



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú - IGP

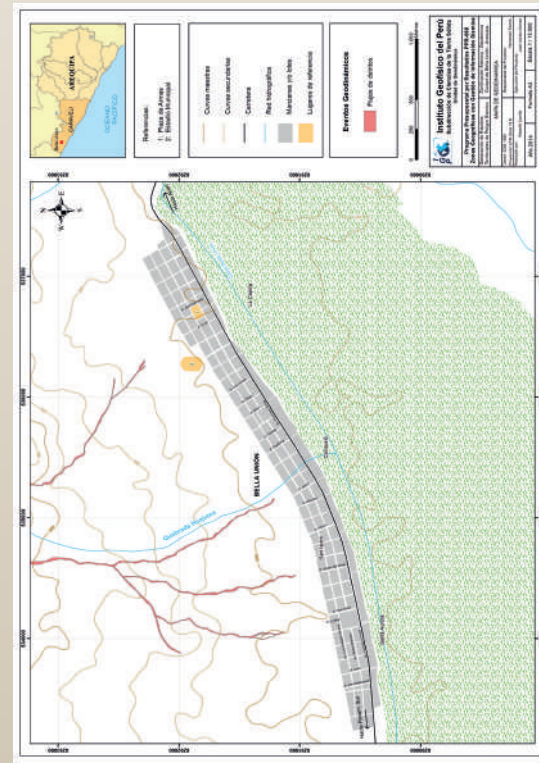


Programa Presupuestal N° 068: "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres"
Producto: "Estudios para la estimación de riesgos de desastres"

Generación de información y monitoreo de peligro por sismos, fallas activas y tsunamis

Boletín técnico

Peligro por sismos en la localidad de Bella Unión



Contenido

2 - 3 Introducción

4 - 19 Boletín Especial

Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”.

Producto: Estudios para la estimación de riesgos de desastres

Actividad: Peligro por sismos, fallas activas y tsunamis

Elsa Galarza

Ministra del Ambiente

Hernando Tavera

Presidente ejecutivo IGP

Edmundo Norabuena

Director científico IGP

Hernando Tavera

Responsable de la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida

Edmundo Norabuena

Responsable de la subdirección de Redes Geofísicas

Alejandra Martínez

Responsable de la subdirección de Geofísica y Sociedad

Edición: Luis Santos

Diseño y diagramación: Dante Guerra E.

Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
IV Etapa - Ate
Teléfono (511) 3172300

Impreso por:
Lettera Gráfica SAC.
Av. La Arboleda 431 - Ate
Teléfono (511) 7150315

Lima, mayo del 2017

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N° 2016 - 05047

Introducción

El Programa Presupuestal por Resultados (PPR) es una estrategia de gestión pública que vincula la asignación de recursos a productos y resultados medibles a favor de la población. Dichos resultados se vienen implementando progresivamente a través de los programas presupuestales, las acciones de seguimiento del desempeño sobre la base de indicadores, las evaluaciones y los incentivos a la gestión, entre otros instrumentos que determina el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) a través de la Dirección General de Presupuesto Público, en colaboración con las demás entidades del Estado.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) viene participando en el Programa Presupuestal 068: “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, específicamente con el producto “Estudios para la estimación del riesgo de desastres”.

Con este propósito, tres de las cuatro subdirecciones del IGP vienen participando activamente en una actividad que incluye el monitoreo, generación de información, y difusión de resultados de esa actividad: Ciencias de la Tierra Sólida, Redes Geofísicas y Geofísica & Sociedad. Todas ellas contribuyen – desde su específico campo de trabajo – a que la ciudadanía pueda contar con información confiable y oportuna sobre el ambiente geofísico que la rodea, y a que las autoridades puedan tomar decisiones informadas sobre eventos potencialmente desastrosos en su localidad, municipio o región, específicamente sobre sismos, fallas activas y tsunamis.

Así, el presente Boletín tiene como objetivo difundir información de primera mano sobre el ambiente geofísico, conocimientos y avances científicos y tecnológicos, y noticias relacionadas. Este número se centra en Bella Unión, sin embargo la información que contiene es válida para recordarnos que nuestro país está expuesto y es vulnerable ante fenómenos geofísicos que pueden afectar a sus ciudadanos y sus principales medios de vida.

Los resultados de esta actividad están disponibles en:
<http://intranet.igp.gob.pe/productosismo/>.



IGP

PO-SNAT

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrita al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de peligros naturales y de origen antrópico.

Es importante recalcar que se cumple un rol social, pues se contribuye a prevenir y mitigar fenómenos con gran potencial destructivo. Las actividades principales son: la investigación científica, la educación y la prestación de servicios en geofísica aplicada. Con más de 60 años de aportes de conocimiento y tecnología, contamos con connotados especialistas para hacer investigación, todos ellos peruanos, que contribuyen con talento y experiencia para servir a la población peruana.

El Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami (PO-SNAT) es el resultado de un trabajo conjunto entre el Instituto Geofísico del Perú (IGP), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci).

Las bases del mismo establecen las responsabilidades y funciones de cada institución en caso ocurra un evento sísmico que origine un tsunami en las costas de Perú.

De esta forma, se determinó que ante la ocurrencia de un sismo de origen cercano el IGP proporcionará los parámetros sísmicos de localización (latitud, longitud, profundidad y magnitud) a la DHN, institución que previo análisis y evaluación de estos datos determinará la posibilidad que ocurra un tsunami, información que será transmitida al Indeci para que sea difundida a las autoridades locales correspondientes.

El citado protocolo fue aprobado oficialmente en junio de 2012 por las máximas autoridades de cada institución: el Dr. Ronald Woodman del IGP, el General Alfredo Murgueytio del Indeci, y el Almirante Javier Gaviola de la DHN.

LEY N° 29664

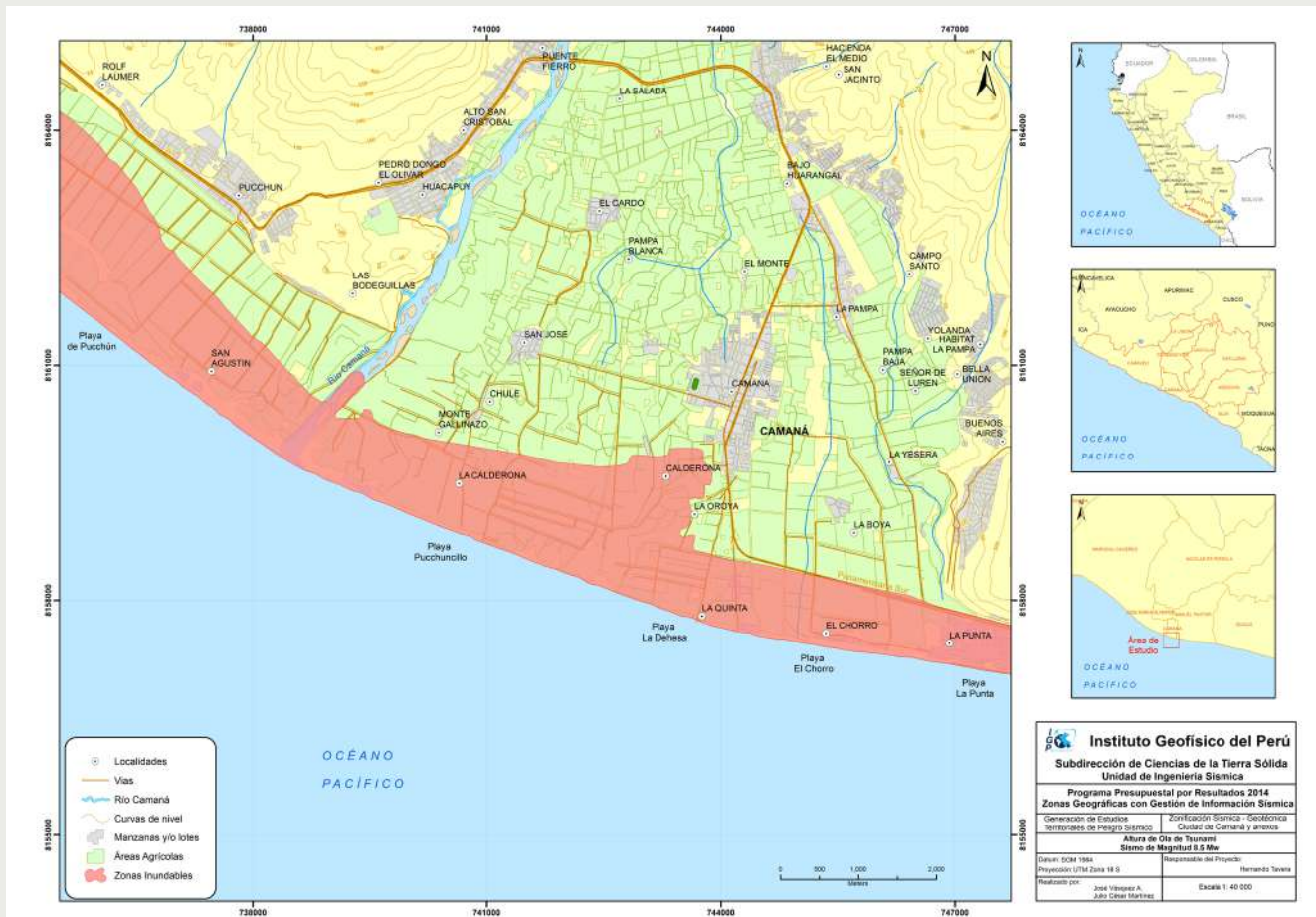
Resumen

La Norma regula los objetivos, composición y funcionamiento del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres - SINAGERD, cuya finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y atender situaciones de peligro mediante lineamientos de gestión.

Entre otros puntos indica que, teniendo como base la investigación científica, se identificará y conocerá los peligros naturales a los que estamos expuestos para tomar las medidas de prevención, reducción y de control de los factores de riesgo, labor que recae en el gobierno pero que involucra a la sociedad, cuya protección es el fin último de la gestión de riesgo de desastres.

Áreas urbanas de Arequipa cuentan con escenario de tsunami

Chala, Yauca, Camaná y Punta de Bombón son parte de importante estudio



Mapa de inundación por tsunami en Camaná. Documento que se replica en las otras tres localidades.

Con el objetivo de determinar la cuantificación del peligro por inundación longitudinal y vertical, a consecuencia de un probable tsunami generado por un sismo de magnitud 8.5 Mw en localidades ubicadas en la costa peruana, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) desarrolló un importante estudio en el 2014 que involucró a las localidades de Chala, Yauca, Camaná y Punta de Bombón.

Esta investigación se realizó en el marco del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, producto “Estudios para la estimación de riesgos de desastres”, actividad “Peligro por sismos, fallas activas y tsunamis” y estuvo a cargo del Ing. Julio Martínez, agregado de investigación del IGP que da detalle del trabajo realizado en la región Arequipa.

“Se caracterizó y cartografió el peligro relacionado con la ocurrencia de un tsunami producido por sismo de magnitud 8.5 Mw que pudiera afectar la zona costera de las localidades de Chala, Yauca, Camaná y Punta de Bombón. Conocido el modelo de fuente sísmica y obtenida la carta batimétrica y topográfica con alta resolución, el modelado numérico del tsunami fue realizado con el algoritmo TSUNAMI-N2,

tras lo cual se obtuvo como resultados las zonas de inundación, el tiempo de llegada y la altura de ola de tsunami”, explica.

Agrega que los escenarios se obtuvieron con la aplicación del modelado numérico, considerado como técnica moderna para el estudio de estos fenómenos.

Perfil del entrevistado



Ing. Julio Martínez
Agregado de investigación
Instituto Geofísico del Perú

Ingeniero Mecánico de Fluidos con mención en Hidráulica e Hidrología en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) con la tesis "Dinámica y modelado numérico de tsunami en el Terminal Portuario del Callao y zonas adyacentes".

Participó en el diplomado "Tsunami en la costa Pacífico de Sudamérica: bases científicas, amenaza y vulnerabilidad", desarrollado en el 2012 en Chile.

Actualmente cursa el último ciclo de maestría en Ingeniería de Recursos Hídricos en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).



A nivel nacional son 11 las localidades que son parte de este estudio.

Precisa que esta información es base para los proyectos de gestión de riesgo de desastres (GRD) que se ejecuten en las áreas urbanas consideradas (Chala, Yauca, Camaná y Punta de Bombón).

"Los resultados muestran las máximas longitudes y alturas de inundación por tsunami en Yauca 1 km y 4.5 m, Chala 0.8 km y 7 m, Camaná 1.5 km y 6.5 m y Punta de Bombón 3.5 km y 6 m", afirma el agregado de investigación.

Asimismo, refiere que todo modelado numérico trata de representar o recrear de la mejor manera posible un evento natural, en tal sentido los resultados obtenidos son valores probables y su representatividad depende en gran medida de

los datos de entrada empleados, en este caso la batimetría, topografía y el modelo de fuente sísmica.

"La dificultad es que los modelos, a pesar de considerar todos los parámetros que definen las condiciones de contorno, no permiten recrear el real escenario a presentarse, pero la información que se obtiene es desde ya, importante para temas de prevención", agrega el ingeniero.

El IGP brindó los resultados de este estudio a las autoridades de las localidades beneficiadas. Los mismos brindan información de las áreas potencialmente inundables y por ende del daño o desastre, por lo que son un aporte que debe ser considerado en los planes de catastro y proyección de crecimiento de cada área urbana.

Estudios en ingeniería sísmica en Bella Unión

Dentro del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizó estudios en Arequipa Cercado, Bella Unión, Acarí, Yauca, Casma y Cañete, con el fin de obtener como resultado final la zonificación sísmica - geotécnica de las citadas localidades.

En la presente sección se muestra los trabajos desarrollados en Bella Unión por personal de la institución, actividad que comprendió la técnica de cocientes espectrales, así como los métodos de MASW y de tomografía eléctrica.



El personal del IGP se traslada hasta la zona de estudio para recoger in situ la data sísmica correspondiente.

Estudio sísmico con la técnica H/V (cocientes espectrales)

Para la aplicación de la misma se procedió, sobre el mapa catastral de Bella Unión, a definir la distribución y el número de puntos para el registro de vibraciones ambientales teniendo en cuenta la información geológica y geomorfológica de la zona de estudio.

Posteriormente, se determinaron las frecuencias predominantes, para lo cual se consideraron los siguientes aspectos: 1) Las frecuencias predominantes menores a 1 Hz (Hertz) corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar, y/o cambios meteorológicos (periodos muy largos), 2) Las bajas frecuencias o periodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos y 3) Las frecuencias altas o periodos cortos son debidas a depósitos superficiales blandos y de poco espesor (Bernal, 2006).

La información obtenida de las razones espectrales H/V permite considerar para su análisis tres rangos de frecuencia:

Frecuencias predominantes F0; se presentan en el 90% de las zonas de las que se recolectó información. Los puntos en los cuales se identificaron frecuencias entre 0.9 y 15 Hz, se distribuyen de manera uniforme sobre toda el área de la ciudad de Bella Unión.

Frecuencias predominantes F1; están presentes en puntos concentrados en el extremo noreste de la ciudad de Bella Unión, con valores entre 2 y 9 Hz, y conforme se tiende en dirección de la calle Domingo Sarmiento, los valores decrecen hasta 4 Hz. Una segunda zona de menor dimensión se encuentra en el extremo norte del Jr. Alfonso Ugarte, con valores que fluctúan entre 5 y 9 Hz.

Estudios sísmicos con la técnica de arreglos sísmicos

La técnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) permite conocer la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en el subsuelo a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales registradas por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

Como resultado de la inversión de la curva de dispersión, se obtiene el perfil de velocidades para las ondas de corte (Vs) en el punto central de cada arreglo.

Los perfiles de suelos obtenidos con el método MASW para la ciudad de Bella Unión, dan a conocer la presencia de dos capas cuyos espesores varían de noreste a suroeste. La primera tiene espesores

entre 4 y 11 metros, con velocidades de 330 a 450 m/s respectivamente y la segunda capa espesores que varían entre 10 y 17 metros con velocidades de 500 a 580 m/s.

Estos resultados evidencian la presencia en el extremo noreste de la ciudad de depósitos superficiales heterogéneos poco consolidados y mejor consolidados en su extremo suroeste. Además, los resultados obtenidos en el perfil LR02-BU sugieren que en el extremo sur la capa superficial de tres metros de espesor, las ondas sísmicas pueden alcanzar velocidades de 250 m/s, evidenciando la presencia en el subsuelo de estratos de moderada consistencia.

Estudios de tomografía eléctrica

La tomografía eléctrica permite obtener información sobre las propiedades físicas del subsuelo mediante la evaluación del parámetro de resistividad al paso de la corriente eléctrica. Esta propiedad permite conocer la resistividad del subsuelo asociado a la presencia de capas y superficies con mayor o menor contenido de agua.

En Bella Unión se realizaron tres líneas de tomografía eléctrica con el dispositivo polo-dipolo, la distribución de 25 electrodos con un espaciamiento de 5 a 10 metros entre electrodo y sobre un tendido longitudinal de 120 a 240 metros, lo cual permitió tener alcances en profundidad del orden de 20 metros.

Periodos dominantes

Cabe indicar que para presentar los resultados finales obtenidos con la técnica H/V, los valores de frecuencias fueron transformados a periodos dominantes y para construir el mapa de periodos se asignó a cada punto de medición un radio de confiabilidad de 10 metros, lo cual facilita los procedimientos seguidos para la zonificación de los suelos.

Tras las secciones geoelectricas realizadas a fin de conocer el valor real de la resistividad del subsuelo, se determinó que en Bella Unión la distribución de los valores de resistividad evidencia la existencia de una capa superficial de 5 a 10 metros de espesor caracterizada por presentar valores altos de resistividad.

Esta capa estaría compuesta por suelos de tipo arenoso, arcilloso y gravas de diferentes tamaños. Asimismo, la presencia de material de desmonte permitió obtener valores de resistividad alta.

Los estudios realizados muestran que en la ciudad de Bella Unión los suelos responden generalmente a periodos de 0.1 y 0.2 segundos; mientras que, en un área pequeña, ubicada en su extremo este, el suelo responde a periodos entre 0.1 y 0.4 segundos, lo cual define la presencia de suelos muy complejos en su constitución.

Estudios en geodinámica superficial en Bella Unión

Dentro del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) realizó estudios en Arequipa Cercado, Bella Unión, Acarí, Yauca, Casma y Cañete, con el fin de obtener como resultado final la zonificación sísmica - geotécnica de las citadas localidades.

En la presente sección se muestra los trabajos desarrollados en Bella Unión por personal de la institución, actividad que comprendió estudios en geomorfología, geología, geodinámica y geotecnia.



En la geología de Bella Unión es posible apreciar la presencia de grietas, las cuales son aberturas alargadas, estrechas y no uniformes en la superficie.

Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos presentes en la ciudad de Bella Unión y alrededores son el resultado de la interacción de fuerzas endógenas y exógenas. Las primeras actúan como fuerzas creadoras de las grandes elevaciones y depresiones formadas principalmente por movimientos de componente vertical y las segundas como desencadenantes de la continua denudación que tiende a rebajar el relieve originado, estos últimos llamados procesos de geodinámica externa que se agrupan en la cadena de meteorización-erosión, transporte y sedimentación.

En el área sobre la cual se emplaza la citada ciudad se ha identificado además la existencia de unidades geomorfológicas, las mismas que se dividen por su origen en:

Origen depositacional; Bella Unión se asienta sobre terrazas aluviales que se encuentran conformadas por materiales heterogéneos (clastos angulosos a subredondeados envueltos en una matriz arenosa) de origen volcánico principalmente. Las terrazas son superficies ligeramente planas e inclinadas

hacia el suroeste, todas generadas por el aporte de materiales que han sido originados por procesos de erosión de rocas preexistentes.

Origen Aluvial; en las inmediaciones de la ciudad se han identificado varios sistemas hidrológicos que se activan en épocas de precipitaciones pluviales extremas (enero-marzo) y permanecen inactivas el resto del año. Las más comunes son conocidas como torrenteras, donde el agua que discurre desde las zonas altas en ocasiones supera la capacidad de embalse provocando desbordes que conllevan a inundaciones y flujos de detritos que causan daños a la infraestructura de la ciudad.

Origen tectónico; entre las geoformas comprendidas en esta clasificación destacan aquellas que se encuentran vinculadas al levantamiento de la cordillera de la costa, tales como colinas de poca elevación y las estribaciones que se formaron por la génesis e intrusión de rocas hipabisales (roca ígnea formada a profundidades intermedias) que se originaron durante el Cretáceo Superior.

Geología

Para el estudio geológico de Bella Unión se hizo uso de la información contenida en el compendio de geología regional del Ingemmet (a escala regional 1:100000), complementado con la geología local obtenida en base al cartografiado realizado en campo (escala 1:5000) con el fin de describir las principales unidades litológicas aflorantes y sus características, para así concretizar el estudio de zonificación sísmica - geotécnica.

De esta forma, a nivel regional, en el extremo norte de la ciudad se distingue la presencia de afloramientos de roca intrusiva pertenecientes a la súper unidad Linga del Cretáceo Superior, conformada por cuarzo monzonita. Mientras que a nivel local se realizó la delimitación de las principales unidades geológicas

aflorantes, en las cuales figuran las formaciones Hualhuani (areniscas cuarzosas blanquecinas y fracturadas), Copara (tobas vítreas y brechas color gris oscuro), Linga (rocas intrusivas tipo cuarzo - monzonita) y depósitos cuaternarios (principalmente aluviales).

En lo que respecta a geología estructural, se identificó que en el Cretáceo Superior se emplazaron rocas intrusivas que afloran en el sector norte de Bella Unión como resultado de fallamientos presentes en la zona continental y que, actualmente, las rocas se encuentran meteorizadas e intemperizadas como consecuencia de los distintos agentes de geodinámica externa.

Geodinámica

La geodinámica abarca el estudio de los procesos y cambios físicos que ocurren constantemente sobre la superficie de la Tierra. Estas transformaciones son posibles debido a la intervención de agentes internos y externos que crean, forman, degradan y modelan la superficie terrestre. En el caso de la zona de estudio se tiene los denominados movimientos en masa.

Este tipo de proceso dinámico considera, por el movimiento, las clases: caídas, volcamientos, deslizamientos, flujos y propagación lateral. Mientras que por los materiales que acarrea se divide en rocas y suelos, estos últimos subdivididos en detritos y tierras. En la ciudad de Bella Unión y alrededores

el trabajo de campo realizado permitió identificar movimientos de masa del tipo flujos de detritos (tipo de material).

Los flujos identificados están conformados por gravas, clastos y bloques angulosos mal gradados con tamaños de hasta 10 cm de diámetro promedio, los cuales son transportados en suspensión por una matriz areno limosa. Estos flujos se desplazan desde las partes altas (estribaciones), continúan hasta la población en dirección norte - sur, afectando a los pobladores ubicados en el extremo occidental del estadio municipal (sector de las urbanizaciones San Isidro y Santa Fe).

Geotecnia

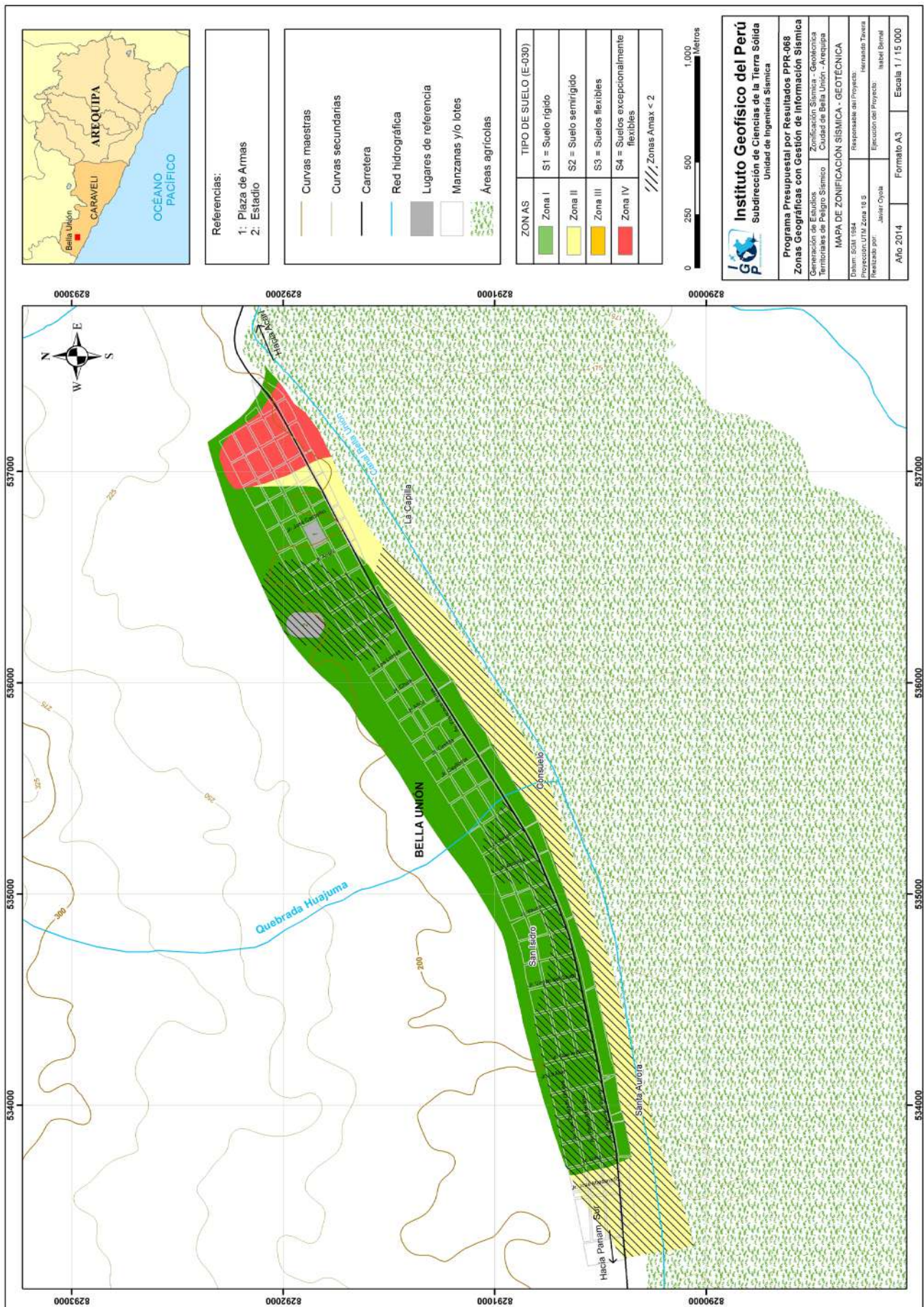
Para el estudio de los suelos en Bella Unión se recolectó información según las siguientes técnicas: exploraciones a cielo abierto (calicatas, Norma ASTM D420), densidad de suelo in situ (Norma ASTM D1556), exploración con posteadora manual (Norma ASTM D1452), ensayo de penetración dinámica ligera (DPL, Norma DIN4094) y ensayo de corte directo (Norma ASTM D3080).

De los ensayos de corte directo se hace uso los datos del ángulo de fricción y la cohesión a fin de calcular la capacidad de carga última de los suelos, considerando el factor de seguridad de 1/3 definida en la Norma Técnica Peruana para el diseño de

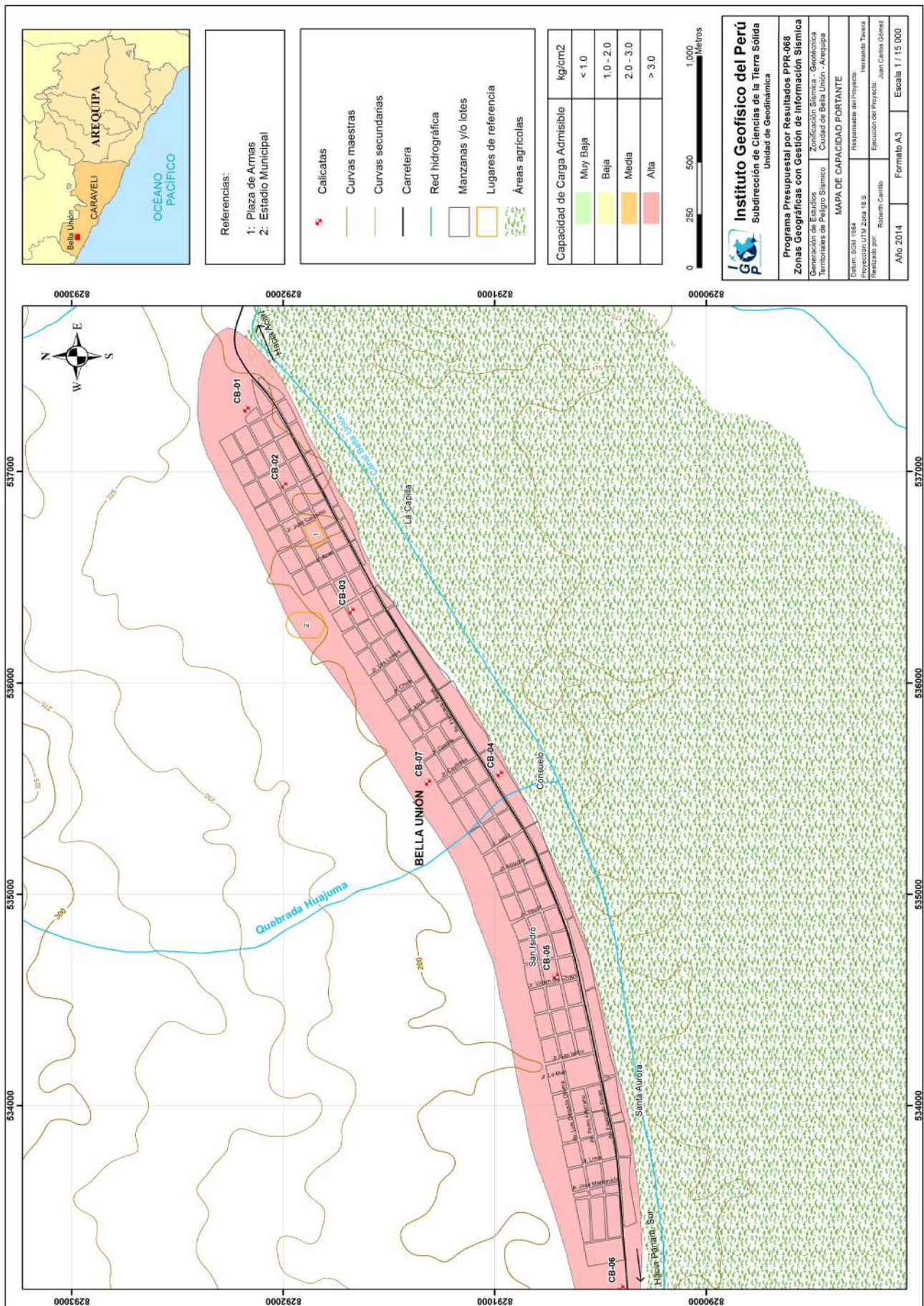
cimentaciones. Los resultados indican que Bella Unión se asienta sobre suelos con capacidad portante alta, correspondiente a suelos compactos de origen aluvial y resistente al corte.

Mientras que, en base a la información geotécnica recopilada de las calicatas, posteos y de los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos realizados en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina, se ha identificado la existencia de tres tipos de suelos: tipo GW (gravas bien graduadas con presencia de arenas y limos), GP (conformados por gravas arenosas mal gradadas) y SW (arenas bien graduadas con presencia de limos y gravas).

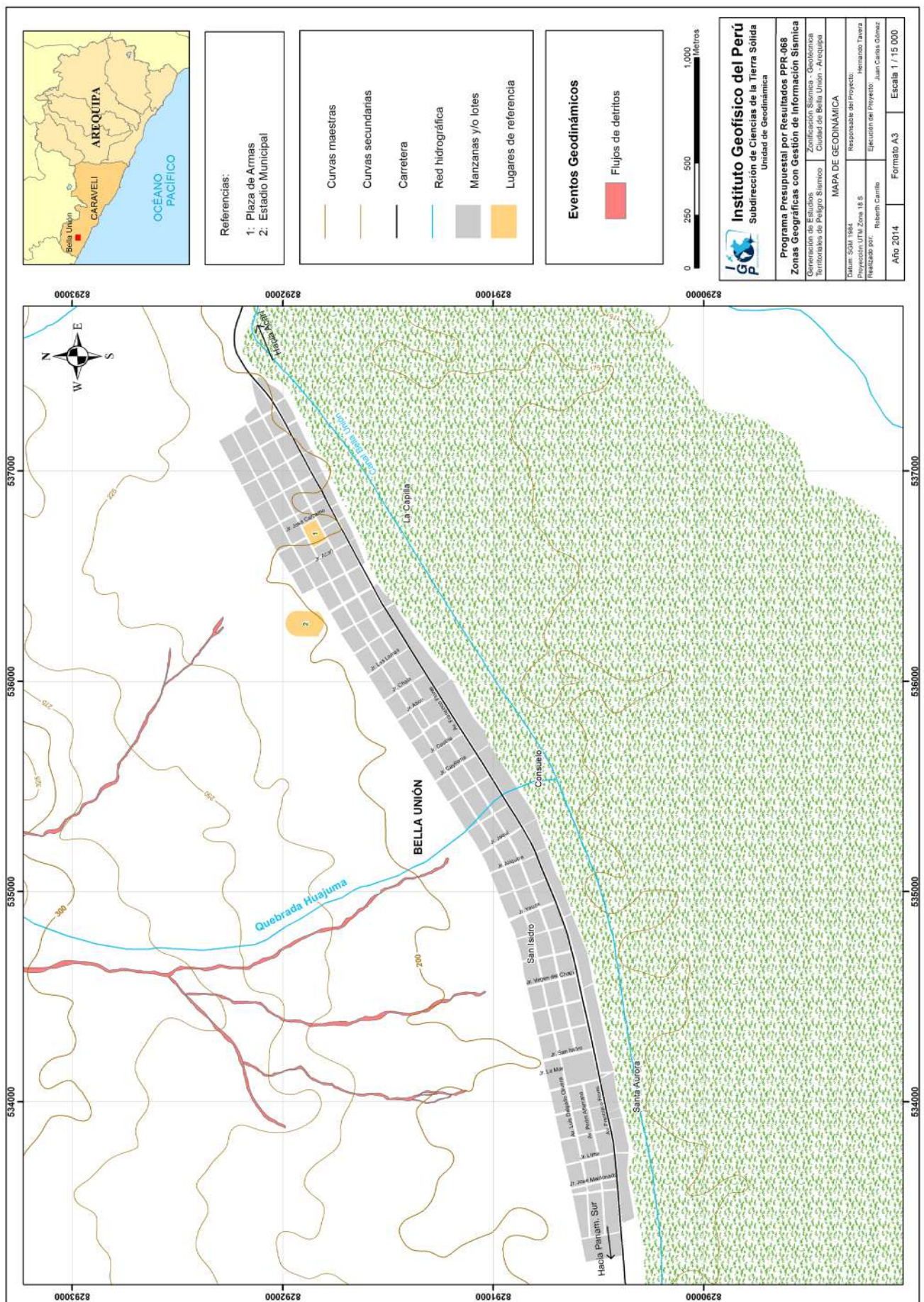
Mapa 1: Zonificación sísmica-geotécnica



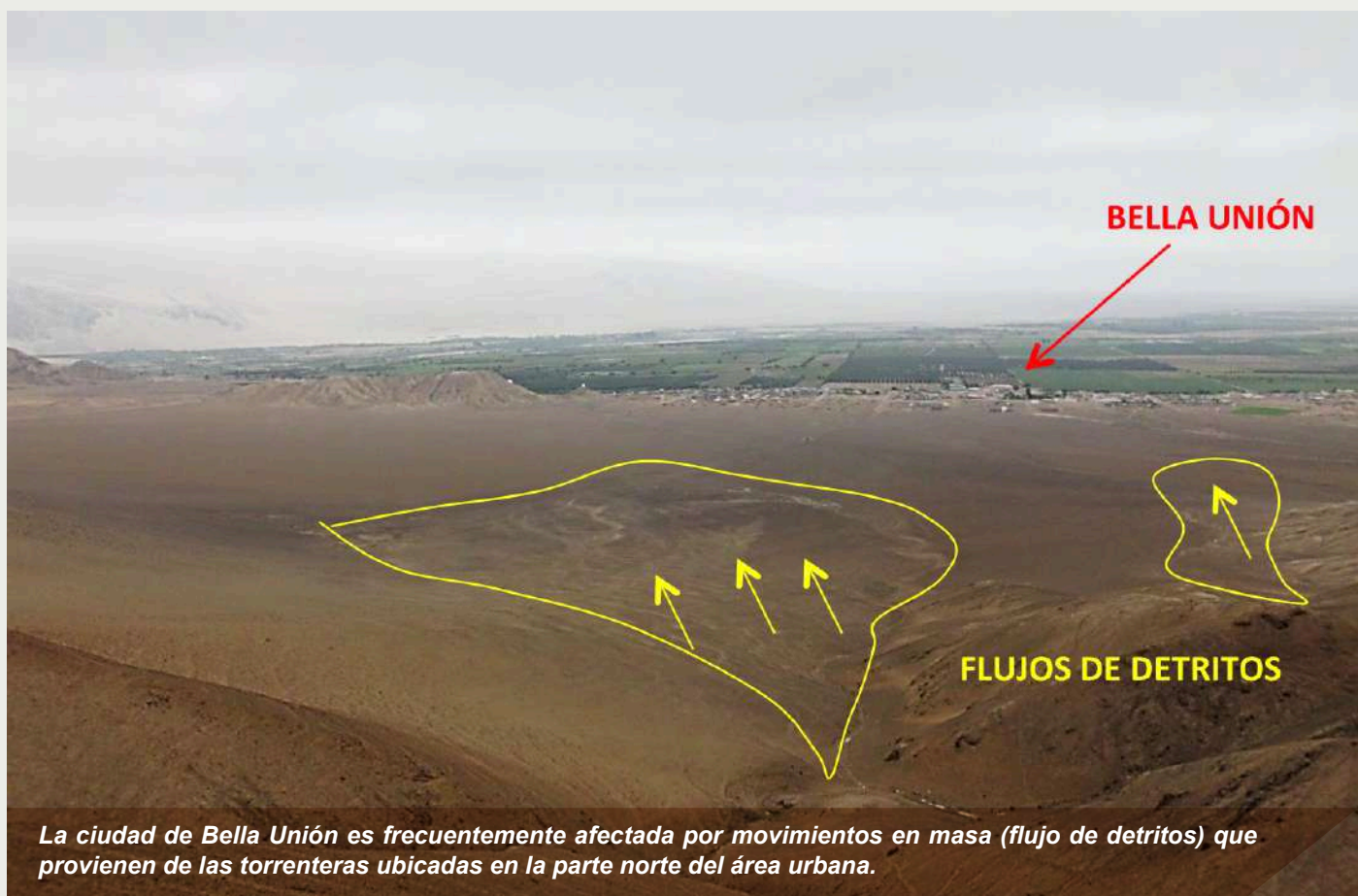
Mapa 2: Capacidad de carga admisible



Mapa 3: Geodinámica



Vulnerabilidad física



PP 068 del presente año incluye estudios en Moquegua y Tacna

En el marco del Programa Presupuestal N° 068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) desarrolla el presente año estudios en los distritos de Ciudad Nueva, Boca del Río e Ite (Tacna), así como en Ilo, Mariscal Nieto y Torata (Moquegua).

Por ello, el Dr. Hernando Tavera y los magísteres Isabel Bernal y Juan Carlos Gómez se reunieron la primera semana de febrero con representantes de los citados distritos con el fin de explicarles los estudios a desarrollar, los mismos que comprenden la aplicación de métodos sísmicos, geofísicos, geológicos, geotécnicos y de simulación numérica con el fin de generar los respectivos mapas de Zonificación Sísmica – Geotécnica.



Representantes del IGP se reunieron con autoridades locales de Moquegua y Tacna.

Especialistas realizaron inspección en quebrada Huaycoloro

Como parte de las actividades del proyecto “Implementación del Sistema de Alerta Temprana de Huaicos” financiado por Cienciactiva, personal del Instituto Geofísico del Perú (IGP) inspeccionó en febrero las áreas afectadas por huaicos en la subcuenca de la quebrada Huaycoloro, las mismas que comprendieron zonas aledañas a la sede de Jicamarca del IGP.

De esta forma, los especialistas Jhon Chahua y Héctor Lavado identificaron los puntos de inicio de los desbordes y el tiempo de llegada del flujo desde la ubicación del punto de monitoreo del Sistema de Alerta Temprana de Huaicos hasta el asentamiento humano Saracoto. El tiempo transcurrido fue de 4 minutos, con un caudal de 72.5 m³/s.



Labor de inspección en la quebrada Huaycoloro.

Bomberos voluntarios del Perú fueron capacitados sobre sismos y tsunamis

El Dr. Hernando Tavera, presidente ejecutivo del Instituto Geofísico del Perú (IGP) capacitó en febrero a personal del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú sobre los estudios que se están realizando en el país en materia de actividad sísmica y eventuales tsunamis.

Durante su presentación, el científico peruano remarcó que en la zona costera de la región central de Perú existe un área de acoplamiento sísmico que podría originar un sismo mayor a 8 Mw, evento parecido al ocurrido en 1746 que produjo la muerte del 10% de la población existente en aquel año, cifra que debe tenerse presente en labores de prevención considerando que Lima actualmente tiene en promedio 10 millones de habitantes.



La presentación se realizó en el auditorio del Cuerpo General de Bomberos del Perú.

Revista *Journal of Seismology* publicó artículo con autoría del IGP

La revista *Journal of Seismology* publicó este año el artículo científico “*Calibration of the local magnitude scale (ML) for Peru*”, el cual cuenta con la autoría del M.Sc. Cristóbal Condori, del Instituto Geofísico del Perú (IGP), entidad de la que también participa como coautor el Dr. Hernando Tavera, junto con importantes investigadores de la Universidad de Brasilia (UnB) y el Observatorio Sismológico (Obsis), ambos de Brasil.

El estudio realizado consiste en calibrar una ecuación de magnitud con el fin de cuantificar la estimación de la magnitud de los sismos ocurridos en Perú. De esta forma, se propone una relación de magnitud local (ML) para el Perú determinada mediante la calibración de una curva de atenuación y teniendo en cuenta las características sismotectónicas del país.



El artículo científico tuvo como autor al M.Sc. Cristóbal Condori, del IGP.

Ingenieros del IGP recibieron capacitación en manejo de software WAVEDEC

Con el objetivo de obtener un mejor conocimiento sobre el análisis de suelos, ingenieros del Instituto Geofísico del Perú (IGP) recibieron en marzo la charla “Análisis espectral de registros de vibración ambiental”, a cargo del Dr. Stefano Marano, del *Swiss Federal Institute of Technology de Zurich* (ETHZ).

Durante la capacitación el Dr. Marano explicó la nueva metodología para el análisis espectral de registros de vibración ambiental, considerando la elipticidad de las ondas superficiales *Rayleigh* y *Love*; la misma que se está aplicando con éxito en otras instituciones internacionales dedicadas a los estudios de suelos. Cabe indicar que la charla forma parte de futuros proyectos que se desarrollarán con el ETHZ.



Las clases fueron impartidas por parte del Dr. Stefano Marano, del ETHZ.

Estudio evalúa grietas que emanan vapor en Huancavelica

El Ing. Robert Carrillo, del Instituto Geofísico del Perú (IGP), realizó en febrero una inspección geológica y geodinámica en el afloramiento de gases provenientes del subsuelo que se produjo el citado mes en el distrito de Aurahuá, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica.

Tras el estudio realizado se infirió que la génesis de los gases se debió a la combustión generada por el material orgánico con presencia de carbón residual depositado en el margen izquierdo de la quebrada Casacancha, esto debido a la presencia de fluidos hidrotermales con incrementos graduales de temperatura (agente desencadenante del calentamiento y combustión del material orgánico).



Zona donde se presentaron las emanaciones de vapor.

Diagnóstico socioeconómico

Introducción

La provincia de Caravelí se divide en trece distritos: Chala, Bella Unión, Chaparra, Atico, Caravelí, Huanuahuano, Acarí, Quicacha, Yauca, Lomas, Jaqui, Atiquipa y Cahuacho. El distrito de Bella Unión se encuentra ubicado a una altitud de 217 m.s.n.m. en la costa de la provincia de Caravelí, tiene una extensión de 1588.41 km² (INEI, 2017), siendo sus coordenadas geográficas 15°27'01"S 74°39'32"O. Bella Unión es vulnerable ante un sismo y tsunami, al estar expuesta a dichos peligros y además tener un alto nivel de desigualdad social (UNESCO, 2011).

El análisis socioeconómico realizado busca conocer el grado de desigualdad social de la población, y las secciones a trabajar serán: demografía, salud y vivienda.

Demografía

La población de la provincia de Caravelí asciende a 40 904 habitantes, representando más del 3% del total de habitantes de la región Arequipa. Esta participación genera una tasa de crecimiento anual de 1,31% desde el año 2007.

La población del distrito de Bella Unión en el año 2015 fue de 6 586 habitantes, representando aproximadamente el 16% del total de los habitantes de la provincia de Caravelí, con una tasa anual de crecimiento poblacional desde el año 2007 de 5,32%.

El crecimiento anual del distrito de Bella Unión (5,32%) fue mayor al de la provincia de Caravelí (1,31%), al de la región Arequipa (1,09%) y al país en su totalidad (1,13%) (Tabla 1).

Tabla 1: Población proyectada y tasa de crecimiento 2007-2015

Ámbito geográfico	2000	2007	2015	Crecimiento anual 2007-15
Distrito de Bella Unión	2 833	4 351	6 586	5,32%
Provincia de Caravelí	33 241	36 847	40 904	1,31%
Región Arequipa	1 084 725	1 180 683	1 287 205	1,09%
Perú	25 983 588	28 481 901	31 155 263	1,13%

Fuente: Población Perú 2000 - 2015 (INEI, 2014).

Tabla 2: Distribución de la población por grupos de edad.

Grupos de edad	Distrito de Bella Unión		Perú	
	1993	2007	1993	2007
0 - 14	33,8%	19,2%	37,0%	30,5%
15 - 29	24,4%	37,9%	28,60%	27,6%
30 - 64	34,6%	36,4%	29,8%	35,5%
65 y más	7,2%	6,5%	4,7%	6,4%
Total (*)	1 622	4 296	22 048 356	27 412 157

(*)Número total de personas censadas. Fuente: Censos Nacionales (INEI, 1993 y 2007)

La Tabla 2 presenta los grupos de edades para el distrito de Bella Unión y para el Perú. La población agrupada de acuerdo a las edades proporciona una información valiosa sobre la dinámica poblacional, así el 43% de la población está conformada por adultos jóvenes, adultos y adultos mayores (INEI, 2008); a pesar de que la población menor a 30 años en el año 2007 (57,1%) presentó una caída a comparación del año 1993 (58,2%).

Salud

La salud tiene un rol muy importante en el capital humano, debido a que es necesario para el desarrollo de las capacidades productivas de la población. La Tabla 3 muestra la infraestructura en salud para Bella Unión, la provincia de Caravelí y para el país en su conjunto en el año 2014.

El distrito de Bella Unión posee 1 puesto de salud y no tiene hospitales ni centros de salud, existiendo cinco mil novecientos setenta y siete habitantes por puesto de salud. Este número es superior al número de habitantes por provincia de Caravelí (2 344) y a nivel nacional (4 278). Es decir, el distrito posee un número menor de puestos de salud por persona que el promedio nacional.

Vivienda

El acceso a servicios básicos de la vivienda posibilita un incremento del bienestar de las personas y la menor exposición a enfermedades que son consecuencia de no poseer acceso a una red básica de saneamiento. La Tabla 4 indica el porcentaje de viviendas según su forma de acceso al agua en el distrito de Bella Unión y en la provincia de Caravelí.

Tabla 3: Infraestructura en salud del distrito de Bella Unión y la provincia de Caravelí

Ámbito geográfico	Número de:			Habitantes por cada:		
	Hospitales	Centros de salud	Puestos de salud	Hospital	Centro de salud	Puesto de salud
Distrito de Bella Unión	0	0	1	0	0	5 977
Prov. de Caravelí	0	4	17	0	9 961	2 344
Perú	526	2 096	7 124	57 938	14 540	4 278

Fuente: Registro Nacional de Establecimientos de Salud (MINSA, 2014).

Tabla 4: Viviendas según forma de acceso al agua (en porcentajes).

Ámbito geográfico	RP en vivienda	RP fuera de vivienda	Pilón de uso público	Camión-cisterna	Pozo	Río o acequia	Vecino	Otro
Distrito de Bella Unión	6,7	2,1	1,8	4,1	9,0	75,5	0,5	0,3
Provincia de Caravelí	41,8	5,1	1,7	26,4	5,8	16,3	1,9	1,0

RP: "Red Pública". Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

Diagnóstico socioeconómico

En el distrito de Bella Unión, cerca del 11% de viviendas tienen acceso a la red pública de agua, dentro y fuera de la vivienda. El 89% restante accede al agua de otra forma (camión, cisterna, pozo, río o acequia, vecino, etc.).

Por otra parte, la proporción de viviendas que tienen acceso al agua por camión cisterna, pozos, ríos o acequias en la provincia de Caravelí es del 51%, cantidad inferior a lo correspondiente al distrito de Bella Unión (89%).

La Tabla 5 muestra el porcentaje de viviendas según su forma de acceso a algún servicio de desagüe.

En la provincia de Caravelí cerca del 28% de las viviendas tienen acceso a la red pública de desagüe, proporción que se incrementa a comparación del distrito de Bella Unión (5.1%).

Por otro lado, las viviendas que no están conectadas a los sistemas públicos de tratamientos de aguas residuales utilizan el pozo séptico, pozo ciego o negro, letrinas, río, acequia o canal. La población de la provincia de Caravelí presenta estos sistemas de desagüe (37%) en menor cantidad a comparación de Bella Unión (62%).

Tabla 5: Viviendas según servicio de desagüe (en porcentajes).

Ámbito geográfico	RP en vivienda	RP fuera de vivienda	Pozo séptico	Pozo ciego o negro / letrina	Río, acequia o canal	No tiene
Distrito de Bella Unión	4,5	0,6	15,3	44,2	2,4	33,1
Provincia de Caravelí	23,5	4,1	9,6	24,5	2,8	35,5

RP: "Red Pública". Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

Tabla 6: Viviendas según el material de construcción empleado en las paredes (en porcentajes)

Ámbito geográfico	Ladrillo o bloque de cemento	Adobe o tapia	Madera	Quincha	Estera	Piedra con barro	Piedra con cemento	Otro
Distrito de Bella Unión	50,5	22,1	2,9	13,3	9,0	0,3	0,2	1,5
Provincia de Caravelí	44,9	26,4	4,0	3,8	18,0	0,7	0,4	1,9

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

En la Tabla 6, se observa que el 45% de las paredes de las viviendas de la provincia de Caravelí están construidas de ladrillo o bloque de cemento, mientras que más del 26% de las viviendas están construidas con adobe o tapia.

Las viviendas en Bella Unión tienen como principal material de construcción en las paredes al ladrillo o bloque de cemento (51% del total de las viviendas). Además, la provincia de Caravelí presenta un porcentaje superior de viviendas construidas con esteras (18%) a comparación de Bella Unión (9%).

Según lo mostrado en la Tabla 7, el 35% de las viviendas en Bella Unión emplean en los pisos la tierra, porcentaje inferior al de la provincia de Caravelí (43%).

El piso de cemento ocupa el segundo lugar en preferencias de material empleado por los pobladores del distrito (63%) y en la provincia de Caravelí es utilizado por el 54% de las casas. El distrito de Bella Unión y la provincia de Caravelí muestran el casi nulo uso de parquet, madera o láminas asfálticas.

Tabla 7: Viviendas según el material de construcción empleado en los pisos (en porcentajes)

Ámbito geográfico	Tierra	Cemento	Losetas o terrazos	Parquet/ Madera pulida	Madera o entablados	Láminas asfálticas	Otro
Distrito de Bella Unión	35,0	62,8	1,2	0,2	0,0	0,2	0,5
Provincia de Caravelí	42,7	53,7	2,3	0,2	0,7	0,2	0,2

Fuente: Censo Nacional (INEI, 2007).

Referencias bibliográficas

Bernal, I. 2006. Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Tlaxcala - México. Tesis de Maestría, II-UNAM, México.

INEI, 1993. Sistema de consulta de datos del IX Censo Nacional de Población y IV Censo Nacional de Vivienda. [En línea] Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/censos1993/redatam/>

INEI, 2007. Sistema de consulta de datos del XI Censo Nacional de Población y VI Censo Nacional de Vivienda. [En línea] Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/redatam/>

INEI, 2008. Perfil Sociodemográfico del Perú. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática

INEI, 2013. Compendio Estadístico del Perú 2013. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

INEI, 2014. Población Perú 2000-2015. [En línea] Disponible en: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/poblacion/>

MINEDU, 2014. Estadística de la Calidad Educativa - ESCALE. [En línea] Disponible en: <http://escale.minedu.gob.pe/>

MINSALUD, 2014. Registro Nacional de Establecimientos de Salud y Servicios Médicos de Apoyo. [En línea] Disponible en: <http://app12.susalud.gob.pe:8080/views/ConsultaPorCodigoUnico.aspx>

UNESCO, 2011. Manual de Gestión del Riesgo de Desastre para Comunicadores Sociales, Lima: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.


Créditos

- *Entrevista especial - Lic. Luis Santos Chaparro.*
- *Diagnóstico socioeconómico - Eco. Digna Trujillo Saavedra.*



 <http://www.facebook.com/igp.peru>

 http://twitter.com/igp_peru

 https://www.youtube.com/c/igp_videos