

“ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA EXPOSICIÓN Y RIESGO SÍSMICO DE COLEGIOS EMBLEMÁTICOS Y HOSPITALES BANDERA EN EL ÁREA DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO”

Expositores: Mg. Ing. Jairo Cueva
Mg. Ing. Erika Flores

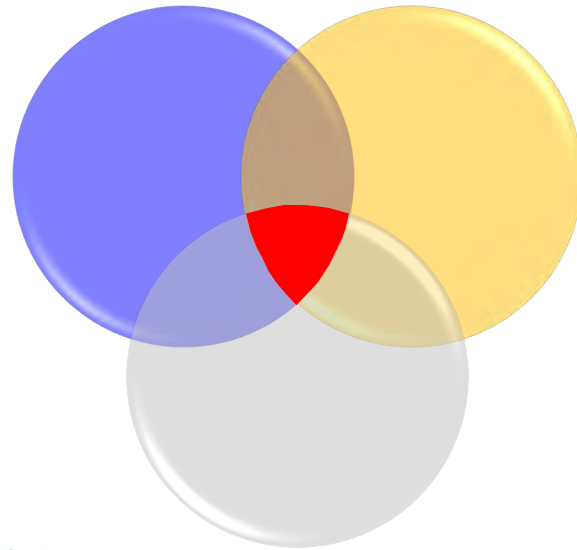
Proyecto de colaboración conjunta:
JICA, ZER Geosystem Perú y CISMID

ESTIMACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

Riesgo ← función (Peligro, Exposición, Vulnerabilidad)

Peligro:

Sismo, Tsunami,
Inundación, huracanes,
etc.



Exposición:

Personas,
pertenencias.

Riesgo:

Grado de pérdida,
destrucción o daño esperado
debido a la ocurrencia de un
sismo especificado.

Vulnerabilidad:

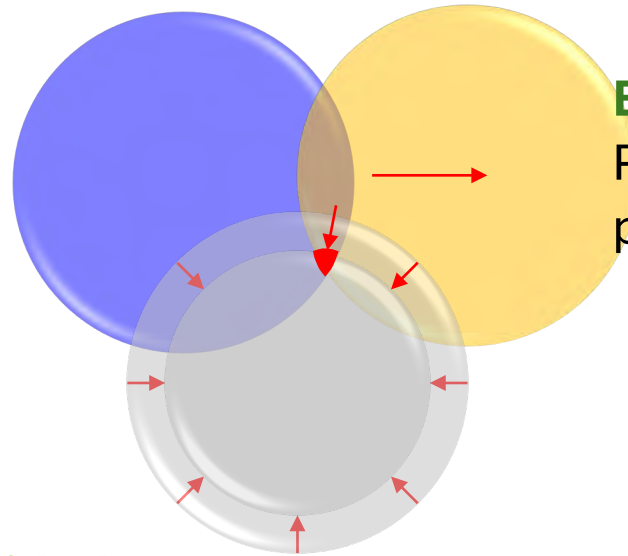
Susceptibilidad a
peligros.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

Riesgo ← función (Peligro, Exposición, Vulnerabilidad)

Peligro:

Sismo, Tsunami,
Inundación, huracanes,
etc.



Exposición:

Personas,
pertenencias.

Riesgo:

Grado de pérdida,
destrucción o daño esperado
debido a la ocurrencia de un
sismo especificado.

Vulnerabilidad:

Susceptibilidad a
peligros.

CONTINUIDAD OPERATIVA DE LOS SERVICIOS ESENCIALES

HOSPITALES :



Implementar Planes Hospitalarios de Emergencia y Desastres y asegurar la capacidad de respuesta sanitaria frente a eventos sísmicos de gran magnitud.

COLEGIOS:



Planificación técnica de albergues temporales bajo criterios de seguridad, habitabilidad y protección de la población afectada.

ZONA DE ESTUDIO



| Zona | Distrito |
|------|-------------------------|
| 1 | San Martín de Porres |
| | Ventanilla |
| | Mi Perú |
| | Comas |
| 2 | San Juan de Lurigancho |
| | Ate |
| 3 | Villa María del Triunfo |
| | Villa El Salvador |
| | Chorrillos |

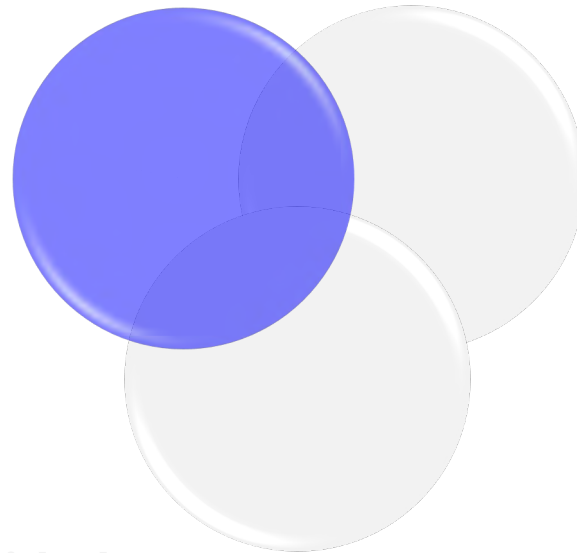


PELIGRO SÍSMICO

Riesgo ← función (*Peligro*, *Exposición*, *Vulnerabilidad*)

Peligro:

Sismo, Tsunami,
Inundación, huracanes,
etc.



Exposición:

Personas,
pertenencias.

Riesgo:

Grado de pérdida,
destrucción o daño esperado
debido a la ocurrencia de un
sismo especificado.

Vulnerabilidad:

Susceptibilidad a
peligros.

Recopilación de información:

1) GEOFÍSICA:

Ensayos de ondas superficiales (MASW)

Medición puntual de microtemores: periodo fundamental

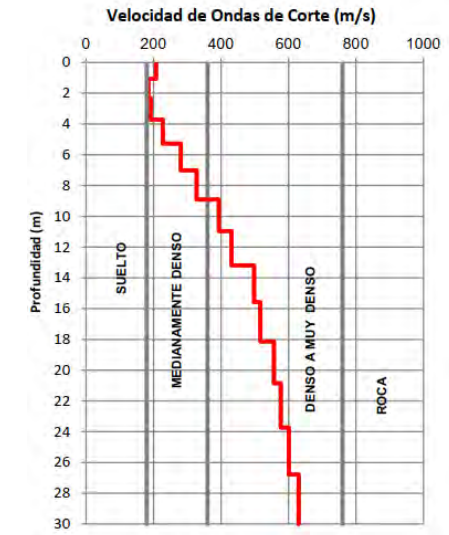
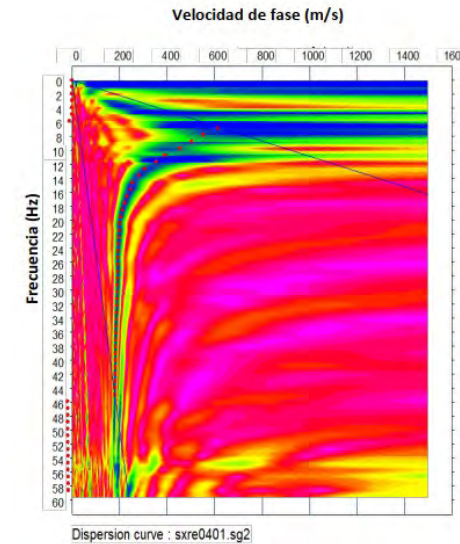
2) PELIGRO SÍSMICO:

Análisis de peligro sísmico probabilístico (PSHA)

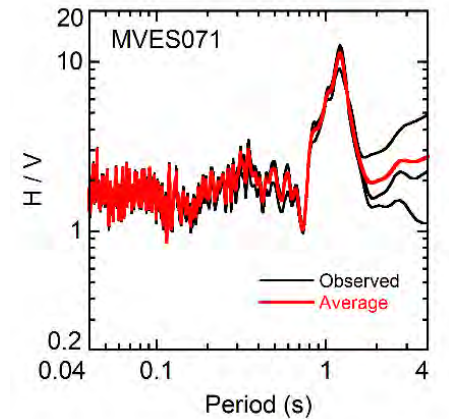
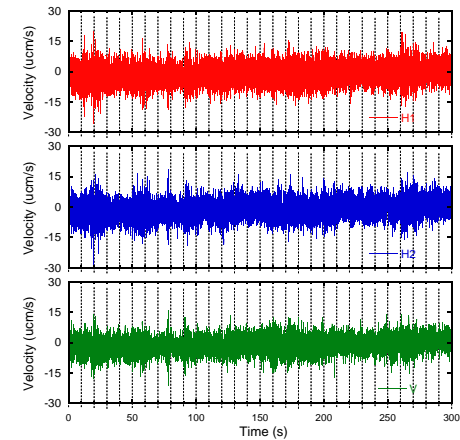
Análisis de peligro sísmico determinístico (DSHA)

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

Ensayos de ondas superficiales (MASW)



Medición puntual de vibraciones ambientales

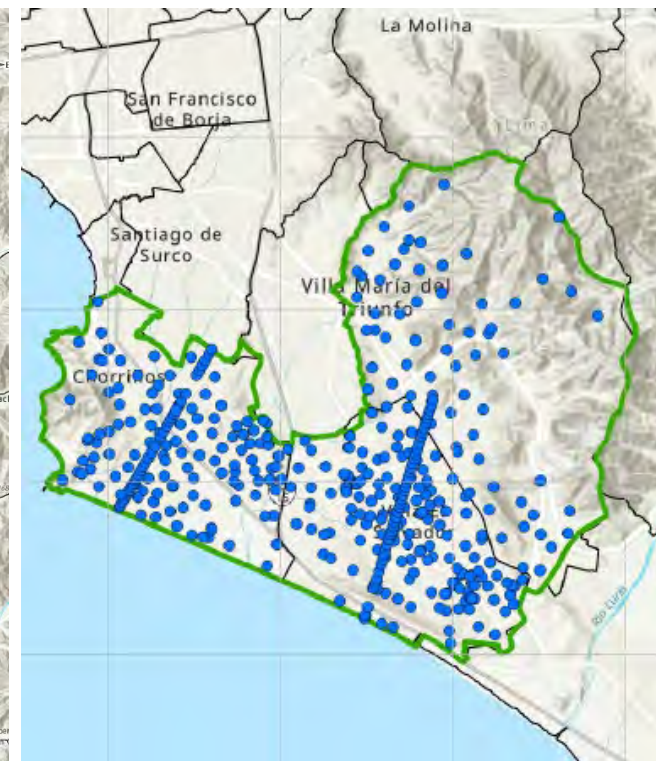
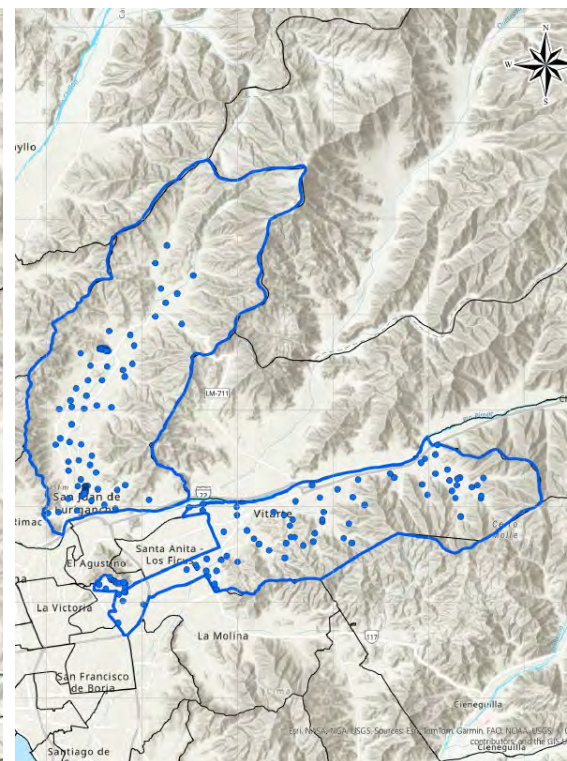
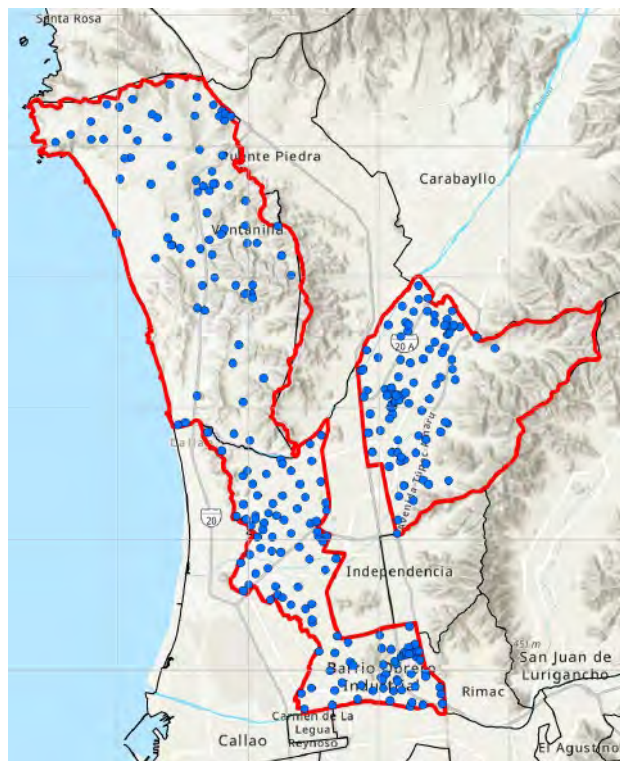


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

| Zona | Distrito | Número de puntos |
|------|-------------------------|------------------|
| a | Comas | 119 |
| | Ventanilla, Mi Perú | 78 |
| | San Martín de Porres | 123 |
| b | Ate Vitarte | 84 |
| | San Juan de Lurigancho | 76 |
| c | Chorrillos | 151 |
| | Villa El Salvador | 212 |
| | Villa María del Triunfo | 74 |

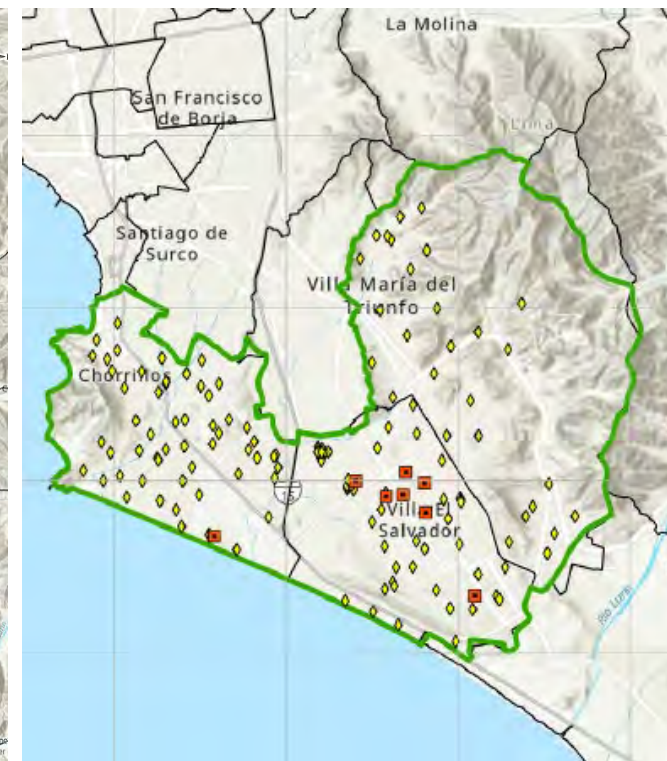
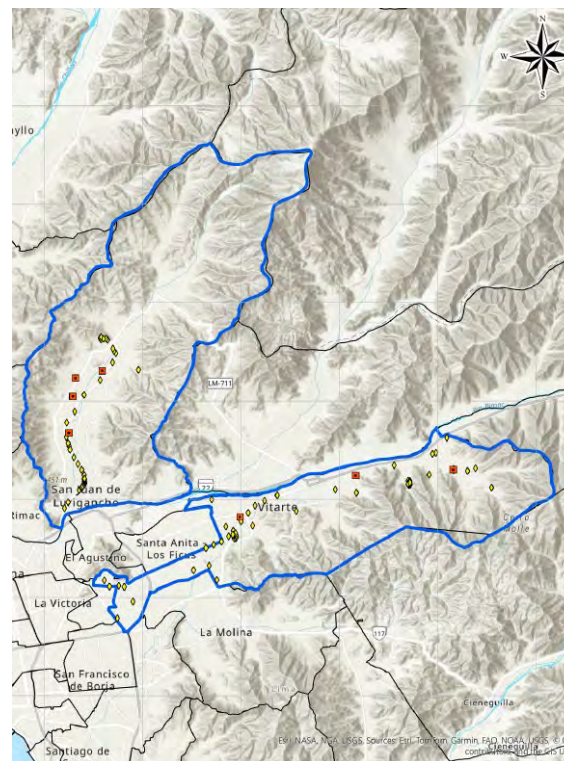
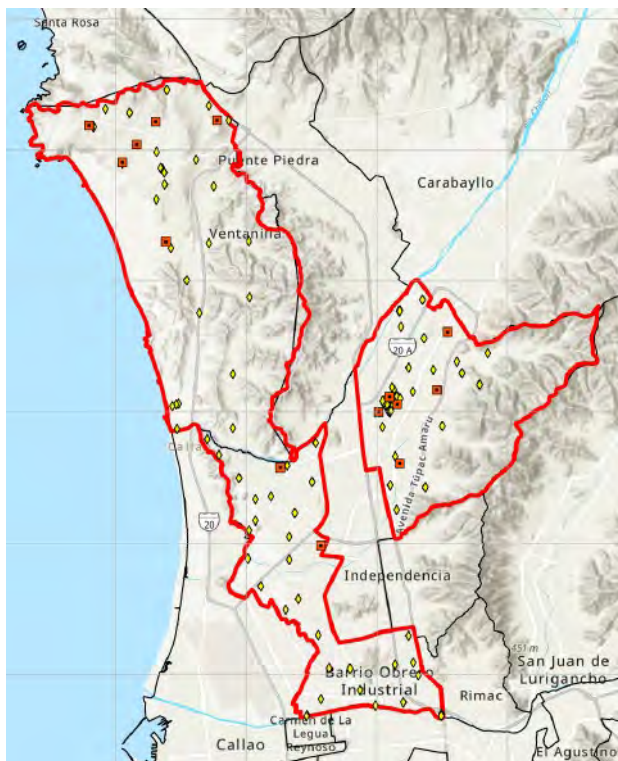
Número de mediciones puntuales de microtremores recopiladas
TOTAL = 917

Fuente: CISMID



CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

| Zona | Distrito | Número de puntos |
|------|-------------------------|------------------|
| a | Comas | 54 |
| | Ventanilla, Mi Perú | 34 |
| | San Martín de Porres | 33 |
| b | Ate Vitarte | 57 |
| | San Juan de Lurigancho | 39 |
| c | Chorrillos | 57 |
| | Villa El Salvador | 64 |
| | Villa María del Triunfo | 28 |

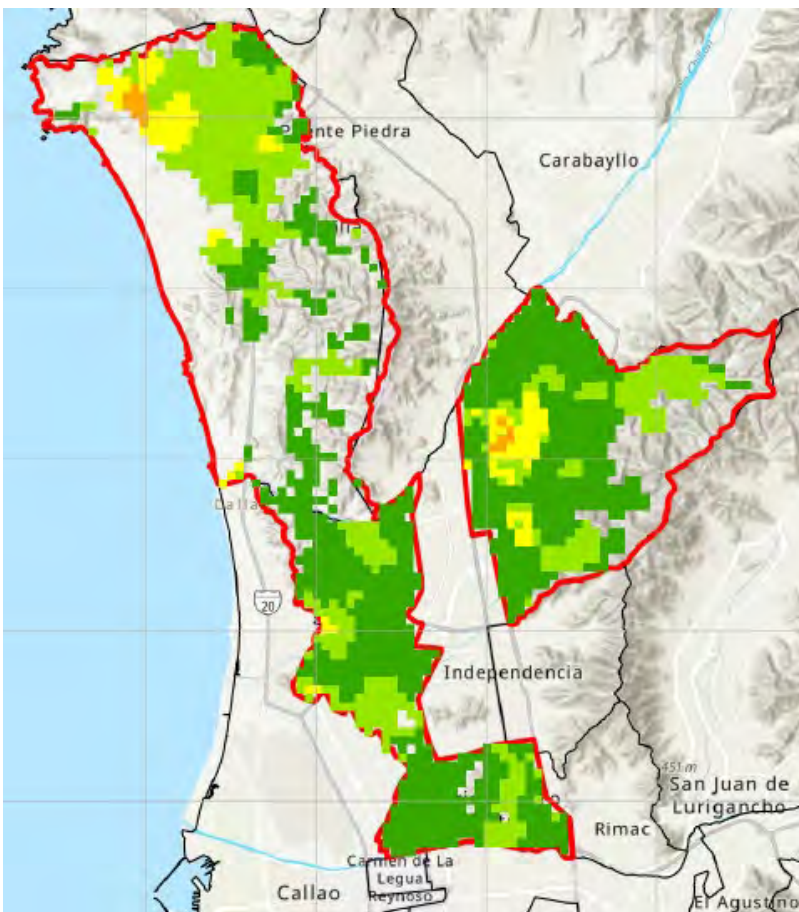
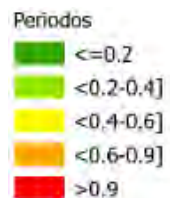


Número de ensayos MASW recopilados
TOTAL = 366

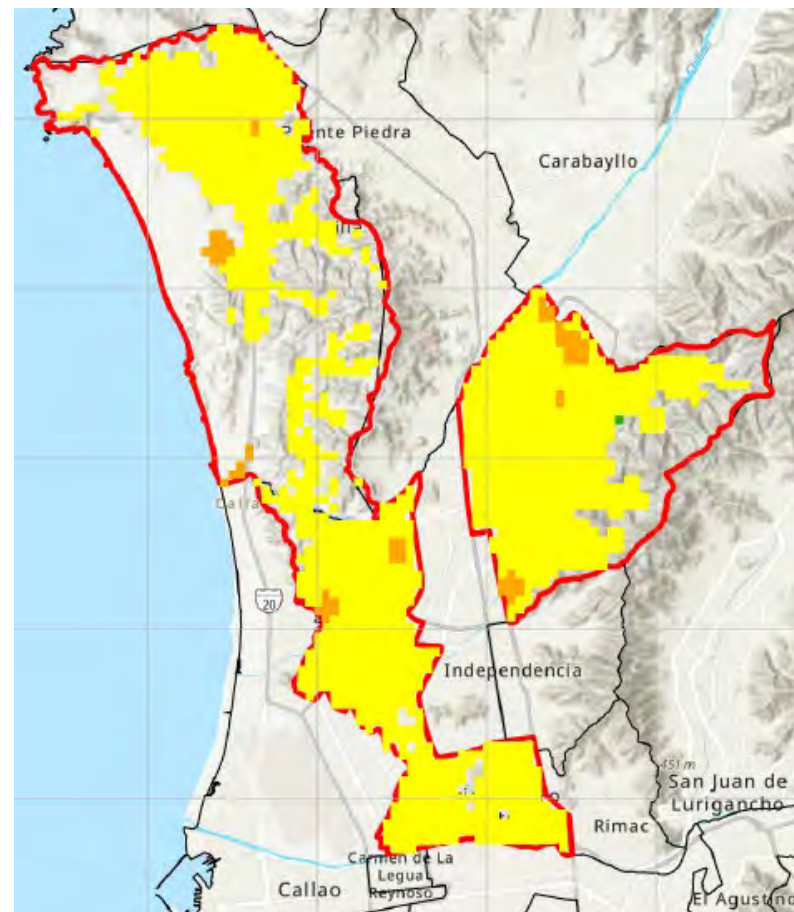
Fuente: CISMID

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

Zona a:
Comas
Ventanilla, Mi Perú
San Martín de Porres

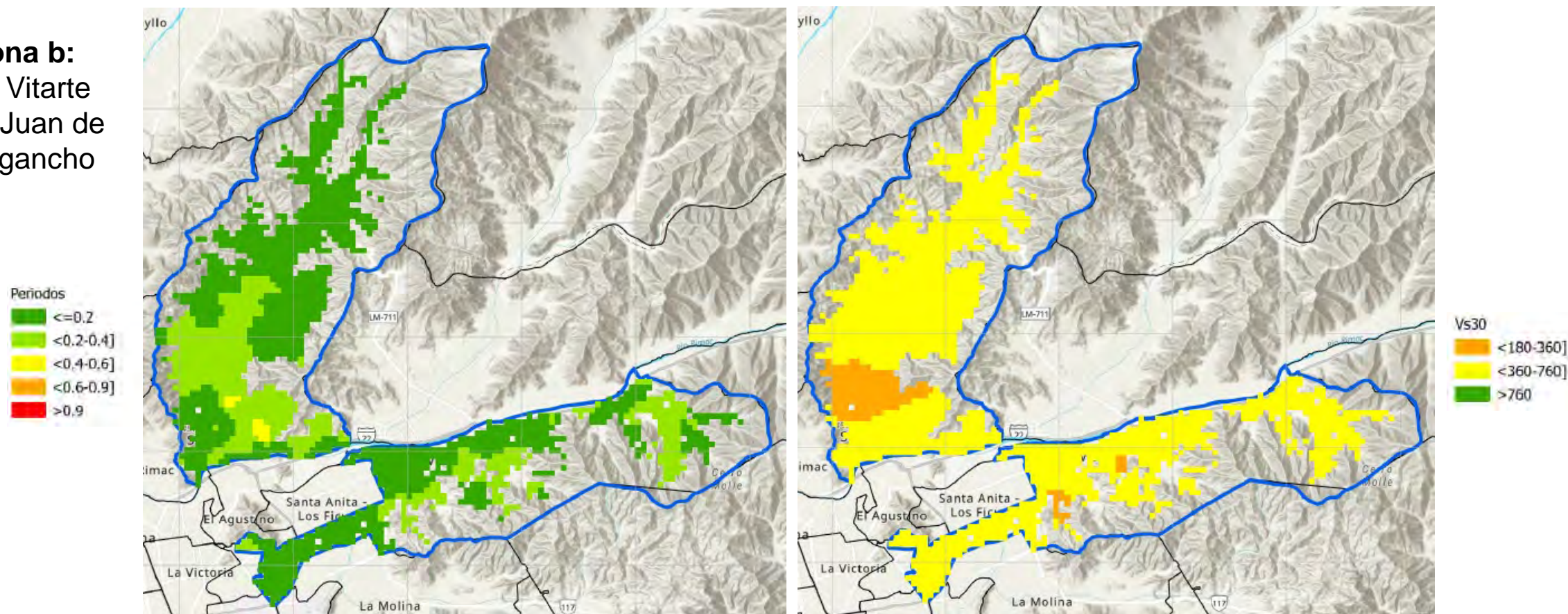


Fuente: CISMID



CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

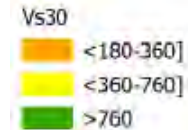
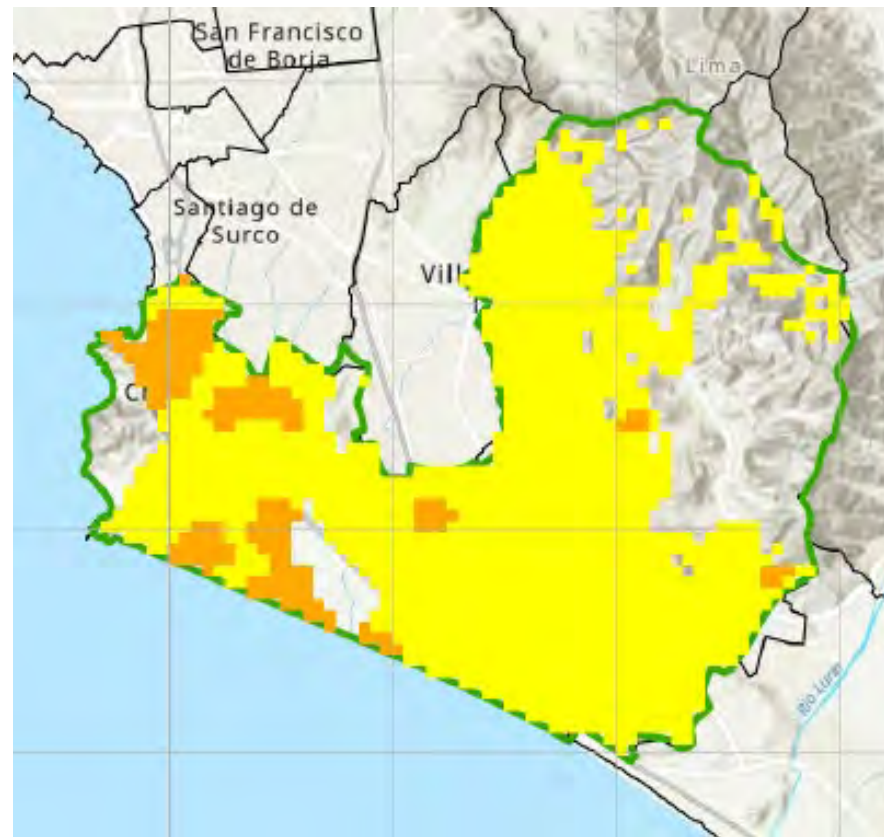
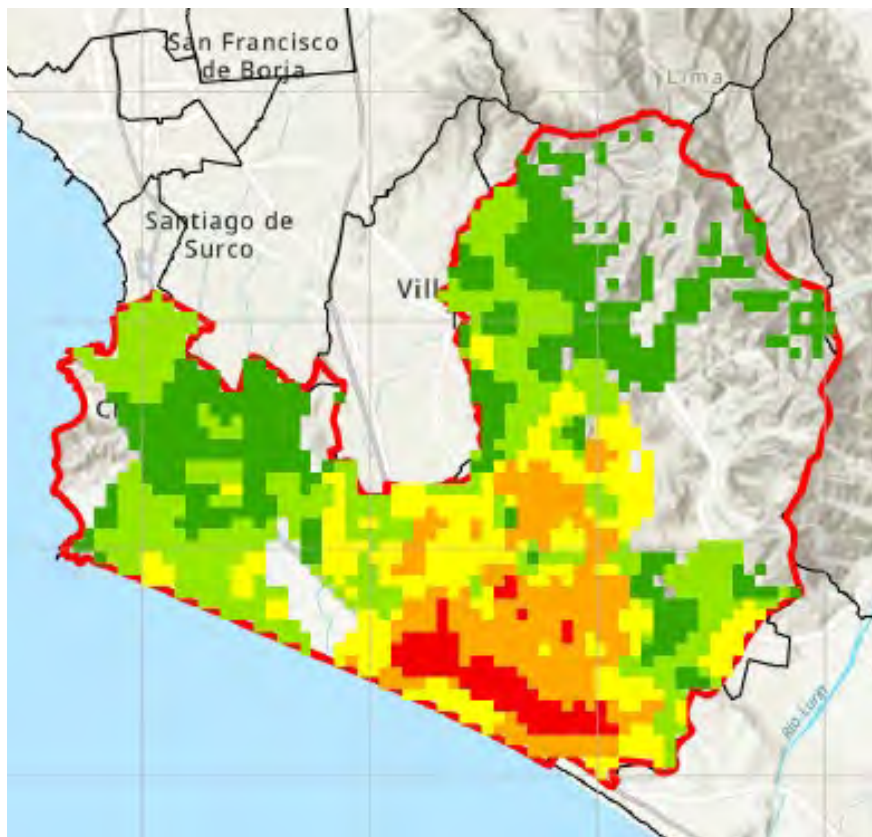
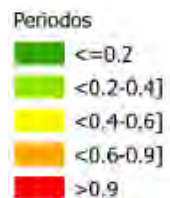
Zona b:
Ate Vitarte
San Juan de
Lurigancho



Fuente: CISMID

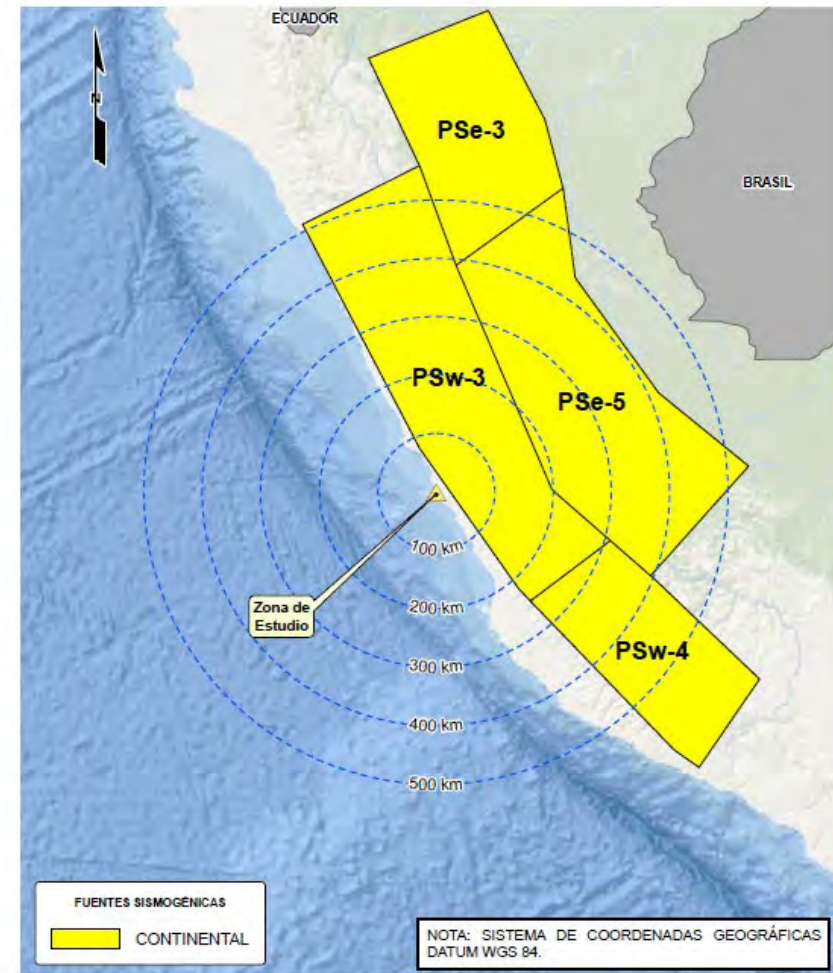
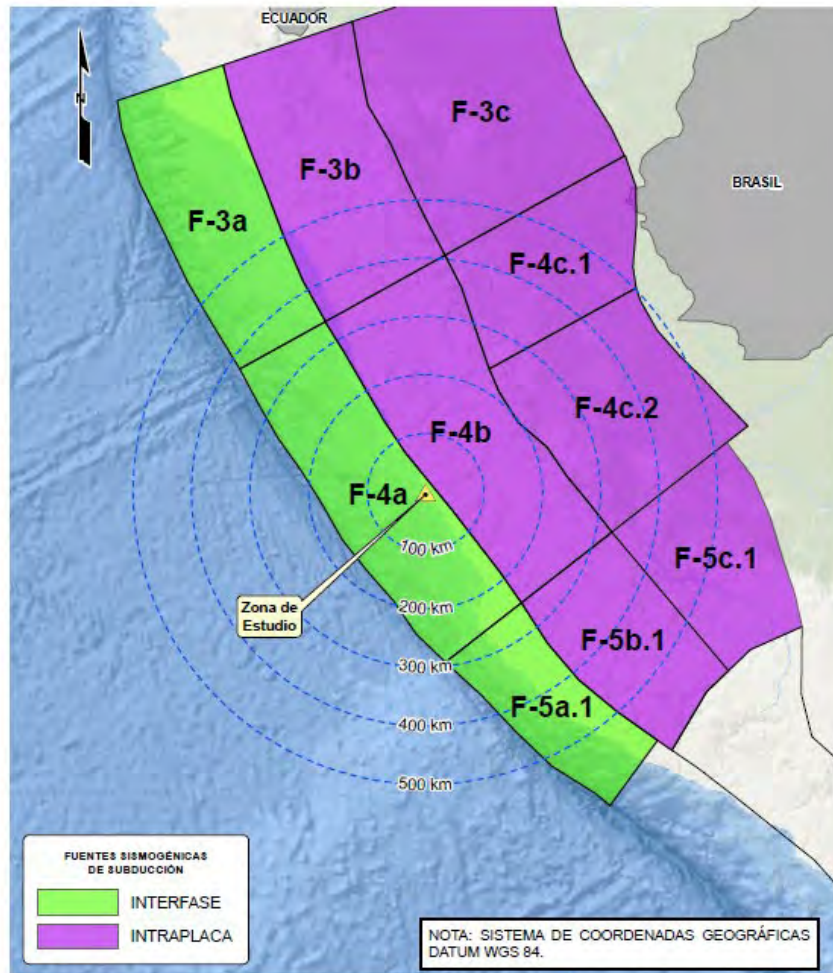
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA

Zona c:
Chorrillos
Villa El Salvador
Villa María del Triunfo



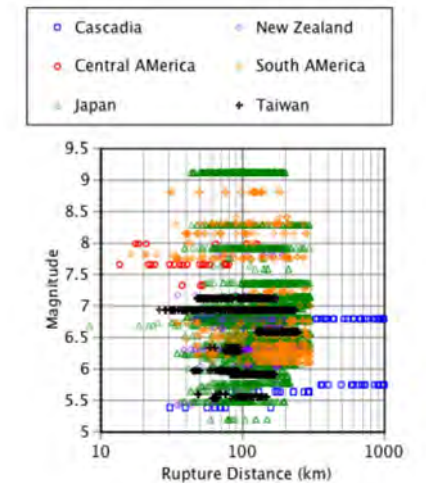
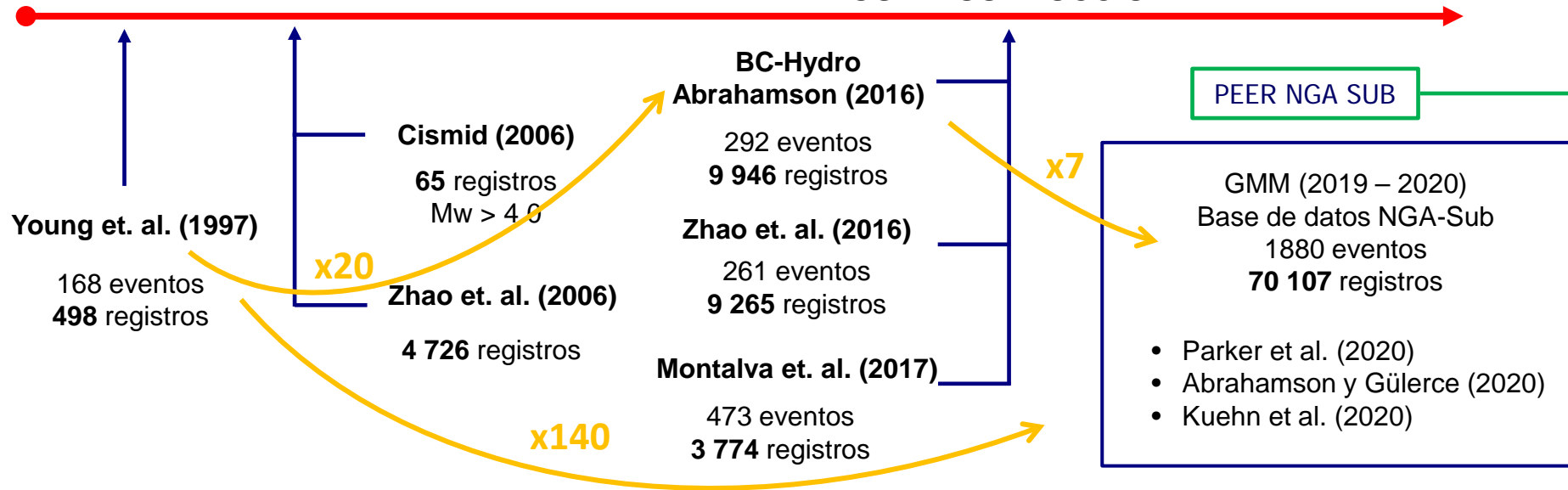
Fuente: CISMID

ANÁLISIS DEL PELIGRO SÍSMICO PROBABILÍSTICO (PSHA)



EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

GROUND MOTION MODEL (GMM) PARA EVENTOS DE SUBDUCCIÓN



EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Evolución de Ground Motion Models (GMMs)

Young et. al. (1997)

168 eventos
498 registros

Valor medio:

$$\ln(y) = a_1 + a_2 * M + a_3 * \ln(r_{rup} + a_4^M) + a_5 * type + a_6 * H$$

Constante

Término de
escala de
magnitud

Término de
distancia

Término de
mecanismo

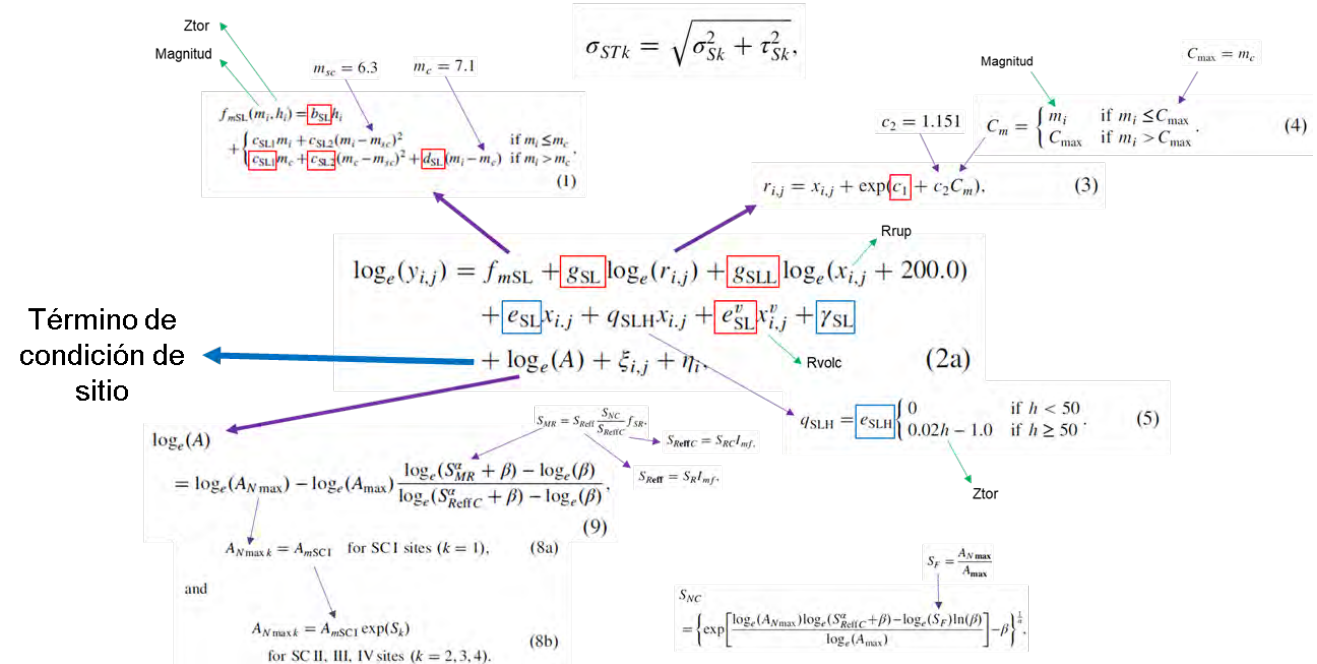
Término de
profundidad

Desviación estándar:

$$\sigma \ln(y) = a_7 + a_8 * M$$

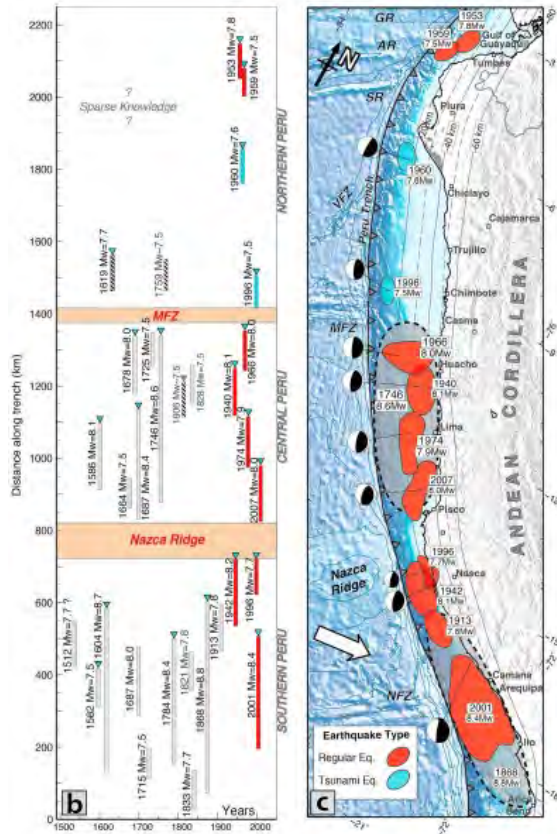
Zhao et. al. (2016)

261 eventos
9 265 registros

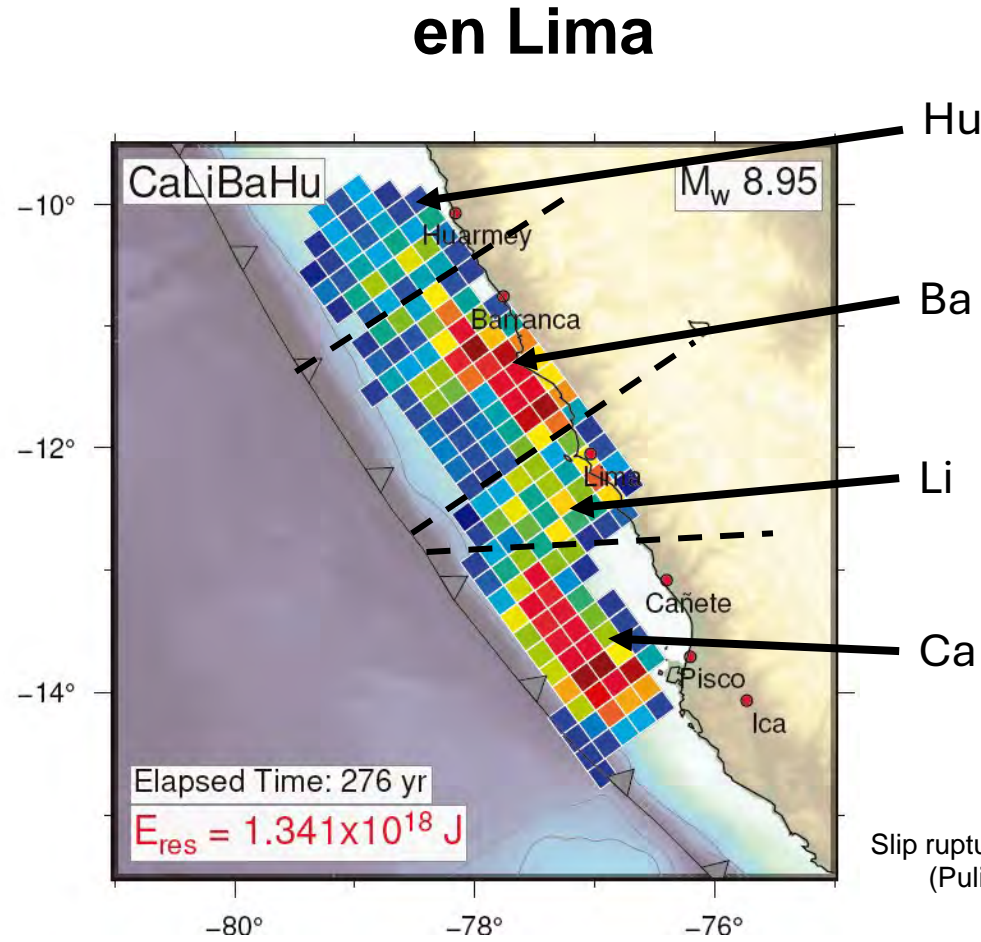


ANÁLISIS DEL PELIGRO SÍSMICO DETERMINÍSTICO (DSHA)

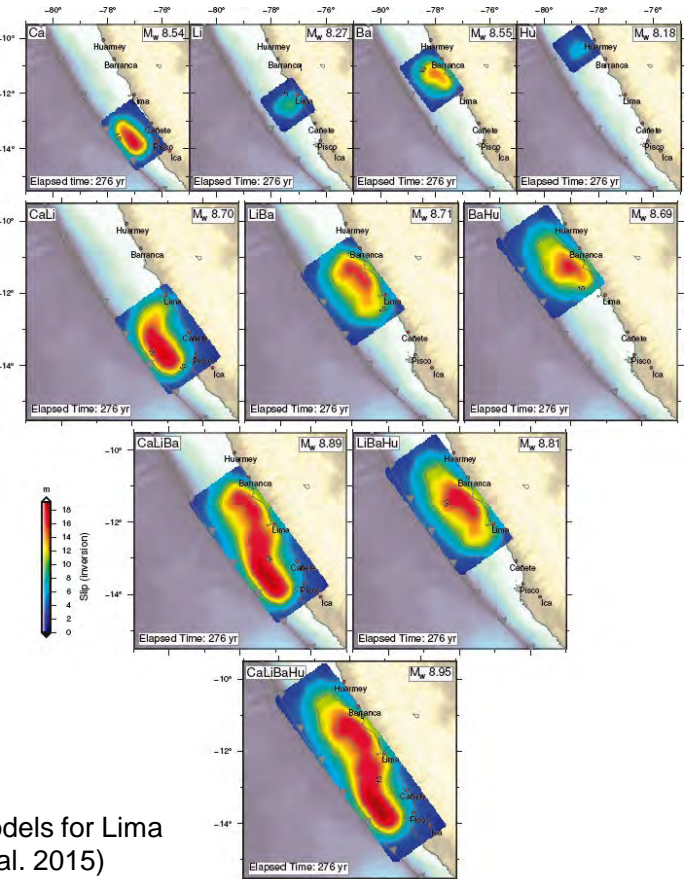
Actualización de los modelos de deslizamiento para los sismos de subducción en Lima



Acoplamiento intersísmico (Villegas-Lanza J.C. et al., 2016)



Slip rupture models for Lima (Pulido et al. 2015)



EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Se realizó dos análisis de índole probabilística, con periodos de retorno de 225 y 2475 años, y un escenario determinístico basado en la segmentación sismogénica propuesta por Pulido et al. (2015) denominada CaLiBaHu. Así, con base en dichas metodologías y la información geofísica recopilada se determinó los valores de máximas aceleraciones (PGA) y velocidades (PGV) para cada uno de los colegios y hospitales considerados en el presente estudio.

| N° | Tipo | Código | Longitud [°] | Latitud [°] | PGA [g] | | |
|----|------|--------|--------------|-------------|---------|----------|-----------------|
| | | | | | Tr=225y | Tr=2475y | CaLiBaHu (P.77) |
| 1 | COL | 144659 | -77.1279 | -11.8609 | 0.366 | 0.955 | 1.152 |
| 2 | COL | 144683 | -77.1218 | -11.8553 | 0.365 | 0.952 | 1.148 |
| 3 | COL | 145244 | -77.1211 | -11.8569 | 0.365 | 0.952 | 1.148 |
| 4 | COL | 298736 | -77.0205 | -12.1636 | 0.398 | 1.01 | 1.200 |
| 5 | COL | 298779 | -77.0209 | -12.1647 | 0.398 | 1.01 | 1.201 |
| 6 | COL | 301908 | -77.0426 | -11.9032 | 0.381 | 0.958 | 1.130 |
| 7 | COL | 325221 | -77.0142 | -12.0056 | 0.385 | 0.972 | 1.149 |
| 8 | COL | 144560 | -77.1225 | -11.8308 | 0.364 | 0.946 | 1.141 |

VULNERABILIDAD

Riesgo ← función (Peligro, Exposición, Vulnerabilidad)

Peligro:

Sismo, Tsunami,
Inundación, huracanes,
etc.

Exposición:

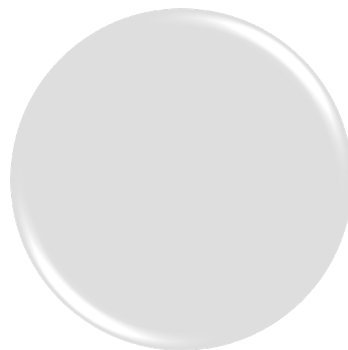
Personas,
pertenencias.

Riesgo:

Grado de pérdida,
destrucción o daño esperado
debido a la ocurrencia de un
sismo especificado.

Vulnerabilidad:

Susceptibilidad a
peligros.



EVALUACIÓN DEL INVENTARIO URBANO

Estimación del área mínima libre para instalación de albergue temporal

Área libre requerida: 920 m²

- Área del sector residencial: 880 m²
- Área sector comunal y circulación: 40 m²

Bajo estas condiciones de diseño, el albergue puede alojar:

- 40 carpas familiares
- 4 personas por carpa
- Capacidad total: 160 personas

Con base en estos parámetros de diseño y distribución, se determinó un área libre mínima de 920 m² para la instalación de un albergue temporal que permita albergar hasta 160 personas, garantizando condiciones básicas de organización espacial, seguridad y funcionalidad.

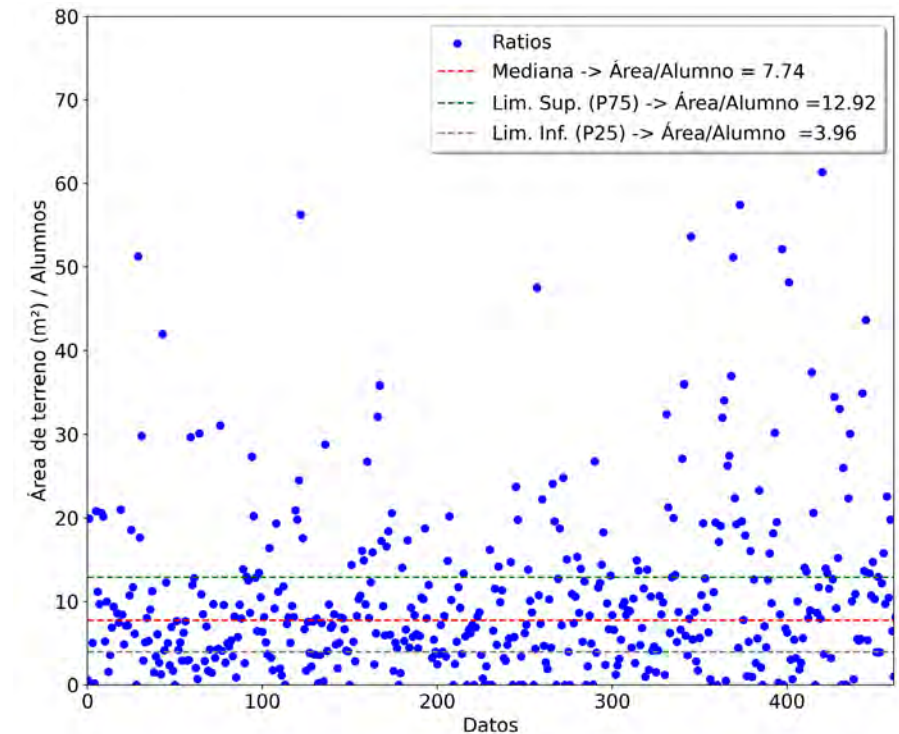


EVALUACIÓN DEL INVENTARIO URBANO

Estimación del área mínima libre para instalación de albergue temporal

En consecuencia, se requiere un terreno con un área aproximada de 6133 m² para garantizar la disponibilidad del área libre necesaria para la implementación del albergue temporal en un establecimiento educativo.

Asimismo, para la estimación de la población estudiantil se consideró un ratio promedio de 7.74 m²/alumnos, determinado a partir del análisis estadístico de la base de datos de indicadores de la Calidad Educativa del sistema Estadística de la Calidad Educativa (ESCALE), administrado por el Ministerio de Educación,

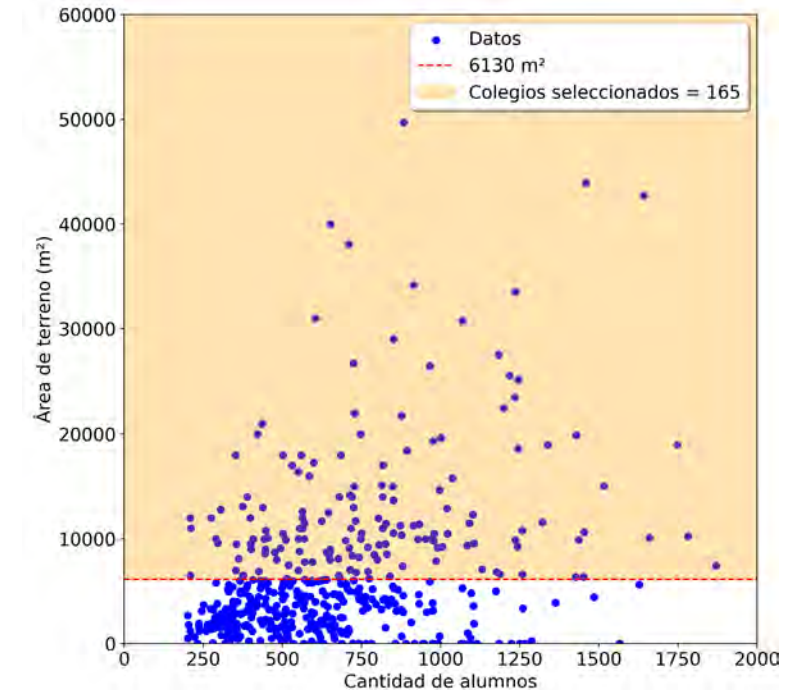


EVALUACIÓN DEL INVENTARIO URBANO

Inventario urbano de colegios

Considerando como criterios de elegibilidad un área mínima de terreno de 6130 m² y un mínimo de 200 alumnos matriculados, se identificaron un total de 165 infraestructuras educativas distribuidas en las tres zonas analizadas.

| Zona | Distrito | Cantidad de Infraestructura educativa |
|------|-------------------------|---------------------------------------|
| 1 | San Martín de Porres | 15 |
| | Ventanilla | 22 |
| | Mi Perú | 3 |
| | Comas | 25 |
| 2 | San Juan de Lurigancho | 30 |
| | Ate | 14 |
| 3 | Villa María del Triunfo | 22 |
| | Villa El Salvador | 21 |
| | Chorrillos | 13 |



EVALUACIÓN DEL INVENTARIO URBANO

Inventario urbano de hospitales

Los establecimientos hospitalarios seleccionados son de Nivel II, correspondientes a atención general y especializada (II-1, II-2 y II-E), así como establecimientos de Nivel III, asociados a servicios de alta complejidad (III-1 y III-E), los cuales presentan mayores capacidades diagnósticas, resolutivas y de hospitalización. En total, se identificaron 40 infraestructuras hospitalarias.

| Zona | Distrito | Cantidad de Infraestructura Hospitalaria |
|------|-------------------------|--|
| 1 | San Martín de Porres | 4 |
| | Ventanilla | 2 |
| | Mi Perú | 0 |
| | Comas | 8 |
| 2 | San Juan de Lurigancho | 7 |
| | Ate | 7 |
| 3 | Villa María del Triunfo | 2 |
| | Villa El Salvador | 3 |
| | Chorrillos | 7 |



RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN EXISTENTE

ETIQUETADO DE LAS EDIFICACIONES

| Materiales | |
|------------|-------------|
| A | Adobe |
| M | Mampostería |
| C | Concreto |
| Q | Quincha |
| S | Acero |
| W | Madera |
| O | Otros |

| Usos | |
|------|---------------------|
| V | Vivienda |
| Y | Vivienda y comercio |
| C | Comercio |
| M | Multifamiliar |
| B | Policia o bomberos |
| E | Educación |
| H | Salud |
| I | Industrial |
| N | Baldío |
| O | Otros |

| Pisos | |
|-------------|--|
| N° de pisos | |

| Condición | |
|-----------|---------|
| B | Bueno |
| M | Malo |
| R | Regular |

| Sistema estructural | |
|---------------------|--|
| S | Mampostería de Arcilla Sin Refuerzo |
| M | Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Rígidos |
| N | Mampostería Armada o Confinada con Diafragmas Flexibles |
| L | Construcción Informal en Albañilería |
| A | Adobe y Quincha |
| C | Pórticos de Concreto |
| P | Estructura de Concreto Armado con Placas |
| I | Pórticos de Concreto con Vanos Rigidizados con Mampostería |
| Z | Estructura Celular de Concreto |
| D | Muros de ductilidad Limitada |
| 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 |
| Y | Estructuras con protección sísmica |
| O | Otros |

Ejemplo:

02CEIR

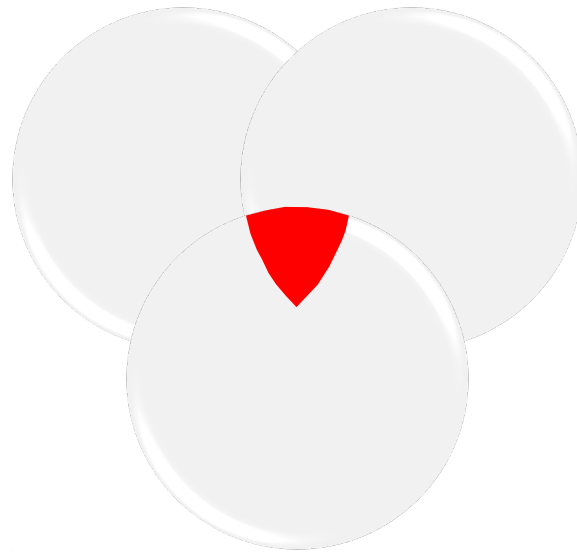


RIESGO SÍSMICO

Riesgo ← función (Peligro, Exposición, Vulnerabilidad)

Peligro:

Sismo, Tsunami,
Inundación, huracanes,
etc.



Exposición:

Personas,
pertenencias.

Riesgo:

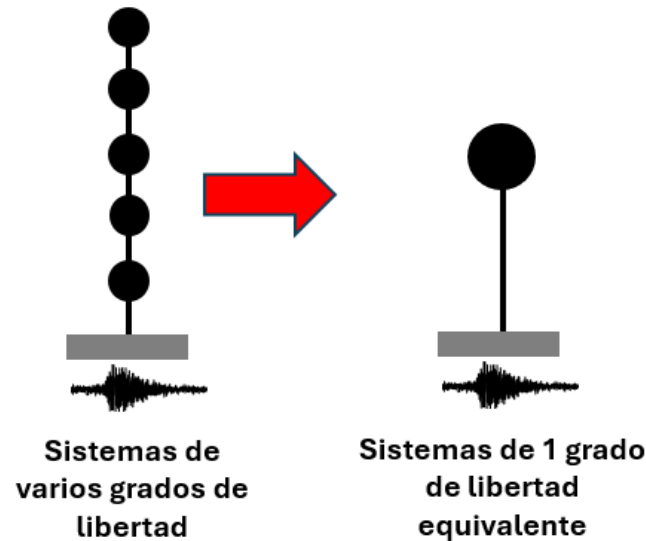
Grado de pérdida,
destrucción o daño esperado
debido a la ocurrencia de un
sismo especificado.

Vulnerabilidad:

Susceptibilidad a
peligros.

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO

METODOLOGÍA



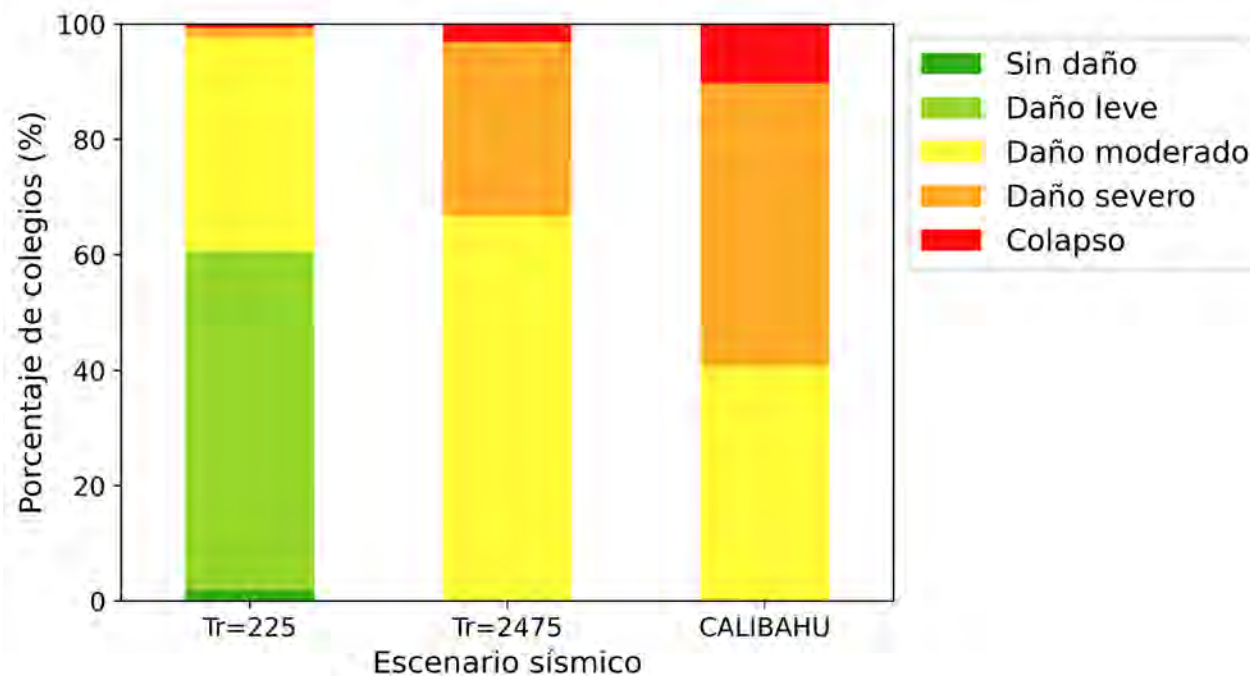
$$\left(\frac{\Delta \delta_j}{h_j} \right) = \frac{\beta_1 \beta_2 \cdot \beta_3 \beta_4}{H} S_d$$

Expresión para el cálculo de la respuesta sísmica en base a modelos equivalentes

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 y el catálogo de tipologías de edificaciones, que considera el sistema estructural, material predominante, número de pisos y el estado de conservación.

El Riesgo sísmico está representado en función al costo de reparación (C_r), que se expresa como el porcentaje del costo de la estructura.

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO - COLEGIOS EMBLEMÁTICOS



Escenario Tr = 225 años

| NIVEL DE DAÑO | DESCRIPCIÓN | %CR | Cantidad | % Colegios |
|----------------|-----------------------------|----------|------------|-------------|
| Nivel I | Sin Daño o Daño superficial | < 15% | 3 | 1.8 |
| Nivel II | Daño Leve | 15%-30% | 97 | 58.8 |
| Nivel III | Daño Moderado | 30%-60% | 61 | 37.0 |
| Nivel IV | Daño Severo | 60%-85% | 3 | 1.8 |
| Nivel V | Colapso | 85%-100% | 1 | 0.6 |
| Total = | | | 165 | 100% |

Escenario Tr = 2475 años

| NIVEL DE DAÑO | DESCRIPCIÓN | %CR | Cantidad | % Colegios |
|----------------|-----------------------------|----------|------------|-------------|
| Nivel I | Sin Daño o Daño superficial | < 15% | 0 | 0 |
| Nivel II | Daño Leve | 15%-30% | 0 | 0 |
| Nivel III | Daño Moderado | 30%-60% | 110 | 66.7 |
| Nivel IV | Daño Severo | 60%-85% | 50 | 30.3 |
| Nivel V | Colapso | 85%-100% | 5 | 3.0 |
| Total = | | | 165 | 100% |

Escenario CALIBAHU

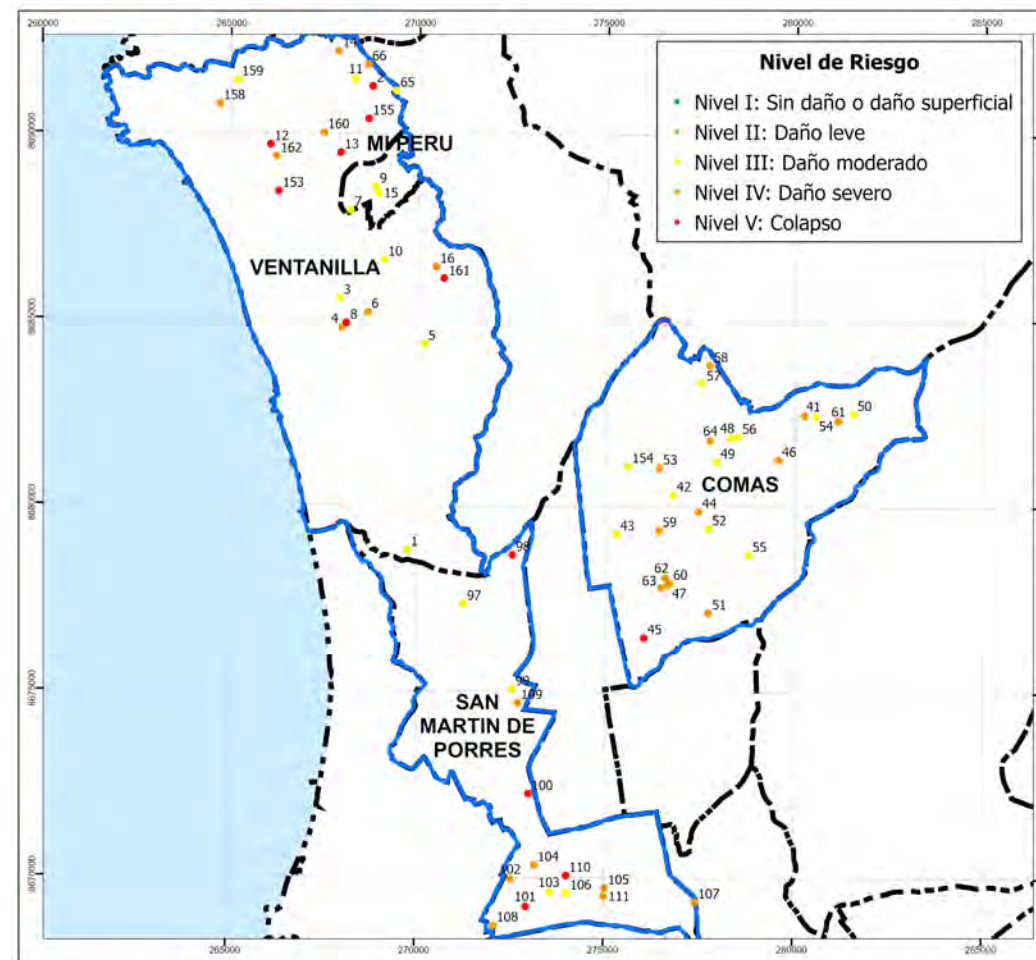
| NIVEL DE DAÑO | DESCRIPCIÓN | %CR | Cantidad | % Colegios |
|----------------|-----------------------------|----------|------------|-------------|
| Nivel I | Sin Daño o Daño superficial | < 15% | 0 | 0 |
| Nivel II | Daño Leve | 15%-30% | 0 | 0 |
| Nivel III | Daño Moderado | 30%-60% | 67 | 40.6 |
| Nivel IV | Daño Severo | 60%-85% | 81 | 49.1 |
| Nivel V | Colapso | 85%-100% | 17 | 10.3 |
| Total = | | | 165 | 100% |

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO - COLEGIOS EMBLEMÁTICOS

Colegios en zona 1 (escenario CALIBAHU)

| Nivel III: Daño moderado | | | Nivel IV: Daño severo | | | Nivel V: Colapso | | |
|--------------------------|--------|--|-----------------------|--------|--|------------------|--------|--|
| ID | Codlo | Nombre | ID | Codlo | Nombre | ID | Codlo | Nombre |
| 1 | 144522 | 4021 DANIEL ALCIDES CARRION | 4 | 144598 | 5088 HEROES DEL PACIFICO | 2 | 144560 | 5077 JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION |
| 3 | 144579 | 5086 POLITECNICO DE VENTANILLA | 6 | 144621 | 5093 ANTONIO RAYMONDI | 8 | 144678 | LICEO NAVAL CAPITAN DE CORBETA MANUEL CLAVERO MUGA |
| 5 | 144602 | 5090 ANTONIA MORENO DE CACERES | 14 | 145140 | FE Y ALEGRIA 43 | 12 | 144744 | 5117 JORGE PORTOCARRERO REBAZA |
| 7 | 144659 | 5098 KUMAMOTO | 16 | 145381 | FE Y ALEGRIA 29 | 13 | 144796 | 5122 JOSE ANDRES RAZURI ESTEVEZ |
| 9 | 144683 | MANUEL SEOANE CORRALES | 41 | 301395 | 2060 Virgen De Guadalupe | 45 | 301649 | ESTADOS UNIDOS |
| 10 | 144697 | NUESTRA SEÑORA DE BELEN | 44 | 301630 | 3055 TUPAC AMARU | 98 | 332924 | 2001 SANTA ROSA DE LIMA |
| 11 | 144701 | POLITECNICO VILLA LOS REYES | 46 | 301668 | 2075 CRISTO HIJO DE DIOS | 100 | 333198 | 2082 HEROES DEL PACIFICO |
| 15 | 145244 | FE Y ALEGRIA 33 | 47 | 301673 | 3059 REPUBLICA DE ISRAEL | 101 | 333377 | 3037 GRAN AMAUTA |
| 42 | 301611 | 2022 SINCHI ROCA | 51 | 301748 | 3047 REPUBLICA DE CANADA | 110 | 336111 | 2009 FE Y ALEGRIA 2 |
| 43 | 301625 | 2048 JOSE CARLOS MARIATEGUI | 53 | 301786 | 3096 FRANZ TAMAYO SOLARES | 153 | 360356 | 5146 OASIS DE LA MISERICORDIA |
| 48 | 301687 | PERU-HOLANDA | 58 | 301913 | SAN FELIPE | 155 | 506472 | 5127 MARTIR JOSE OLAYA |
| 49 | 301692 | LIBERTAD | 59 | 301927 | COMERCIO 62 ALMIRANTE MIGUEL GRAU | 161 | 594534 | 5137 Politécnico ventanilla alta |
| 50 | 301729 | 3076 SANTA ROSA | 60 | 301932 | CARLOS WIESSE | | | |
| 52 | 301753 | 3065 VIRGEN DEL CARMEN | 61 | 303568 | FE Y ALEGRIA 13 | | | |
| 54 | 301791 | CORONEL JOSE GALVEZ | 62 | 303733 | PRESENTACION DE MARIA 41 | | | |
| 55 | 301814 | 2031 JOSE VALVERDE CARO | 63 | 303747 | JESUS OBRERO | | | |
| 56 | 301871 | MARISCAL ANDRES AVELINO CACERES DORREGARAY | 64 | 303752 | FE Y ALEGRIA 10 | | | |
| 57 | 301908 | SAN CARLOS | 66 | 320105 | 3720 NUESTRA SEÑORA DE LA MISERICORDIA | | | |
| 65 | 319159 | 3089 LOS ANGELES | 102 | 333396 | 3039 JAVIER HERAUD | | | |
| 97 | 332844 | 2088 REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA | 104 | 333424 | 3043 RAMON CASTILLA | | | |
| 99 | 332962 | 2074 VIRGEN PEREGRINA DEL ROSARIO | 105 | 333443 | 3045 JOSE CARLOS MARIATEGUI | | | |
| 103 | 333400 | 3041 ANDRES BELLO | 107 | 333527 | SAN MARTIN DE PORRES | | | |
| 106 | 333513 | JOSE GRANDA | 108 | 333570 | ISABEL CHIMPU OCLLO | | | |
| 154 | 506194 | 8181 HEROES DEL ALTO CENIPA | 109 | 333594 | LOS JAZMINES DEL NARANJAL | | | |
| 159 | 593940 | 5130 PACHACUTEC | 111 | 336125 | 3701 FE Y ALEGRIA 1 | | | |
| | | | 158 | 593638 | 5128 SAGRADO CORAZON DE MARIA | | | |
| | | | 160 | 594435 | FE Y ALEGRIA 59 | | | |
| | | | 162 | 625583 | FE Y ALEGRIA 76 | | | |

Lista de colegios por clasificación de riesgo para escenario CALIBAHU en la zona de estudio 1



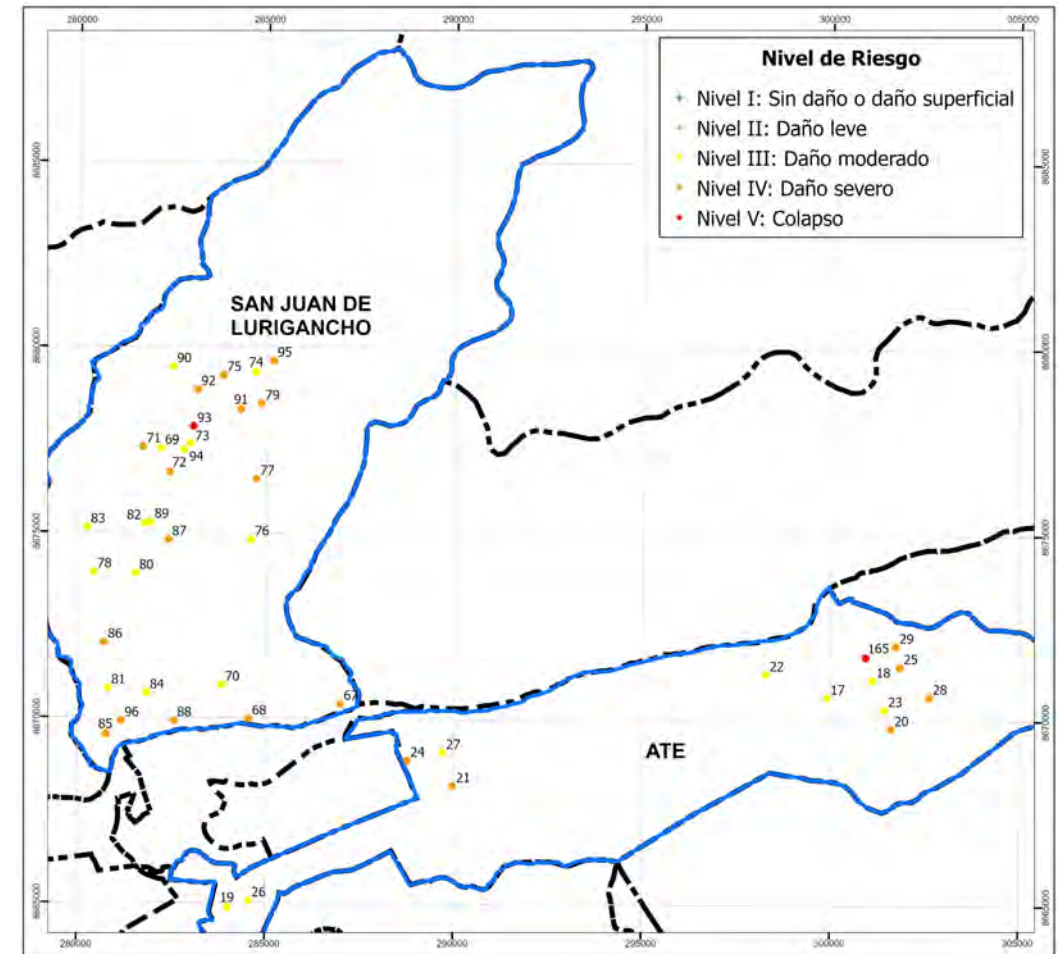
Mapa de riesgo en colegios para Escenario CALIBAHU en zona de estudio 1

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO - COLEGIOS EMBLEMÁTICOS

Colegios en zona 2 (escenario CALIBAHU)

| Nivel III: Daño moderado | | | Nivel IV: Daño severo | | | Nivel V: Colapso | | |
|--------------------------|--------|---|-----------------------|--------|---------------------------------|------------------|--------|-------------------------------|
| ID | Codlo | Nombre | ID | Codlo | Nombre | ID | Codlo | Nombre |
| 17 | 291607 | 1237 JORGE D. GILES LLANOS | 20 | 291792 | 1268 GUSTAVO MOHME LLONA | 93 | 325424 | 0120 MANUEL ROBLES ALARCON |
| 18 | 291711 | COLEGIO NACIONAL MIXTO HUAYCAN | 21 | 291985 | 1264 JUAN ANDRES VIVANCO AMORIN | 165 | 720165 | 1236 ALFONSO BARRANTES LINGAN |
| 19 | 291768 | 0074 FERNANDO BELAUNDE TERRY | 24 | 292094 | JULIO C. TELLO | | | |
| 22 | 292027 | 1213 La Gloria | 25 | 292126 | MANUEL GONZALEZ PRADA | | | |
| 23 | 292046 | 1248 5 DE ABRIL | 28 | 292598 | 1255 WALTER PEÑALOZA RAMELLA | | | |
| 26 | 292348 | 1231 JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO | 29 | 294979 | FE Y ALEGRIA 53 | | | |
| 27 | 292367 | 1227 INDIRA GANDHI | 67 | 324472 | 0089 MANUEL GONZALES PRADA | | | |
| 69 | 324542 | 116 ABRAHAM VALDELOMAR | 68 | 324486 | 0090 DANIEL ALCIDES CARRION | | | |
| 70 | 324561 | 122 ANDRES AVELINO CACERES | 71 | 324575 | 125 RICARDO PALMA | | | |
| 73 | 324740 | 0148 MAESTRO VICTOR RAUL HAYA DE LA TORRE | 72 | 324716 | 144 LOS ALAMOS | | | |
| 74 | 324764 | 151 MICAELA BASTIDAS | 75 | 324778 | 0152 JOSE CARLOS MARIATEGUI | | | |
| 76 | 324820 | 0171-10 HANNY ROLFES | 77 | 324839 | 0158 SANTA MARIA | | | |
| 78 | 324863 | 161 MOISES COLONIA TRINIDAD | 79 | 324877 | 0162 SAN JOSE OBRERO | | | |
| 80 | 324938 | 169 San Carlos | 85 | 325198 | 1178 JAVIER HERAUD | | | |
| 81 | 324981 | 0071 NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED | 86 | 325221 | 1181 ALBERT EINSTEIN | | | |
| 82 | 325004 | 0140 SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO | 87 | 325235 | 1182 EL BOSQUE | | | |
| 83 | 325117 | 0119 CANTO BELLO | 88 | 325259 | ANTENOR ORREGO ESPINOZA | | | |
| 84 | 325184 | 1173 JULIO CESAR TELLO | 91 | 325396 | ANTONIA MORENO DE CACERES | | | |
| 89 | 325297 | NICOLAS COPERNICO | 92 | 325400 | 0146 SU SANTIDAD JUAN PABLO II | | | |
| 90 | 325344 | CASA BLANCA DE JESUS | 95 | 326843 | FE Y ALEGRIA 37 | | | |
| 94 | 326824 | FE Y ALEGRIA 26 | 96 | 327611 | FE Y ALEGRIA 05 | | | |

Lista de colegios por clasificación de riesgo para escenario CALIBAHU en la zona de estudio 2



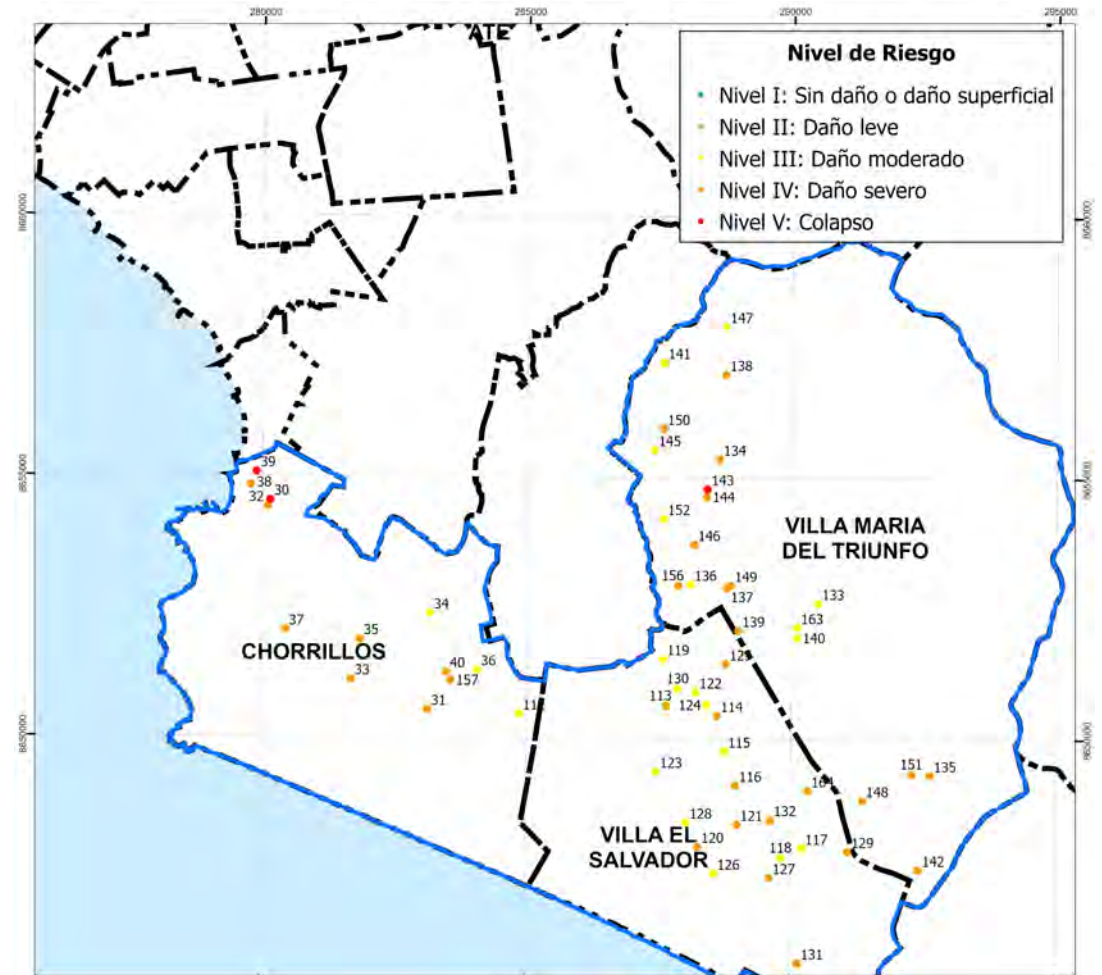
Mapa de riesgo en colegios para Escenario CALIBAHU en zona de estudio 2

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO - COLEGIOS EMBLEMÁTICOS

Colegios en zona 3 (escenario CALIBAHU)

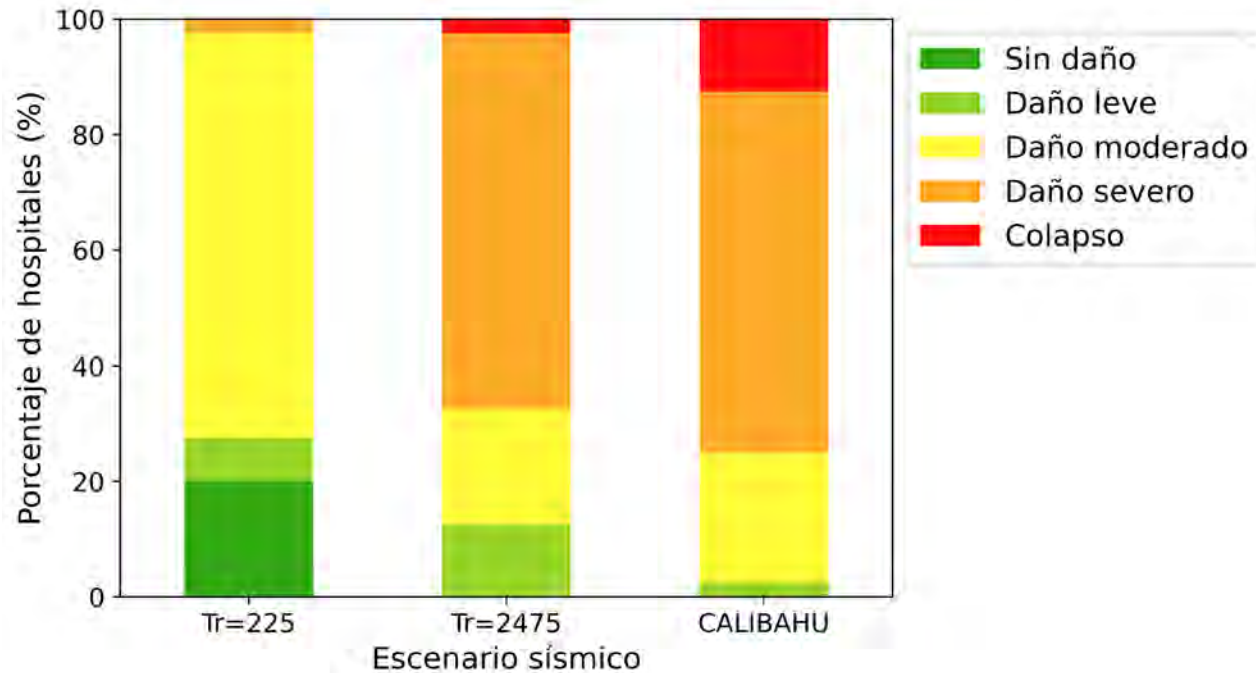
| Nivel III: Daño moderado | | | Nivel IV: Daño severo | | | Nivel V: Colapso | | |
|--------------------------|--------|--------------------------------------|-----------------------|--------|---|------------------|--------|----------------------------------|
| ID | Codlo | Nombre | ID | Codlo | Nombre | ID | Codlo | Nombre |
| 34 | 298878 | 7039 MANUEL SCORZA TORRES | 31 | 298741 | 7066 ANDRES AVELINO CACERES | 30 | 298736 | 6005 GENERAL EMILIO SOYER CABERO |
| 36 | 299076 | TUPAC AMARU II | 32 | 298779 | 6085 BRIGIDA SILVA DE OCHOA | 39 | 299849 | PEDRO RUIZ GALLO |
| 112 | 340274 | 6086 SANTA ISABEL | 33 | 298784 | 6090 JOSE OLAYA BALANDRA | 143 | 346718 | 7054 Villa María del Triunfo |
| 115 | 343786 | 6065 PERU INGLATERRA | 35 | 298915 | 7064 MARIA AUXILIADORA | | | |
| 117 | 343809 | 6067 JUAN VELASCO ALVARADO | 37 | 299081 | VIRGEN DEL MORRO SOLAR | | | |
| 118 | 343814 | 6068 MANUEL GONZALES PRADA | 38 | 299118 | 6053 SAGRADO CORAZON | | | |
| 119 | 343833 | 6070 HEROES DEL ALTO CENEPA | 40 | 300334 | FE Y ALEGRIA 34 | | | |
| 122 | 343866 | 6080 ROSA DE AMERICA | 113 | 343753 | 6062 PERU EEUU | | | |
| 123 | 343871 | 6099 PERU ESPAÑA | 114 | 343767 | 6063 JOSE CARLOS MARIATEGUI | | | |
| 124 | 343885 | 7072 SAN MARTIN DE PORRES | 116 | 343791 | 6066 VILLA EL SALVADOR | | | |
| 126 | 343927 | 7091 REPUBLICA DEL PERU | 120 | 343847 | 6071 REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA | | | |
| 128 | 343970 | 7096 PRINCIPE DE ASTURIAS | 121 | 343852 | 6076 REPUBLICA DE NICARAGUA | | | |
| 130 | 344026 | REPUBLICA DE BOLIVIA | 125 | 343913 | 7090 FORJADORES DEL PERU | | | |
| 133 | 346313 | 7226-562 JOSE OLAYA BALANDRA | 127 | 343946 | 7093 REPUBLICA DE FRANCIA | | | |
| 136 | 346544 | 6019 MARIANO MELGAR | 129 | 343994 | 7213 PERUANO JAPONES | | | |
| 140 | 346662 | 6073 JORGE BASADRE | 131 | 344154 | 7240 JESUS DE NAZARETH | | | |
| 141 | 346676 | 6081 MANUEL SCORZA TORRES | 132 | 345144 | FE Y ALEGRIA 17 | | | |
| 145 | 346737 | 7057 SOBERANA ORDEN MILITAR DE MALTA | 134 | 346501 | 6084 SAN MARTIN DE PORRES | | | |
| 147 | 346775 | 7106 VILLA LIMATAMBO | 135 | 346539 | 6015 SANTISIMO SAGRADO CORAZON DE JESUS | | | |
| 152 | 346884 | TUPAC AMARU | 137 | 346596 | 6032 ALMIRANTE MIGUEL GRAU SEMINARIO | | | |
| 163 | 686576 | 6073 JORGE BASADRE | 138 | 346638 | 6059 SAGRADO CORAZON DE JESUS | | | |
| | | | 139 | 346643 | 6060 JULIO CESAR TELLO | | | |
| | | | 142 | 346681 | 6093 CORONEL JUAN VALER SANDOVAL | | | |
| | | | 144 | 346723 | 7055 TUPAC AMARU II | | | |
| | | | 146 | 346742 | 7073 Santa Rosa de Lima | | | |
| | | | 148 | 346836 | 7233 MATSU UTSUMI | | | |
| | | | 149 | 346841 | MARISCAL ELOY GASPAR URETA | | | |
| | | | 150 | 346855 | JOSE CARLOS MARIATEGUI | | | |
| | | | 151 | 346860 | JUAN GUERRERO QUIMPER | | | |
| | | | 156 | 528426 | SANTA MARIA DE LOS ANDES | | | |
| | | | 157 | 591333 | LICEO NAVAL CAPITAN DE NAVIO | | | |
| | | | 164 | 687383 | JUAN FANNING GARCIA | | | |
| | | | | | 7242 DIVINO MAESTRO | | | |

Lista de colegios por clasificación de riesgo para escenario CALIBAHU en la zona de estudio 3



Mapa de riesgo en colegios para Escenario CALIBAHU en zona de estudio 3

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO – HOSPITALES BANDERA



Escenario Tr = 225 años

| NIVEL DE DAÑO | DESCRIPCIÓN | %CR | Cantidad | % Colegios |
|----------------|-----------------------------|----------|-----------|-------------|
| Nivel I | Sin Daño o Daño superficial | < 15% | 8 | 20.0 |
| Nivel II | Daño Leve | 15%-30% | 3 | 7.5 |
| Nivel III | Daño Moderado | 30%-60% | 28 | 70.0 |
| Nivel IV | Daño Severo | 60%-85% | 1 | 2.5 |
| Nivel V | Colapso | 85%-100% | 0 | 0 |
| Total = | | | 40 | 100% |

Escenario Tr = 2475 años

| NIVEL DE DAÑO | DESCRIPCIÓN | %CR | Cantidad | % Colegios |
|----------------|-----------------------------|----------|-----------|-------------|
| Nivel I | Sin Daño o Daño superficial | < 15% | 0 | 0 |
| Nivel II | Daño Leve | 15%-30% | 5 | 12.5 |
| Nivel III | Daño Moderado | 30%-60% | 8 | 20.0 |
| Nivel IV | Daño Severo | 60%-85% | 26 | 65.0 |
| Nivel V | Colapso | 85%-100% | 1 | 2.5 |
| Total = | | | 40 | 100% |

Escenario CALIBAHU

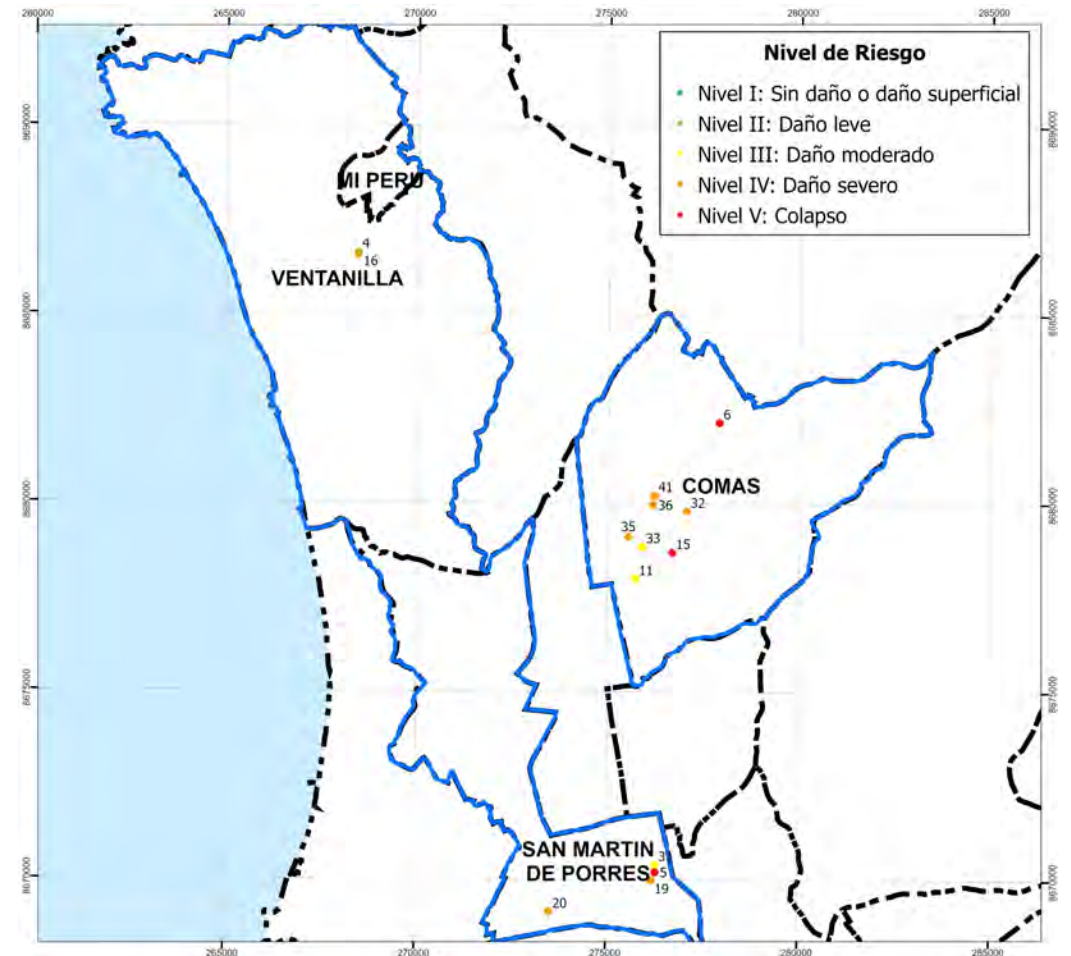
| NIVEL DE DAÑO | DESCRIPCIÓN | %CR | Cantidad | % Colegios |
|----------------|-----------------------------|----------|-----------|-------------|
| Nivel I | Sin Daño o Daño superficial | < 15% | 0 | 0 |
| Nivel II | Daño Leve | 15%-30% | 1 | 2.5 |
| Nivel III | Daño Moderado | 30%-60% | 9 | 22.5 |
| Nivel IV | Daño Severo | 60%-85% | 25 | 62.5 |
| Nivel V | Colapso | 85%-100% | 5 | 12.5 |
| Total = | | | 40 | 100% |

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO – HOSPITALES BANDERA

Hospitales en zona 1 (escenario CALIBAHU)

| Nivel II: Daño leve | | | Nivel III: Daño moderado | | | Nivel IV: Daño severo | | | Nivel V: Colapso | | |
|---------------------|----------|------------------------|--------------------------|----------|---|-----------------------|--|---------------------------------|------------------|----------|------------------------------------|
| ID | Codigo u | Nombre | ID | Codigo u | Nombre | ID | Codigo u | Nombre | ID | Codigo u | Nombre |
| 4 | 7126 | Hospital de Ventanilla | 11 | 8519 | Clínica Universitaria | 16 | 9917 | Clínica Carrión | 5 | 7633 | Hospital Nacional Cayetano Heredia |
| | | | 31 | 25573 | CREO Clínica Renal y Oncológica | 19 | 10603 | Clínica Médica Cayetano Heredia | 6 | 7634 | Hospital Sergio E. Bernales |
| | | | 33 | 27565 | Hospital I Marino Molina Scippa - EsSalud | 20 | 11241 | Clínica San Vicente SA | 15 | 9144 | Clínica Medica Zegarra SAC |
| | | | | | 32 | 25598 | Clínica Mater Purissima | | | | |
| | | | | | 35 | 30251 | Clínica Medic Hope | | | | |
| | | | | | 36 | 30606 | Visana Clínica Especializada Oftalmológica | | | | |
| | | | | | 41 | 34209 | Clínica Oftalmológica Nahui Salud | | | | |

Lista de hospitales por clasificación de riesgo para escenario CALIBAHU en la zona de estudio 1



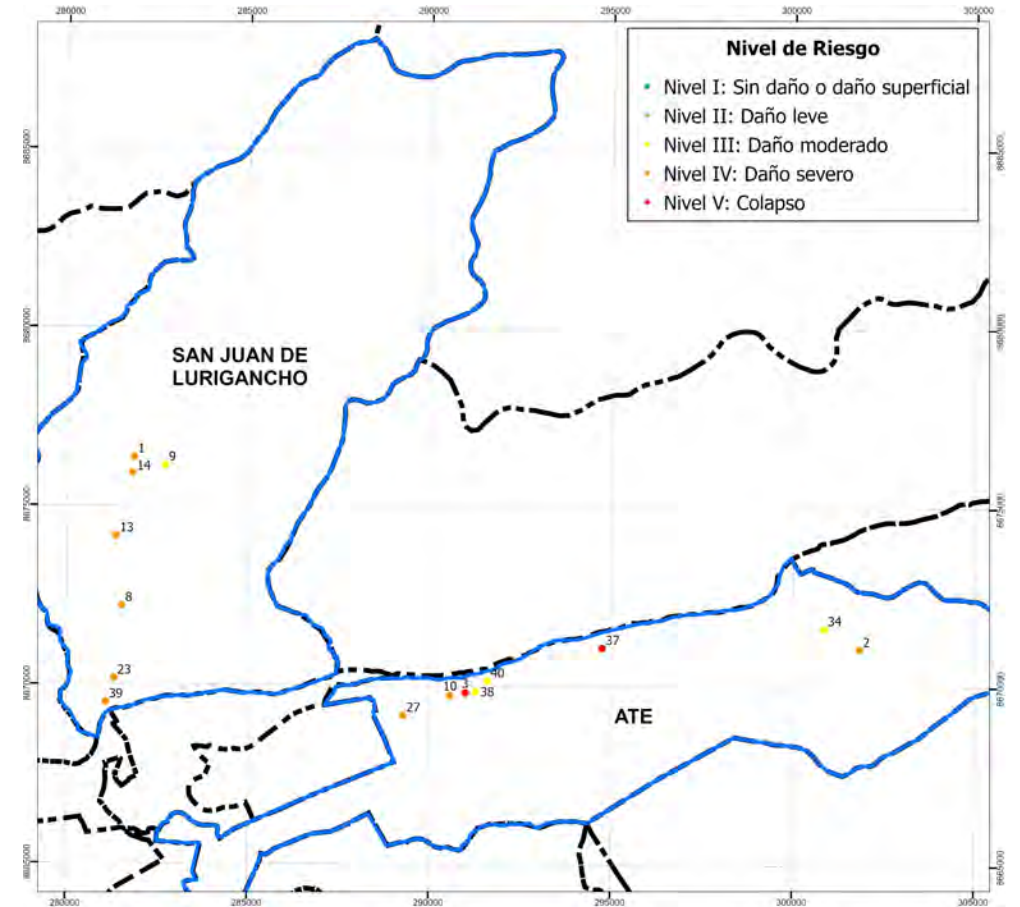
Mapa de riesgo en hospitales para Escenario CALIBAHU en zona de estudio 1

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO – HOSPITALES BANDERA

Hospitales en zona 2 (escenario CALIBAHU)

| Nivel III: Daño moderado | | | Nivel IV: Daño severo | | | Nivel V: Colapso | | |
|--------------------------|----------|--|-----------------------|----------|---------------------------------|------------------|----------|-----------------------|
| ID | Codigo u | Nombre | ID | Codigo u | Nombre | ID | Codigo u | Nombre |
| 9 | 8317 | Hospital Aurelio Díaz Ufano y Peral | 1 | 5617 | Hospital San Juan de Lurigancho | 3 | 5945 | Hospital Vitarte |
| 34 | 28025 | Hospital Emergencia Ate Vitarte / Hospital de Lima Este -Vitarte | 2 | 5883 | Hospital de Huaycan | 37 | 31123 | Medicentro San Marcos |
| 38 | 33381 | Hospital de Lima Este -Vitarte | 8 | 8271 | Clínica San Juan Bautista | | | |
| 40 | 33999 | Clínica Sanicen | 10 | 8353 | Hospital II Vitarte - EsSalud | | | |
| | | | 13 | 9090 | Clínica "Limatambo" | | | |
| | | | 14 | 9104 | Clínica San Miguel Arcangel SAC | | | |
| | | | 23 | 14509 | Clínica San Martín | | | |
| | | | 27 | 18584 | Clínica María del Socorro | | | |
| | | | 39 | 33622 | Clínica Gran Chimú | | | |

Lista de hospitales por clasificación de riesgo para escenario CALIBAHU en la zona de estudio 2



Mapa de riesgo en hospitales para Escenario CALIBAHU en zona de estudio 2

ANÁLISIS DE RIESGO SÍSMICO – HOSPITALES BANDERA

Hospitales en zona 3 (escenario CALIBAHU)

| Nivel III: Daño moderado | | | Nivel IV: Daño severo | | |
|--------------------------|----------|--|-----------------------|----------|---|
| ID | Codigo u | Nombre | ID | Codigo u | Nombre |
| 7 | 7734 | Instituto Nacional de Rehabilitación Dra. Adriana Rebaza Flores - Amistad Perú-Japón | 17 | 10098 | Hospital Militar Geriatrico |
| 12 | 8741 | Uldarico Rocca Fernandez | 18 | 10251 | Clínica Maison de Santé del Sur |
| 24 | 16005 | Clínica Parroquial San Francisco de Asís | 21 | 11950 | Clínica Chorrillos |
| | | | 22 | 12220 | Clínica Real Los Laureles |
| | | | 25 | 17824 | Clínica María Huarhua EIRL |
| | | | 26 | 18580 | Guillermo Kaelin de La Fuente |
| | | | 28 | 19839 | Clínica Santa Leonor |
| | | | 29 | 23159 | Hospital de Emergencias Villa El Salvador |
| | | | 30 | 24178 | Clínica Novasalud |

Lista de hospitales por clasificación de riesgo para escenario CALIBAHU en la zona de estudio 3



Mapa de riesgo en hospitales para Escenario CALIBAHU en zona de estudio 3



LINEAMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD Y COLEGIOS EMBLEMATICOS



El análisis de vulnerabilidad y riesgo sísmico realizado en los establecimientos seleccionados **permite identificar el nivel de exposición de hospitales y colegios emblemáticos** frente a escenarios sísmicos probables en Lima Metropolitana y Callao.

Los resultados evidencian que parte de la infraestructura evaluada presenta **niveles de vulnerabilidad estructural y funcional** que podrían comprometer **la continuidad de los servicios esenciales** inmediatamente después de un **sismo severo**.



Peligro Sísmico

01

Periodo de Retorno (T_r) = 225 años

Representa un nivel significativo de demanda sísmica y permite analizar el desempeño esperado de las edificaciones ante **eventos de ocurrencia relativamente frecuente dentro de su horizonte de vida útil.**

02

Periodo de Retorno (T_r) = 2475 años

equivalente a una probabilidad de excedencia del 2 % en 50 años, utilizado comúnmente para **analizar el comportamiento estructural frente a eventos extremos.**

03

Escenario Determinístico CALIBAHU

máximo sismo creíble para la costa central del Perú
Este escenario se fundamenta en el grado de acoplamiento sísmico del margen de subducción frente a Lima y **es comparable con el gran evento histórico ocurrido en 1746**, considerado uno de los terremotos más importantes registrados en la región.

propuesto por Pulido & Villegas-Lanza (2023).



Herramienta Técnica para la priorización de inversiones

1. Nivel de vulnerabilidad estructural

Corresponde al grado de susceptibilidad de la edificación a sufrir daños ante un sismo.

| Nivel de Vulnerabilidad | Características |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Extremadamente Alta | Alta probabilidad de daño colapso |
| Alta | Alta probabilidad de daño severo |
| Media | Daños estructurales moderados |
| Baja | Daños estructurales leves |

2. Importancia funcional del establecimiento

considera el rol estratégico que cumple la infraestructura dentro del sistema de respuesta ante emergencias.

- Hospitales de referencia regional
- Hospitales bandera
- Establecimientos con servicios de emergencia
- Colegios con gran capacidad de albergue

3. Población atendida o beneficiaria

Se refiere al número de personas que dependen del funcionamiento del establecimiento.

En el caso de hospitales:

- número de camas
- volumen de atención médica

En el caso de colegios:

- número de estudiantes
- capacidad potencial de albergue



Matriz de priorización de Inversiones

La matriz de priorización facilita la **identificación de establecimientos** que requieren intervención inmediata y **permite orientar la asignación de recursos** hacia aquellos establecimientos cuya falla podría generar mayores consecuencias para la población.

| Nivel de riesgo | Prioridad de intervención | Acción recomendada |
|-----------------|---------------------------|---|
| Nivel V | Inmediata | Reposición por una estructura nueva conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones. |
| Nivel IV | Alta | Mejoramiento estructural significativo para evitar el colapso y progresivamente la estructura debe ser repuesta. |
| Nivel III | Media | Implementar medidas de reforzamiento estructural en elementos críticos para mejorar el desempeño sísmico y monitoreo. |
| Nivel II | Baja | Reparación localizada de elementos estructurales y no estructurales, monitoreo de comportamiento estructural. |



ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

En función de los niveles de riesgo identificados, se proponen las siguientes estrategias de intervención:

a) Reforzamiento estructural

Aplicable a edificaciones que presentan **vulnerabilidad estructural significativa** pero cuya rehabilitación es técnicamente viable.

Las intervenciones pueden incluir:

- incorporación de muros de corte
- reforzamiento de columnas y vigas
- mejora de conexiones estructurales
- incorporación de sistemas de disipación o aislamiento sísmico en casos específicos.



b) Rehabilitación funcional

Además del reforzamiento estructural, es necesario garantizar la operatividad del establecimiento después del sismo, mediante:

- aseguramiento del equipamiento médico
- mejora de instalaciones críticas
- implementación de rutas de evacuación seguras

c) Reemplazo de infraestructura

Cuando el nivel de vulnerabilidad estructural es extremadamente alto o el costo de reforzamiento supera la viabilidad técnica o económica, puede ser recomendable la construcción de nuevas instalaciones que cumplan con las normas actuales de diseño sismorresistente.



d) Implementación de colegios seguros como espacios de refugio

Los colegios emblemáticos que presenten condiciones estructurales adecuadas pueden ser considerados dentro de la planificación de espacios de refugio temporal para la población, siempre que se implementen mejoras relacionadas con:

- seguridad estructural
- disponibilidad de servicios básicos
- capacidad de organización de espacios para albergue.



UNI | FIC



RESULTADOS

LINEAMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO



En el caso de los **hospitales evaluados**, los resultados indican que:

- Un grupo importante de establecimientos presenta **Nivel IV de daño severo**, lo que implica la posibilidad de **pérdida significativa de capacidad operativa** después de un sismo fuerte.
- Se identifican también establecimientos con **Nivel V de colapso**, lo que representa un **riesgo crítico para la continuidad de los servicios de salud**.
- Un número menor presenta niveles de **daño moderado o leve**, los cuales podrían mantenerse operativos con intervenciones de menor escala.

El análisis realizado en **colegios emblemáticos** muestra que varios establecimientos presentan índices de vulnerabilidad estructural significativos, lo cual podría comprometer su funcionamiento como espacios seguros en caso de ser utilizados como refugios temporales para la población afectada



INTEGRACIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA PLANIFICACIÓN DE INVERSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio constituyen un **insumo técnico** para orientar **la planificación de inversiones públicas** orientadas a la reducción del riesgo sísmico.

En particular, se recomienda:

- incorporar los resultados del análisis de vulnerabilidad sísmica en los procesos de planificación de infraestructura del sector salud;
- establecer un programa progresivo de reforzamiento estructural para hospitales con mayor nivel de riesgo;
- promover la coordinación entre los sectores salud y educación para identificar infraestructura segura que pueda utilizarse como refugio temporal en situaciones de emergencia.



La implementación de estos lineamientos contribuirá a **reducir la probabilidad de interrupción de los servicios de salud y educación** después de un escenario sísmico determinístico asociado al máximo sismo creíble (CALIBAHU), fortaleciendo la capacidad de respuesta ante desastres en Lima Metropolitana y Callao.

A partir del análisis de la base datos de hospitales, se observa:

| Nivel de Daño | Descripción | Tr=225 | | Tr=2475 | | CALIBAHU | |
|---------------|------------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | | Nro Hospitales | Porcentaje | Nro Hospitales | Porcentaje | Nro Hospitales | Porcentaje |
| NIVEL I | Sin daño | 8 | 20.0% | | | | |
| NIVEL II | Daño leve | 3 | 7.5% | 5 | 12.5% | 1 | 2.5% |
| NIVEL III | Daño moderado | 28 | 70.0% | 8 | 20.0% | 9 | 22.5% |
| NIVEL IV | Daño severo | 1 | 2.5% | 26 | 65.0% | 25 | 62.5% |
| NIVEL V | Daño colapso | | | 1 | 2.5% | 5 | 12.5% |
| | Total Hospitales | 40 | | 40 | | 40 | |



Más del 70 % de los establecimientos evaluados presentan riesgo alto o muy alto, lo cual justifica la formulación de lineamientos de intervención.

Establecimientos de Salud con mayor índice de riesgo en función al Costo de reforzamiento (CR)
(CALIBAHU)

| Prioridad | Establecimiento de salud | Riesgo sísmico | Prioridad de intervención | Acción recomendada |
|-----------|------------------------------------|----------------|---------------------------|---|
| 1 | Hospital Sergio E. Bernales | Colapso | Inmediata | Reposición por una estructura nueva conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) |
| 2 | Hospital Nacional Cayetano Heredia | Colapso | Inmediata | |
| 3 | Clínica Medica Zegarra SAC | Colapso | Inmediata | |
| 4 | Medicentro San Marcos | Colapso | Inmediata | |
| 5 | Hospital Vitarte | Colapso | Inmediata | |
| 6 | Hospital II Vitarte - EsSalud | Daño severo | Alta | Mejoramiento estructural significativo para evitar el colapso y progresivamente la estructura debe ser respuesta. |
| 7 | Clínica Oftalmológica Ñahui Salud | Daño severo | Alta | |
| 8 | Clínica Médica Cayetano Heredia | Daño severo | Alta | |
| 9 | Guillermo Kaelin de La Fuente | Daño severo | Alta | |
| 10 | Clínica Real Los Laureles | Daño severo | Alta | |



A partir del análisis de la base datos de Colegios, se observa:

| Nivel de Daño | Descripción | Tr=225 | | Tr=2475 | | CALIBAHU | |
|---------------|----------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | Nro Colegios | Porcentaje | Nro Colegios | Porcentaje | Nro Colegios | Porcentaje |
| NIVEL I | Sin daño | 3 | 1.8% | | | | |
| NIVEL II | Daño leve | 97 | 58.8% | | | | |
| NIVEL III | Daño moderado | 61 | 37.0% | 110 | 66.7% | 67 | 40.6% |
| NIVEL IV | Daño severo | 3 | 1.8% | 50 | 30.3% | 81 | 49.1% |
| NIVEL V | Daño colapso | 1 | 0.6% | 5 | 3.0% | 17 | 10.3% |
| | Total Colegios | 165 | | 165 | | 165 | |



Más del 59 % de los establecimientos evaluados presentan riesgo alto o muy alto
 Tabla de Colegios con mayor índice de riesgo en función al Costo de reforzamiento (CR)
 (CALIBAHU)

| Prioridad | Institución Educativa | Riesgo sísmico | Prioridad de intervención | Acción recomendada | Prioridad | Institución Educativa | Riesgo sísmico | Prioridad de intervención | Acción recomendada |
|-----------|--|----------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------|------------------------------------|----------------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2082 HÉROES DEL PACIFICO | Colapso | Inmediata | Reposición por una estructura nueva | 10 | 0120 MANUEL ROBLES ALARCON | Colapso | Inmediata | Reposición por una estructura nueva |
| 2 | 7054 | Colapso | Inmediata | | 11 | 5137 | Colapso | Inmediata | |
| 3 | 6005 GENERAL EMILIO SOYER CABERO | Colapso | Inmediata | | 12 | 5077 JOSÉ FAUSTINO SANCHEZ CARRION | Colapso | Inmediata | |
| 4 | 2009 FE Y ALEGRÍA 2 | Colapso | Inmediata | | 13 | 2001 SANTA ROSA DE LIMA | Colapso | Inmediata | |
| 5 | 1236 ALFONSO BARRANTES LINGAN | Colapso | Inmediata | | 14 | 5122 JOSÉ ANDRES RAZURI ESTEVEZ | Colapso | Inmediata | |
| 6 | 5146 | Colapso | Inmediata | | 15 | ESTADOS UNIDOS | Colapso | Inmediata | |
| 7 | PEDRO RUIZ GALLO | Colapso | Inmediata | | 16 | 5127 MARTIR JOSÉ OLAYA | Colapso | Inmediata | |
| 8 | LICEO NAVAL CAPITAN DE CORBETA MANUEL CLAVERO MUGA | Colapso | Inmediata | | 17 | 3037 GRAN AMAUTA | Colapso | Inmediata | |
| 9 | 5117 JORGE PORTOCARRERO REBAZA | Colapso | Inmediata | | | | | | |



Para el escenario sísmico CALIBAHU, se ha identificado que un conjunto de instituciones educativas presenta niveles de daño moderado, lo cual permite que sus áreas libres puedan ser utilizadas temporalmente como espacios para la instalación de albergues o refugios para la población afectada.

En conjunto, los 67 colegios identificados en los distritos analizados cuentan con aproximadamente 334 732 m² de área libre, lo que permitiría albergar alrededor de 30080 personas bajo las condiciones de instalación de albergues temporales consideradas en el presente estudio.

| Distrito | Numero de colegios | Area Libre (m²) | Número de Personas para albergar (Personas) |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|
| ATE | 7 | 17728 | 960 |
| Chorrillos | 3 | 18343 | 960 |
| Comas | 11 | 45112 | 3680 |
| Mi Peru | 3 | 15892 | 1600 |
| San Juan de Lurigancho | 14 | 80079 | 7040 |
| San Martin de Porres | 4 | 14673 | 640 |
| Ventanilla | 7 | 57705 | 6400 |
| Villa el Salvador | 10 | 48947 | 4800 |
| Villa María del Triunfo | 8 | 36253 | 4000 |



El análisis por distrito muestra una **capacidad mínima** estimada de **640 personas**, correspondiente al distrito de San Martín de Porres, y una **capacidad máxima de 7 040 personas** en el distrito de San Juan de Lurigancho. Asimismo, el **promedio de personas** que podrían ser albergadas **por distrito** se estima en aproximadamente **3 342 personas**.

Estos resultados evidencian que las instituciones educativas con daño moderado pueden constituir **espacios estratégicos** para la instalación de albergues temporales, siempre que se verifique previamente la seguridad estructural de las edificaciones y la disponibilidad de áreas libres adecuadas para su implementación.



ESTIMACIÓN DEL ÁREA MÍNIMA LIBRE PARA INSTALACIÓN DE ALBERGUE TEMPORAL

Los albergues temporales han sido definidos conforme al Protocolo para la Instalación de Albergues Temporales aprobado por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2006).

Para el metrado del área libre requerida se adoptaron los siguientes criterios técnicos:

Implementación de carpas familiares de 16 m², destinadas a una familia tipo de cuatro integrantes.

Disposición preferente en hileras de hasta 20 carpas, a fin de optimizar la organización y circulación interna.

Consideración de una distancia mínima de 3.00 m entre carpas, con el propósito de garantizar condiciones adecuadas de seguridad, ventilación y tránsito.

En el **Sector Comunal**, se establecieron los siguientes ambientes mínimos:

Cocina con un área de 10 m².

Lavaderos con un área de 15 m².

Almacén para grupo Electrógeno 5m²

ESTIMACIÓN DEL ÁREA MÍNIMA LIBRE PARA INSTALACIÓN DE ALBERGUE TEMPORAL

Sector Residencial, se consideró la instalación de dos filas de 20 carpas cada una (40 carpas en total), incorporando las separaciones mínimas requeridas para circulación y seguridad. Bajo esta configuración, el área estimada para la zona de carpas asciende aproximadamente a **880 m²**.

Sector Comunal (cocina, lavaderos y almacén para el grupo electrógeno), que suman 30 m², considerando además un 30 % adicional para áreas de circulación y corredores, obteniéndose un incremento aproximado de **40 m²**.

De esta manera, el área total requerida para la instalación del albergue temporal resulta:

Área del sector residencial: 880 m²

Área sector comunal y circulación: 40 m²

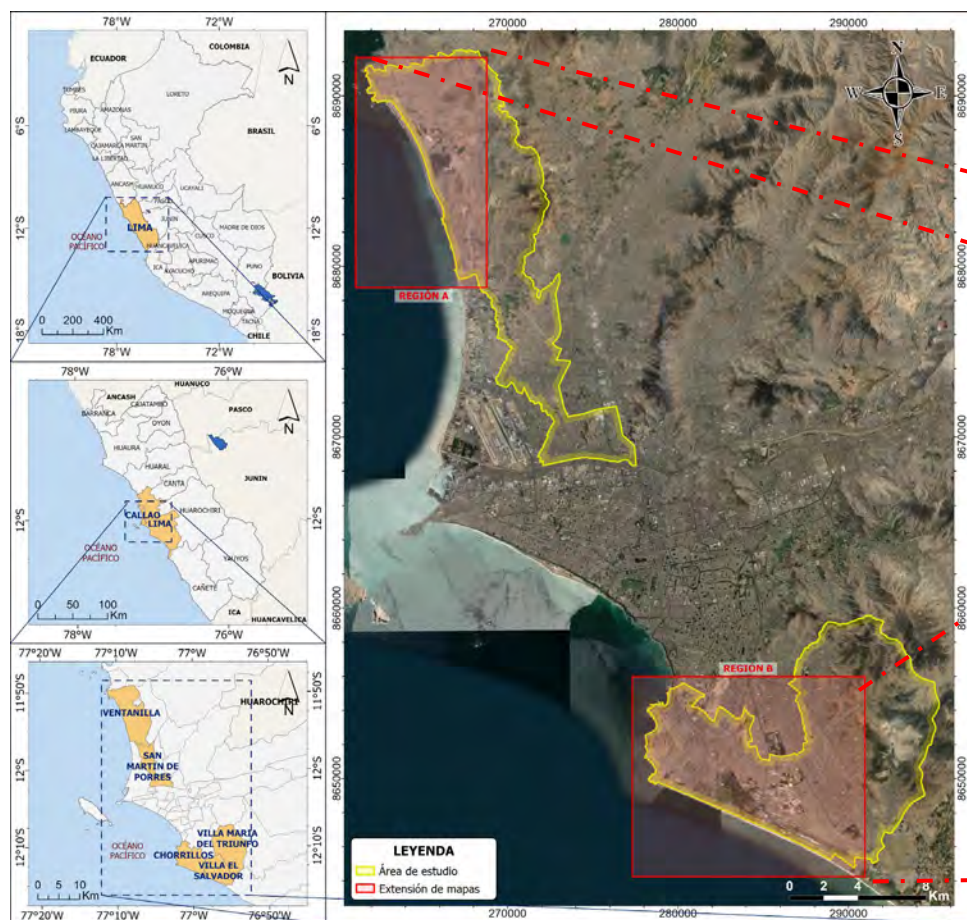
Área total requerida: 920 m²

Bajo estas condiciones de diseño, el albergue puede alojar:

- 40 carpas familiares
- 4 personas por carpa
- Capacidad total: 160 personas



ESTIMACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA POBLACIÓN



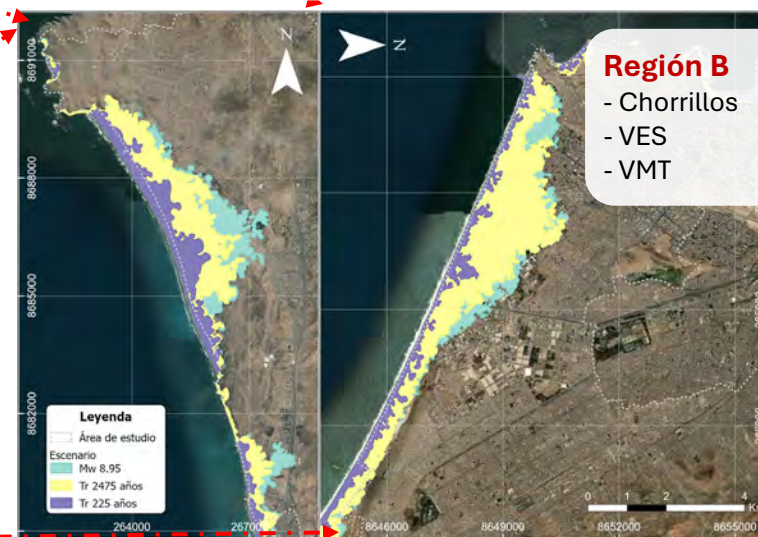
ESCENARIOS ANALIZADOS:

Escenario 1: Periodo de retorno de 225 años, representado bajo un sismo de M_w 8.3 con epicentro en -12.464 latitud y -77.868 longitud.

Escenario 2: Periodo de retorno de 2475 años, representado bajo un sismo de M_w 8.8 con epicentro en -12.464 latitud y -77.868 longitud.

Escenario 3: Evento M_w 8.95 propuesto por Pulido & Villegas-Lanza (2023).

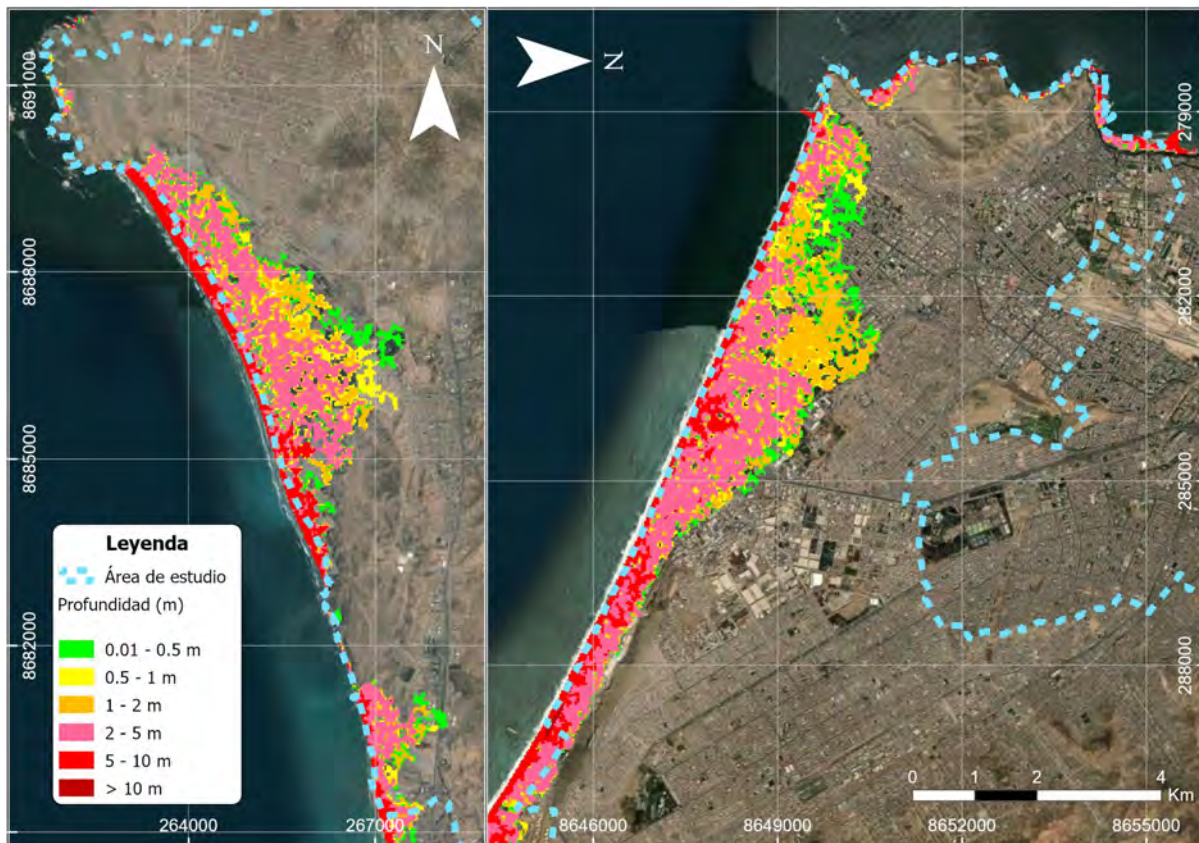
Región A
 - Ventanilla
 - SMP



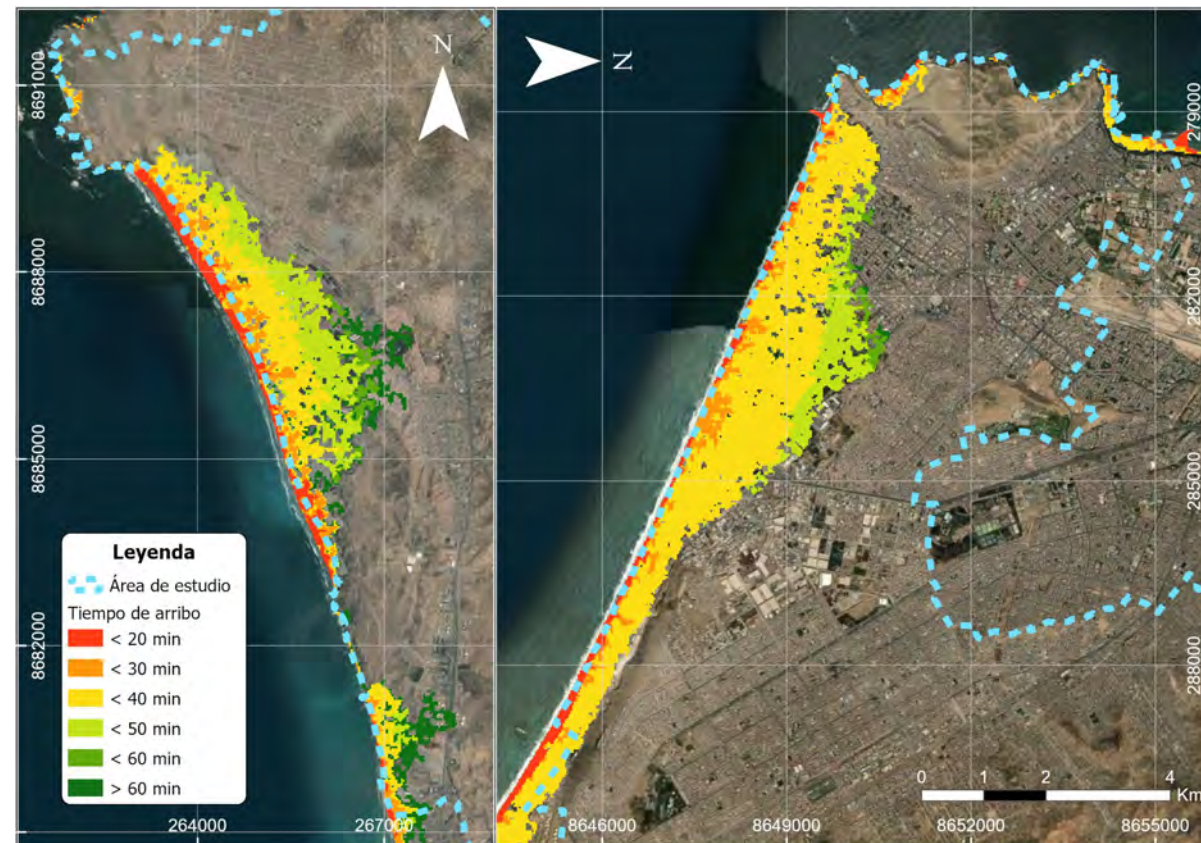
Fuente: CISMID

ESTIMACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA POBLACIÓN

ESCENARIO 3 (CaLiBaHu)



Profundidades de inundación (m)



Tiempos de arribo (min)

ESTIMACIÓN DE LA AFECTACIÓN DE LA POBLACIÓN



Ubicación final de los grupos de evacuación de acuerdo a la simulación



Profundidad de inundación y fatalidades estimadas por tsunami por bloque censal.

Estimación de personas afectadas (SISMO + TSUNAMI)

| Distrito | Población | D(Tr=225) | D(Tr=2475) | D(CALIBAHU) | I(Tr=225) | I(Tr=2475) | I(CALIBAHU) |
|-------------------------|------------------|------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| ATE | 727,316 | 63 | 431 | 472 | 2,052 | 7,796 | 8,350 |
| CHORRILLOS | 375,055 | 33 | 236 | 908 | 1,066 | 4,501 | 14,311 |
| COMAS | 593,995 | 51 | 339 | 375 | 1,650 | 6,197 | 6,675 |
| SAN JUAN DE LURIGANCHO | 1,258,146 | 110 | 817 | 883 | 3,693 | 14,452 | 15,328 |
| SAN MARTIN DE PORRES | 725,595 | 76 | 604 | 630 | 2,691 | 10,284 | 10,625 |
| VENTANILLA | 466,467 | 38 | 287 | 305 | 1,342 | 4,986 | 5,227 |
| VILLA EL SALVADOR | 437,520 | 38 | 348 | 923 | 1,214 | 5,828 | 5,924 |
| VILLA MARÍA DEL TRIUNFO | 450,052 | 46 | 372 | 386 | 1,620 | 6,239 | 6,429 |
| TOTAL | 5,034,146 | 455 | 3,360 | 3,607 | 15,328 | 59,052 | 62,343 |

D (x): Cantidad de fallecidos por sismo y tsunami para cada escenario sísmico.

I (x): Cantidad de heridos por sismo y tsunami para cada escenario sísmico.

1 víctima y 12 heridos por cada 1000 personas bajo el escenario CALIBAHU.



CONCLUSIONES

- ❑ A partir de los criterios establecidos por el Protocolo de INDECI (2006), se determinó que la implementación de un albergue temporal requiere un **área libre mínima de aproximadamente 920 m²**. Considerando que en infraestructura educativa solo el 15 % del área total del terreno es efectivamente utilizable para instalación de carpas, se estableció que el **área de terreno mínimo requerido asciende a 6133 m²**.
- ❑ La estimación de capacidad de albergue realizada en el presente estudio muestra que 67 instituciones educativas cuentan con aproximadamente **334 732 m² de áreas libres**, lo que permitiría albergar alrededor de **30 080 personas** bajo los criterios establecidos para la instalación de albergues temporales. A nivel distrital, la capacidad estimada de albergue varía entre 640 personas como mínimo **y 7 040 personas** como máximo, con un promedio aproximado de **3 342 personas por distrito**.



CONCLUSIONES

- ❑ El análisis de vulnerabilidad y riesgo sísmico realizado en establecimientos de salud y colegios emblemáticos de Lima Metropolitana y Callao evidencia que una proporción significativa de la infraestructura evaluada, **presenta niveles elevados de vulnerabilidad estructural**, lo cual podría generar **daños severos** o incluso colapso ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud asociado al **escenario determinístico CALIBAHU**.

- ❑ En el caso de los **establecimientos de salud**, los resultados muestran que **más del 70 %** de los establecimientos evaluados presentan **niveles de riesgo alto o muy alto**, incluyendo 5 establecimientos con riesgo de colapso (Nivel V) y 25 con daño severo (Nivel IV). Esta situación representa una amenaza importante para la continuidad de los servicios de atención médica en situaciones de emergencia, por lo que resulta prioritario **implementar intervenciones estructurales** orientadas a mejorar el **desempeño sísmico de la infraestructura hospitalaria**.



CONCLUSIONES

- ❑ El análisis realizado en la **infraestructura educativa** muestra igualmente niveles importantes de vulnerabilidad sísmica, identificándose **17 colegios con riesgo de colapso, 81 con daño severo y 67 con daño moderado**. Estos resultados evidencian la necesidad de desarrollar programas de intervención progresiva en infraestructura educativa, orientados a **mejorar su seguridad estructural** y reducir el riesgo para la comunidad educativa.
- ❑ Se recomienda priorizar intervenciones en los establecimientos con mayor vulnerabilidad mediante reforzamiento estructural, rehabilitación de instalaciones críticas o reposición de infraestructura cuando sea necesario. Estas acciones permitirán reducir la vulnerabilidad sísmica de hospitales y centros educativos, fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias y asegurar la continuidad de servicios esenciales y la protección de la población frente a sismos de gran magnitud en Lima Metropolitana y Callao.