- (7) https://www.researchgate.net/publication/281594982_The_use_of_microseisms_in_geophysical_exploration
- (8) Bard, P.-Y. (1998). Microtremor measurement : a tool for site effect estimation? In *Second International Symposium on the Effects of Surface Geology on seismic motion* (Vol. 3, pp. 1251–1279).
- (9) https://www.researchgate.net/publication/235623097_Microtremor_measurements_A_tool_for_site_effect_estimation
- Borcherdt, R. D. (1970). Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 60(1), 29–61.
- (10) Chávez-García, F. J., & Montalva, G. A. (2014). Efectos de sitio para Ingenieros Geotécnicos, estudio del valle Parkway. *Obras y Proyectos*, 16, 6–30. (11) <https://doi.org/10.4067/S0718->

28132014000200001Dobrin, M. B., & Savit, C. H. (1988). Introduction to Geophysical Prospecting. McGRAW-HILL BOOK COMPANY.

(12) Flores Estrella, H., & Aguirre González, J. (2003). SPAC: An alternative method to estimate earthquake site effects in Mexico City. *Geofísica Internacional*, 42(2), 227–236, ISSN: 0016-7169. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56842207>

(13) Haskell, N. A. (1962). Crustal reflections of the plane P and SV waves. *Journal of Geophysical Research*, 67(12), 4751–4767. <https://doi.org/10.1029/JZ067i012p04751>

(14) Lermo, J., & Chávez-García, F. J. (1994). Are microtremors useful in site response evaluation? *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84(5), 1350–1364.

(15) Louie, J. N. (2001). Faster , Better : Shear-Wave Velocity to 100 Meters Depth from Refraction Microtremor Arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 91(2), 347–364. <https://doi.org/10.1785/0120000098>

(16) SESAME. (2004). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations-measurements, processing and interpretations (pp. 1–62). SESAME: Site Effects Assessment using Ambient Excitations. http://sesame.geopsy.org/Papers/HV_User_Guidelines.pdf

Torres, B. L., & Rodríguez, M. (2013). Caracterización Geofísica y Evaluación de Efecto de Sitio y Propuesta de Microzonificación Sísmica en aldeas de los Municipios de Trujillo y Limón. Universidad Nacional Autónoma de Honduras

G. ANEXOS

Planilla de anexos del Proyecto

```
[[{"title": "presupuesto proyecto microzonificaci\u00f3n", "comment": "Cant\u00f3n Cuenca", "size": "92.59", "name": "presupuesto%20microzonificacion.xlsx", "filename": "fu_n25ignwky348zm", "ext": ".xlsx"}]]
```

Número de Archivos: 1

Documentación adicional

```
[[{"title": "proyecto completo", "comment": "", "size": "1825.361", "name": "PROYECTO%20MICROZONIFICACION%20REVISI%C3%92N%20MARZO%2019%202021%281%29.pdf", "filename": "fu_ytn8r5knh9cify6", "ext": ".pdf"}, {"title": "resoluci\u00f3n de consejo", "comment": "", "size": "621.588", "name": "022-21%20%281%29%20%281%29.PDF", "filename": "fu_3uhpbgrk58ru9ig", "ext": ".pdf"}]]
```

Número de archivos: 2

<p>_____</p> <p>DIRECTOR DEL PROYECTO: PICVII19-83</p>	<p></p> <p>_____</p> <p>Ing. Javier Cabrera Mejía, PhD. JEFE DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN</p>
--------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------