

## 2.0 UBICACIÓN

La Provincia Constitucional del Callao se encuentra ubicada en la costa central del Perú, entre las coordenadas geográficas 11° 47' 50" y 12° 07' 30" de latitud sur, y 77° 04' 40" y 77° 11' 40" de longitud Oeste, incluyendo la zona insular.

Limita por el Norte, con los distritos de Santa Rosa y Ancón, por el Este con los distritos de Puente Piedra, San Martín de Porres, Cercado de Lima y San Miguel, y por el Sur y Oeste con el Océano Pacífico. Asimismo, se conforma política y administrativamente por seis distritos: Callao, Ventanilla, Carmen de la Legua Reynoso, Bellavista, La Perla y La Punta; con un área de 146.98 km<sup>2</sup>, según INEI.

Cuadro N° 2.1 Distrito/Superficie Provincia Constitucional del Callao

DISTRITOS	SUPERFICIE (Km <sup>2</sup> )
Callao (Cercado)	45.65
Bellavista	4.56
La Punta	0.75
La Perla	2.75
Carmen de la Legua-Reynoso	2.12
Ventanilla	73.52
Islas	17.63
<b>Total Provincia</b>	<b>146.98</b>

Fuente: Compendio Estadístico PCC, INEI 2007

## 2.1 METEOROLOGÍA

La mayoría de observatorios meteorológicos son controlados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y algunas por empresas eléctricas asociadas, que configuran una regular distribución de estaciones a nivel de la cuenca (1 800 m.s.n.m. hasta la divisoria) siendo en su mayoría pluviométricas. En la zona costera correspondiente a Lima y Callao está distribuido de manera inadecuada, tanto en la parte del río Rímac y Chillón.

Debido a la discontinuidad que presenta los periodos de registros en estaciones, el análisis estadístico se limita a algunos elementos meteorológicos, como:

### Precipitación pluvial

Las precipitaciones representan el exceso de vapor de agua en el aire, y que por medio de los procesos de condensación y sublimación son reunidos en pequeñas gotitas de agua, y que, al proseguir su crecimiento, alcanzan un peso tal que se separan de las nubes y "precipitan" a tierra, producto de la gravedad.

La precipitación pluvial en la Provincia Constitucional del Callao es escasa, presentando frecuentemente lloviznas, que suelen ser de larga duración, pero siempre es de poca densidad, no pasando de 1 mm por hora. En general, las lloviznas son precipitaciones uniformes, formadas sólo por gotas menores de 0,5 mm de diámetro, las que, debido a la pequeña velocidad de caída que tienen, parecen flotar en el aire, expuestas a ser arrastradas por el viento. La precipitación pluvial en la zona de estudio varía desde escasos milímetros (0.0 a 10 mm. promedios mensuales), característica de la costa árida y desértica. En la estación de verano, ocasionalmente es afectada por presencia de lluvias, como producto del paso de humedad de la vertiente oriental.

## **Temperatura**

La capa de inversión térmica juega indirectamente un papel importante en el comportamiento de las temperaturas extremas del aire en los distritos del Callao debido a la cobertura o manto nuboso del tipo estrato, que es más notorio en la estación de invierno con presencia de lloviznas persistente, así, en estos meses el espesor de la capa de inversión es mayor y, consecuentemente, la temperatura máxima no supera los 20°C en la mayoría de los distritos, contrariamente ocurre en el verano, donde predominan los cielos despejados y las temperaturas máximas sobrepasan los 24°C.

La temperatura es el elemento meteorológico más ligado en sus variaciones al factor latitudinal. En el caso de la Provincia Constitucional del Callao, presenta características de tipo semi-cálido.

La temperatura promedio anual presenta valores comprendidos entre 18,75°C y 19,75°C (Mapa N° 2.1.1). Los valores mínimos están cercanos al litoral y cubre parte de los distritos de La Punta, La Perla, Bellavista y Callao zona Sur (antes del río Rímac) y van en aumento a medida que nos acercamos a la zona Este en Carmen de la Legua – Reynoso, finalmente en la zona Norte del Callao en Ventanilla hasta cubrir el máximo.

Dentro de la escala de clasificación climática desarrollada por el método de Thornthwaite (SENAMHI, 1988), esta zona costera es catalogada como una ciudad árida con deficiencia de lluvias en todas las estaciones, clima semi-cálido y condiciones moderadas de humedad.

La distribución normal de las temperaturas máxima y mínima del aire (febrero) presenta un comportamiento espacial, donde alcanza un promedio máximo en verano de 25°C hasta 29°C (Mapa N° 2.1.2.a; 2.1.2.b), es decir los valores mínimos de este promedio están en los distritos de La Punta, La Perla, Bellavista y Callao Sur y los demás distritos cubren la otra zona con una variación de 1°C adicional, es decir Callao Norte y Ventanilla.

Los distritos de La Punta y parte del Callao Norte llegan presentan una Temperatura máxima promedio (°C) en invierno (julio, agosto) de 19.5°C (Mapa N° 2.1.3.a); los distritos de Ventanilla, La Perla, Bellavista, Carmen de la Legua - Reynoso, y parte del Callao Sur llegan a una temperatura de 18°C estos son meses representativos de la estación de invierno. Asimismo los mínimos en este mismo periodo de invierno se aprecian que la temperatura llega a valores mayores de 15°C, en los distritos de La Perla, Bellavista, Carmen de la Legua - Reynoso, Callao y la zona Sur de Ventanilla y los valores menores a 14 °C están cubriendo los distritos de La Punta y la zona Norte de Ventanilla. (Mapa N° 2.1.3.b),

### **c. Humedad Relativa**

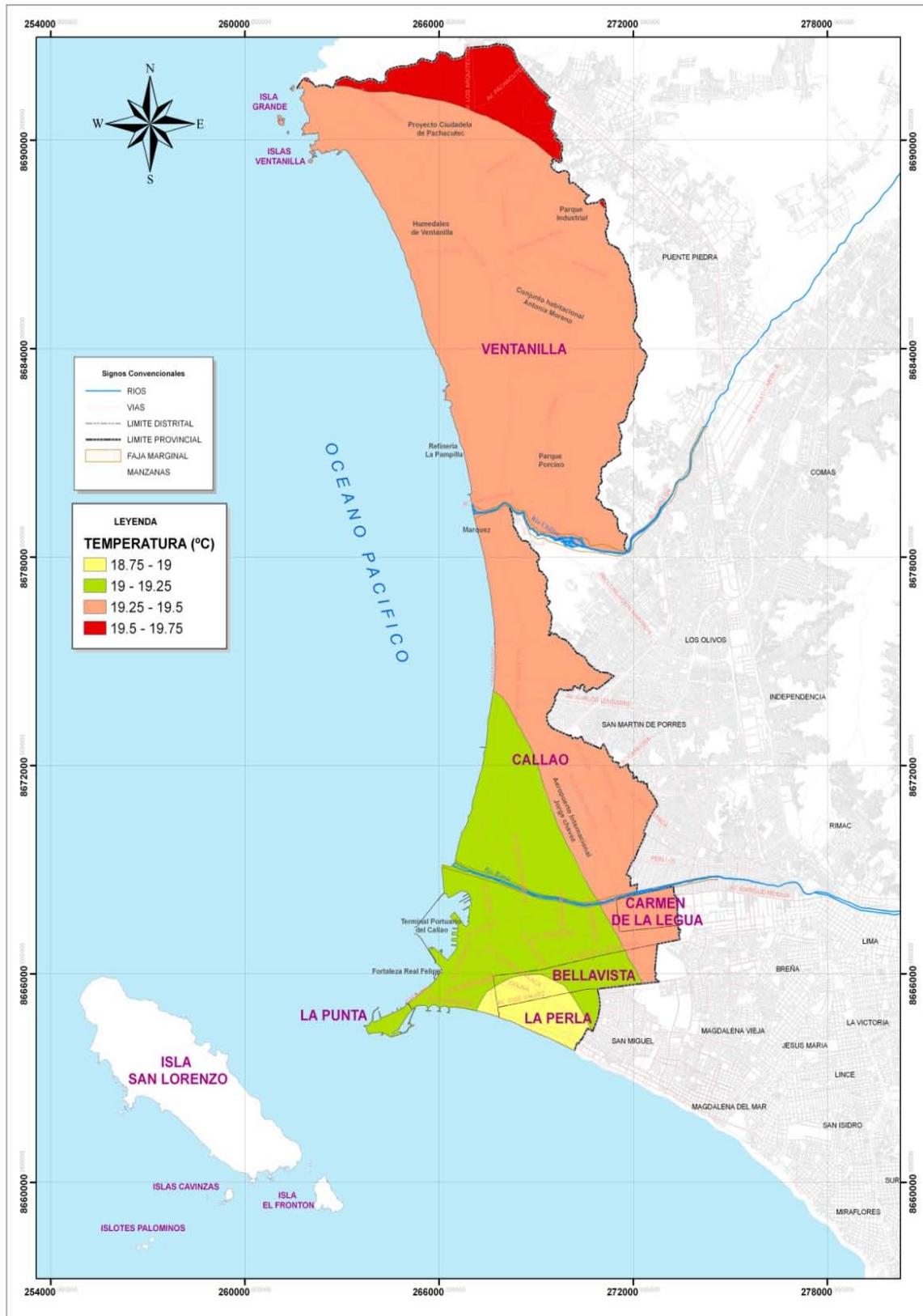
La cantidad de vapor de agua que hay en el aire en cierto momento determina el grado de humedad que tiene el aire; éste puede ser expresado a través de términos como humedad absoluta, humedad específica, punto de rocío, presión que ejerce el vapor de agua y humedad relativa.

El vapor de agua de la atmósfera está casi siempre concentrado en las capas bajas de la tropósfera y normalmente, alrededor del 50 % del contenido total se encuentra por debajo de los 2 000 metros

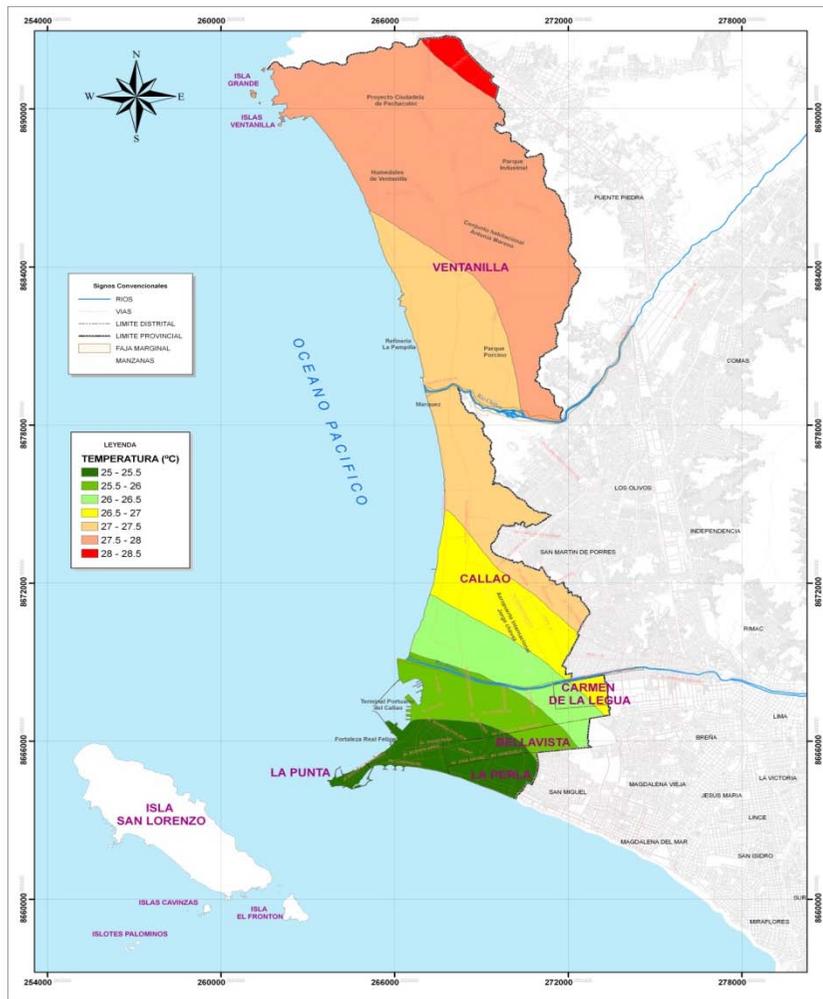
Se puede mencionar que la humedad relativa, en términos generales, es mayor en el área litoral de La Punta (90%) que en el sector del parque porcino (Pampa de los Perros) los cuales oscila entre los valores de 85% y 86% y por la zona de lomadas (Pachacútec) con una aproximado de 87%.

Las estaciones cercanas al litoral ofrecen registros con el más alto porcentaje de humedad y al mismo tiempo muy pequeña oscilación tanto en su valor promedio anual como en sus valores máximos y mínimos extremos; pero a medida que se avanza tierra adentro, si bien el promedio se hace más bajo, todos los valores sufren mayor oscilación.

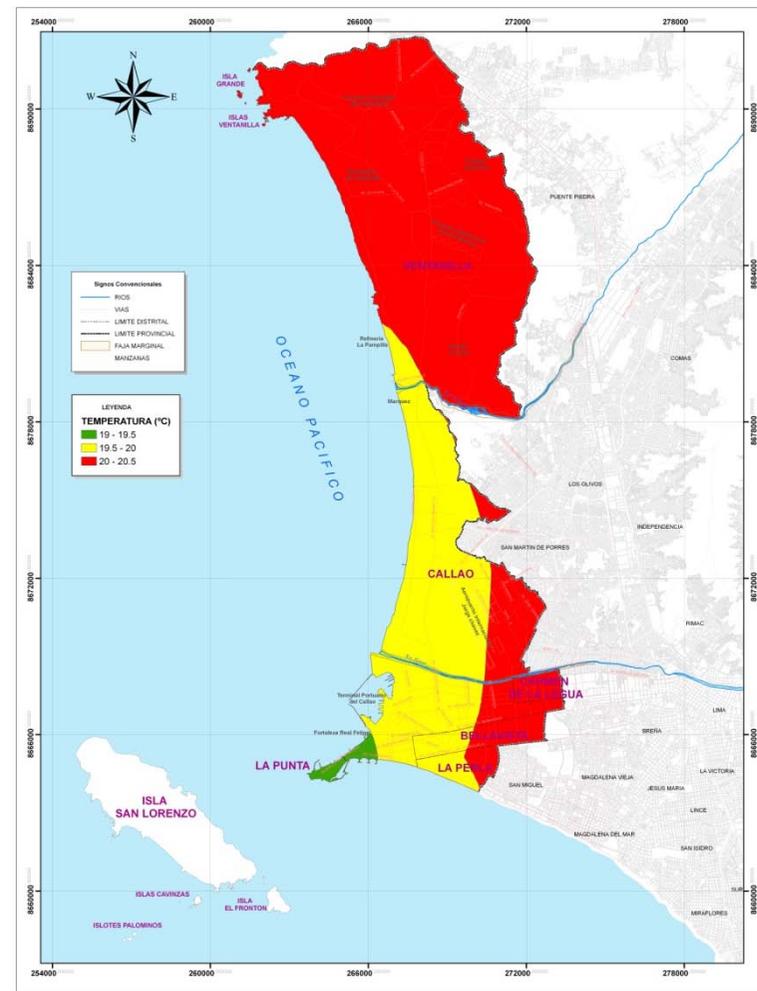
MAPA Nº 2.1.1 TEMPERATURAS PROMEDIO ANUAL



ACTUALIZACION DE LA MICROZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO 2011

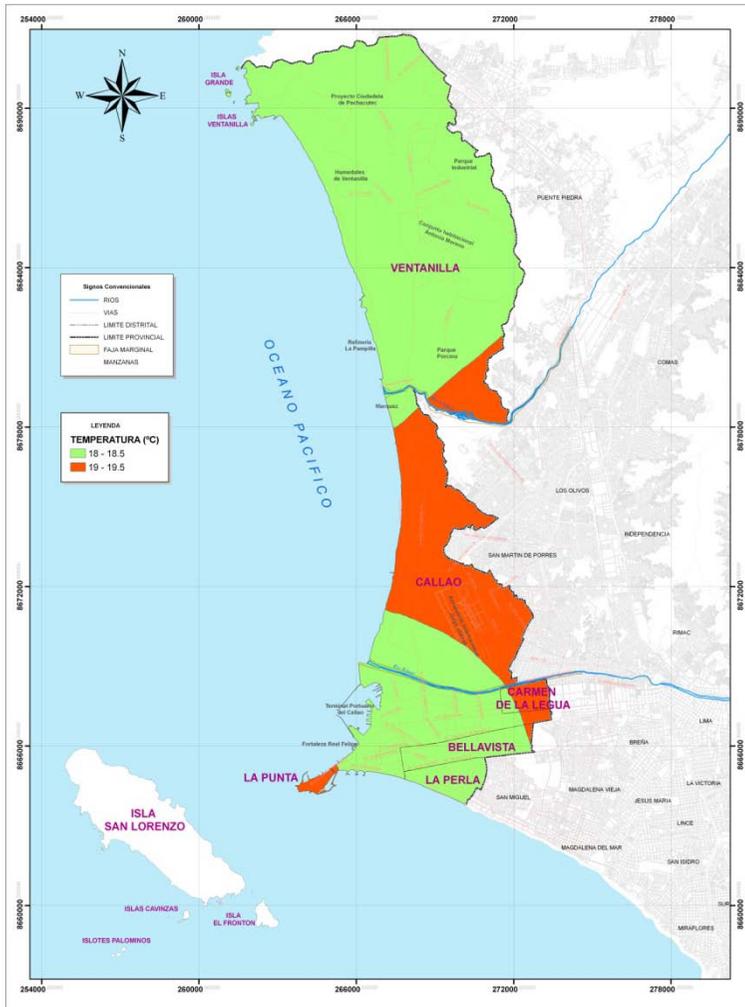


Mapa N° 2.1.2.a Temperaturas Máximas en Verano

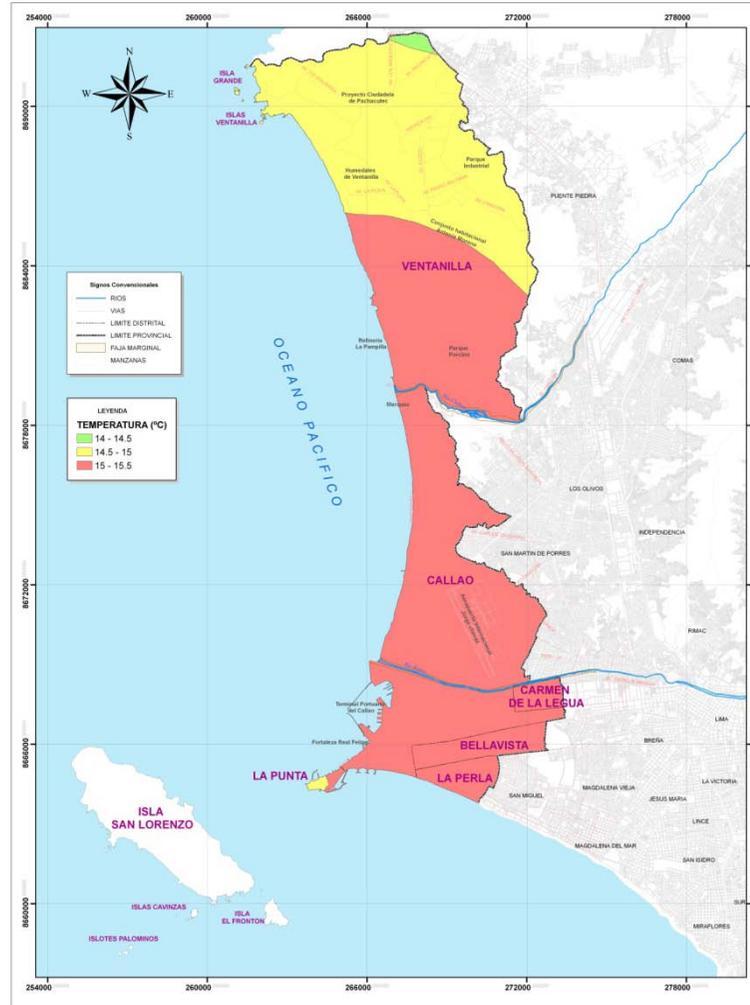


Mapa 2.1.2.b Temperaturas Mínimas en Verano

ACTUALIZACION DE LA MICROZONIFICACION ECOLOGICA ECONOMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO 2011



Mapa N° 2.1.3.a Temperaturas Máximas en Invierno



Mapa N° 2.1.3.b Temperaturas Mínimas en Invierno

## **Radiación Solar**

El término radiación se aplica al cuerpo que radia, mientras que el término irradiación al objeto expuesto a la radiación.

De acuerdo al análisis de la distribución espacial y temporal de la irradiación solar, nos permite conocer las zonas potenciales para el aprovechamiento energético, a partir del cual se optimiza el diseño y dimensionamiento de los equipos que utilizan esta fuente de energía renovable y no contaminante, tales como paneles solares, calentadores.

Para la Provincia Constitucional del Callao, el mayor potencial de energía solar se encuentra hacia el Este, con valores promedios entre 5,5 a 5,6 Kw h/m<sup>2</sup>; incrementándose hacia las cuencas medias y altas de los ríos Chillón, Rímac hasta 6,0 Kw h/m<sup>2</sup>.

## **Vientos**

El viento es aire en movimiento y como tal tiene dirección y velocidad, ejerciendo además presión sobre todo obstáculo que se le opone. Este movimiento, raras veces es ordenado, "laminar"; es más bien desordenado, "turbulento", acompañado de fuertes oscilaciones, tanto en dirección como fuerza.

En el sector del litoral de la Provincia Constitucional del Callao, los vientos alisios son de sur y suroeste, la tendencia del viento medio anual fluye desde las zonas costeras hacia el interior del continente, direccionándose hacia los valles que conforman las cuencas de los ríos Chillón y Rímac; con velocidades de viento medio de 2 a 4 m/s y direcciones de componente S y SW principalmente. En las mañanas se presentan calmas que desfavorecen la dispersión de los gases y vapores en la zona de inversión térmica.

En la parte norte del distrito de Ventanilla (Pachacútec) ocurren vientos muy fuertes y persistentes con velocidades que generan campos de dunas activas, transportando la arena de playas hasta las laderas y cimas de los cerros. Por ello que los vientos son variables de estado de movimiento del aire y es causado por las diferencias de presiones existentes al producirse desiguales densidades, como producto del calentamiento de las diversas zonas de la tierra y de la atmósfera.

## **Nubosidad**

En el Litoral del Callao, la ocurrencia de la nubosidad está vinculada estrechamente con el proceso de inversión térmica que tiene lugar en la costa y que contribuye a saturar de humedad la atmósfera en invierno, esto se aprecia con mayor frecuencia en la zona norte del Callao, en el distrito de Ventanilla (Pachacútec) debido a su cercanía a las playas llegando a una altitud de las zonas de lomas sobre los 480 metros.

## **Evaporación**

La evaporación está en estrecha relación con la temperatura, pues de la intensidad de esta última depende la mayor o menor radiación calórica del suelo, la cual se manifiesta a través de la gasificación (evaporación) de la humedad retenida.

## **2.2 HIDROGRAFÍA**

El área metropolitana conformada por las provincias de Lima y Callao, es considerada como una sola desde el punto de vista de aguas superficiales, ya que ambos forman parte de las cuencas de los ríos Chillón y Rímac, y las actividades que se desarrollan río arriba repercuten en el territorio del Callao.

La temporalidad de los ríos Chillón y Rímac hace que solo en la estación de verano presenten caudales mayores, en los otros meses los ríos están totalmente secos debido principalmente al uso de agua en su recorrido.

## **Aguas superficiales**

Es escasa la disponibilidad superficial de agua, existe una distribución temporal e irregular frente a la continua y creciente necesidad del agua, no solo para el uso de la población del Callao, si no para los usos de actividades agrícolas, energéticas e industriales, etc.

La extensión total de la Provincia Constitucional del Callao, abarca en gran medida la parte final de los valles del río Rímac y Chillón, y si consideramos desde el punto de vista hidrológico ello compromete a las dos cuencas en su totalidad. Los usuarios directos y principales de estos ríos incluyendo las aguas subterráneas son la población del Callao y sus distritos.

El río Chillón y el río Rímac constituyen importantes fuentes de recursos hídricos que abastecen a la Provincia Constitucional del Callao; sin embargo también constituyen fuentes de contaminación marina del litoral del Callao, tanto por el tipo de carga orgánica, inorgánica y microbiana que arrastran sus aguas.

Los análisis de aguas superficiales se basan principalmente en la distribución de caudales en las cuencas de estudio regidas por el año hidrológico. El año hidrológico se inicia el 1 de septiembre de cada año y culmina el 31 de agosto del siguiente año. En este ciclo hidrológico de 12 meses, los mayores caudales se presentan generalmente entre diciembre y abril, debido al aporte de precipitaciones estacionales. Entre mayo a noviembre el río Rímac recibe los aportes del sistema regulado, es decir, las aguas almacenadas por un conjunto de 19 lagunas, el embalse de Yuracmayo y el agua disponible del río Chillón, para el suministro de agua potable a la población de Callao y Lima.

Como aguas superficiales, también se incluyen a los afloramientos que se presentan en la zona del Callao, específicamente en la zona de Taboada, así como, de la zona de los humedales de Ventanilla (Norte del Callao).

## **Aguas Subterráneas**

Esta agua constituye para el Callao, un recurso indispensable para abastecer a la población, industria, agricultura, etc. La calidad del agua subterránea depende en gran medida de la constitución geológica de la cuenca hidrológica y la composición litológica del acuífero.

Las aguas subterráneas de la Provincia Constitucional del Callao, proviene básicamente de los ríos Chillón y Rímac. La zona de Puerto Nuevo, la Base Naval como el distrito de La Punta presentan una napa freática alta de aproximadamente 5 metros (Mapa N° 2.2.1). Las afloraciones más representativas se aprecian en la zona de la Taboadita, cercano al lugar de Sarita Colonia. En los distritos restantes la profundidad varía entre 5 y 50 m.

El acuífero de Lima está conformado por los acuíferos de los valles Rímac y Chillón. El flujo de la napa del Chillón sigue la dirección Noreste – Suroeste y, el flujo de la napa del Rímac, va de Este a Oeste. Ambos se unen a la altura del Aeropuerto Jorge Chávez y siguen luego una dirección Este – Oeste, hacia el mar.

El reservorio acuífero de Lima está constituido por depósitos aluviales del cuaternario reciente de los valles del Rímac y Chillón. Estos depósitos están representados por cantos rodados, gravas, arenas y arcillas, los cuales se encuentran intercalados en estratos y/o mezclados entre sí.

Con referencia a los valles, el acuífero tiene un ancho variable, cuyos sectores más estrechos corresponden a las partes altas, aguas arriba de Vitarte en el Rímac y de Punchauca en el Chillón. En estas ubicaciones los depósitos aluviales tienen anchuras aproximadas de 1,5 km. El sector más amplio se encuentra en la parte baja, donde se unen los depósitos del Rímac con los del Chillón y llegan a tener 27 Km. en la sección de salida del flujo subterráneo al mar.

Para los acuíferos del Rímac y del Chillón, las principales fuentes de alimentación de la napa son las filtraciones que se producen a través del lecho de los ríos Rímac y Chillón, las subcorrientes subterráneas provenientes de las partes altas, los canales y áreas que aún se



## 2.3 GEOLOGÍA

La Provincia Constitucional del Callao comprende parte baja de las Cuencas de los ríos Rímac y Chillón, y se extiende hacia la parte norte alcanzando la micro cuenca de Ventanilla.

La geología, geomorfología y los procesos naturales de agentes externos, son los indicadores físicos que han controlado la evolución de la actual configuración física de la Provincia Constitucional del Callao, estos indicadores en algunos casos han representado una limitación y en otros una condición para el desarrollo de la actividad antrópica.

### 2.3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La Geología Regional, comprende la distribución de los materiales terrestres y estructuras asociadas que ocurren fuera del ámbito del área de estudio: Cuenca del Chillón y Rímac.

La cartografía geológica elaborada por el INGEMMET y publicada en los cuadrángulos de los Boletines N° 26 y 43, 36 y 77, describe la geología regional del territorio de la parte centro y norte del Departamento de Lima, donde las rocas más antiguas están representadas por rocas sedimentarias de edad cretáceo medio, con un fuerte magmatismo y vulcanismo que culminaron con la formación de las rocas ígneas en esta parte de la corteza.

#### Materiales terrestres: material de cobertura y roca de basamento

La roca de basamento, constituido de rocas ígneas y sedimentarias, y depósitos sedimentarios que corresponden a los materiales de cobertura, tiene edades del Mesozoico y Cenozoico, y que se presentan en los Cuadros N° 2.3.1.1; 2.3.1.2

Cuadro N° 2.3.1.1 Distribución de los materiales terrestres; Cuenca del río Chillón

CUENCA	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
ALTA	<p><b>Depósitos:</b> aluvial (Qp-al), fluvio-glaciario (Qp-fg), glaciario (Qp-g)</p> <p><b>Rocas ígneas Volcánicas:</b> Volcánico Calipuy (Kti-vca), Volcánico Colqui (Ti-co), Gpo Rímac (Ti-ri), Volcánico Millotingo (Ts-m), Volcánico Huarochiri (Ts-hu)</p> <p><b>Rocas ígneas plutónicas:</b> Superunidad Santa Rosa: Tonalita-Granodiorita (Ks-tgd-sr), Granito (Ks-g-sr), Superunidad Paccho: Tonalita-Diorita (Ks-tdi-pa), Superunidad Patap: Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt)</p> <p><b>Rocas ígneas hipabisales:</b> Andesita (Ts-a)</p> <p><b>Rocas Volcánicas sedimentarias:</b> Fm Yangas (Ki-y), Fm Arahua (J-ar)</p> <p><b>Rocas sedimentarias no clásticas:</b> Fm Jumasha (Ks-j), Fm Pariatambo (Ki.pt), Fm Chulec (Ki.ch)</p>
MEDIA	<p><b>Depósitos:</b> Aluvial (Qp-al)</p> <p><b>Rocas ígneas plutónicas:</b> Superunidad Santa Rosa: Tonalita-diorita (Ks-tdi-sr), Tonalita-Granodiorita (Ks-tgad-sr), Granito (K-g-sr), Superunidad Paccho: Tonalita-Diorita (Ks-tdi-pa), Superunidad Patap: Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt), Dolerita (Ksm-do)</p> <p><b>Rocas ígneas hipabisales:</b> Andesita (Ks-a)</p> <p><b>Roca ígnea Volcánica:</b> Volcánico Quilmana (Kms-q)</p> <p><b>Roca Volcánica sedimentaria:</b> Fm Yangas (Ki-y), Fm Huarangal (Kim-h)</p> <p><b>Roca sedimentaria clástica:</b> Fm Pamplona (Ki-pa)</p> <p><b>Roca sedimentaria no clástica:</b> Fm Atocongo (Ki-at)</p>
BAJA	<p><b>Depósitos:</b> Aluvial (Qr-al), Aluvial (Qp-al), Eólico (Qr-e), Marino (Qr-m)</p> <p><b>Roca ígnea plutónica:</b> Superunidad Santa Rosa: Granodiorita (Ks-gd-sr), Tonalita-Diorita (Ks-tdi-sr), Superunidad Patap: Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt)</p> <p><b>Roca Volcánica Sedimentaria:</b> Fm Cerro Blanco (Ki-cb), Fm Ventanilla (Ki-v), Volcánico Santa Rosa (JsKi-vsr), Volcánico Ancón (Ki-va), Fm. Puente Inga (Ki-pi)</p> <p><b>Roca ígnea Volcánica:</b> Volcánico Quilmaná (Kms-q)</p> <p><b>Roca Sedimentaria clástica:</b> Fm Pamplona (Ki-pa)</p> <p><b>Roca Sedimentaria no clástica:</b> Fm Atocongo (Ki-at)</p>

Fuente: Boletín N° 26, 36, 43 y 77 –INGEMMET,MZEE - 2008

Cuadro N° 2.3.1.2 Distribución de los materiales terrestres en la Cuenca del río Rímac

CUENCA	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
ALTA	<p><b>Depósitos:</b> fluvio-glaciares (Q-fg), glaciares (Q-g)</p> <p><b>Roca ígnea volcánica:</b> Fm Carlos Francisco (Tim-cf), Volcánico Millotingo (Tm-m), Fm Bellavista-Río Blanco (Tim-bvrb)</p> <p><b>Roca ígnea plutónica:</b> Diorita (T-di), Tonalita (T-to), Mozonita-Granodiorita (T-mz/gd).</p> <p><b>Roca ígnea hipabisal:</b> Andesita (T-an), Riodacita (T-rda),</p> <p><b>Rocas volcánico sedimentaria clástica:</b> Fm Casapalca (KTi-c)</p> <p><b>Rocas sedimentarias no clásticas:</b> Fm Jumasha (Ks-j)</p>
MEDIA	<p><b>Depósitos:</b> Aluvial (Q-al), Aluvial (Qp-al), Fluvio-glaciares (Q-fg), glaciáricos (Q-g)</p> <p><b>Roca ígnea plutónica:</b> Monzonita/Granodiorita, (T-mz/gd), Diorita (T-di), Tonalita-Granodiorita (T-to/gd), Superunidad Santa Rosa: Tonalita-Granodiorita (Ks-tgd-sr) Tonalita-Diorita ((Ks-tdi-sr)</p> <p>Superunidad Paccho: Tonalita-Diorita (Ks-tdi-pa)</p> <p>Superunidad Patap: Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pa),</p> <p><b>Roca ígnea hipabisal:</b> Riodacita (T-rda), Traquiandesita (T-ta), Andesita (T-an), Andesita (K-an), Dolerita (Kms-do)</p> <p><b>Roca ígnea Volcánica:</b> Volcánico Millotingo (Tm-m), Grupo Rímac (Tim-r), Fm Carlos Francisco (Tim-cf), Volcánico Colqui (Tim-cq), Volcánico Pacococha (Ts-p), Fm Huarochirí (Ts-hu), Volcánico Colqui (Ti-co), Volcánico Quilmaná (Kms-q)</p> <p><b>Roca Volcánica sedimentaria:</b> Fm Arahua (J-ar), Fm Yangas (Ki-y), Grupo Casma (K-ca), Volcánico Huarangal (Kim-h)</p> <p><b>Roca sedimentaria clástica:</b> Fm Chimú (Ki-chim),</p> <p><b>Roca sedimentaria no clástica:</b> Fm Jumasha (Ks-j), Fm Pariatambo (Ki-pa), Fm Santa Carhuaz (Ki-saca)</p>
BAJA	<p><b>Depósitos:</b> Aluvial (Qr-al), Aluvial (Qp-al), Marino (Qr-m), Marino (Qp-m), Eólico (Qr-e), Depósito antropogénico.</p> <p><b>Roca ígnea plutónica:</b> Superunidad Santa Rosa: Tonalita-Diorita (Ks-tdi-sr), Tonalita-Granodiorita (Ks-tgd-sr), Adamelita (Ks-ad-sr), Granodiorita-Granito (Ks-gdg-sr)</p> <p>Superunidad Patap: Gabro-Diorita (Ks-gbdi-pt),</p> <p><b>Roca ígnea Volcánica:</b> Volcánico Quilmaná (Kms-q)</p> <p><b>Roca Sedimentaria clástica:</b> Fm Pamplona (Ki-pa), Fm Marcavilca (Ki-m), Fm Herradura (Ki-h) Fm Ventanilla (Ki-v)</p> <p><b>Roca Sedimentaria no clástica:</b> Fm Atocongo (Ki-at)</p>

Fuente: Boletín N° 26, 36, 43 y 77 -INGEMMET

Elaboración: Equipo Técnico de la ZEE y POT de la Región Callao- 2008

## Cuenca del Río Chillón

### Parte Alta

Los materiales de cobertura están constituidos por los depósitos de origen aluvial y glacial, los cuales ocupan espacios menores. Los depósitos aluviales se ubican en la parte baja de los cauces y los conos aluviales constituidos de gravas y finos con cierta uniformidad y orden de distribución de los granos, mientras los depósitos glaciáricos presentan granos con angulosidad, y ocupan relieves con pendientes y áreas de lagunas glaciares.

Generalmente los depósitos que ocupan relieves con pendiente se exponen a condiciones inestables por la acción de la gravedad y de las aguas superficiales. Mientras los depósitos de origen glacial tienden a presentar un cambio en las propiedades físico mecánicas causados por el congelamiento y descongelamiento de los depósitos.

Las rocas de basamento están constituidas por rocas de origen ígneo y sedimentario, donde tienen una mayor distribución las rocas ígneas plutónicas seguidas por las rocas volcánicas ambas de composición intermedia. En las rocas ígneas plutónicas los silicatos como las

plagioclasas, ortosa, biotita y horblenda son susceptibles a la acción química de las aguas resultando en la formación de los suelos residuales.

Mientras en las rocas volcánicas se presentan en secuencias de lavas y materiales piroclásticos (tobas), estos últimos expuestos a la acción de las aguas y los glaciares dan como resultado suelos granulares con finos cuyas propiedades del suelo están influenciados por los constituyentes, y ocupan los relieves con pendiente.

Los productos de la alteración y desintegración de las rocas ígneas van conformando gruesos suelos residuales que por la influencia de la gravedad y las aguas de precipitación pluvial, son integrados a los depósitos transportados ocupando las partes bajas.

Otro grupo de las rocas de basamento son las rocas volcánicas sedimentarias y la sedimentaria no clástica que ocupan los sectores bajos de esta parte de la Cuenca. Los primeros están constituidos por andesitas intercaladas de limolitas y lutitas que presentan silicatos con algunos sulfuros de hierro (Pirita), la cual es susceptible a la descomposición química, y los otros constituidos de carbonatos susceptible a la descomposición química dando como resultado suelos residuales constituidos por materiales finos.

### **Parte Media**

Los materiales de cobertura están conformados por depósitos aluviales y ocupan la parte baja de la cuenca configurando el cauce y los conos aluviales, los cuales están constituidos por un conjunto de granos de diferente tamaño (gruesos y finos) que proceden de los fragmentos de rocas ígneas. Tienen una cierta uniformidad, conforman los conos aluviales y presentan una disposición desordenada en una mezcla de gruesos y finos.

La roca de basamento está conformada por rocas ígneas y sedimentarias, siendo mayor la distribución de las rocas ígneas. Las rocas ígneas se presentan como plutónica, volcánica, hipabisal y volcánico sedimentario; la primera ocurre en la forma de Batolito y son de composición intermedia donde la alteración de los feldespatos produce los suelos residuales que cubren los afloramientos rocosos, algunos de los cuales han alcanzado grandes espesores y conforman los depósitos coluviales, los cuales están sometidos a la fuerte influencia de la gravedad.

La roca volcánica sedimentaria y volcánica ocupan espacios mayores en los sectores inferior y medio de esta parte de la cuenca, se presentan a manera de extensos mantos discontinuos como resultado de la acción de los procesos naturales, están constituidos de granos finos de feldespatos con cristales de pirita y cierta carga de óxido de hierro. Las deformaciones terrestres y el violento enfriamiento durante la formación de las rocas han desarrollado fracturas que mantienen una disposición desordenada. En estas condiciones las rocas se desprenden y son ganados por la gravedad para alcanzar e incrementar la carga de los suelos residuales y los depósitos coluviales.

Las rocas sedimentarias se distribuyen en los sectores bajos de esta parte de la cuenca, ocupan menores espacios, constituidos de calizas y limolitas. Las fracturas en las rocas facilitan la descomposición química de las mismas produciendo suelos residuales de granulometría fina.

### **Parte Baja**

Los materiales de cobertura ocupan mayores extensiones y están constituidos por depósitos marinos, eólicos y aluviales, donde los depósitos marinos y eólicos se distribuyen en la zona de litoral alcanzando las elevaciones de baja altura como en los sectores de Pachacútec y Zapallal. Están constituidos por granos de arena media a gruesa, y mantienen condiciones inestables por la escasa consistencia, y en otros por el contenido de sales, y la influencia de la saturación acuosa como en las cercanías del borde litoral.

Los materiales de cobertura conformados por depósitos aluviales ocupan la parte baja de la cuenca configurando el cauce, las planicies y los conos aluviales; los cuales están constituidos

por un conjunto de granos gruesos y finos con predominio de finos, tienen una cierta uniformidad y homogeneidad.

La roca de basamento corresponde a la roca ígnea y sedimentaria. La roca ígnea se presenta como cuerpo plutónico conformando la estructura ígnea llamada Batolito de la Costa constituida de rocas de composición intermedia como granodiorita y tonalita y en menor proporción diorita y gabro, la composición mineralógica y el fracturamiento de las rocas favorecen la susceptibilidad de las rocas a los procesos de meteorización formando suelos residuales. Estos suelos ocupan las laderas de los cerros y por la gravedad han alcanzado la parte baja incrementando los depósitos aluviales.

Otra roca ígnea está representada por la secuencia de rocas volcánico sedimentaria, conformando elevaciones bajas y los primeros niveles del flanco occidental de la Cordillera de los Andes. Presentan una amplia distribución en el ámbito de la Provincia Constitucional del Callao, constituida de andesita intercalada con sedimentos como limolita y lutita fuertemente oxidadas por el contenido de Hierro.

La roca sedimentaria representada por areniscas, limolitas y calizas, conformando las vertientes de los cerros, la presencia de una cobertura de suelos finos es indicador de la influencia del proceso de meteorización que se encuentran sometidas estas rocas.

## **Cuenca del Río Rímac**

### **Parte Alta**

Los materiales de cobertura están constituidos por los depósitos de origen glaciar y aluvial, los primeros tienen una mayor distribución ocupando la parte baja de la quebrada, el valle y las áreas de las lagunas y los segundos se ubican la parte baja del valle.

Los depósitos glaciares conforman gruesos depósitos constituidos de gravas y finos de forma angulosa y de origen volcánico y sedimentario no clástico, el intenso humedecimiento de estos materiales y la modificación de su relieve por la acción natural y la antrópica tiende a generar problemas de remoción en masa como se observa en los alrededores del sector Casapalca. Los depósitos aluviales están representados por finos mezclados con grava se caracterizan por una distribución uniforme de los clastos con formas redondeadas y subredondeadas por la influencia de la acción de los glaciares.

Generalmente los depósitos que ocupan relieves con pendiente se exponen a condiciones inestables por la acción de la gravedad, las aguas superficiales y la acción antrópica (trazo de la Carretera Central, pastoreo y la actividad minera). Asimismo, los depósitos tienden a presentar un cambio en las propiedades físico mecánicas causados por el congelamiento y descongelamiento.

Las rocas de basamento están constituidas por rocas de origen ígneo y sedimentario, donde tienen una mayor distribución las rocas ígneas volcánicas de composición intermedia. Las rocas ígneas volcánicas se presentan en mantos de andesitas y dacitas constituidos por silicatos como la biotita y hornablenda susceptibles a la acción química de las aguas. Además, se presentan secuencias de piroclásticos (tobas) expuestos a la acción de las aguas y los glaciares aportando a la conformación de los suelos granulares con finos cuyas propiedades del suelo están influenciados por los constituyentes finos.

Los productos de la destrucción de las rocas ígneas conformando los suelos residuales que por la influencia de la gravedad y las aguas de precipitación pluvial son integrados a los depósitos glaciares y aluviales los cuales ocupan la parte baja de la quebrada y el valle.

Otro grupo de las rocas de basamento es la roca sedimentaria clástica ocupan los sectores altos de esta parte de la Cuenca, constituidos por arenisca intercaladas de limolitas que se caracterizan por la coloración rojiza de los afloramientos de roca. El contenido de granos finos y grueso provenientes de ambientes de intensa oxidación, los cuales la hacen susceptibles a la acción de las aguas superficiales y la influencia de la gravedad que pueden condicionar los procesos de remoción en masa.

## **Parte Media**

Los materiales de cobertura están conformados por depósito aluvial los que se distribuyen en la parte baja de la cuenca configurando el valle y los conos aluviales. Están constituidos por arcillas, limos y gravas cuyos fragmentos de diferente tamaño y proceden de la fragmentación y desintegración de las rocas ígneas, estos depósitos conforman las pequeñas planicies y conos aluviales. Los procesos naturales como la erosión de suelo y de ribera influyen en este depósito mediante el cambio en la forma del relieve. Existe una intensa carga de depósitos (depósitos coluviales) que cubre las laderas de los cerros constituidos por grava gruesa con limos, sometidos a la influencia de la gravedad y la erosión de suelo.

La roca de basamento está conformada por rocas ígnea y sedimentaria, con mayor la distribución en el caso de las rocas ígneas. Las rocas ígneas se presentan como plutónica, volcánica e hipabisal; la roca plutónica ocurre en la forma de Batolito y son de composición intermedia donde la alteración de la roca produce suelos residuales que cubren los afloramientos rocosos, algunos de los cuales han incrementado la carga de los depósitos coluviales, En esta situación se genera las condiciones para los procesos de remoción en masa. La roca volcánica se presenta a manera de mantos de lava y tefra

La roca volcánica se distribuye ampliamente ocupando los niveles superiores de la cuenca, se presenta a manera de extensos mantos de lava y tefra discontinuos como resultado de la acción de los procesos naturales. Está constituido de andesitas y tobas volcánicas que se encuentran alteradas y descompuestas formando los suelos residuales. Asimismo, las deformaciones terrestres y el violento enfriamiento durante la formación de las rocas han desarrollado fracturas que mantienen una disposición desordenada. En estas condiciones las rocas se desprenden y son ganados por la gravedad para alcanzar e incrementar la carga de los suelos residuales y los depósitos coluviales.

La roca sedimentaria presenta una distribución irregular y ocupa los menores espacios en los niveles altos y medios de los sectores de Matucana y San Mateo y está constituido de areniscas, limolitas y calizas. Las fracturas en estas rocas facilitan la descomposición química de las mismas produciendo suelos residuales de granulometría fina, que por la acción del agua y la gravedad se integran a los depósitos coluviales y aluviales.

## **Parte Baja**

Los materiales de cobertura ocupan mayores extensiones y están representados por depósitos marinos, eólicos y aluviales. Los depósitos marinos y eólicos se distribuyen en la zona de litoral, están constituidos por granos de arena media a gruesa, y mantienen condiciones inestables por la escasa consistencia, y por el contenido de sales.

El depósito aluvial configura el cauce, la planicie aluvial y los conos aluviales; los cuales están constituidos por arcillas, limos y gravas con predominio de arcillas y limos, tienen cierta uniformidad y homogeneidad en el depósito.

La roca de basamento está representado por rocas ígneas (plutónicas y volcánicas) y sedimentarias, las rocas ígneas se presenta como grandes cuerpos plutónicos constituidos por granodiorita, tonalita y dioritas y conformando las elevaciones que bordean la ciudad de Lima. Dichas rocas presentan fracturas, las cuales son sectores donde los procesos de meteorización se intensifican produciendo los suelos residuales.

La roca volcánica se distribuye en mayor proporción en la margen derecha ocupando los relieves altos, está constituido por andesitas fracturadas algo alteradas formando los suelos residuales.

La roca sedimentaria como areniscas, limolitas, lutitas y calizas, se presentan deformadas y recortadas por fracturas y fallas, el proceso de meteorización origina el suelo que cubre los afloramientos rocosos y la actividad antrópica produce un ligero cambio del relieve.

En general, los materiales de cobertura como los depósitos aluviales constituidos por arcillas y limos se encuentran ocupados por la población que conforma la ciudad de Lima. Los afloramientos de roca que rodean la ciudad de Lima están constituidos por rocas ígneas plutónicas y sedimentarias, cuyas alteraciones y estado de fracturamiento son aprovechados para la ocupación de la población.

## **2.3.2 GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO**

### **Historia Geológica**

La historia geológica del área refleja los acontecimientos más importantes de la orogenia andina en el centro del país, la cual está ligada a la evolución del geosinclinal andino. Se considera que durante casi todo el Mesozoico la región habría constituido parte del geosinclinal andino; que por ese entonces era un fondo marino, en el que se acumulaban gruesas capas de sedimentos intercalados con emisiones volcánicas submarinas. El inicio de la orogenia andina, a finales del Cretácico, eleva a posiciones continentales los volúmenes volcánicos sedimentarios mesozoicos. Paralelamente, y hasta períodos del Terciario, ocurrió la intrusión del gigantesco batolito costanero.

La cuenca baja de los ríos que cruzan el área, está asentada sobre rocas de origen ígneo y sedimentario, cuyas edades corresponden al Jurásico y Cretáceo Inferior. En este periodo de tiempo ocurrieron intensas actividades volcánicas, con levantamientos y hundimientos sucesivos del nivel del mar, dando lugar a la deposición de cuerpos lávicos con intercalaciones de lutitas y calizas; producto de dicha actividad resultaron las formaciones Santa Rosa, Puente Inga, Ventanilla, Cerro blanco, entre otros. Consecutivamente, en un ambiente de mar profundo, se depositaron sedimentos calcáreos que dieron origen a las formaciones Marcavilca, Pamplona y Atocongo.

Durante el Cretáceo superior, se inicia el levantamiento de la Cordillera Occidental de los Andes, acompañado de intensa actividad magmática y volcánica, que deformó las secuencias rocosas, formando la estructura conocida como el "anticlinal de Lima"

La secuencia de los eventos antes referidos, tuvo influencia drástica e irreversible sobre la fisiografía, clima y desarrollo de la flora y fauna, que generó la inversión de la corriente de los ríos de oeste a este, (desde los andes hacia el Atlántico, formación de los valles en el flanco occidental, entre ellas las de Lurín, Rímac y Chillón.

A fines del Terciario, al retirarse los mares, emergen las áreas continentales, que constituyeron los primitivos suelos de Lima. Durante el Cuaternario, el retiro de los mares y el aporte de sedimentos por los principales ríos, favorecieron a la formación de las terrazas aluviales sobre la cual se funda la ciudad de Lima.

En tiempos se observa una etapa de aparente equilibrio entre los procesos erosivos y acumulativos.

### **Estratigrafía**

Las características lito-estratigráficas de las rocas y sedimentos que enmarcan el área de estudio, se describe a continuación, siguiendo el orden del más antiguo al más reciente.

#### **Formación Ventanilla (Ki-v):**

Litológicamente, está constituido por limonitas y arcillas abigarradas (illita), sobresaliendo los matices blanquecinos, parcialmente pigmentados por oxidaciones limolíticas. Son blandas al tacto y muy fosilíferas, se intercalan con limolitas y areniscas limosas de color gris beige finamente estratificados. Estos sedimentos intemperizan en terrenos de relieves, dando suelos de color blanco amarillento. Consiste en derrames y brechas volcánicas, con intercalaciones de lutitas tobáceas, limolitas y areniscas.

**Formación Cerro Blanco (Ki-cb):**

Se halla constituido por una secuencia sedimentaria volcánica que se presenta en horizontes medios a gruesos bien estratificados; consiste de areniscas, capas de chert y algunos horizontes calcáreos que se intercalan con andesitas afaníticas

**Formación Herradura (Ki-h):**

Descansa concordante sobre la formación Salto del Fraile e infrayace igualmente concordante a la formación Marcavilca. En el valle del Chillón por las observaciones realizadas en la quebrada afluente denominada Gangay, se supone que la parte inferior de esta formación debe encontrarse en contacto transicional, directamente sobre la formación Cerro Blanco pues en ésta se observan niveles sedimentarios de facies similares a los de la formación Herradura de la localidad de típica. Esta formación es una unidad incompetente dentro del grupo Morro Solar debido a su litología arcillosa, viéndose esto favorecido por su contenido de sales como yeso y cloruro de sodio, probablemente como producto de fenómenos diagenéticos en un medio salino

**Formación Marcavilca (Ki-m):**

Esta Formación sobreyace a la Formación Herradura y subyace a la Formación Pamplona, está constituida por areniscas cuarcíticas de grano fino a medio con algunas intercalaciones de lutitas. Sus afloramientos se encuentran en el Morro Solar en Chorrillos el cual se prolonga hasta el Valle del Río Chillón.

**Depósitos Cuaternarios:**

En la zona urbana de Lima-Callao, los depósitos cuaternarios presentan amplia propagación en superficie, presentando diferencias en su origen, edad, composición y espesor; por lo general su espesor tiene grandes variaciones de un sector a otro, en la zona precordillerana está limitado a espesores menores a 1m, mientras que en la zona de planicies costeras y conos deyectivos los espesores varían entre 20 y más de 200 m. Entre estos depósitos se tienen:

**Depósitos marinos (Qp-m):**

Conformado por bolonería y gravas gruesas inconsolidadas envueltas en matriz mayormente arenosa y cementada por horizontes salinos (comúnmente denominado caliche). Estos depósitos fueron acumulados durante el pleistoceno en contacto con la formación Pisco, sin embargo el levantamiento rápido que tuvo en esta época la cordillera de la costa, favoreció la estabilización de estos depósitos conformado grandes planicies cubiertas superficialmente por depósitos eólicos discontinuos.

**Depósitos aluviales (Qp-al):**

Están constituidos por cantos rodados y gravas heterométricas, con matriz areno-limoso. Ocupan el cauce actual de los ríos y terrazas anegadizas; también la zona de planicies costeras y antiguos conos deyectivos sobre la que se emplaza la gran Lima.

**Depósitos eólicos (Qp-e):**

Son acumulaciones de arena fina que se encuentran emplazados en diversos sectores de la costa. Por acción del viento han sido trasladados hasta la zona geomorfológica denominada Lomas y Colinas. Por ejemplo, existen grandes acumulaciones en los sectores de Ventanilla. El espesor de estos depósitos es variable, se pueden apreciar capas de arena eólica intercaladas con limos, con espesores mayores a 3 m, pero que pueden alcanzar espesores superiores a los 30 m.; generalmente son de consistencia suelta. Por acción de los movimientos sísmicos son proclives a la licuefacción, generando asentamientos en la superficie del suelo, debido a ello son poco favorables para la cimentación.

**Depósitos marinos (Qr-m):**

Son fajas angostas de arenas de playas recientes, comprendidas entre los niveles de baja y alta marea o limitados por cordones litorales, que en algunos sectores constituyen varios escalones de terrazas de 2, 4 y 8 m de altura. Estos depósitos son fuente permanente de aporte de arenas para las numerosas dunas barján en movimiento y los mantos arenosos.

### Depósitos aluviales (Qr-al):

Son depósitos modernos elongados constituidos por un conglomerado inconsolidado de matriz limo-arenosa, siendo frecuente observar la ocurrencia de capas lenticulares de arcillas. Conforman los lechos y conos de deyección de ríos y quebradas.

### Depósitos eólicos (Qr-e):

Se encuentran constituidos por arenas eólicas de grano fino a medio, que ocurren como mantos de arenas de grosor variable o como pequeños barjanes en movimiento con dirección predominante NE; en ciertas zonas las arenas han quedado estabilizadas por la acción de la humedad y crecimiento de vegetación. Son de depósito reciente.

### Depósitos Tecnógenos:

Se denomina así a las áreas cubiertas con obras civiles y urbanas contemporáneas. La mayor parte de la zona de planicies costeras y de conos de deyección se encuentran cubiertas por construcciones tecnógenas.

### Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas se hallan representadas por un conjunto de intrusiones del Batolito de la Costa, cuyas clasificaciones petrológicas varían desde granitos, monzonitas, granodioritas, dioritas a gabros; estas intrusiones ocurren en forma de cadenas de cerros prominentes de relieve abrupto, generalmente desprovistos de cobertura detrítica gruesa, salvo al pie de las vertientes. Presentan un moderado a alto grado de fisuramiento, así como una alteración intempérica superficial moderada a intensa, que produce su desintegración gradual, pero también presentan gran dureza cuando se hallan "frescas". En los taludes son estables, pero en ocasiones son proclives a la formación de bloques; la caída de estos fragmentos forma acumulaciones de coluvios en las bases y laderas de los cerros.

Principalmente consiste en una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas formadas en un ambiente marino durante el Mesozoico Medio. La alteración y desintegración de las rocas produce sedimentos y son acumulados por los agentes de erosión (río Chillón y Rímac) y forman los materiales de cobertura.

Los materiales terrestres en la Provincia Constitucional del Callao presentan particularidades en la distribución y tipos de materiales, las cuales ha permitido tratarlas en unidades homogéneas, como se presenta en el Cuadro N° 2.3.2.1.

**CUADRO N° 2.3.2.1. DISTRIBUCIÓN DE LOS MATERIALES TERRESTRES EN LA REGIÓN CALLAO**

UNIDADES HOMOGÉNEAS	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS
INTERCUENCA VENTANILLA:	<b>Material de cobertura:</b> Depósito marino antiguo y reciente (Qp-m y Qr-m), eólico (Qr-e), Depósito aluvial (Qr-al) <b>Roca de basamento:</b> Volcánico Ancón (Ki-va), Fm Ventanilla (Ki-v), Fm Cerro Blanco (Ki.cb), Fm Puente Inga (Ki-pi)
SECTOR DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN	<b>Material de cobertura:</b> Depósito marino (Qr-m), Depósitos aluviales antiguos (Qp-al), Depósito antropogénico (Qr-an) <b>Roca de basamento:</b> Fm Ventanilla (Ki-v), Fm Cerro Blanco (Ki.cb), Fm Puente Inga (Ki-pi)
SECTOR DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO RIMAC	<b>Material de cobertura:</b> Depósitos aluviales antiguos y recientes (Qp-al, Qr-al), Depósito marino (Qr-m), Depósito antropogénico (Qr-an)
ISLAS: SAN LORENZO, EL FRONTÓN, CABINZAS Y PALOMINOS	<b>Material de cobertura:</b> Depósitos eólicos (Qr-e), Depósito marino (Qr-m) <b>Roca de basamento:</b> Fm Herradura (Ki-h), Fm Marcavilca (Ki-m)

Fuente: MZEE de la Región Callao - 2008

### Intercuenca Ventanilla

Comprende desde el límite Norte hasta la parte alta de la subcuenca Pampilla en el sector norte de la Provincia Constitucional del Callao, donde los materiales terrestres comprenden el material de cobertura y la roca de basamento, como se presenta en el Cuadro N° 2.3.2.2:

**CUADRO N° 2.3.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS MATERIALES TERRESTRES EN LA INTER CUENCA VENTANILLA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO**

UNIDADES HOMOGENEAS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
INTERCUENCA VENTANILLA: MICROCUENCA ANTONIA MORENO DE CÁCERES, SECTOR PACHACUTEC	<b>Material de cobertura:</b> Depósito marino antiguo y reciente (Qp-m y Qr-m), eólico (Qr-e), Depósito coluvio aluvial (Qr-coal) <b>Roca de basamento:</b> Volcánico Ancón (Ki-va), Fm Ventanilla (Ki-v), Fm Cerro Blanco (Ki.cb), Fm Puente Inga (Ki-pi)

Fuente: MZEE de la Región Callao - 2008

### Material de Cobertura

Consiste en los depósitos marinos conformados por arena media y fina y escasamente limos, y son cubiertos raramente por grava y residuos sólidos, los cuales son acarreados y depositados por el agua de mar en el constante acercamiento al continente. Por la disposición, consistencia y distribución estos materiales han sido separados como depósitos antiguos y recientes. Así, los depósitos recientes están conformando las playas, mientras los antiguos los cordones y la antigua laguna litoral (Humedales de Ventanilla).

En el sector Norte (Pachacútec) y alcanzando los niveles bajos de laderas de los Cerros Señal Piedras Gordas, Orara y Grande existe una intensa acumulación de arenas con presencia de costras de sales constituyendo los depósitos eólicos, los cuales son transportados por el viento.

Además, se presentan los depósitos coluvio aluviales (Depósitos aluviales denominados por el INGEMMET), en las partes bajas de las elevaciones y de las microcuencas (Pampilla Pampa de los Perros, Antonia Moreno de Cáceres, Ventanilla, entre otras), gran parte de ellas están siendo ocupadas por la población y donde se realiza la actividad de la extracción de los materiales. Consiste en grava gruesa y fina donde los clastos mantienen una forma sub angulosa mezclados con finos, los cuales corresponden a materiales acarreados por el agua y la gravedad, escasamente mantienen una disposición ordenada de los constituyentes.

### Roca de Basamento

Principalmente consiste en rocas volcánica-sedimentaria y sedimentarias, ubicadas hacia el límite norte conformando los Cerros Señal Piedras Gordas, Orara y Grande (constituidos por brechas volcánicas y derrames andesíticas). En las elevaciones que limita la parte este de la Intercuenca Ventanilla conformando los Cerros Negro, Señal Cerro Chillón y Señal Vela, se presenta derrames andesíticos intercaladas con areniscas tobáceas y grawacas y algunos horizontes de lutitas fuertemente oxidados. Las fracturas de las rocas exponen condiciones para ser aprovechadas como agregados para las construcciones de los espigones.

Sólo en la parte Norte y en pequeños afloramientos de roca se presenta la roca sedimentaria constituida por arcillitas y limolitas de colores claros y fosilíferos, las que son aprovechadas como materiales para la artesanía.

### Sector de la parte baja de la cuenca del Río Chillón

Comprende el sector Centro de la Provincia Constitucional del Callao desde la parte alta de la subcuenca Pampilla hasta la confluencia con el río Rímac, donde los materiales terrestres comprenden el material de cobertura y la roca de basamento y como se presenta en el Cuadro N° 2.3.2.3:

**CUADRO N° 2.3.2.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS MATERIALES TERRESTRES EN EL SECTOR DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO**

UNIDADES HOMOGENEAS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
SECTOR DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN, MICROCUENCAS: LA PAMPILLA, PAMPA LOS PERROS	<b>Material de cobertura:</b> Depósito marino (Qr-m), Depósitos aluviales antiguos (Qp-al), Depósito antropogénico (Qr-an) <b>Roca de basamento:</b> Fm Ventanilla (Ki-v), Fm Cerro Blanco (Ki.-cb), Fm Puente Inga (Ki-pi)

Fuente: MZEE de la Region Callao - 2008

**Material de cobertura**

Se presenta los depósitos: marino, coluvio aluvial, aluvial y antropogénico, donde los marinos forman el sector de la playa constituido por arena media. En algunos sectores se observa alguna acumulación de grava gruesa con clastos de naturaleza ígnea y escasamente sedimentaria.

Otros, ocupando las partes bajas de las microcuencas Pampa de los Perros, la Pampilla y del Cerro Señal Cerro Oquendo; formados por la coalescencia de los pequeños conos aluviales y el arrastre de los materiales por el agua y el aporte de la gravedad que consisten en grava gruesa de forma sub angulosa a redondeada mezclados con arcilla, limo y arena con una disposición poco ordenada, constituyendo los depósitos coluvio aluviales.

El depósito aluvial formado por el arrastre y la acumulación del río Chillón ocupa la mayor extensión en esta parte de la Provincia Constitucional del Callao formando la planicie aluvial, llanura de inundación, y consisten en arcilla con limo y arena intercaladas con gravas gruesas con una disposición ordenada. En estos depósitos se han desarrollado la actividad agrícola, la extracción de arcilla para la fabricación del ladrillo y han sido ocupadas para uso de residencias.

Los depósitos antropogénicos están representados por la acumulación de los residuos sólidos que se realiza en el sector La Cucaracha en la localidad de Márquez.

**Roca de basamento**

Las elevaciones que se ubican al Este de esta unidad homogénea los Cerros Señal Vela, Señal Chillón y Señal Oquendo como el Cerro Negro, están diseñados en roca volcánica sedimentaria, la cual consiste en derrames volcánicos andesíticos, brechas piroclásticas bastante consistente, están fracturadas y poco alteradas, a la secuencia se intercalan areniscas tabáceas con areniscas, limolitas y lutitas bastantes alteradas por la influencia de la actividad volcánica submarina.

Ocupando las partes altas del Cerro Señal Vela, se presentan una secuencia de rocas sedimentarias (Fm Puente Inga, INGEMMET-1992), que consisten en arcillitas y limolitas de coloración clara fracturadas que las hacen bastantes deleznales y susceptibles a los procesos de desintegración rocosa.

**Sector de la parte baja de la cuenca del Río Rímac**

Comprende el sector Sur de la Provincia Constitucional del Callao desde la coalescencia con el río Chillón hasta el litoral Sur del Callao, presentan amplia distribución los materiales de cobertura como se observe en el Cuadro N° 2.3.2.4

### Material de Cobertura

A lo largo del borde litoral debido a la acción del agua de mar se han acumulado arena media y grava como en la Playa Cantolao, algunas veces con arcillas y gravas como resultado de la influencia y el aporte del río Rímac como en el sector de la confluencia con el río Chillón, todo lo cual van conformando los depósitos marinos.

**Cuadro N° 2.3.2.4 Distribución de los materiales terrestres del sector de la parte baja de la Cuenca del río Rímac en la Provincia Constitucional del Callao.**

UNIDADES HOMOGENEAS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
SECTOR DE LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC	<b>Material de cobertura:</b> Depósitos aluviales antiguos y recientes (Qp-al, Qr-al), Depósito marino (Qr-m), Depósito antropogénico (Qr- an)

Fuente: MZEE de la Region Callao - 2008

La amplia superficie moderadamente plana que se extiende hacia el Este está representada por los depósitos aluviales constituida por arcilla, limo que se intercala hacia la parte profunda con las gravas gruesas del conglomerado de Lima.

En el sector de La Playa Carpayo se ha ido configurado con la acumulación de desmontes y residuos sólidos como se observa en el sector de los Barracones. Asimismo, en los sectores de la margen derecha del río Rímac entre el litoral y la Av. Centenario se ha configurado un relieve como producto de la acumulación de desmontes, constituyendo en ambos casos los depósitos antropogénicos.

### Isla San Lorenzo, El Frontón, Cavinzas y Palominos

Corresponden a los macizos líticos insulares ubicados a 4 km aproximadamente al Oeste de la zona continental, conformados a partir de los materiales de cobertura y de la roca de basamento como se presenta en el Cuadro N° 2.3.2.5.

**Cuadro N° 2.3.2.5 Distribución de los materiales terrestres en los macizos líticos insulares en la Provincia Constitucional del Callao**

UNIDADES HOMOGENEAS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
ISLAS: SAN LORENZO, EL FRONTÓN, CAVINZAS Y PALOMINOS	<b>Material de cobertura:</b> Depósitos eólicos (Qr-e), Depósito marino (Qr-m) <b>Roca de basamento:</b> Fm Herradura (Ki-h), Fm Marcavilca (Ki- m), Ks-gd-sr

Fuente: MZEE de la Región Callao – 2008

### Material de Cobertura

En el borde occidental de la Isla San Lorenzo y ocupando franjas angostas y alargadas, las aguas de mar acumulan arena gruesa y media con algunos restos de conchas conformando los depósitos marinos siendo más limitado en el borde oriental.

En cambio en el frente occidental las corrientes de aire son intensas, lo cual produce el arrastre y la acumulación de arenas gruesas en amplias extensiones de los relieves ocupando mayor altitud para conformar los depósitos eólicos.

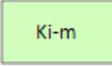
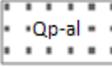
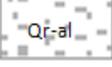
### Roca de Basamento

Las Islas San Lorenzo y El Frontón se han configurado en una secuencia de rocas sedimentarias clásticas, donde los niveles inferiores están constituidas de lutitas muy friables y fracturadas hacia la parte superior que consiste de una arenisca cuarzosa dura inclinadas al Oeste.

Se anota que esta secuencia sedimentaria se presenta también en el Cerro Morro Solar-Chorrillos.

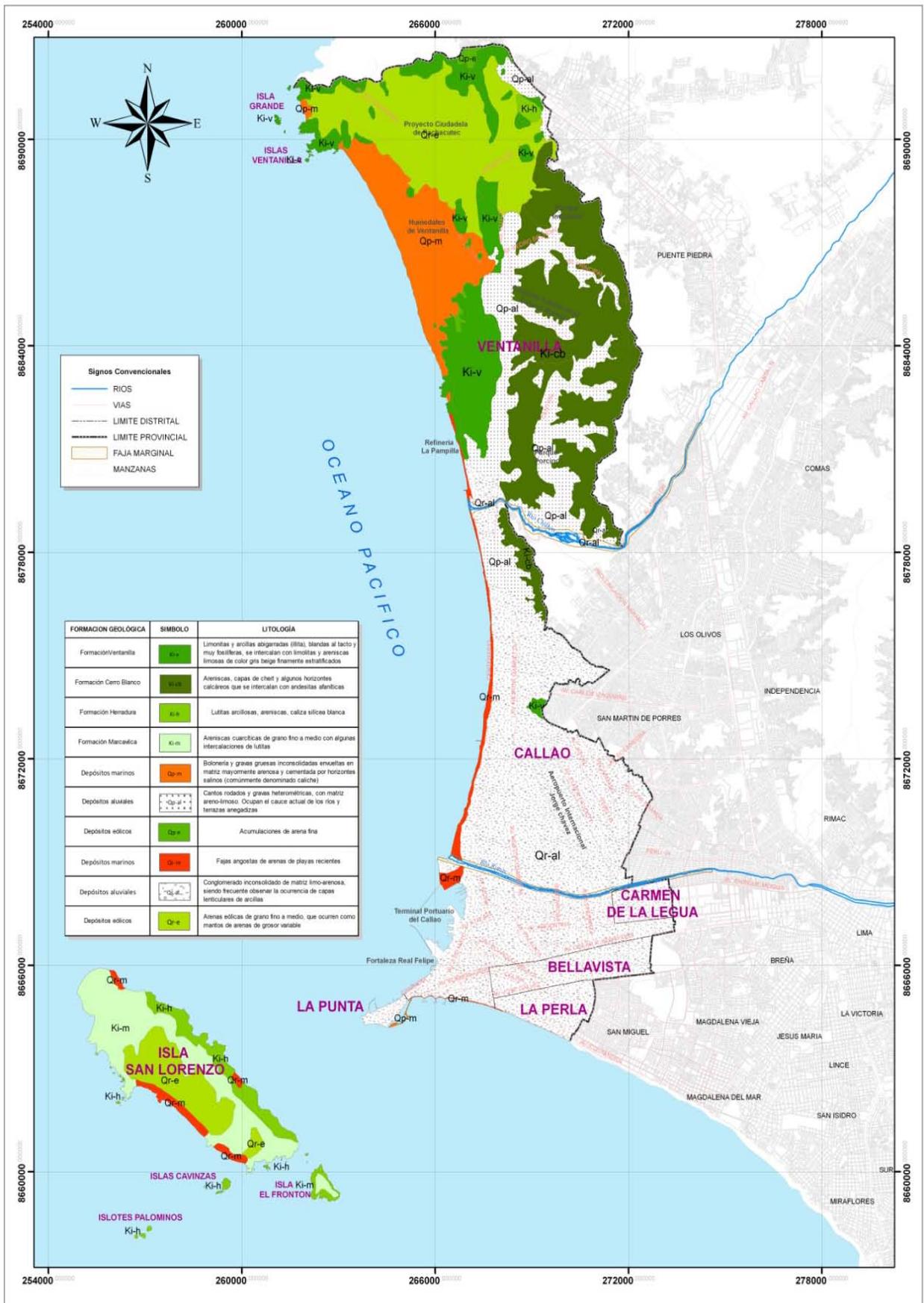
La Isla Cavinzas contiene roca ígnea de composición intermedia (granodiorita), susceptible al proceso de meteorización física y química.

**Cuadro N° 2.3.2.6 Formaciones Geológicas**

FORMACION GEOLÓGICA	SIMBOLO	LITOLOGÍA
Formación Ventanilla		Limonitas y arcillas abigarradas (illita), blandas al tacto y muy fosilíferas, se intercalan con limolitas y areniscas limosas de color gris beige finamente estratificados
Formación Cerro Blanco		Areniscas, capas de chert y algunos horizontes calcáreos que se intercalan con andesitas afaníticas
Formación Herradura		Lutitas arcillosas, areniscas, caliza silícea blanca
Formación Marcvilca		Areniscas cuarcíticas de grano fino a medio con algunas intercalaciones de lutitas
Depósitos marinos		Bolonería y gravas gruesas inconsolidadas envueltas en matriz mayormente arenosa y cementada por horizontes salinos (comúnmente denominado caliche)
Depósitos aluviales		Cantos rodados y gravas heterométricas, con matriz areno-limoso. Ocupan el cauce actual de los ríos y terrazas anegadizas
Depósitos eólicos		Acumulaciones de arena fina
Depósitos marinos		Fajas angostas de arenas de playas recientes
Depósitos aluviales		Conglomerado inconsolidado de matriz limo-arenosa, siendo frecuente observar la ocurrencia de capas lenticulares de arcillas
Depósitos eólicos		Arenas eólicas de grano fino a medio, que ocurren como mantos de arenas de grosor variable

Elaboración: Equipo Técnico MZEE - 2011

MAPA Nº 2.3.2.1. GEOLÓGICO



## **Geología Marina**

Según (INGEMMET 1,992), en el área de Lima, la estratigrafía distingue cuatro ciclos sedimentarios, que van desde el Jurásico hasta el Cretácico Superior. El ciclo sedimentario más antiguo evidenciado en el sector Norte y Nor-Este de Lima, corresponde a una facies volcánico-sedimentaria de edad Jurásico Cretácica, reconociéndose al este la Formación Arahua, y al Oeste al Grupo Puente Piedra.

Le sigue un ciclo eminentemente sedimentario clástico, de edad Neocomiano inferior y hacia la parte Oriental una facies volcánica denominada como Formación Yangas. El tercer ciclo deviene en el Neocomiano superior, con facies arcillo-calcárea representado por las formaciones Pamplona y Atocongo.

En el abanico deviene nuevamente un ciclo sedimentario-volcánico, volcanismo continuo hasta probablemente el Cenomaniano, éstas se ubican en el sector oriental del área.

Las unidades estratigráficas en la zona Costera están conformadas por: Grupo Puente Piedra (Volcánico Santa Rosa, Fm. Puente Inga, Fm. Ventanilla, Formación Cerro Blanco y Volcánico Ancón), Grupo Morro Solar (Fm. Salto del Frayle, Fm. Herradura, Fm. Marcavilca), Formación Pamplona, Formación Atocongo y Grupo Casma (Fm. Chilca y Volcánico Quilmaná).

Los depósitos marinos, a lo largo de la línea de costa, están compuestos por materiales clásticos, los cuales son llevados al mar como carga por los ríos y también como resultado de la acción erosiva de las olas y distribuidos por las corrientes marinas de deriva. Estos depósitos pueden ser antiguos (conformando las terrazas marinas y zonas de marismas) o recientes (acumulaciones de arena, limos y cantos distribuidos a lo largo del borde litoral como producto de la erosión); este último se extiende en forma de estrechas fajas de terreno (30–100 m.) localizadas en el sector litoral desde Ancón hasta Pucusana.

Los depósitos aluviales; están constituidos por materiales acarreados por los ríos que bajan de la vertiente occidental andina cortando las rocas terciarias, mesozoicas y los batolitos costeros, depositando una parte en el trayecto y gran parte a lo largo y ancho de sus abanicos aluviales. Los depósitos más antiguos, se encuentran formando los conos de deyección de los ríos Rímac y Lurín. La litología comprende conglomerados, conteniendo cantos, rocas intrusivas y volcánicas, gravas, arenas y en menor proporción limos y arcillas; los depósitos más recientes se restringen a ambas márgenes de los ríos Chillón, Rímac y Lurín.

Los depósitos eólicos; se encuentran emplazados en casi todas las proximidades de la costa, ingresando a diferentes distancias tierra adentro, siguiendo la topografía actual y la dirección preferencial del viento, en algunos casos hasta 13 Km., acumulándose sobre rocas in situ como en las llanuras aluviales.

Las acumulaciones eólicas más antiguas, se hallan estabilizadas conformando lomadas y cerros de arena (Lomo de Corvina, Tablada de Lurín); mientras que las recientes son arenas móviles, procedentes de diversas playas del litoral. En su movimiento adoptan diversas formas: mantos, dunas y barcanes los depósitos cuaternarios de origen marino, aluvial y eólico son considerados dentro de la estratificación.

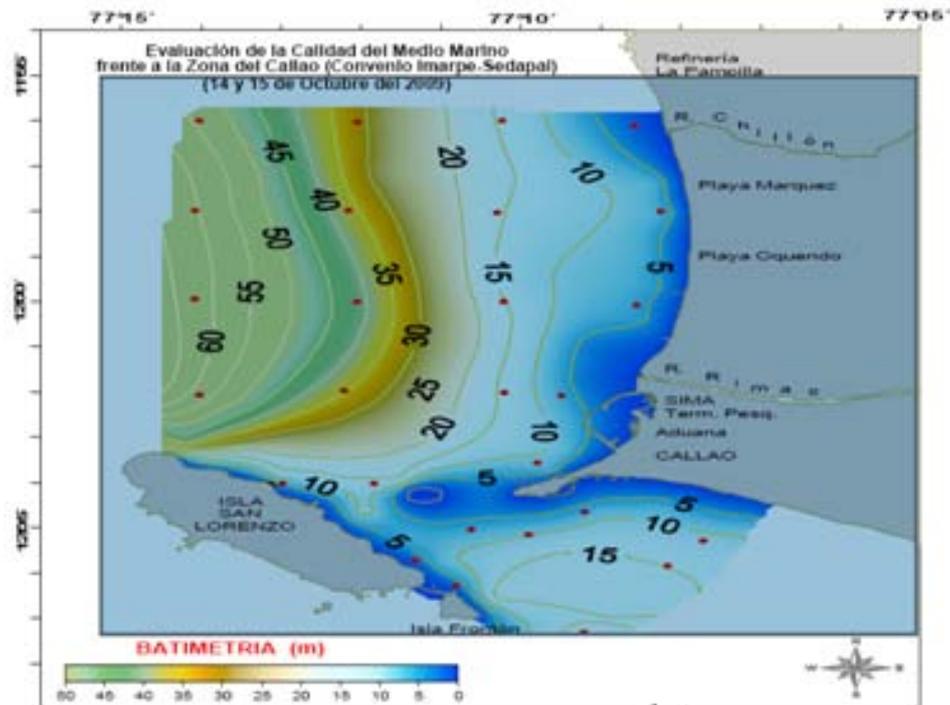
## **Sedimentos del fondo marino**

La caracterización del Fondo Marino Costero frente a la Bahía del Callao, presenta una clasificación textural del sedimento: Arena, Limo, Roca, Arena gravosa, Arena Limosa, Limo Arenoso y Organismos. El patrón textural del mar frente a Lima está determinado por la interacción de varios factores medio ambientales, peculiares de esta región, los cuales son causales en la formación de sedimentos arenosos o fangosos.

La batimetría de la bahía Callao se caracteriza por su pendiente moderada y regular profundidad (50 m) en el interior de la bahía. El área más profunda (>50 m) se encuentra por fuera de los 12 km aproximadamente.

Es notable la presencia de una zona muy somera (menor a 5 m) alrededor de toda la bahía, aprox. a 2 km, así como entre la zona de La Punta y La Isla San Lorenzo. Fuera de la bahía la pendiente se incrementa hacia el suroeste. En general las profundidades dentro de la bahía son menores a los 20 m de profundidad.

Grafico N° 2.3.2.1 Sondaje Batimétrico y vista tridimensional de la Bahía del Callao.



### Geomorfología Costera

La bahía del Callao es una bahía abierta, con perfil costero casi paralelo a los grados longitudinales. La gradiente del fondo submarino es algo uniforme. El fondo marino está compuesto principalmente de limo arcilloso y arcilla en las zonas más profundas y alejadas de la costa.

También se observa texturas arcillo limosas entre La Punta y la Rada interior del puerto, texturas de arena arcillosa frente a la desembocadura de los ríos Rímac y Chillón, siendo notable el aporte de material terrígeno en estas zonas. Frente a la Pampilla, Ventanilla y al SE del Banco el Camotal, los sedimentos son predominantemente arenosos. Según (INGEMMET 1,992), los rasgos geomorfológicos del área costera – marina del Callao son principalmente el resultado del proceso tectónico y plutónico, sobreimpuesto por los procesos de geodinámica que ha modelado el rasgo morfoestructural.

Entre las formas estructurales que han ocasionado el modelado, cabe mencionar el anticlinal de Lima y los bloques fallados como producto del dislocamiento regional, la erosión, la incisión por el drenaje (ríos Chillón, Rímac y Lurín) y la acumulación de arena eólica sobre grandes extensiones de terreno, dando la configuración actual del relieve.

Las unidades geomorfológicas que sobresalen son: Islas, Borde litoral, Planicies costaneras y conos deyección, Lomas y cerros testigos, y valles y quebradas.

### 2.3.3 TECTÓNICO REGIONAL

Comprende los elementos estructurales y el mecanismo de deformación que se desarrollo por la intensa deformación de los materiales terrestres debido a la Fase Tectónica Andina. En el Cuadro N° 3.4.3.1. Se presenta el Marco Tectónico Regional.

Cuadro N°2.3.3.1 Marco Tectónico Regional

ESTRUCTURAS TECTÓNICAS		
CUENCA	RÍO CHILLÓN	RÍO RÍMAC
ALTA	Lineamientos, Fallas, Fracturas, Pliegues	Falla, Pliegue: Anticlinal y Sinclinal
MEDIA	Lineamientos, Fracturas	Fractura, Falla, Lineamiento, Pliegues recortados por fractura fallas
BAJA	Fracturas, Fallas inversa (sobrescurrimiento), Homoclinal	Fracturas, Fallas

Fuente: MZEE de la Región Callao - 2008

#### a. Cuenca Río Chillón

En la Parte Alta de la cuenca las estructuras comprende: fracturas, fallas , lineamientos, y pliegues que se desarrollaron en materiales de origen sedimentario e ígneo volcánico, debido al enfriamiento del magma y la presión litostática, tiene una corrida de varios metros y han controlado el desarrollo de las geoformas regionales. Las estructuras de pliegues se presentan en las rocas sedimentarias y tienen una orientación andina Noroeste – Sureste debido a esfuerzos compresivos regionales. .

En la Parte Media se distribuye ampliamente rocas ígneas volcánicas y plutónicas, frágiles con escasa capacidad para deformarse, dichas rocas por el enfriamiento y el esfuerzo compresivo y de tensión responden mediante la generación de fracturas y lineamientos.

Los rasgos estructurales de las rocas de basamento han facilitado los procesos de meteorización química que afectan a los componentes mineralógicos de las rocas (feldespatos y ferromagnesianos), produciendo un cambio en las propiedades de las rocas y un incremento en la carga de los suelos residuales.

En la Parte Baja las estructuras como fallas y la inclinación regional (homoclinal) pueden ser una consecuencia del levantamiento de la estructura ígnea como es el Batolito de la Costa y la Fase de Deformación Andina. El cambio en la posición y la naturaleza de las rocas han facilitado los procesos de erosión y establecieron la actual configuración física.

#### b. Cuenca Río Rímac

En la Parte Alta de la cuenca afloran rocas ígneas sedimentarias clásticas y no clásticas, y rocas volcánicas lávicas y tefras, las rocas sedimentarias con capacidad para deformarse han desarrollado pliegues con una orientación andina las cuales se presentan como anticlinales y sinclinales, dichas estructuras han tenido poco desarrollo en las rocas volcánicas.

Las fallas con la misma orientación de los pliegues atraviesan las rocas volcánicas presentando una corrida de varios metros, las cuales han sido una consecuencia de esfuerzos compresivos y distensivos generados durante la Fase de Deformación Andina. Las fallas y pliegues son estructuras regionales que han influenciado en la configuración física del territorio y en el proceso de desintegración de las rocas.

En la Parte Media de la cuenca las rocas ígneas plutónicas por sus características de frágil y no tener la capacidad de formar pliegues, presentan fracturas y fallas generados por la Deformación Andina y el movimiento epirogénico, la desintegración y descomposición química de la roca de basamento se ha intensificado en las zonas de fracturas y fallas, generando suelos gruesos que se integran a los depósitos coluviales y aluviales. Asimismo, las rocas que se distribuyen en esta parte de la cuenca presentan pliegues recortados por las fallas

En la Parte Baja de la cuenca, las rocas ígneas plutónicas y volcánicas sedimentarias están atravesadas por fracturas y fallas que se originaron por el levantamiento de la corteza, el enfriamiento del magma y la deformación andina. Dichas estructuras de origen tectónico han controlado el desarrollo geomorfológico del área y están facilitando los procesos de desintegración de las rocas.

### 2.3.4 TECTÓNICO DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO

Comprende los elementos estructurales que se distribuyen en las Unidades homogéneas y que presentan en el Cuadro N° 2.3.4.1

Cuadro N° 2.3.4.1 Marco tectónico de la Provincia Constitucional del Callao

UNIDADES HOMOGENEAS	RASGOS ESTRUCTURALES
INTERCUENCA VENTANILLA	Fractura, Fallas, Homoclinal
SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN, MICROCUENCA: PAMPA LOS PERROS, LA PAMPILLA	Fractura, Falla, Homoclinal, Lineamiento
SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC	Fractura
ISLA SAN LORENZO Y OTRA ISLAS	Fractura, Falla, Homoclinal

Fuente: MZEE de la Región Callao - 2008

#### a. Intercuenca Ventanilla

Comprende los Cerros Señal Piedras Gordas y Señal Vela, Cerros Orara, Negro, constituidos por roca volcánica sedimentaria, que está atravesada por fracturas y lineamiento producidos por el enfriamiento del magma y los esfuerzos de la Deformación Andina.

Las fallas mantienen las orientaciones Noroeste – Sureste, Noreste – Suroeste y Norte – Sur, las cuales han controlado el desarrollo geomorfológico del área. Además a través de los rasgos estructurales se hace notorio el proceso de meteorización química de las rocas y en algunos lugares han facilitado la extracción de los materiales de cantera, como en Ventanilla Alta y en Cerro Cachito.

No se ha observado fallas que afectan los materiales de cobertura. Los macizos rocosos mantienen una inclinación regional (homoclinal) hacia el Suroeste producido por la Deformación Andina, la cual ha influido en la forma del relieve y en los procesos donde influye la gravedad como son los procesos de remoción en masa, como se observa en el Sector Pachacútec (Derrumbes de arena).

#### b. Sector de la Cuenca del Río Chillón, Microcuencas: Pampa Los Perros y La Pampilla

Los macizos rocosos que conforman los Cerros como Señal Cerro Chillón, Cerros Respiro, Cucaracha y El Perro están atravesados por fallas verticales algo inclinadas con una orientación Noreste – Suroeste. Las fallas con dirección Este – Oeste interrumpen otras

estructuras y controlan la forma del relieve como las microcuencas Antonia Moreno de Cáceres y Mi Perú.

La presencia de hasta dos familias de fracturas (subhorizontales y subverticales), están favoreciendo la caída y el desprendimiento de los fragmentos de roca, y a la vez la explotación de los materiales de cantera. Asimismo, no se ha registrado estructuras tectónicas en los materiales de cobertura.

#### c. Sector de la Cuenca del Río Rímac

No se ha registrado estructuras tectónicas (pliegues, fracturas y fallas) en los materiales de cobertura.

#### d. Islas San Lorenzo, Cavinzas, Los Palominos

El INGEMMET en el Cuadrángulo de Lima reporta estructuras tectónicas (falla de orientación Noroeste – Sureste) que recortan la prolongación del macizo rocoso del Cerro Morro Solar, y que al ser proyectadas hacia el Norte coincide con alguna estructura que levanto y puso en posición actual las Islas San Lorenzo, Cabinza y Los Palominos (en la Isla San Lorenzo la secuencia de rocas sedimentarias son las que se distribuyen en el Morro Solar) En esta parte se tienen el mismo estilo estructural del Cerro Morro

Solar, donde los estratos de las rocas sedimentarias mantienen ligeros cambios en la posición debido a la falla que la atraviesan y en los trazos se ha generado zonas de debilidad y de intenso proceso de meteorización química (oxidación e hidroclastía). Las fracturas atraviesan las rocas y facilitan la separación de bloques de roca en forma individual.

## 2.4 GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS GEODINÁMICOS

### 2.4.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

3 En el escenario regional se delinear una configuración física que comprende geoformas, las cuales se desarrollaron en materiales terrestres bajo la influencia de los procesos naturales, las que se presentan en los Cuadro N° 2.4.1.1, y Mapa 2.4.1.1

**Cuadro N° 2.4.1.1: Unidades Geomórficas y Procesos Naturales Regionales**

UNIDADES GEOMORFICAS	PROCESOS NATURALES	MATERIALES TERRESTRES
CUENCA	Movimiento epirogénico, Erosión de las aguas superficiales, Erosión glaciar, Procesos de remoción en masa	Materiales de cobertura: Depósitos glaciares aluviales, coluviales, eólicos, marinos Roca de basamento: Roca ígnea plutónica, Roca ígnea volcánica, Roca volcánica sedimentaria, Roca sedimentaria clástica y no clástica
SUPERFICIE ANDINA	Movimiento epirogénico, Erosión glaciar	Materiales de cobertura: Depósitos glaciares Roca de basamento: Roca ígnea volcánica, Roca sedimentaria no clástica
FLANCO DISECTADO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL	Movimiento epirogénico y tectónico	Materiales de cobertura: Depósitos glaciares aluviales, coluviales Roca de basamento: Roca ígnea plutónica, Roca ígnea volcánica, Roca volcánica sedimentaria, Roca sedimentaria clástica y no clástica
PAMPAS COSTANERAS	Erosión de las aguas superficiales, Erosión marina y Erosión eólica	Materiales de cobertura: Depósitos aluviales, coluviales, eólicos, marinos Roca de basamento: Roca ígnea plutónica, Roca ígnea volcánica, Roca volcánica sedimentaria, Roca sedimentaria clástica y no clástica
COLINAS y CONOS ALUVIALES	Erosión de las aguas superficiales, Erosión eólica y Proceso de remoción en masa	Materiales de cobertura: Depósitos aluviales, coluviales Roca de basamento: Roca ígnea plutónica, Roca ígnea volcánica, Roca volcánica sedimentaria, Roca sedimentaria clástica y no clástica
BORDE LITORAL	Movimiento epirogénico Erosión marina	Materiales de cobertura: Depósitos aluviales, eólicos, marinos Roca de basamento: Roca volcánica sedimentaria, Roca sedimentaria clástica

Fuente: MZEE de la Región Callao - 2008

## UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Esta sección describe en forma sucinta las características principales de las unidades fisiográficas identificadas en el área de estudio. En tal sentido, cabe destacar que dichas unidades son resultado de procesos de sedimentarios, tectónicos, erosivos y abanicamiento deltaico de los ríos Rímac y Chillón, proceso que origina las planicies de valles y quebradas. El levantamiento tectónico a originado el ondula miento del terreno que luego de procesos erosivos han quedado en la actualidad como lomas y colinas o terrazas marinas. En el mapa geomorfológico (Mapa N° 2.4.1.1) se presenta la incidencia espacial de estas unidades en el área evaluada.

En general, podemos mencionar las siguientes unidades geomorfológicas:

**a) Playas Rectas (P-r)**

Son playas de mar abierto, donde el oleaje es fuerte debido a que no existe ningún accidente geográfico que lo mengue.

**b) Playas de Bahía (P-b)**

Estas playas se ubican dentro de las bahías, donde las aguas son tranquilas debido a que tiene forma de poza en la que la energía de la mar abierta se disipa dejando el ingreso y salida de las aguas de forma reposada.

**c) Playas de Puntas y Peñascos (P-pp)**

Estas playas están ubicadas en las puntas y peñascos rocosos en los que las aguas rompen con fuerza debido a que no encuentran obstáculos que las detengan o mitiguen, estas playas son de importancia ecológica y económica por su riqueza de fauna y flora marina.

**d) Islas e Islotes (I)**

Son porciones de territorio separados del continente, que se caracterizan por una topografía de pequeñas colinas rocosas, bordeados por playas angostas, puntas y acantilados. En el sector evaluado, comprende a la isla San Lorenzo, Cabinzas, Palomino, el frontón e islotes frente al Callao, y a las islas e islotes Grande y Ventanilla cerca de la playa bahía blanca, frente a Ventanilla.

**e) Zona de erosión e inundaciones (Ze-I)**

Esta zona involucra a las terrazas bajas de las márgenes de los ríos que son proclives a las inundaciones por los ríos, que en temporada lluviosa se recargan e inundan grandes zonas agrícolas y urbanas.

**f) Terrazas Marinas con Cobertura Eólica (Tm-Ce)**

Son llanuras costeras del cuaternario de origen marino sedimentario, con acumulación de arena y de pendiente muy suave.

**g) Valles y quebradas (V-q)**

Con este nombre definimos a las planicies de valles, constituidas a su vez por extensas fajas de terrazas aluviales no inundables de los sectores inferiores de los ríos Rímac y Chillón.

**h) Planicies Onduladas con Cobertura Eólica (Po-Ce)**

A esta unidad geomorfológica corresponden las laderas de muy poca pendiente que están cubiertas por depósitos eólicos, consistente en arenas muy finas, las que han sido trasladados hasta la formación geomorfológica por acción del viento.

**i) Colinas (Símbolos Cb y Ca)**

Son relieves accidentados de fuerte pendiente y poca altura. Las pendientes mayormente están comprendidas entre 15 y 50% y por definición, la altura de las elevaciones topográficas no es mayor a 300 m sobre el nivel de las llanuras circundantes.

Las colinas del área corresponden principalmente a rocas plutónicas graníticas y dioríticas del batolito costero, que ha sido emplazado durante el cretáceo. Para la generalidad de casos, lo

dominante es que las colinas tengan una cobertura de arenas eólicas y mantos de intemperismo de varios decímetros a varios metros de espesor, que tiende a reducir las pendientes de las colinas y enmascarar los accidentes rocosos. En general las colinas presentan su mejor desarrollo en el sector central y norte de la provincia.

En el mapa geomorfológico, las áreas de colinas se han subdividido de acuerdo a su altitud, en dos tipos: Colinas bajas (Símbolo Cb) que constituyen elevaciones de terreno de cimas ligeramente redondeadas, con pendientes del orden de 20 a más de 50% y alturas sobre su nivel de base local comprendidas entre 20 y 80 metros.

Constituyen mayoritariamente zonas de regular a buena estabilidad, salvo sectores localizados fuertemente disectados, donde podrían ocasionalmente ocasionar derrumbes y; Colinas altas (Símbolo Ca), cuyas alturas en la Provincia fluctúan entre los 80 y 200 m sobre su nivel de base, caracterizándose por presentar cimas cónicas y pendientes mayores a 50%. Localmente presentan algunos sectores abruptos y escarpados, especialmente hacia los sectores más disectados, donde se producen ocasionales derrumbes.

### **Rasgos Fisiográficos Complementarios**

El mapa geomorfológico presenta, además de la diferenciación fisiográfica de nivel macro, un conjunto de rasgos fisiográficos complementarios, que ayudan a la descripción y caracterización del relieve. Entre estos rasgos cabe destacar los siguientes:

a) **Humedales costeros:** En estos lugares, la horizontalidad del relieve y la constitución del suelo, con elevadas proporciones de limos y materia orgánica y un substrato rocoso impermeable tiende a concentrar y a veces aflorar las aguas subterráneas locales o de la napa acuífera, determinando la formación de ambientes hidrométricos anegados, de especial importancia ecológica e hidrológica.

Se trata de los humedales de Ventanilla los que han sido reconocidos dentro de las terrazas medias con cobertura eólica. El cual debe su formación, a la acción del afloramiento de la napa freática debido a un substrato rocoso impermeable que la encajona, actualmente este humedal se halla en proceso de desecamiento por disminución del nivel freático como consecuencia del arrojado de desmonte con el objeto de "ganarle tierra al agua".

b) **Glacis:** Son trazos indicativos que denotan la existencia de superficies llanas inclinadas hacia una dirección uniforme. La pendiente es de 4-15%. El tramado de su representación cartográfica indica el sentido de la inclinación y escorrentía superficial esporádica.

c) **Escarpe:** Son rasgos morfológicos que interrumpen la continuidad de un paisaje. Estos se dan de manera esporádica y focalizada en sectores de falla, que corresponden a los saltos o pendientes visibles en las fracturas recientes de la provincia. Estos han sido representados en el mapa geomorfológico.

### **MORFODINAMICA ACTUAL**

El clima desértico costero y la evolución geológica configuraron un patrón fisiográfico, sobre el cual se producen acciones erosivas propias de ambientes áridos. En términos generales se puede decir que, salvo sectores muy puntuales, la erosión actual para todo el sector de Ventanilla es muy débil y corresponde sobre todo a la dinámica eólica. A continuación se describe este proceso y otros de carácter menor.

### **Erosión Eólica**

Dado el carácter desértico, la acción eólica es generalizada a lo largo de todo el distrito de Ventanilla, pero los procesos involucrados son normalmente débiles y de poca importancia práctica. Ello se debe a la débil intensidad anual de los vientos y a la regularidad de dirección de los mismos.

En la costa central, los vientos rara vez sobrepasan los 50 km/hora y por lo general son sólo brisas de 10 a 15 km/hora. Por otro lado, la erosión eólica se manifiesta sobre las partículas finas de los suelos, es decir, sobre arcillas, limos y arenas. No puede remover partículas más grandes y con las máximas velocidades que se registran en el área sólo puede remover arenas finas a medias, muy difícilmente arenas gruesas. Esta remoción se favorece si las partículas superficiales están secas o libres de sales que las aglutinen.

En el desierto costero central, especialmente en el desierto litoral, las neblinas invernales hacen que la superficie esté casi siempre húmeda, lo que reduce la probabilidad de remoción eólica. Lo mismo sucede con las sales, frecuentes en las arenas desérticas, que aglutinan fuertemente las partículas. Por último, cuando el viento logra desplazar partículas bajo condiciones favorables de velocidad y sequedad, muy pronto elimina las partículas finas dejando en superficie una capa de arenas gruesas o guijarros que se constituirán en una superficie completamente estable ya que los vientos más fuertes no podrán remover la superficie.

En consecuencia, el viento resulta así un agente poco eficaz que tiende a rellenar con arenas las depresiones o a excavar ligeramente por deflación, las áreas cubiertas con material seco y fino. En el sector de Ventanilla en la Provincia Constitucional del Callao, las acciones erosivas del viento no tienen mayor importancia práctica, en la medida de que se trata de acciones bastante débiles, en terrenos que tienden a estabilizarse rápidamente por la humedad atmosférica y salinidad.

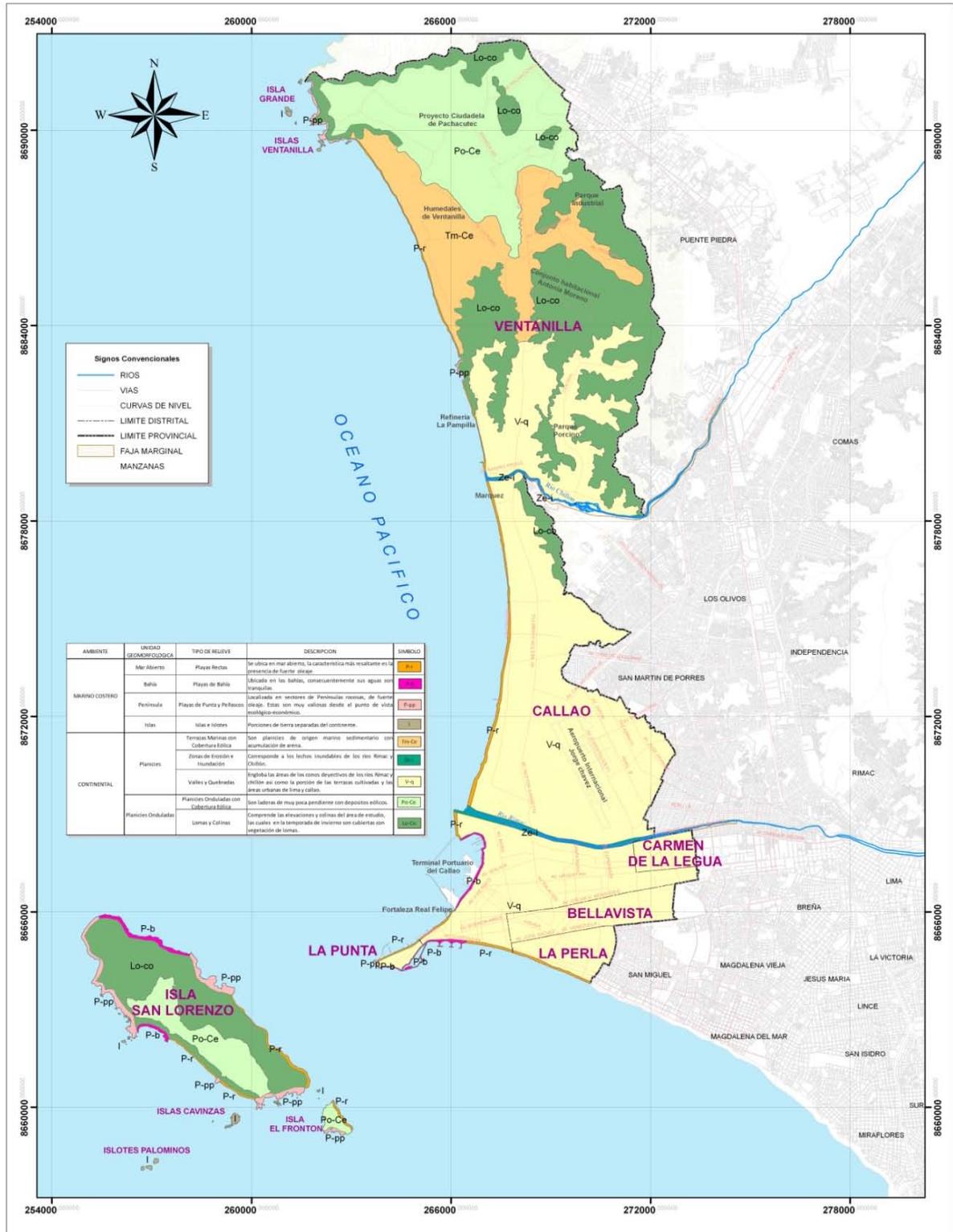
### **Otras Acciones Erosivas y Morfodinámicas**

Debido a las características de sequedad climática costera y a la debilidad de las pendientes dominantes, las acciones erosivas resultan poco significativas en el área. Sin embargo, un proceso que podría producirse eventualmente es la ocurrencia de derrumbes de rocas, especialmente a causa de sismos.

Al respecto, cabe mencionar que el sector de colinas rocosas, donde, podrían inestabilizarse los taludes. Pero, de producirse estos movimientos de masa, serían de muy pequeña magnitud. Otro proceso de riesgo se debe también a la eventualidad de sismos, cuando afectan sectores arenosos, como los que ocurren en las planicies onduladas con cobertura eólica, cuyas partículas tenderían a aglutinarse y a compactarse por el movimiento telúrico. El resultado es una deformación de la superficie, que puede resultar severa y causar daños en estructuras construidas sobre estos terrenos sueltos.

El riesgo es mayor aún sobre las llanuras de humedales, donde las arenas humedecidas tienden a sufrir mayor deformación, dando lugar a afloramientos de agua, que en algunos casos a manera de surtidores temporales pueden alcanzar varios decímetros de altura.

MAPA 2.4.1.1 GEOMORFOLOGIA



## PROCESOS NATURALES POR AGENTES EXTERNOS EN EL ESCENARIO REGIONAL

**Cuadro N° 2.4.1.2 Procesos naturales en el Escenario Regional**

CUENCA	CUENCA DEL RÍO CHILLÓN	CUENCA DEL RÍO RIMAC
ALTA	Proceso de remoción en masa: Deslizamiento, Solifluxión, erosión de suelo. Erosión glaciar. Ruptura cortical. Carstificación	Proceso de remoción en masa: Solifluxión, erosión de suelo. Erosión glaciar. Carstificación
MEDIA	Proceso de remoción en masa: Deslizamiento, Desprendimiento de rocas, Flujo de lodo y roca. Erosión de ribera, Erosión de suelo, Inundación de río.	Proceso de remoción en masa: Deslizamiento, Desprendimiento y Caída de rocas, Flujo de lodo y roca. Erosión de ribera, Erosión de suelo, Inundación de río.
BAJA	Inundación de agua de mar, Inundación de río, Erosión de suelo, Erosión de ribera. Torrentera, Proceso de remoción en masa: Desprendimiento de masa de tierra.	Inundación de agua de mar, Inundación de río, Erosión de suelo, Erosión de ribera. Proceso de remoción en masa: Desprendimiento de masa de tierra. Torrentera

Fuente: MZEE de la Región Callao - 2008

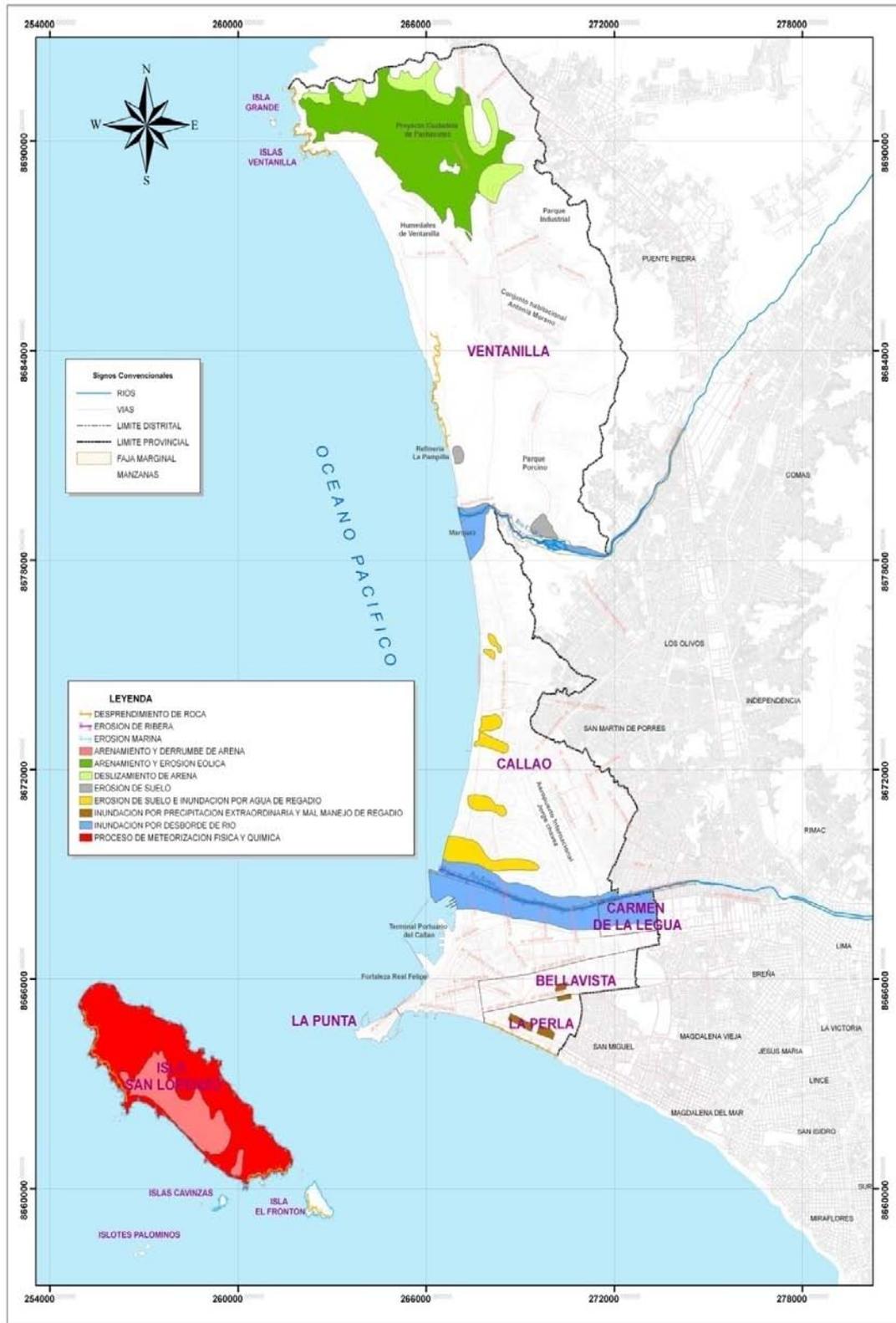
## PROCESOS NATURALES POR AGENTES EXTERNOS EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO (Cuadro N° 2.4.3.1; Mapa N° 2.4.3.1)

**Cuadro N° 2.4.1.3 Procesos naturales en la Provincia Constitucional del Callao**

UNIDADES HOMÓGENAS	PROCESOS NATURALES POR AGENTES EXTERNOS
MICROCUENCA VENTANILLA	Inundación de mar, Arenamiento, Desprendimiento de roca, Torrentera, Erosión de suelo, Erosión de agua de mar, Meteorización
MICROCUENCA PAMPA LOS PERROS	Torrenteras, Erosión de ribera, Erosión de suelo, Desprendimiento de roca, Meteorización
MICROCUENCA LA PAMPILLA	Arenamiento, Desprendimiento de roca, Erosión de suelo, Torrentera, Meteorización
SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN	Inundación de agua de mar, Inundación de río, Inundación por desborde de canal de regadío, Erosión de suelo, Erosión ribera, Erosión de agua de mar, Torrentera.
SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO RIMAC	Inundación de agua de mar, Inundación de río, Inundación por desborde de canal de regadío, Erosión de suelo, Erosión ribera.
ISLA SAN LORENZO Y OTRA ISLAS	Inundación de agua de mar, Arenamiento, Erosión de agua de mar

Fuente: MZEE de la Región Callao – 2008

MAPA Nº 2.4.1.2 PROCESOS NATURALES POR AGENTES EXTERNOS



## **2.5 GEOTECNIA**

### **2.5.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS SÍSMICAS DE LIMA Y CALLAO**

Se puede indicar que gran parte del área de estudio está conformada por una grava aluvial y compuesta por una grava gruesa de matriz predominante arenosa, medianamente compacta a compacta y con presencia de boleos y cantos rodados, estos materiales proceden en su mayor parte del delta del río Rímac; excepto en los distritos de Ventanilla, Carabaylo, Comas, Los Olivos y la zona norte de los distritos del Callao y San Martín de Porres, que provienen del río Chillón.

Asimismo, existen algunas zonas ubicadas dentro del área de conglomerado superficial (Surquillo, San Juan de Lurigancho, cerca al Centro de Lima, San Juan de Miraflores, acantilados de La Perla, San Miguel, Magdalena del Mar, San Isidro, Miraflores), que no cumplen con esta generalidad, conformados por rellenos de desmontes y basura que en algunos casos tienen profundidades entre los 2 a 20 m. Estos rellenos fueron originados por antiguos movimientos de tierra, realizados para extracción de materiales de construcción en algunas zonas y para colocación de rellenos sanitarios en otras; por lo cual a pesar de su limitada extensión presentan serios problemas a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Con las características mecánicas y dinámicas determinadas de los suelos que conforman el terreno de cimentación del área de estudio, y las consideraciones dadas por el código de diseño sísmo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, se definieron las siguientes zonas geotécnicas-sísmicas; con las cuales se zonifica los diversos distritos del Callao:

#### **ZONA I:**

Esta zona está conformada por afloramientos vulcano-sedimentarios, estratos de grava potente que conforman los conos de eyección de los ríos Rímac y Chillón; y los estratos de grava coluvial-aluvial de los pies de las laderas de la zona Este; que se encuentran a nivel superficial o cubiertos por un estrato de material fino de poco espesor. Este suelo tiene un comportamiento rígido con periodos de vibración natural determinados por las mediciones de vibración ambiental que varían entre 0.1 y 0.3 s. En esta zona predominan periodos de 0.2 s que se concentran en el extremo Norte del distrito del Callao y la parte Sur de distrito de Ventanilla. Estas características se presentan en las inmediaciones de los cerros Chuquitanta y La Regla.

#### **ZONA II:**

En esta zona se incluyen planicies aluvionales conformadas por columnas de gravas con arenas intercaladas con niveles finos limosas y arcillosas cuyas potencias varían entre 3 y 10 m. Los periodos predominantes del terreno determinados por las mediciones de vibración ambiental varían entre 0.3 y 0.5 s. Estas características se presentan en casi toda la faja Norte, Centro y Sur de la Provincia Constitucional del Callao.

#### **ZONA III:**

Esta zona está conformada por depósitos marino-aluvial que conforman suelos finos (limo de baja plasticidad) y arenas de gran espesor. Los periodos predominantes encontrados en estos suelos varían entre 0.5 y 0.7 s. Esta zona abarca el 10% del distrito con el predominio de periodos de 0.6 s (extremo centro-este del distrito). Estas características se encuentran hacia el oriente y extremo norte de la Provincia Constitucional del Callao.

#### **ZONA IV:**

Esta zona abarca un área considerable de la costa de la Provincia Constitucional del Callao. Concentrando periodos  $\geq 0.8s$  y/o rangos de periodos con similar amplificación máximas relativas de hasta 6 veces. Los valores altos muestran la complejidad de los suelos que considera la interacción de depósitos marinos, suelos pantanosos, depósitos de rellenos sueltos de desmontes heterogéneos con alto nivel freático y/o condiciones especiales asociados a la dinámica local del suelo; por lo tanto, se requiere realizar estudios complementarios en detalle que escapan a los objetivos de este estudio.

Es importante tener en consideración el estudio “Preparación ante desastres sísmicos y/o Tsunami y recuperación temprana de Lima y Callao elaborado por INDECI PNUD- COMISIO EUROPEA ECHO Municipalidad Provincial del Callao –Gobierno Regional del Callao 2011

## **2.5.2 GEOTECNICA–SISMICA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.**

### **a. Perfil de Suelos y la Zonificación Geotécnica – Sísmica del distrito de La Punta**

Los perfiles de suelos de este distrito están definidos por su formación geológica, que difiere del resto de la Provincia Constitucional del Callao, debido a que los materiales superficiales han sido arrastrados por el mar desde los acantilados, cuando éste tenía una gran fuerza erosiva, por lo tanto, el perfil de suelos característico está conformado superficialmente por un lente de grava pobremente gradada (GP), seguido de una arena (SP), densa, con espesor promedio de 12.0 m a lo largo de La Punta variando entre 7.0 y 12.0 m en el área ocupada por La Escuela Naval y llegando hasta 15.0 m en la zona de Chucuito. En estas zonas existen además una capa de relleno artificial gravoso no mayor de 3.0 m (Huamán, 1991).

Debajo de este material se encuentra un lente de arena fina con limo y/o arcilla (SM; SC), intercalado con lentes de limo arcilloso orgánico (OH) y por arcillas de alta plasticidad (CH) en la zona de Chucuito, de consistencia dura, la cual alcanza profundidades hasta de 20.0 m a lo largo de La Punta y de hasta 28.0 m en el área de la Escuela Naval, al extremo de la península. Finalmente por debajo se encuentra una grava arenosa densa.

El nivel freático en este distrito varía entre 1.50 y 3.50 m, en función de la elevación del terreno respecto al nivel del mar.

La zonificación geotécnica sísmica del distrito de La Punta en su área urbana tiene una mayor predominancia de tipo IV (S4) en toda su extensión

### **b. Perfil de Suelos y la Zonificación Geotécnica – Sísmica del Distrito del Callao Cercado**

El terreno superficial del área de este distrito, es bastante variado diferenciándose en función a su cercanía al litoral. En la zona comprendida entre el límite del distrito de La Punta hasta la Av. Marco Polo y la Av. José Gálvez, llegando al extremo sur del terminal marítimo, el perfil del terreno presenta una disposición errática, encontrándose zonas de relleno cuya potencia alcanza 1.80 m. conformado por una matriz de grava limosa y/o arena.

Inferior a este material se encuentra un estrato de suelos granulares gruesos conformado por gravas y arenas de gradación pobre y que tiene un espesor promedio de 12 m. A continuación existe un estrato compuesto por arena fina con lentes de limo y/o arcilla y estratos de arcilla de baja plasticidad que en promedio llegan hasta profundidades de 50 m.

En la zona comprendida al norte de la Av. José Gálvez, entre el litoral y la Av. Atahualpa siguiendo una línea paralela al Oeste de la Av. Gambetta hasta llegar a Punta Pescadores a la altura del Terminal Pesquero, el perfil del terreno presenta intercalaciones de arcillas limosas (CL-ML) con contenido de materia orgánica el cual aparece a partir de 1.15 m hasta los 10.00 m de profundidad en promedio. Oculto a este material se encuentra un estrato de grava de buenas características portantes, por lo cual, en esta zona se estila usar pilotes de punta en la cimentación de obras portuarias, ya que los suelos superficiales tienen una baja resistencia y son altamente compresibles. En el sector Este de esta zona y al Norte del río Rímac, el estrato superficial está conformado por arena limosa intercalada con lentes de arcillas y material orgánico en áreas localizadas, cuyo espesor varía de 5.00 a 10.00 m.

Debajo a estos materiales se encuentra una estratificación similar a la zona descrita líneas arriba, conformado por estratos de gravas y arcillas que se van alternando con la profundidad.

Desde la zona limítrofe con Bellavista hasta el río Rímac por el Norte y al Oeste de la Av. Faucett, el perfil estratigráfico presenta un estrato superficial conformado por limos arcillosos,

arcillas de baja plasticidad y arenas limosas que alcanzan en promedio una potencia de 10 a 15m. En este estrato prácticamente desaparecen los suelos orgánicos y el estrato base está conformado por la grava del conglomerado típico de Lima. Hacia la Av. Faucett predominan los materiales arenosos y la profundidad a la que se encuentra el estrato gravoso va disminuyendo hasta hacerse casi superficial.

Al Norte del Río Rímac hasta los límites con Ventanilla al Este de la Av. Néstor Gambetta, los suelos que conforman el estrato superficial presentan una composición variada, presentándose hasta 1.80 m de profundidad promedio arcillas limosas de baja plasticidad (CL), limos (ML) y rellenos. Subyaciendo a este estrato se encuentran gravas limosas y gravas mal gradadas pertenecientes al conglomerado del río Rímac y en el extremo Norte al cono de deyección del río Chillón.

La zonificación geotécnica sísmica del distrito del Callao en su área urbana dada la complejidad del suelo, incluye los cuatro tipos de suelos: Zona I (S1), Zona II (S2), Zona III (S3) y Zona IV (S4) con un predominio de la Zona II.

#### **c. Perfil de Suelos y la Zonificación Geotécnica – Sísmica del Distrito de La Perla**

En el distrito de La Perla, el terreno de cimentación está conformado en su mayor parte por suelos de naturaleza fina y consistencia blanda. Superficialmente el área que abarca el distrito está cubierta por rellenos poco contaminados compuestos por suelos limo arcillosos, cuyos espesores varían de 0.20 a 1.20 m, y en la zona más cercana al litoral se observan suelos arcillosos de mediana plasticidad (CL) y limos de baja plasticidad (ML), los mismos que conforme se acercan al distrito de Bellavista van desapareciendo, presentándose suelos areno arcillosos (SC) y limos de baja plasticidad con una compacidad media para arenas y una consistencia dura para los limos.

Por debajo del material de relleno y hasta las profundidades estudiadas se presentan suelos finos compuestos por limos con gravillas (ML), arcillas de mediana plasticidad (CL), arcillas limosas (CL-ML), limos de alta plasticidad (MH) y arcillas de alta plasticidad (CH), húmedos y con una consistencia de blanda a rígida, en algunos casos embebidos en el material fino se presentan caliches y gravillas, así como lentes aislados de turba y suelos orgánicos hacia la zona Suroeste.

Subyaciendo a los materiales finos y hacia el distrito de San Miguel y en sector Noreste se presentan suelos areno limosos (SM), arena pobremente gradada con limos (SP-SM) y gravas pobremente gradadas (GP-GM) con limo y arena, de baja humedad, no plástica, con una compacidad que va de semisuelta a compacta.

La zonificación geotécnica sísmica del distrito de La Perla en su área urbana existe un predominio de la Zona II (S2) donde prácticamente es toda su extensión y en menor área la Zona III (S3) y Zona V.

#### **d. Perfil de Suelos y la Zonificación Geotécnica – Sísmica del distrito de Bellavista**

En la zona Noreste de este distrito se encuentra superficialmente un relleno limpio constituido por suelos limo arenosos y limo arcillosos con algo de arena de compacidad media, contaminados con restos de ladrillos y tejas y en la zona Noroeste se presentan arcillas orgánicas (OH), de alta plasticidad, húmeda y consistencia que varía de blanda a semidura, este material alcanza una profundidad promedio de hasta 10.0 m. Hacia el Sureste los suelos finos se presentan desde la superficie y están constituidos por arcillas limosas (CL), limos arenosos (ML), arcillas limosas con arena (CL – ML), su consistencia varía de firme a dura.

Es importante resaltar la interpretación del perfil estratigráfico de Bellavista en la zona de la Universidad del Callao, donde se verifica que el cono de deyección del Río Rímac fue erosionado por el Río Chillón, lo cual se observa desde La Perla Alta hasta Bellavista, donde existe una depresión y cambio de sedimentos.

Inferior a estos materiales se encuentran suelos finos de gran potencia sobre todo cerca al distrito del Callao – Cercado, decreciendo en dirección al Cercado de Lima y San Miguel; los cuales están constituidos por arcillas (CL) de baja a mediana plasticidad, arcillas de alta plasticidad (CH), arcillas orgánicas de alta plasticidad localizada y limos semicompactos. Por debajo de los suelos finos y en la zona adyacente a los distrito de San Miguel y El Cercado de Lima se presenta la grava aluvial pobremente gradada (GP), de formas subredondeada y con una compacidad que varía de acuerdo a la profundidad de semisuelta a semicompacta.

La zonificación geotécnica sísmica del distrito de Bellavista en su área urbana existe un predominio de la Zona II (Tipo de Suelo S2) y en menor área Zona I (Tipo de Suelo S1) y Zona III (Tipo de Suelo S3).

#### **e. Perfil de Suelos y la Zonificación Geotécnica – Sísmica del distrito de Carmen de la Legua - Reynoso**

El terreno superficial de este distrito presenta un relleno conformado por suelos areno limosos, limos arcillosos y gravas en matriz de arena, los que en su mayor parte están contaminados con restos de ladrillos, polietileno, etc., con una compacidad que varía de muy suelta a compacta, este material se presenta en promedio hasta 1.70 m.

En algunos sectores debajo del material superficial se encuentran arcillas limosas (CL– ML), de compacidad dura, arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC), de semicompactas a compactas. Subyace a estos suelos una grava mal gradada (GP) a bien gradada (GW), la misma que se encuentra debajo del material de relleno superficial en otros sectores. Este material granular tiene formas subredondeadas, baja humedad, su compacidad varía de semisuelta a semicompacta.

La zonificación geotécnica sísmica del distrito de Carmen de la Legua - Reynoso en su área urbana existe un predominio de la Zona I (Tipo de Suelo S1) en todo el distrito.

#### **f. Perfil de Suelos y la Zonificación Geotécnica – Sísmica del distrito de Ventanilla.**

El distrito de Ventanilla presenta una estratigrafía variada. El sector Norte del distrito (A.H. Pachacútec, A.H Mi Perú, y las zonas circundantes) presentan un estrato predominante de arena mal gradada a arena limosa, hasta la profundidad explorada de 4.50 m. La compacidad de este material, superficialmente suelto, se incrementa con la profundidad. Este material arenoso ha sido depositado en las laderas de los cerros rocosos, cuyas cumbres aún quedan expuestas en pequeñas áreas del A. H. Mi Perú.

Hacia la zona Este del distrito (Ciudad Satélite, Zona Industrial y zonas aledañas), se encuentra un terreno superficial conformado por una grava limosa de compacidad media, que aumenta su potencia hacia la dirección Este, hallándose hasta una profundidad de 1.10m en los estudios realizados.

En algunos sectores se ha encontrado un relleno superficial de 0.50 m de profundidad. Por debajo de los estratos superficiales descritos, encontramos una arena limosa con gravas, la cual por presentar una compacidad densa, es clasificada como un material competente.

El área ubicada en la parte oriental media del distrito (Urb. Antonia Moreno de Cáceres, Urb. Naval) presenta un material coluvial, que varía desde gravas pobremente gradadas a bien gradadas, hasta la profundidad explorada de 5.00 m, conteniendo un alto porcentaje de sales y sulfatos los cuales disminuyen conforme aumenta la profundidad.

Este material posee una compacidad media, siendo en general un material competente. Sin embargo, en algunos lugares se encuentran cementados con sales solubles, habiéndose reportado problemas de asentamientos por la lixiviación de estos materiales cementantes.

El terreno comprendido hacia la dirección sur-este del distrito (Pampa de los Perros), presenta superficialmente una arena limosa y en algunos casos relleno hasta una profundidad de 1.10m, subyaciendo a este estrato está el estrato coluvial que en algunos sectores se encuentra como



### 2.5.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS Y PELIGROS GEOTÉCNICOS EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO (Ver Cuadro N° 2.5.3.1; Mapa No. 2.5.3.1)

**CUADRO N° 2.5.3.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS Y PELIGROS GEOTÉCNICOS EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO**

UNIDADES HOMOGENEAS	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	CAPACIDAD PORTANTE	PELIGROS GEOTECNICOS
MICROCUENCA VENTANILLA	SP, SM	1.0 , 1.5	Licuación de suelo, Agresividad por sales y sulfatos e hidromorfismo de los suelos (Humedales), Densificación de suelos (Sector Pachacútec), Problemas de asentamiento por presencia de suelos blandos, Colapsibilidad de suelos (Humedales)
MICROCUENCA PAMPA LOS PERROS	SM	1.5 , 2.0	Densificación de suelos, Posibles problemas de asentamiento por erosión interna de los suelos
MICROCUENCA LA PAMPILLA	SM	1.5 – 2.0	Densificación de suelos parte baja de la Microcuenca, Presencia de suelos blandos y sensitivos en el área del cono aluvial.
SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN	GP, SP, SM,	1.0, 1.5 -2.0	Licuación de suelos, Problemas de asentamiento por presencia de suelos blandos y sensitivos (en la zona del litoral) , Problemas de densificación y dispersión de suelo (Zona litoral), y asentamiento del suelo por la expansividad del suelo (llanura de inundación del río Chillón)
SECTOR DE LA CUENCA DEL RÍO RIMAC	GP, SM, CH, CL-GP	1,5 – 2.0	Licuación de suelos, Problemas de asentamiento por presencia de suelos blandos y sensitivos (Zona litoral), Problemas de densificación y dispersión de suelo (Zona Barracones y Sarita Colonia), y asentamiento del suelo por la expansividad del suelo (llanura de inundación del río Rimac)
ISLA SAN LORENZO Y OTRA ISLAS	SP	3	Densificación de suelo

Fuente: MZEE de la Región Callao – 2008

### 2.5.4 ASPECTOS MINEROS EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO

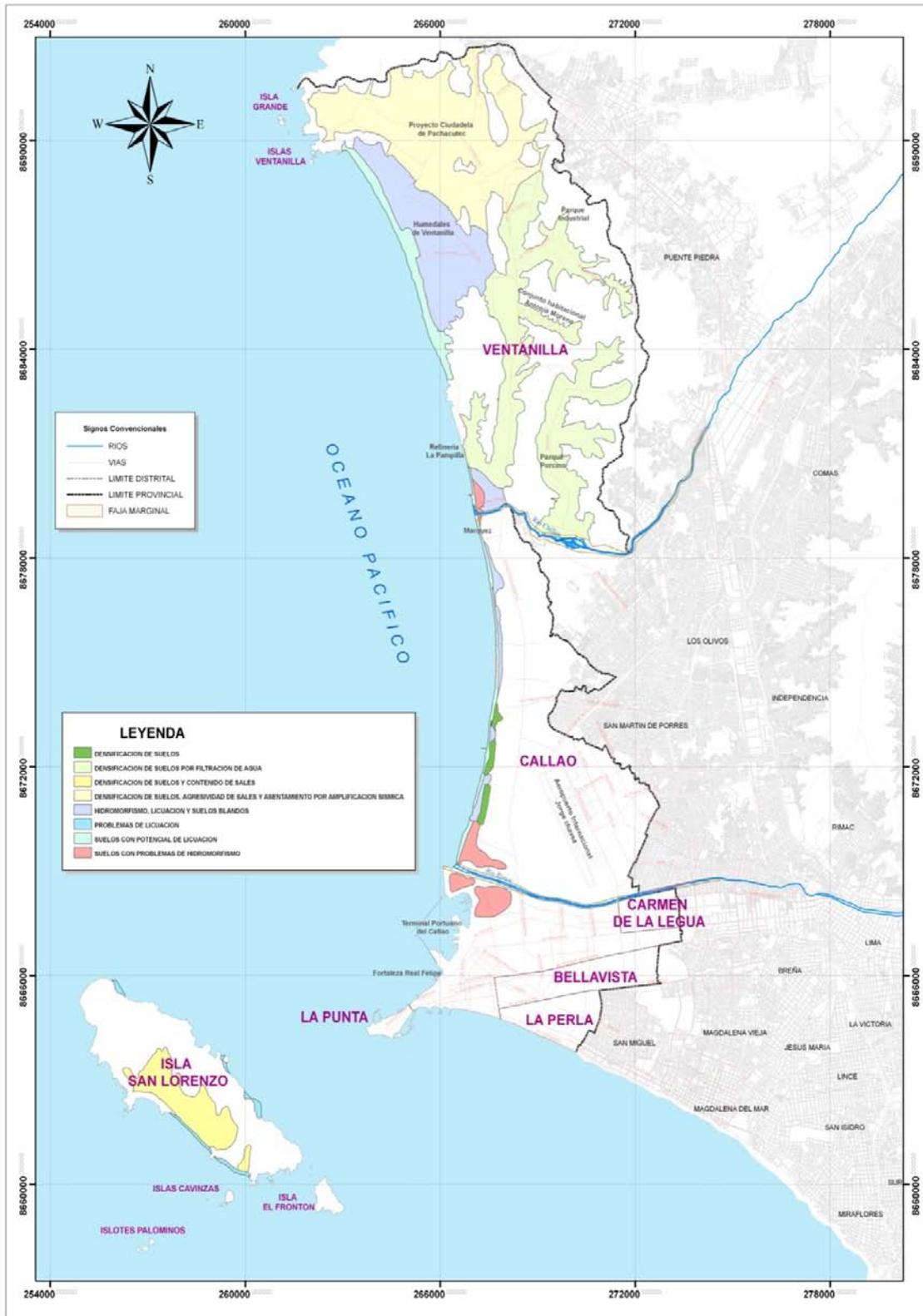
La actividad minera en la Provincia Constitucional del Callao se ubica básicamente en los distritos de Ventanilla (Cuadro N° 2.5.4.1) y Mapa N° 2.5.4.1

Cuadro N° 2.5.4.1 Tipo de materiales explotados en la minería no metálica

ESCENARIOS	TIPO MATERIALES	EXPLOTACION	OBSERVACIONES
INTERCUENCA VENTANILLA	Agregados gruesos, Material de afirmado	Artesanal y con pequeños equipos	Conflicto en uso de suelo: urbano y minería
MICROCUENCA PAMAPA LOS PERROS	Agregados gruesos y finos, Bloques de roca	Artesanal	Conflicto en el uso del suelo: Proyecto Pampa Los Perros y Minería

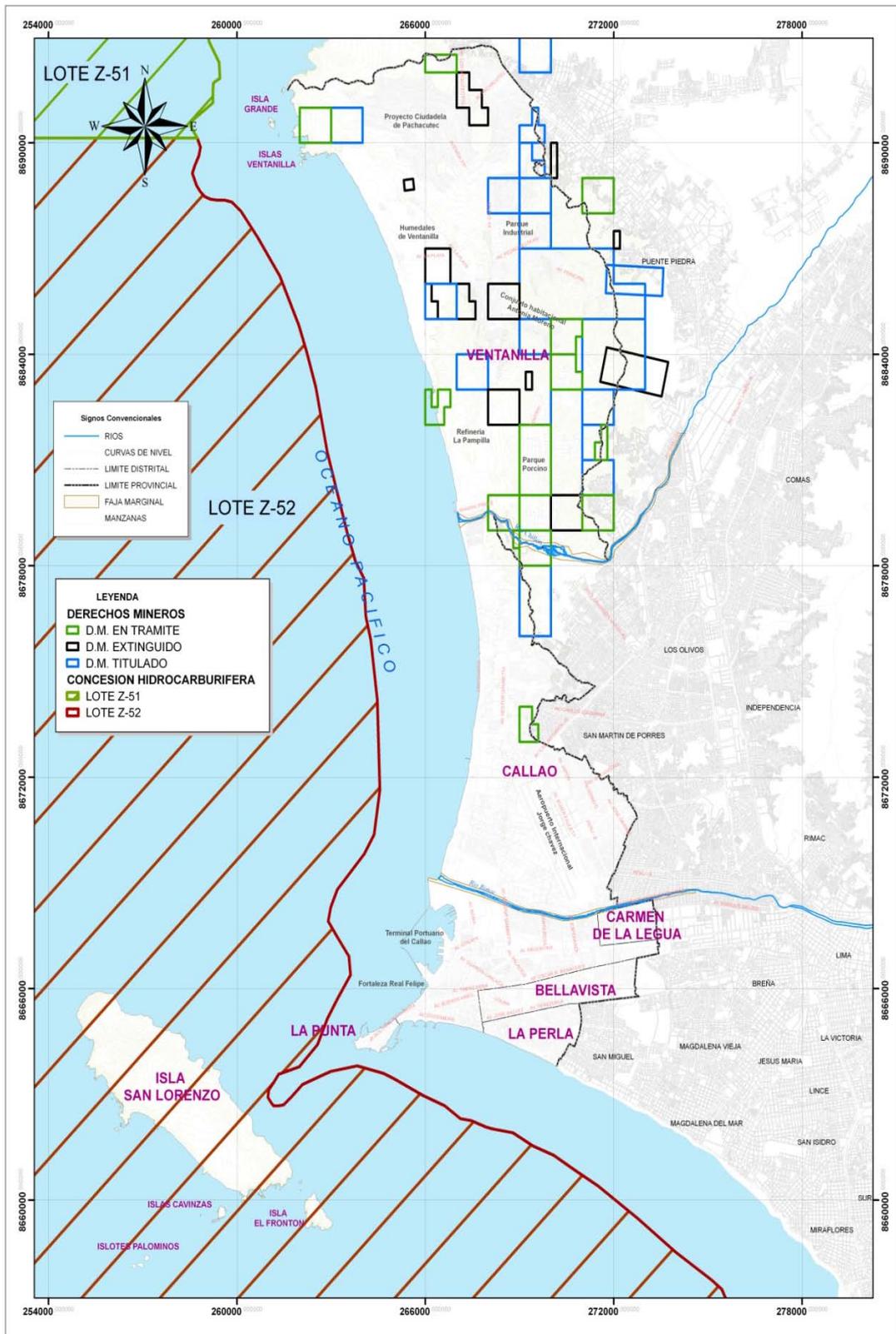
Fuente: MZEE de la Región Callao – 2008

**MAPA Nº. 2.5.4.1: PELIGROS GEOTÉCNICOS.**



Fuente: MZEE de la Región Callao – 2008

**MAPA Nº. 2.5.4.1: CONCESIONES MINERAS E HIDROCARBURÍFERAS**



Fuente: MZEE de la Región Callao – 2008

## **2.6 EDAFOLOGÍA**

### **2.6.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS**

El suelo como recurso natural es un subsistema muy importante del sistema territorial del Gobierno Regional del Callao puesto que sobre él se desarrollan todas las actividades antropomórficas que modifican los demás subsistemas que lo integran. Por lo tanto el conocimiento de éste sobre sus orígenes, usos y potencialidades es básico para el desarrollo armónico de las actividades actuales y futuras, actividades productivas basadas en la composición del suelo o del crecimiento poblacional.

Los suelos presentan características propias tanto morfológicas como físico-químicas que dependen básicamente del material parental sobre el cual se han desarrollado, así como de las condiciones climatológicas y de los procesos naturales o antrópicos que han intervenido durante su formación. Desde éste punto de vista, los suelos de la provincia pueden diferenciarse por su origen, morfología y génesis.

#### **1) Origen:**

##### **Suelos Derivados de Materiales Aluviales**

Son aquellos que se han desarrollado sobre materiales transportados y depositados por los ríos Rímac y Chillón, conformando los valles del mismo nombre. Estos suelos presentan las mejores características físico-químicas y morfológicas para realizar agricultura bajo riego, constituyendo suelos de la más alta calidad agrícola del área y del País.

La zona agrícola de los valles Rímac y Chillón, se encuentran casi en su totalidad urbanizada, quedando una pequeña extensión dedicada a la agricultura pero con limitaciones de riego, de presión urbana y expansión aeroportuaria.

##### **Suelos Derivados de Materiales Coluvio-Aluviales**

Son suelos que se han desarrollado sobre materiales transportados por el agua de los ríos y por efecto de rodamientos (gravedad). Las características de su composición físico-químicas y de pendientes no son las más apropiadas para el desarrollo de las actividades agrícolas en limpio, pueden ser usadas para forestación o actividades de producción pecuaria.

##### **Suelos Derivados de Materiales Eólicos**

Son aquellos que se han originado a partir de materiales transportados y depositados por el viento. Se encuentran conformando arenales y campos de dunas sobre las laderas de pie de monte, laderas y cimas de colinas y relieve ligeramente ondulado a ondulado. Están compuestos por arena fina que permanente son transportadas por el viento. Son suelos sin desarrollo genético que pueden ser usados para forestación bajo riego.

#### **2) Según su Morfología y Génesis**

Los suelos son clasificados en función a los resultados de la interrelación de factores como material parental, relieve, clima, vegetación, organismos vivos y el tiempo. Esta interacción da origen a los horizontes del suelo los cuales son la base para la clasificación taxonómica.

Esta agrupación taxonómica constituye el material básico para interpretaciones prácticas, como es el caso de Capacidad de Uso Mayor de las Tierras y/o Aptitud para el Riego, útil para planificar el manejo, uso y conservación de las mismas con un criterio ecológico. Para el presente trabajo las unidades tomadas en consideración para la clasificación corresponden al nivel de Series.

### **3) Según capacidad de Uso mayor**

Esta clasificación se da bajo un enfoque agropecuario, actividad en extinción en el Callao dada su característica netamente urbano, tal como se verá en el capítulo sobre caracterización socio económico urbano.

#### **Marco legal**

Con Decreto Supremo N° 017-2009-AG, se aprobó el nuevo Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor.

Al no haberse elaborado la nueva clasificación consideramos para el presente Estudio se mantiene la clasificación según el D.S. N°. 0062/75-AG que considera la aptitud natural que tienen las tierras para producir cultivos, para ganadería, para explotación forestal o para ser relegados como protección, siendo las clases definidas las siguientes:

#### **a) Tierras aptas para el cultivo en limpio (A)**

Son aquellas que reúnen condiciones ecológicas que permiten la renovación periódica y continua del suelo para el sembrío de plantas herbáceas o semiarbusivas de corto período vegetativo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del suelo, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras, por su alta calidad agrológica, podrán dedicarse a otros fines (cultivo permanente, pastoreo, producción forestal y protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo en limpio o cuando el interés social del Estado lo requiera.

#### **b) Tierras aptas para cultivo permanente (C)**

Son aquellas cuyas condiciones ecológicas no son adecuadas a la remoción periódica y continuada del suelo, pero que permiten la implantación de cultivos perennes, sean herbáceas, arbustivos o arbóreos, así como forrajes, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad del suelo ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a otros fines (Pastoreo, Producción Forestal y Protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de cultivo permanente o cuando el interés social del Estado lo requiera.

#### **c) Tierras aptas para pastoreo (P)**

Son las que no reúnen las condiciones mínimas requeridas para el cultivo en limpio o permanente, pero que permiten su uso continuado o temporal para el pastoreo, bajo técnicas económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse para otros fines (Producción Forestal o Protección), cuando en esta forma se obtenga un rendimiento económico superior al que se obtendría de su utilización con fines de pastoreo o cuando el interés social del Estado lo requiera.

#### **d) Tierras aptas para producción forestal (F)**

No reúnen las condiciones ecológicas requeridas para su cultivo o pastoreo, pero permiten su uso para la producción de maderas y otros productos forestales, siempre que sean manejadas en forma técnica para no causar deterioro en la capacidad productiva del recurso ni alterar el régimen hidrológico de la cuenca. Estas tierras podrán dedicarse a protección cuando el interés social y económico del Estado lo requiera

#### **e) Tierras de protección (X)**

Están constituidas por aquellas que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivo, pastoreo o producción forestal. Se incluyen dentro de este grupo: picos, nevados, pantanos, playas, cauces de ríos y otras tierras, que aunque presenten vegetación natural boscosa, arbustiva o herbácea, su uso no es económico y deben ser manejadas con fines de protección de cuencas hidrográficas, vida silvestre, valores escénicos, científicos, recreativos y otros que impliquen beneficio o de interés social.

La representación de las unidades se realiza mediante simbología, letras mayúsculas que representa la capacidad de Uso Mayor, número que indica la calidad agrológica y letras minúsculas que indican las subclases o factores limitantes.

### Clases de tierras aptas para cultivos en limpio

#### Clases de Calidad Agrológica

Símbolo	Descripción
A1	Calidad Agrológica alta
A2	Calidad Agrológica media
A3	Calidad Agrológica baja

#### Clases de tierras aptas para cultivos permanentes

Símbolo	Descripción
C1	Calidad Agrológica alta
C2	Calidad Agrológica media
C3	Calidad Agrológica baja

#### Clases de tierras aptas para pastos

Símbolo	Descripción
P1	Calidad Agrológica alta
P2	Calidad Agrológica media
P3	Calidad Agrológica baja

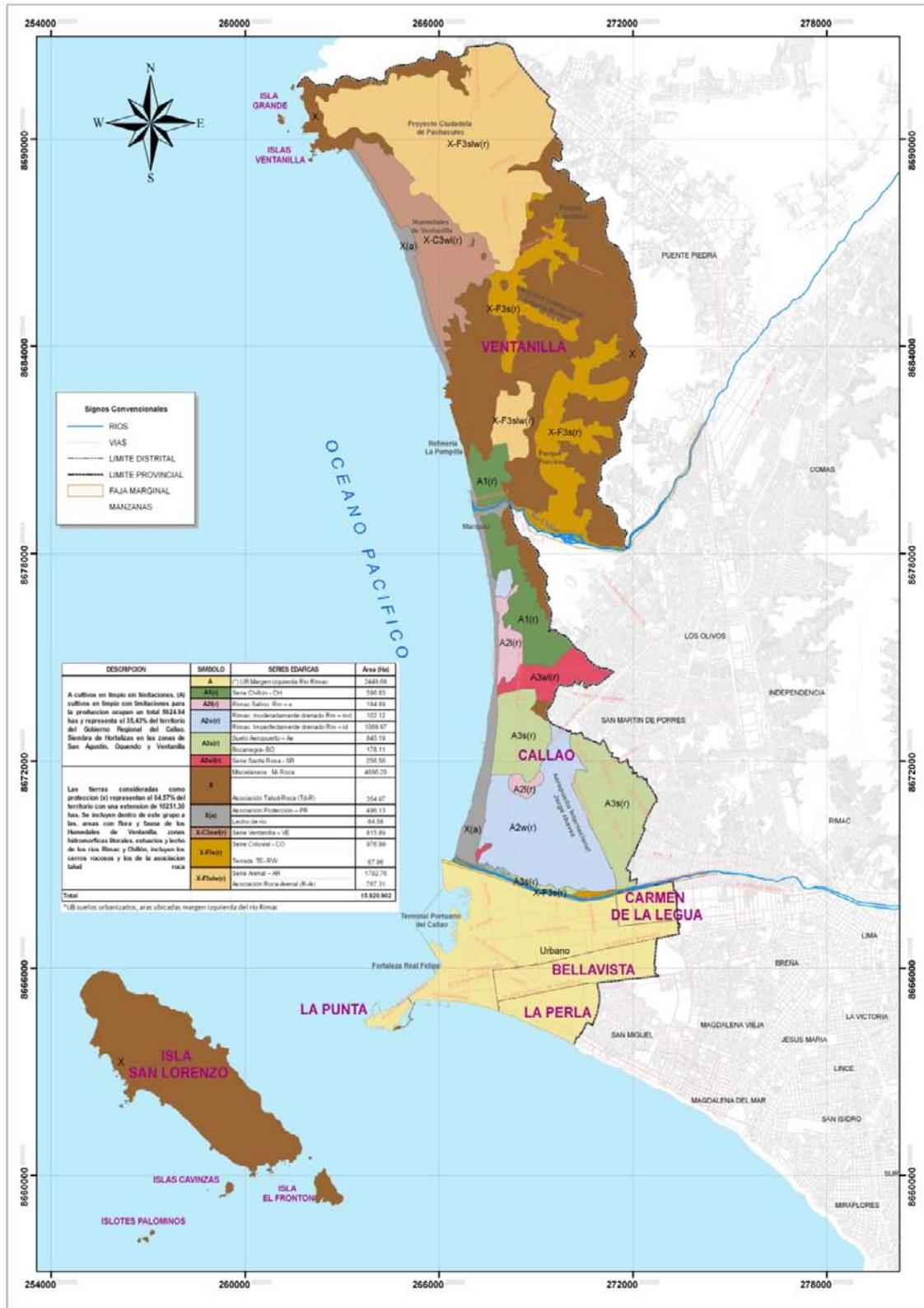
#### Clases de tierras aptas para Producción forestal

Símbolo	Descripción
F1	Calidad Agrológica alta
F2	Calidad Agrológica media
F3	Calidad Agrológica baja

#### Subclases o factores limitantes riesgos y condiciones especiales

Grupo	Símbolo	Descripción
LIMITACIONES	s	Suelo
	l	Salinidad
	e	Topografía - Erosión
	w	Drenaje
	i	Riesgo de Inundación
	c	Clima
CASOS ESPECIALES	(r)	Riego permanente o suplementario
	(a)	Terraceo - Andenería
	(t)	pastos temporales

MAPA Nº. 2.6.1.1: CAPACIDAD DE USO MAYOR DE LAS TIERRAS



Fuente: MZEE del Callao 2008

## **2.7 RIESGOS DE DESASTRES**

Mediante Ley N° 29664 de febrero del 2011, se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la misma que señala entre sus objetivos la promoción para la incorporación de la Gestión del Riesgo de Desastres en la planificación del Desarrollo y el Ordenamiento Territorial.

De acuerdo al Instituto Nacional de Defensa Civil:

### **a. Peligro**

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre – antrópico – potencialmente dañino, de una magnitud conocida, para un periodo específico y para una localidad o zona conocida.

#### **Peligros Naturales**

Son aquellos que tienen su origen en la dinámica interna o externa de la tierra, y pueden ser de tipo geológico como los sismos, tsunamis, deslizamientos, marejadas, inundaciones, entre otros.,

#### **Peligros Antrópicos o Tecnológicos**

Son aquellos causados directamente por el ser humano o que están relacionados con la tecnología y, se caracterizan por la factibilidad de ocurrencia de sucesos provocados intencionalmente o accidentalmente por el hombre o por el fallo en la operación de un sistema.

### **b. Vulnerabilidad**

Es el grado de resistencia y exposición física y/o social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas, patrimonio, servicios vitales, infraestructuras, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un peligro de origen natural o antrópico.

### **c. Cálculo del Riesgo**

Estimación matemática probable de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y a la economía para un período específico y un área conocida. Se calcula en función del peligro y la vulnerabilidad.

#### **2.7.1 SISMOLOGIA**

Las ciudades de Lima y Callao (Silgado, 1978), ha sido sometido a una serie de sismos de gran intensidad, durante los cuales en múltiples oportunidades han sufrido cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas. Desde el punto de vista geográfico, el Perú forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico y por lo tanto, presenta un alto potencial sísmico.

La principal fuente generadora de eventos sísmicos que afectan esta región es la zona de subducción, definida por la interacción de la Placa de Nazca y la Placa Continental. Esta fuente puede generar eventos de gran magnitud, los que, según la historia sísmica, en la zona de la costa central pueden alcanzar los 8.2 grados en la escala de Richter.

Asimismo, la relativa proximidad de la fuente sismogénica hace que la intensidad del movimiento sísmico sea bastante considerable en la zona urbana. Los efectos de estos movimientos telúricos se ven incrementados por las diferentes condiciones de sitio que se presentan en los distritos que conforman la gran Lima Metropolitana, tal como se ha podido observar durante la ocurrencia de terremotos pasados tales como, lo ocurrido el 17 de octubre de 1966, 31 de mayo de 1970 y el del 03 de octubre de 1974 por mencionar alguno de ellos, donde las zonas de mayores daños se han localizado en los distritos de Chorrillos, Barranco, La Molina, La Punta y El Callao.

El 15 de Agosto de 2007 a horas 18 y 40 minutos (hora local), la zona sur de la región central de Perú fue afectada por un terremoto de magnitud 7.0ML (Richter) que en algunos segundos produjo muerte y destrucción en las ciudades de Pisco, Ica y Chíncha en donde se evaluaron intensidades máximas de VII-VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM).

En Lima y Callao, el terremoto fue sentido por un largo periodo de tiempo sin producir daños, pero si la continua oscilación de las viviendas, árboles y tendidos eléctricos que produjeron alarma en la población.

En estas condiciones la intensidad evaluada en Lima fue de V (MM). Algunos locales de más de dos pisos ubicados en el Callao presentaron fisuras en sus paredes y daños menores en columnas pudiéndoles corresponder una intensidad del orden de V-VI (MM). Este terremoto constituye como el de mayor magnitud y duración ocurrida en esta región en los últimos 290 años.

Para analizar las características de la sismicidad en el departamento de Lima, es necesario considerar dos periodos, el que toma en cuenta la sismicidad histórica (1500-1959) y el que considera el periodo instrumental con sismos ocurridos desde el año 1960 a la fecha.

#### **a. Sismicidad Histórica**

La información sobre la sismicidad histórica de Perú data del tiempo de la conquista y colonización hasta aproximadamente el año 1959, y en su mayoría se encuentra esparcida en diferentes obras inéditas, manuscritos, crónicas, narraciones, informes administrativos por parte de los clérigos y gobernantes de aquellos años. Sin embargo, gran parte de esta información ha sido recolectada y publicada por varios autores, siendo la de Silgado, 1978 la más completa para sismos ocurridos entre los años 1513 y 1974. En la obra de este autor, se detalla los valores de intensidad local y regional, y su correlación con la magnitud, característica que fue utilizada para poder compararlos con otros sismos.

El trabajo más reciente sobre esta sismicidad ha sido realizado por Dorbath L., Cisternas A. y Dorbath, C. 1,990 y considera una revisión detallada de la información existente y su correlación con las áreas de intensidad máxima y longitudes de ruptura, estableciendo así una metodología para estimar la magnitud de un gran número de sismos. Asimismo, los autores sugieren que los grandes sismos en Perú tienen un periodo de recurrencia del orden de una centuria (100 años). En general, el sismo más antiguo para el cual se dispone de información confiable, data del año 1513 y corresponde al sismo que habría afectado a la ciudad de Lima.

Para evaluar la sismicidad histórica, es importante remarcar que la calidad de la información disponible dependerá de la distribución y densidad de la población en las regiones afectadas por los sismos; por lo tanto, existe la posibilidad de que hayan ocurrido sismos importantes en áreas no pobladas o próximas a localidades con las cuales era difícil establecer comunicación.

Esto explicaría la ausencia de información sobre sismos que pudieran haber ocurrido en la Alta Cordillera y Zona Subandina. Por otro lado, la profundidad focal del total de los sismos históricos no ha sido determinada con precisión; sin embargo, debido a su ubicación geográfica (entre la fosa y la línea de costa) y daños observados en superficie, estos pueden ser considerados en su mayoría como superficiales.

Los parámetros hipocentrales de los sismos históricos ocurridos frente al departamento de Lima entre los años 1500 y 1959 ( $M_s \geq 5.0$ ), han generado intensidades mayores a VII en la escala Mercalli Modificada (MM) (Silgado, 1978). Asimismo los sismos históricos se distribuyen principalmente entre la línea de fosa y la costa, localizándose en mayor número frente a la Provincia Constitucional del Callao, la mayoría de estos sismos produjeron tsunamis con olas de diferentes alturas.

Los sismos más importantes ocurridos frente a Lima durante el periodo histórico se puede mencionar los siguientes: los sismos ocurridos en 1586 (IX MM), primer gran sismo para el cual se tiene documentación histórica; 1687 (VIII MM) y 1746 (X MM) que destruyeron casi completamente a la ciudad de Lima. El sismo de 1746 generó un tsunami con olas de 15-20 metros de altura que inundó totalmente al puerto del Callao

Las intensidades máximas en la escala de Mercalli Modificada correspondiente a los sismos históricos más importantes ocurridos en el Perú y que afectaron a la Provincia del Callao y Lima Mapas N° 2.7.1.1; 2.7.1.2; 2.7.1.3; 2.7.1.4; 2.7.1.5; 2.7.1.6; 2.7.1.7)

Los mayores valores de intensidad ( $I_{max}$ = VII a IX) corresponden a la ciudades de Lima y Callao debido a los terremotos ocurridos en los años 1586, 1687, 1746 y 1940. Según (Silgado, 1978), los sismos antes indicados produjeron importantes daños materiales como es el caso de Lima y Callao que en 1746, quedaron completamente destruidas.

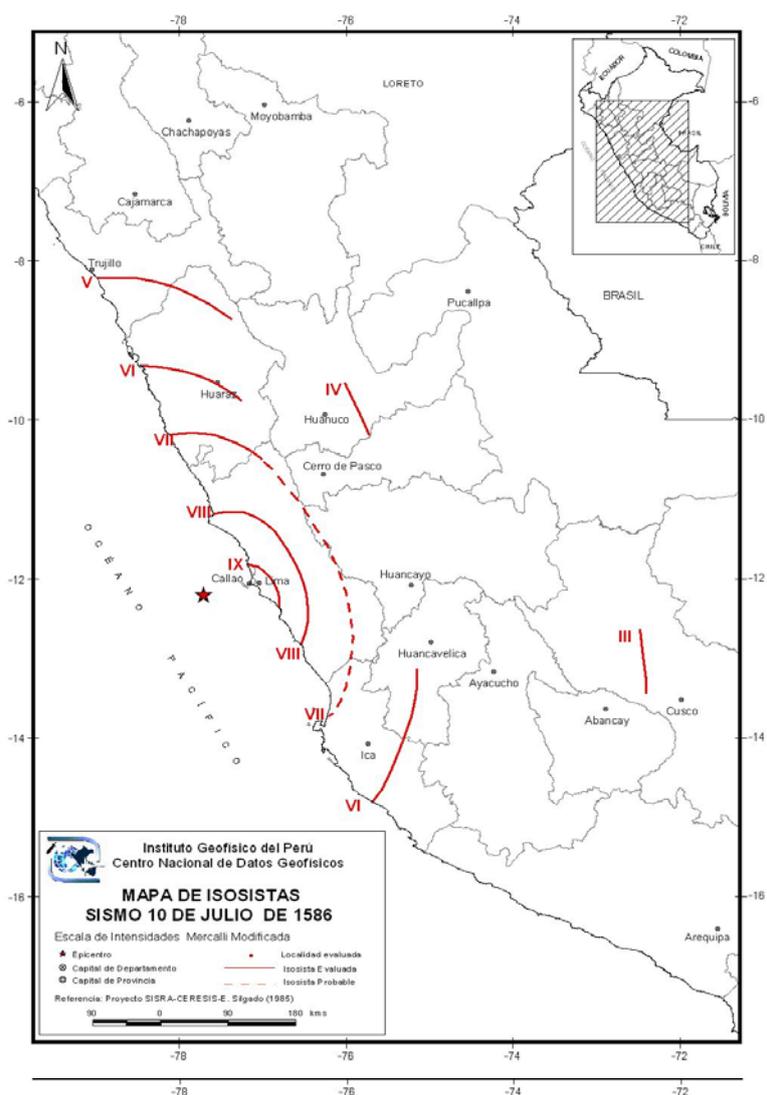
### b. Sismicidad Instrumental

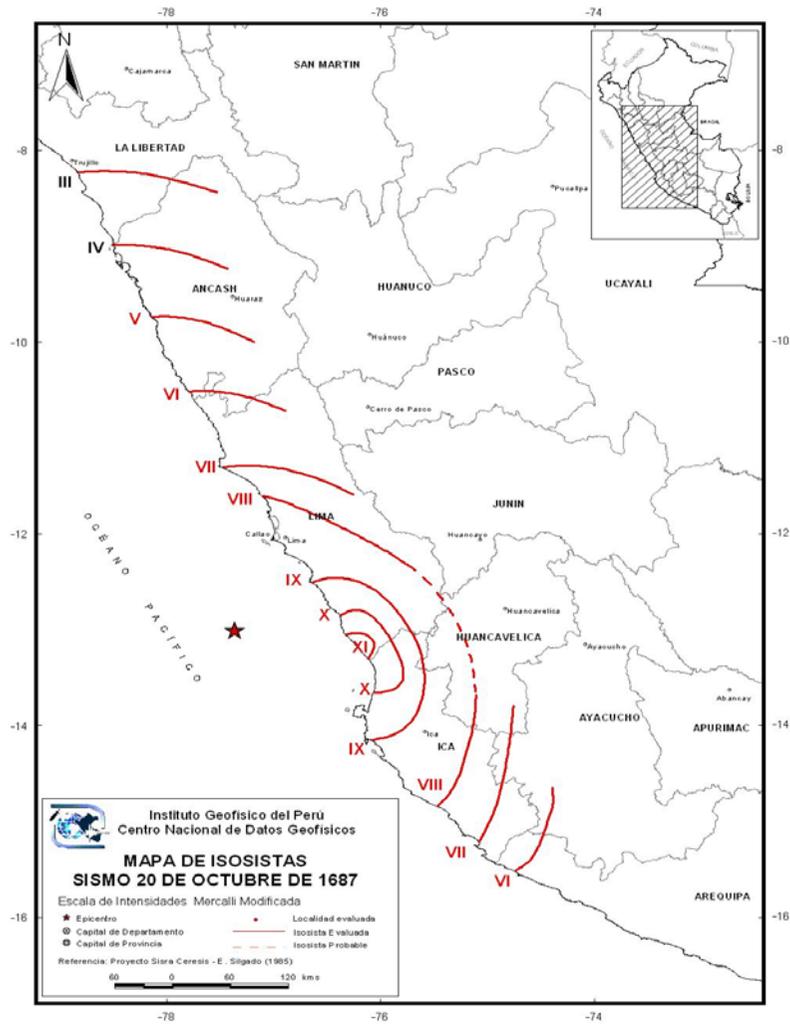
El registro de la sismicidad instrumental data de 1960, fecha en que se inicia la instalación de la Red Sísmica Mundial (World Wide Seismological Standard Network) y cuya base de datos ha permitido realizar los primeros análisis y evaluaciones de la sismicidad que ocurre en Perú. Así, los estudios realizados utilizando indistintamente datos telesísmicos, regionales y locales para diferentes periodos de tiempo, han permitido conocer de manera aproximada la geometría del proceso de subducción de la placa de Nazca, además de identificar las zonas de mayor deformación cortical en el interior del continente.

Las mejores bases de datos sísmicos están constituidas de información proveniente de redes sísmicas regionales como la Red Sísmica Nacional a cargo del Instituto Geofísico del Perú (IGP) disponible en la página web de dicha institución ([www.igp.gob.pe](http://www.igp.gob.pe)). El uso de dicha información permite tener un conocimiento acertado sobre las características de los patrones de sismicidad y de las áreas de mayor deformación local y regional.

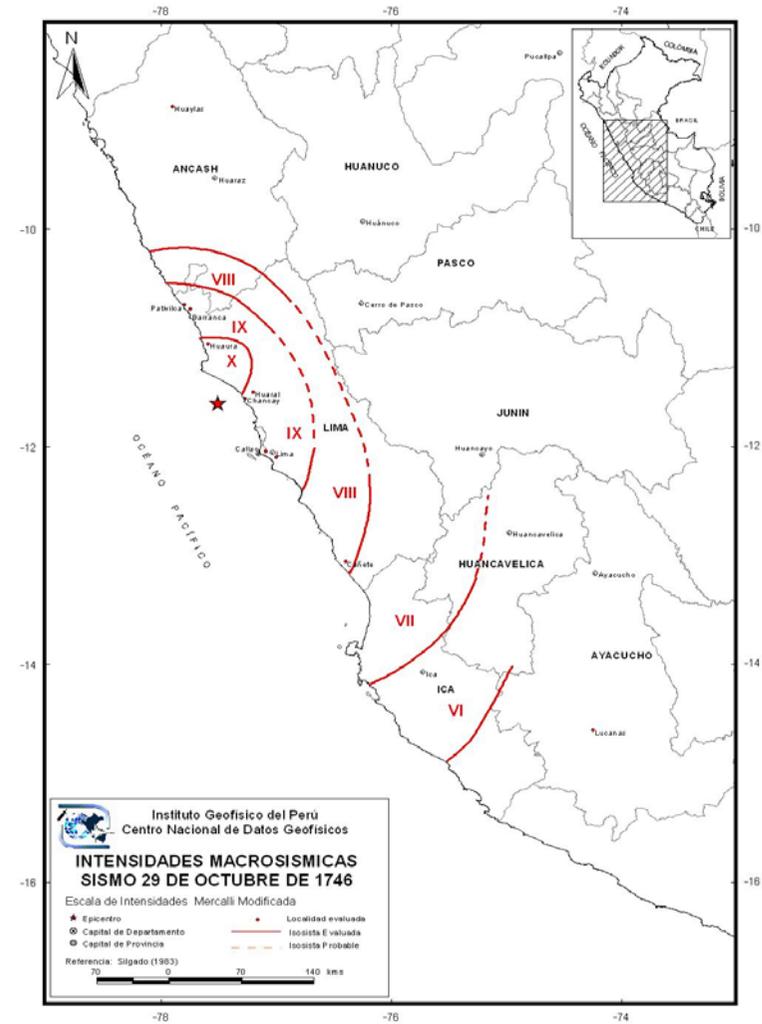
Para el análisis y evaluación de la actividad sísmica en el departamento de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, se ha hecho uso de información sísmica para el periodo 1960 al 2007 con sismos cuyas magnitudes son iguales o mayores a 4.5mb (3.0Ms); por lo tanto, todos estos sismos han sido sentidos en Callao y Lima con intensidades mínimas de II en la escala Mercalli Modificada.

**MAPA Nº 2.7.1.1: ISOSISTAS SISMO 10 JULIO DE 1586**

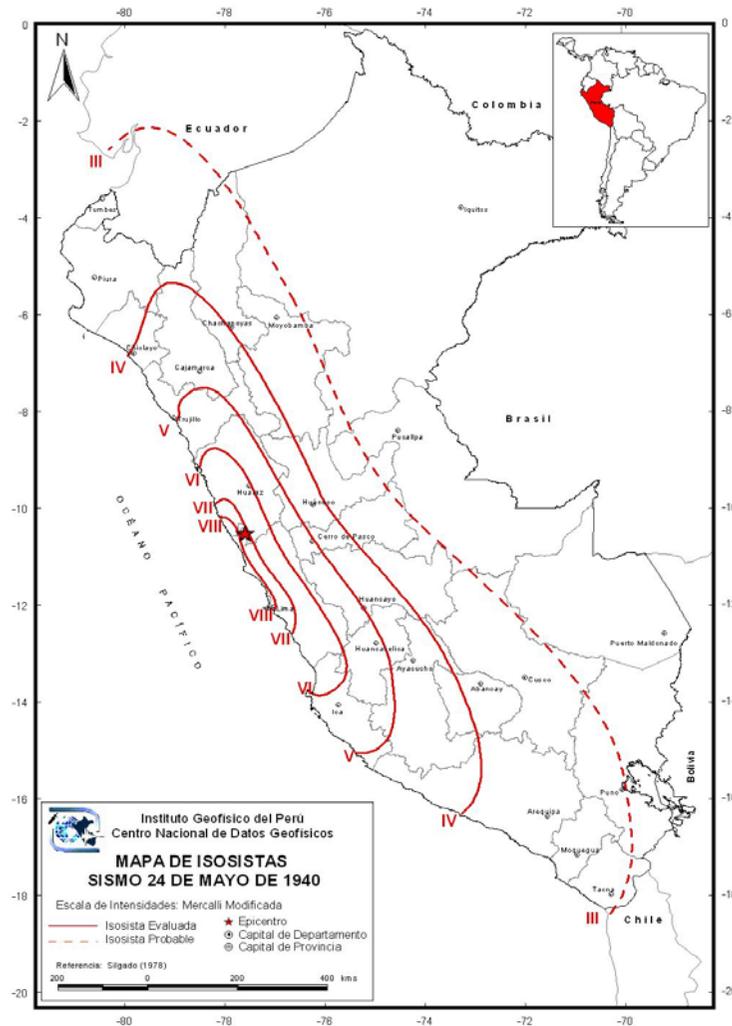




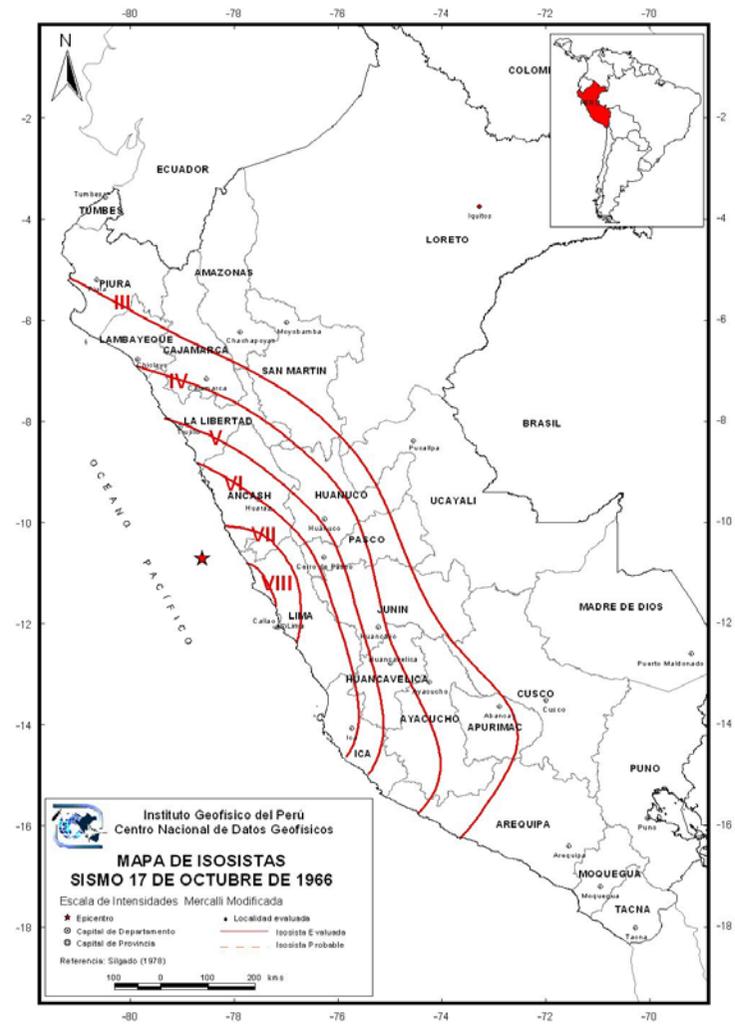
MAPA Nº 2.7.1.2: ISOSISTAS SISMO 20 OCTUBRE DE 1687



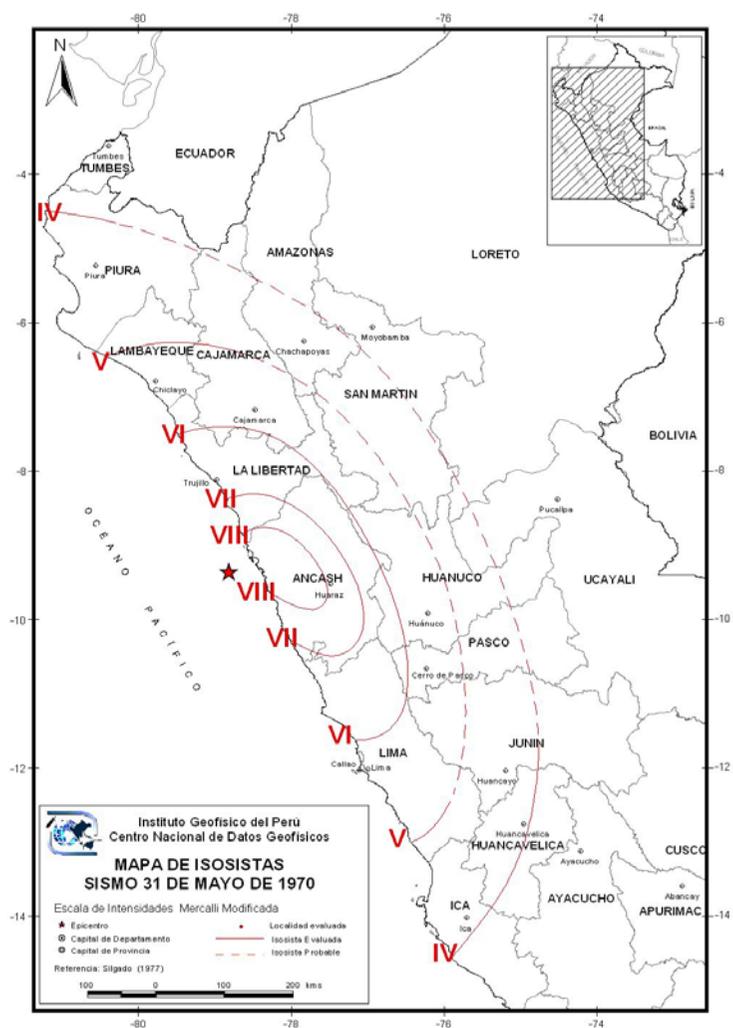
MAPA Nº 2.7.1.3: ISOSISTAS SISMO 29 OCTUBRE DE 1746



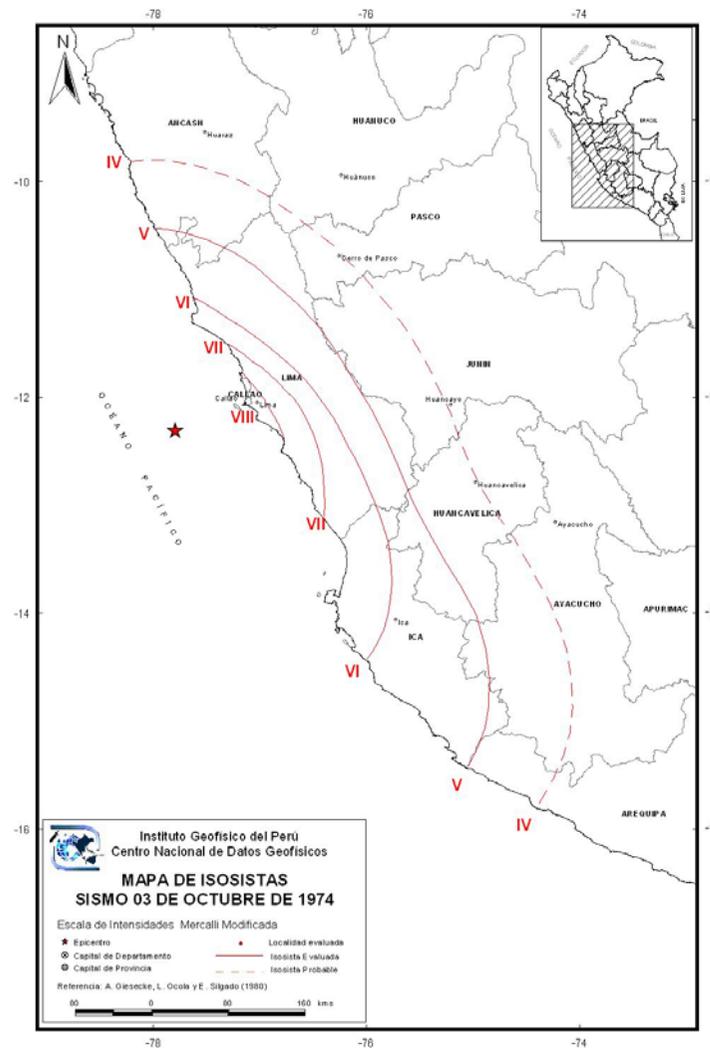
MAPA N° 2.7.1.4: ISOSISTAS SISMO 24 MAYO DE 1940



MAPA N° 2.7.1.5: ISOSISTAS SISMO 17 OCTUBRE DE 1966



MAPA Nº 2.7.1.6: ISOSISTAS SISMO 31 DE MAYO DE 1970



MAPA Nº 2.7.1.7: ISOSISTAS SISMO 03 OCTUBRE DE 1974

### **b.1 Distribución Espacial de Sismos**

Para un mejor análisis de la distribución espacial de la sismicidad en el departamento de Lima y áreas vecinas, se ha visto por conveniente clasificar los sismos en función de la profundidad a la cual ocurrieron según el criterio establecido por Tavera y Buforn (1998): Sismos con foco superficial ( $h \leq 60$  Km.) e intermedio ( $60 < h \leq 350$  Km.). Los sismos mayores con foco superficial (círculos) ocurrieron frente a la línea de costa y en el interior del continente sobre la zona de andina; mientras que, los de foco intermedio (cuadrados) presentan sus epicentros cerca de la línea de costa sobre toda el área de estudio. A continuación se realiza un análisis detallado de los sismos que ocurren a profundidades superficiales e intermedias.

○ **Sismos con Foco Superficial ( $h \leq 60$  km):** Estos se encuentran formando dos grupos, el primero con sismos cuyos epicentros se distribuyen entre la fosa y la línea de costa representando aproximadamente el 80% del total de la actividad sísmica que ocurre frente al departamento de Lima. Esta sismicidad está relacionada con el proceso de subducción en sus primeros niveles de profundidad y agrupa a los de mayor magnitud que ocasionaron diversos grados de destrucción en el Callao y Lima. De estos sismos, los de mayor importancia son los ocurridos en 1970 (Ancash), 1966 y 1974 (Lima), todos con magnitudes mayores a 6.0mb0. Estos sismos produjeron intensidades del orden de VIII (MM) en el Callao y Lima con daños evaluados sobre viviendas de diferentes tipos destruidas o dañadas parcialmente. Las intensidades máximas corresponden a las ciudades de Lima (1940), Ica (1942), Lima (1966), Ancash (1970) y Lima (1974), Lima (2007).

El segundo grupo, considera a los sismos que ocurren en el interior del continente y que se distribuyen, de Norte a Sur, paralelos a la Cordillera Andina.

Estos sismos de magnitud moderada ( $M_s \sim 6.5$ ) podrían tener su origen en las importantes deformaciones superficiales puestas en evidencias con la presencia de un gran número de fallas geológicas de diferente tipo que se distribuyen en el interior del país. Por ejemplo, sobre las coordenadas  $12^\circ S$  y  $75^\circ O$  se observa la presencia de un agrupamiento de sismos sobre la falla de Huaytapallana; mientras que, otro grupo de sismos se distribuyen paralelos a la cordillera sobre toda la zona Subandina alineados en dirección NE-SO y NO-SE, siendo en su mayoría debidos a los sistemas de fallas de Satipo y Amauta.

La distribución de los sismos con foco superficial muestra, a pesar de la dispersión observada, que existen dos fuentes sismogénicas importantes. La primera considera a los sismos que ocurren entre la línea de costa y la fosa, siendo estas características coherentes con el número de sismos de magnitud elevada ( $M_s \geq 6.0$ ) ocurridos en esta región en los últimos 70 años: 1940, 1942, 1966, 1970, 1974, 1996 y 2007.

En el interior del continente, los sismos se distribuyen sobre los principales sistemas de fallas originadas o reactivadas durante el Cuaternario por sismos que presentaron magnitudes del orden de 6.0mb y que al ser superficiales, generaron mayor destrucción en áreas relativamente pequeñas (locales).

Estos sismos se alinean paralelos a la Cordillera Andina poniendo en evidencia su origen; es decir, deformaciones netamente continentales como efecto del levantamiento de la Cordillera Andina causado por el proceso de subducción de la placa de Nazca y por la subsidencia del escudo brasileño bajo la cordillera.

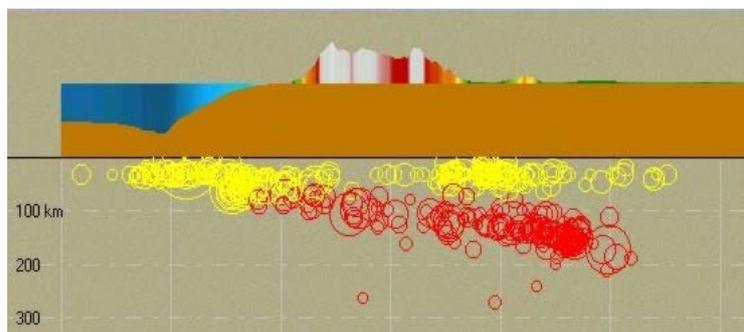
○ **Sismos con Foco Intermedio ( $60 < h \leq 300$  km):** La distribución espacial de estos sismos con focos intermedios se encuentran formando dos grupos, uno cerca de la costa y el otro sobre todo el continente en donde se distribuyen de manera dispersa. En general, la distribución espacial de los sismos con foco intermedio sugiere que los procesos de deformación a niveles de profundidad del orden de 120 km, es por demás heterogéneo y dependerán de las propiedades físicas del medio involucrado en dicha deformación.

### **b.2 Distribución en Profundidad de los Sismos**

A fin de realizar un mejor análisis de la sismicidad en función de sus hipocentros, en la Gráfico N° 2.7.1.1 se presenta una sección sísmica perpendicular a la fosa peruano-chilena para la

región centro. El interés de este análisis es debido a que resulta importante definir la superficie de contacto entre las placas de Nazca y Sudamérica, y la geometría de la primera a diversos niveles de profundidad por debajo del territorio peruano como una forma de conocer el peligro que ella pueda representar. Asimismo, este tipo de información permite conocer de manera aproximada la profundidad de los principales sistemas de fallas descritas anteriormente y cuya información resulta ser vital para establecer futuros patrones de riesgo para las zonas en donde se ubican dichas fallas.

**GRÁFICO Nº 2.7.1.1 DISTRIBUCIÓN EN PROFUNDIDAD DE LA SISMICIDAD EN LA REGIÓN CENTRO DE PERÚ SIGUIENDO UNA DIRECCIÓN E-O, PERPENDICULAR A LA FOSA.**



En la región centro en donde se encuentra la Provincia Constitucional del Callao y Lima, los sismos se distribuyen en profundidad siguiendo un alineamiento de sismos que se alinean desde la fosa siguiendo una pendiente de 25° a 30° hasta una profundidad de 120-150 Km. para luego distribirse de forma prácticamente horizontal hasta distancias de 750 Km. desde el punto desde la fosa.

Los sismos con foco superficial asociados a la deformación cortical alcanzan profundidades menores a 50 Km. y básicamente se concentran por debajo de la zona subandina.

**c. Análisis y Evaluación de la Energía Sísmica**

La cantidad de energía liberada por un sismo es difícil de conocerse con precisión, debido a que ella es la suma de la energía disipada en forma térmica por la deformación en la zona de ruptura y la emitida en forma de ondas sísmicas. Esta última, es la única que puede ser estimada a partir de las características del registro de los sismos; por lo tanto, se asume que el tamaño del sismo es proporcional a la cantidad de energía liberada.

En sismología, el tamaño de los sismos es conocido a partir de las amplitudes máximas del registro de las ondas de volumen ó superficiales expresados en valores de magnitud Mb. En estas condiciones, los valores de energía sísmica pueden ser conocidas utilizando las relaciones propuestas por Gutenberg, R. y Richter, C.F. 1,956 según las cuales, por ejemplo un sismo de magnitud Mb igual 7.0 liberaría 3.98E+22 ergios de energía, la misma que sería equivalente a la explosión de 199,000 toneladas de TNT.

La energía liberada por la bomba atómica de Hiroshima es equivalente a un sismo de magnitud 6.0mb (6.3Ms).

En el Cuadro Nº 2.7.1.1 se presenta equivalencias entre diferentes valores de magnitud y su respectiva cantidad de energía expresada en toneladas de TNT, ejemplos de sismos que liberaron tal cantidad de energía.

Para realizar un análisis de la distribución espacial de la energía sísmica liberada por sismos ocurridos en el Perú y en la cual se encuentra el Callao y Lima, se ha procedido a construir dos bases de datos: el primero considera los grandes sismos históricos para los cuales se conoce su magnitud (Ms) y el segundo (periodo instrumental), a los sismos utilizados en este estudio; es decir, ocurridos durante el periodo 1960 y 2007 ( $M_b \geq 4.5$ ;  $M_s \geq 3.0$ ). Los resultados obtenidos para los sismos históricos son presentados en función de la cantidad de energía estimada

directamente de su valor de magnitud  $M_s$ ; mientras que, para el periodo instrumental los valores de energía son expresados en una unidad de medida que se denomina “*unidad de energía*” a partir de su magnitud  $M_b$ .

El uso de las escalas de magnitud  $M_s$  y  $M_b$  obedece a que los sismos instrumentales son mejor cuantificados con el uso de la escala  $M_b$ ; mientras que, los históricos al ser estimados sus magnitudes a partir de los valores de intensidades máximas, es más certero el uso de la escala  $M_s$ . En ambos casos es factible usar relaciones empíricas para convertir una escala de magnitud a otra ( $M_b=3.303+0.424M_s$ ).

### C.1 Energía Sísmica, Periodo Histórico

Para la evaluación de la energía sísmica liberada por sismos históricos, se puede seleccionar el catalogo del IGP de todos los sismos con magnitudes  $M_s \geq 6.0$  ocurridos entre 1500 y 1959 (36 sismos) y según el cual, se observa que en Perú la mayor cantidad de energía ha sido liberada por sismos ocurridos entre la línea de fosa y la línea de costa, todos con posible origen en el proceso de subducción.

Los sismos que habrían liberado mayor cantidad de energía son los ocurridos en 1604 en la costa de Moquegua y Tacna, 1746 costa de Lima y 1942 costa de Ica ( $2.5E+24$  ergios de energía). Asimismo, en la región Norte, el sismo ocurrido en 1619 en la costa del departamento de La Libertad liberó  $3.2E+23$  ergios y el de 1953 en el departamento de Tumbes, liberó  $2.2E+23$  ergios de energía. Para los sismos que se han producido en el interior del continente, el ocurrido el 1 de Noviembre de 1947 en el departamento de Junín habría liberado  $1.1E+23$  ergios de energía.

**Cuadro N° 2.7.1.1: COMPARACIÓN ENTRE LA MAGNITUD (M), LA CANTIDAD DE ENERGÍA SÍSMICA LIBERADA Y SU EQUIVALENTE EN TNT.**

Magnitud (M)	Energía (ergios)	Equivalente en TNT	Ejemplos (aprox.)
2.0	$3.9E+10$	1 Tonelada	Una gran explosión minera
4.0	$2.5E+15$	1000 Tonelada	Arma nuclear pequeña
5.0	$6.3E+17$	32,000 Toneladas	Sismo de 1986 en Cuzco
6.0	$1.5E+20$	1 Megatón	Sismo de 1991 en Moyobamba Sismo de 1986 en Cusco Sismo de 1969 en Huancayo
6.5	$2.5E+21$	5 Megatones	Sismo de 1996 en Nazca Sismo de 1999 en Turquía
7.0	$3.9E+22$	32 Megatones	Sismo de 2005 en Lamas Sismo de 2001 en Arequipa Sismo de 1996 en Ica Sismo de 1974 en Lima
8.0	$2.0E+24$	1000 Megatones	Sismo de 1868 en Arequipa; Sismo de 1995 en Kobe, Japón Sismo de 1985 en México
9.0	$2.5E+27$	32,000 Megatones	Sismo de 2004 en Sumatra Sismo de 1960 en Chile Sismo de 1964 en Alaska
10.0	$6.3E+29$	1 Gigatón	Energía acumulada en una falla tipo San Andrés
12.0	$3.9E+34$	160 Gigatones	Se fractura la Tierra por la mitad

### C.2 Energía Sísmica, Periodo Instrumental

A fin de realizar el análisis cualitativo y cuantitativo más certero sobre la distribución de energía sísmica liberada en Perú por sismos del periodo instrumental, se utiliza la distribución de energía para los tres niveles de profundidad definidos anteriormente utilizando las relaciones establecidas por Gutenberg, R. y Richter, C.F., 1956. Para facilitar la presentación de los

resultados se asume que la energía sísmica liberada por un sismo de magnitud 4.5mb, equivalente a “una *unidad de energía sísmica (ue)*”; es decir, a 3.98E+16 ergios, tal como se indica en el cuadro N° 2.7.1.2

**Cuadro N° 2.7.1.2: Equivalencia entre magnitud, energía sísmica y “UE” utilizados en este Estudio**

Magnitud (Mb)	Energía (ergios)	Unidades de Energía (ue)
4.5	3.98E+16	1ue
5.0	6.31E+17	16ue
5.5	1.00E+19	251ue
6.0	1.58E+20	3,981ue
6.5	2.51E+21	63,096ue
7.0	3.98E+22	1'000,000ue

Establecido el criterio de medida de la energía sísmica liberada, sobre el mapa de sismicidad de Perú se construyó una malla con áreas unitarias de medio grado que considera todo el territorio peruano y la energía liberada por el total de los sismos que se encuentran dentro de cada área se suman a fin de considerar dicho valor como la energía total liberada en el punto medio del área.

Los valores finales de energía son proyectados en un mapa e interpolados usando el método de triangulación a fin de unir con líneas los puntos de igual valor de energía, las cuales son definidas como curvas de iso-energía. Los mapas de energía corresponden a sismos con foco superficial, intermedio y profundo.

○ **Curvas de Iso-energía para Sismos con Foco Superficial:**

En el Mapa 2.7.1.8 se observa que las mayores concentraciones de las curvas de iso-energía se producen a lo largo del borde occidental de la Cordillera Andina, sugiriendo que en esta zona se ha liberado la mayor cantidad de energía sísmica durante el periodo de estudio.

Del mismo modo, se observa que las curvas de iso-energía, al Norte de los 7° y al Sur de 15° de latitud Sur, tienden a distribuirse hacia el interior del continente alejándose cada vez más de la línea de costa, lo cual sugieren que la superficie de fricción de placas, principal fuente sismogénica, es muy heterogénea.

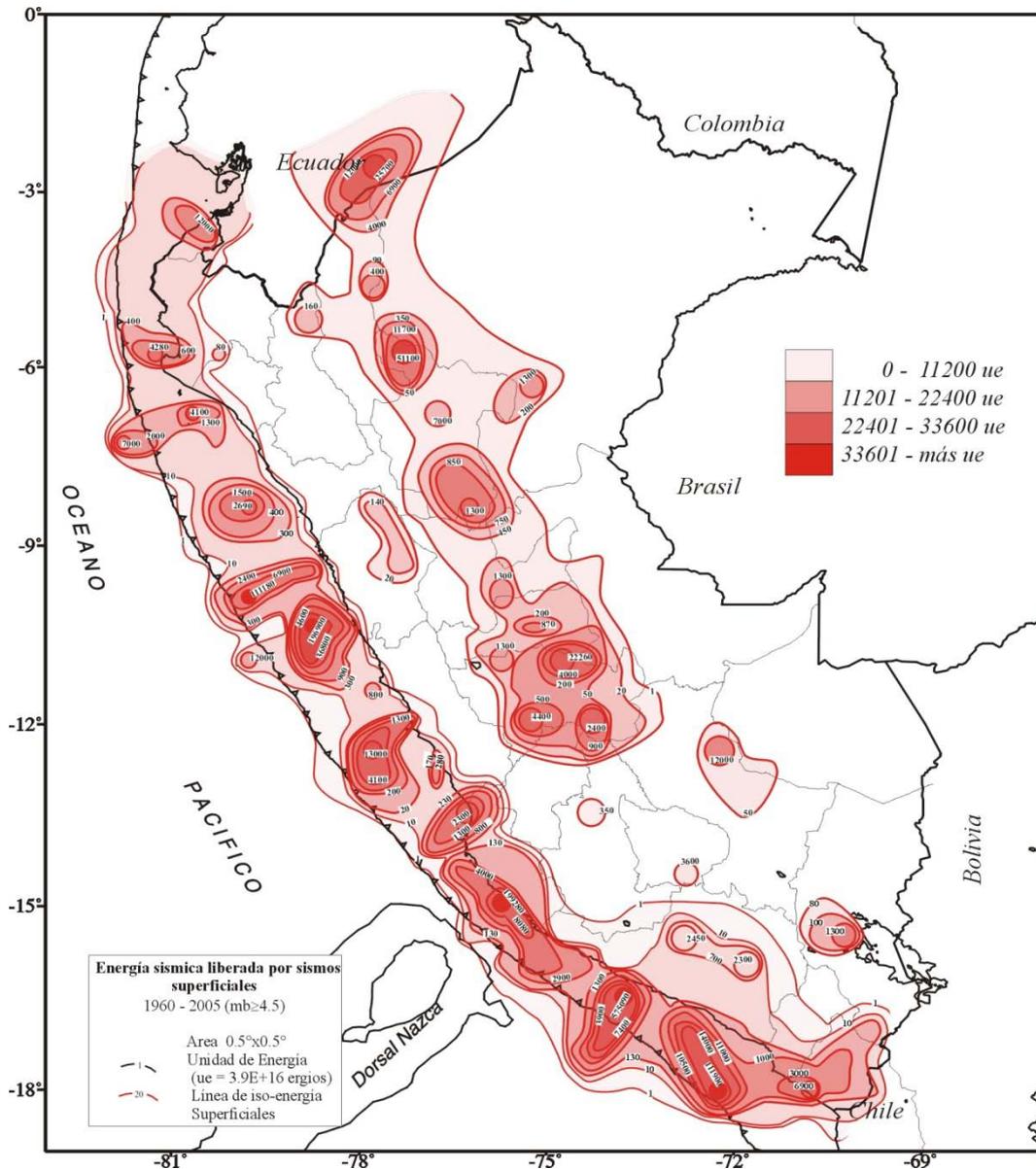
En el interior del continente, las curvas de iso-energía se distribuyen principalmente en la zona Subandina de la región Norte y Centro, mostrando mayor concentración en esta última. Estos resultados son coherentes con lo observado en la distribución de la sismicidad con foco superficial.

La mayor cantidad de energía fue liberada en el extremo Norte del departamento de Arequipa (57 5090 ue) y corresponde al sismo ocurrido en junio de 2001 (7.8Ms). La mayor cantidad de energía liberada por sismos ocurridos entre el departamento de Ancash y Lima (11 1180 y 19 6900 ue respectivamente), corresponden a los sismos ocurridos en octubre y mayo de 1966 (7.2Ms).

Asimismo, en el extremo Sur de los departamentos de Tumbes y centro de Lima, se ha liberado 12000 y 13000 ue respectivamente y gran parte se debe a los sismos ocurridos en diciembre y octubre de 1970 (7.0Ms) y 1974 (7.5Ms).

En el interior del continente, la mayor cantidad de energía ha sido liberada en la región norte de la zona de Subandina (51100 ue) y específicamente, en el extremo Norte del departamento de San Martín. Menor cantidad de energía se ha liberado en la región Central de Perú, con un máximo de 22260 ue.

**MAPA Nº 2.7.1.8: ENERGÍA SÍSMICA LIBERADA EN PERÚ POR SISMOS CON FOCO SUPERFICIAL OCURRIDOS ENTRE 1960 Y 2005. LOS VALORES DE ENERGÍA ESTÁN EXPRESADOS EN UNIDADES DE ENERGÍA (UE).**



○ **Curvas de Iso-energía para Sismos con Foco Intermedio:**

Según el Mapa 2.7.1.9, las curvas de iso-energía se distribuyen principalmente en el interior del continente (curvas de color verde), aunque en la costa frente al departamento de Ancash, se observa una pequeña concentración.

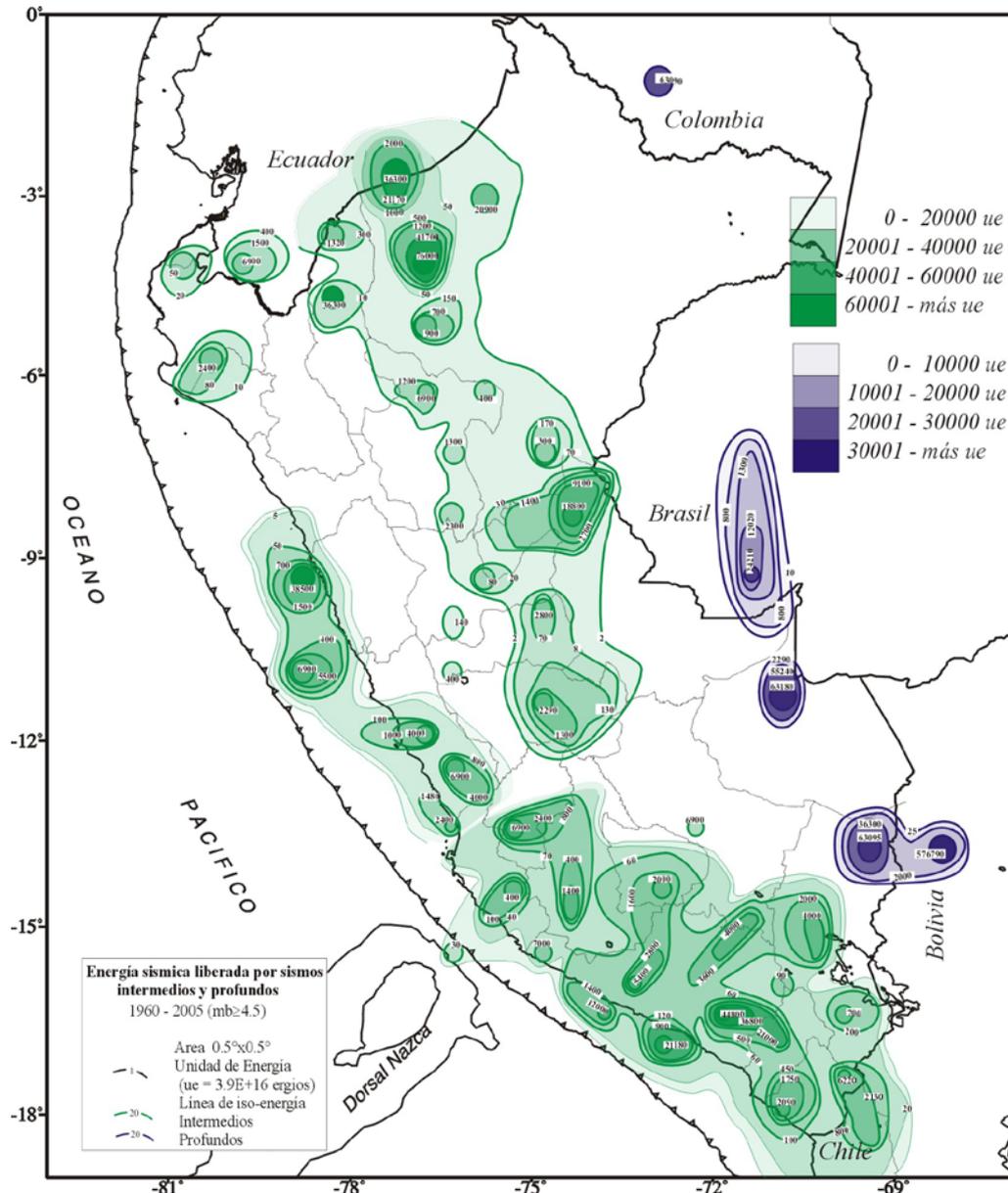
Por debajo de  $12^\circ S$ , las curvas de energía tienden a distribuirse entre la línea de costa y el Altiplano conforme se tiende hacia la región Sur, en donde su densidad aumenta considerablemente. Sobre los  $9^\circ S$ , las curvas de iso-energía tienden a distribuirse en la zona Subandina, siendo mayor el número al norte del departamento de Ucayali y Nor Oeste de Loreto.

Cuantitativamente, las iso-curvas se concentran sobre el departamento de Arequipa con un máximo 44800 ue. Al Sur de la ciudad de Lima, se ha liberado 6900ue de energía y gran parte corresponde al sismo ocurrido en enero de 1974 (6.1mb).

Una segunda concentración de curvas de iso-energía aparece al norte de Ucayali con un máximo de 18800ue y cerca a la frontera Perú - Ecuador con 76000 ue, que corresponde a la liberada por un sismo ocurrido en julio de 1971 (7.2Ms). Finalmente, frente al departamento de Ancash se libero un total de 38500 ue.

En general, durante este periodo de tiempo y para este nivel de profundidad, la mayor cantidad de energía fue liberada en la región central del Perú.

**Mapa 2.7.1.9: Energía Sísmica liberada en Perú por sismos con foco intermedio (curvas de color verde) y profundo (curvas de color azul) ocurridos entre 1960 y 2005. Los valores de energía están expresados en unidades de energía (ue).**



○ **Curvas de Iso-energía para Sismos con Foco Profundo (h > 300 km):**

Las curvas de iso-energía para sismos con foco profundo (curvas de color azul), se concentran en dos grupos, uno próximo a la frontera Perú - Brasil con un máximo de 24210 ue y otro, cerca

de Perú - Bolivia con un máximo de 576790 ue. Gran parte de la energía liberada por el segundo grupo es debido al sismo de junio de 1994 (8.0Ms) cerca de la frontera Perú-Bolivia, siendo este el más grande producido en el mundo en los últimos 100 años a estos niveles de profundidad. Al NE de la ciudad de Puno se habría liberado un total de 63095 ue. Estos resultados sugieren que en los límites de frontera y a estos niveles de profundidad, se ha liberado mayor cantidad de energía en comparación con lo observado en otras regiones y niveles de profundidad, al menos durante todo el periodo de estudio.

En general, la distribución y la forma de las curvas de iso-energía han permitido configurar la geometría de las fuentes sismogénicas presentes en Perú a diferentes niveles de profundidad. Los resultados sugieren que el potencial de una región sísmicamente activa no depende del mayor o menor número de sismos que en ella se puedan producir, sino del sismo de mayor magnitud que pueda ocurrir en un determinado periodo de tiempo.

## **2.7.2. SISMICIDAD Y PROBABILIDADES**

En países sísmicos como el Perú es indispensable realizar estudios para estimar el Peligro Sísmico como un intento de prevenir y mitigar los daños que pudieran causar los sismos, ya que en el diseño de obras importantes debe considerarse el balance entre el costo de la obra y la seguridad de las construcciones.

El estado del conocimiento en este campo muestra que a pesar del incremento de las investigaciones en el análisis del Peligro Sísmico, aún los modelos probabilísticos continúan ayudando a tomar decisiones en ingeniería y estimulan a la búsqueda de nuevos caminos que permitan dar al problema una solución de manera determinística. La incertidumbre existente para estimar el número, tamaño y ubicación de futuros sismos hace que el Peligro Sísmico se exprese en términos de periodos de retorno.

El peligro sísmico que en el futuro se espera en un lugar, puede ser determinado utilizando métodos determinísticos y probabilísticos. El primer método estima el tamaño del sismo mayor que pueda producirse en un área en función de su distancia a la fuente sismogénica.

En el segundo se hace uso del procedimiento desarrollado por Cornell (1968), para estimar en términos de probabilidad, la severidad sísmica con la cual podría ser sacudida una determinada área en el tiempo y puede ser expresada en valores de diversos parámetros de diseño como aceleraciones, velocidades o desplazamientos.

En estas condiciones, para el diseño apropiado de una obra de ingeniería, considerando todos los factores de seguridad, es necesario conocer el ambiente natural del área.

La severidad sísmica con la cual podría ser, en términos de probabilidad, sacudida una determinada área fue descrita por Cornell (1968), Cornell y Vanmarcke (1969) y aplicada en Perú por diversos autores utilizando el algoritmo SEISRISK (Bender y Perkins, 1987).

Este algoritmo retiene el concepto de fuentes sísmicas y asume que los terremotos que ocurren en una fuente obedecen a una distribución uniforme y por lo tanto, los niveles de aceleración calculados varían suavemente en puntos cercanos a los límites de la fuente. Asimismo, el algoritmo realiza un ajuste parcial de la magnitud que caracteriza a las rupturas a distancias cercanas como si ocurrieran sobre un mismo rango de magnitud.

Esto significa que para rupturas grandes asociadas a terremotos de magnitud elevada, a lo largo de la falla, las fracturas pueden ocurrir a la misma distancia del sitio de interés y el mismo nivel de aceleración sería calculado para todas estas rupturas (Huaco y Rodríguez, 1983).

El procedimiento descrito ha sido mejorado por Schmid y Schaad (1995), añadiendo el concepto de zonas sismogénicas, zonas sísmicas o fallas activas la técnica de asumir una malla sobre el área de interés en donde cada punto se comportará como fuente de un sismo potencial. Este procedimiento permite interpretar de manera precisa y obtener una representación transparente del peligro sísmico.

Las ciudades de Lima y Callao (referencias históricas de Silgado, 1978) han sido sometidos a una serie de sismos de gran intensidad, durante los cuales en múltiples oportunidades han sufrido cuantiosos daños materiales y pérdidas de vidas humanas.

La principal fuente generadora de eventos sísmicos que afectan esta región es la zona de subducción, definida por la interacción de la Placa de Nazca y la Placa Continental. Esta fuente puede generar eventos de gran magnitud, los que, según la historia sísmica, en la zona de la costa central pueden alcanzar los 8.2 grados en la escala de Richter. Asimismo, la relativa proximidad de la fuente sismogénica hace que la intensidad del movimiento sísmico sea bastante considerable en la zona urbana.

Los efectos de estos movimientos telúricos se ven incrementados por las diferentes condiciones de sitio que se presentan en los distritos que conforman la gran Lima Metropolitana, tal como se ha podido observar durante la ocurrencia de terremotos pasados tales como: el del 17 de octubre de 1966, 31 de mayo de 1970 y el del 03 de octubre de 1974 por mencionar alguno de ellos, donde las zonas de mayores daños se han localizado en los distritos de Chorrillos, Barranco, La Molina, La Punta y El Callao.

En la actualidad es ampliamente conocido que las condiciones locales de sitio es uno de los principales factores responsables de los daños sufridos por las edificaciones durante los sismos severos. La amplificación sísmica es un efecto de las condiciones locales de sitio y es fuertemente dependiente de las condiciones topográficas, geológicas y geomorfológicas.

La información a presentarse en esta parte será posteriormente procesada y analizada para establecer los niveles de riesgos y vulnerabilidades y que ello está considerado en la Valoración de Vulnerabilidades y Riesgos en la Microzonificación Ecológica Económica, para cuantificar las pérdidas máximas esperadas.

#### **a. Sismicidad y Fuentes Sísmicas**

Para evaluar el Peligro Sísmico de una determinada región es necesario contar con una base de datos sísmicos calificada que permita interpretar y conocer las características principales de los sismos y su relación con las diversas fuentes sismogénicas existentes en el Perú. La sismicidad presente en el Perú, se resume en lo siguiente:

- Las principales fuentes sismogénicas presentes en el Perú son: la superficie de contacto sismogénico, la deformación interna de la placa de Nazca y deformación interna de la placa Sudamericana.
- Los sismos de mayor magnitud ocurridos en cada fuente sismogénica han permitido cuantificar su real potencial sísmico, así como los niveles de daño que pudieran ocasionar, de ocurrir en el futuro, sismos con las mismas características.
- Se ha establecido que existe una relación directa entre la geometría de las fuentes sismogénicas con la tectónica local y regional, siendo los sismos el resultado de los importantes procesos de deformación a los cuales están sometidas la corteza oceánica y la continental.

La base de datos sísmicos a utilizarse corresponde al Catálogo Sísmico del IGP, periodo 1500 a 2007. La magnitud original expresada en la escala Mb, ha sido normalizada a la escala Ms haciendo uso de la siguiente relación (Huaco, 1981):

$$M_b = 3.303 + 0.424 M_s$$

Para el cálculo del Peligro Sísmico se ha considerado las fuentes sismogénicas definidas por Castillo y Alva (1993). De las relaciones calculadas, la correspondiente a la frecuencia sísmica es de mayor importante debido a que va ligado a la magnitud del sismo y representa la pendiente de la curva de frecuencia sísmica ( $\log N = a + b M$ ). Si el valor de la pendiente tiende a cero, significa que en el área de interés ocurren gran cantidad de sismos con magnitudes pequeñas y por lo tanto; el área es de fácil deformación. Contrariamente, si la pendiente tiende a valores mayores a cero, los sismos serían mínimos por presentar magnitudes elevadas y por ende, el área presentaría mayor resistencia a la deformación.

La representación logarítmica del valor de la pendiente "b", es conocida como Beta y ella permite cuantificar mejor el valor de la pendiente de la curva. Los valores de la tasa de deformación ( $\mu$ ) corresponden a la razón media anual de ocurrencia de sismos mayores a la magnitud mínima identificada en cada fuente sísmica.

Por otro lado, muchos autores han discutido sobre las aceleraciones obtenidas en los estudios de Peligro Sísmico debido a que ellas dependen de las relaciones de atenuación que se utilizan; sin embargo, existe concordancia en aceptar ecuaciones que permitan relacionar o combinar el uso conjunto de bases de datos compuestas por sismos con foco superficial e intermedio. En este estudio se hace uso de la ecuación de atenuación definida por Casaverde (1977).

## **b. El Peligro Sísmico Mediante el Método Probabilístico**

Haciendo uso de la teoría del método probabilístico propuesto por Cornell (1968), el programa Risk-III, la ley de frecuencia sísmica de Richter y la ecuación de atenuación de la aceleración propuesta por Casaverde (1977), se ha obtenido valores de aceleraciones máximas probables para periodos de 50 y 100 para el departamento de Lima que incluye a la Provincia Constitucional del Callao.

### **b.1. Aceleraciones Máximas Probables en el Departamento de Lima**

Las aceleraciones máximas probables para el departamento de Lima (periodos de retorno de 50 y 100 años), los mayores valores de aceleración están cerca de la línea de costa y conforme se aleja al interior del continente, los valores decrecen con curvas de iso-aceleración paralelas a la costa. Los valores máximos de aceleración son del orden de 280 gals para 50 años y 355 para 100 años, todos coherentes con las características y tamaños de los grandes sismos que han afectado al departamento de Lima en el pasado. Por ejemplo, el sismo del 3 de Octubre de 1974 (7.8 Ms) ha producido en la ciudad de Lima aceleraciones del orden de 345 gals y daños proporcionales a una intensidad de VIII en la escala de Mercalli Modificada. De ocurrir sismos de magnitudes similares o mayores en cada periodo de tiempo, las aceleraciones obtenidas de manera probabilística es este estudio pueden ser alcanzadas.

## **c. Curvas de Periodos de Retorno y Probabilidades de Excedencia Anual en el Callao**

La curva de peligro anual en función de las aceleraciones máximas esperadas y periodos de retorno para la Provincia Constitucional de El Callao es una probabilidad de excedencia anual de 0.01 de que en un periodo de 100 años supere una aceleración de 378 gals, equivalente a un sismo de magnitud 7.5-8.0 Ms. Estas características están de acuerdo con el índice de sismos que ocurren frente a la línea de costa de la región central del Perú. De acuerdo a ello, la costa central de Perú (costa de Lima) presentan mayor peligro al estar expuestas directamente al la principal fuente sismogénica existente en el Perú.

### **Aceleración sísmica**

El proceso de subducción presente en el borde occidental de Perú y los sistemas de fallas distribuidas en la Alta Cordillera y borde oriental de la misma, son fundamentales para el delineamiento de las fuentes sísmicas y caracterización de las fuentes sismogénicas, las que a su vez coinciden con las máximas aceleraciones observadas y obtenidas desde el punto de vista probabilístico.

Del mismo modo, la historia sísmica del Perú muestra que la ocurrencia de sismos de gran magnitud que han producido áreas de destrucción relativamente extensas, son capaces de generar aceleraciones tan altas como las propuestas en este estudio para los periodos de tiempo estimados.

La dispersión y perturbación que frecuentemente se observa en estudios de este tipo, debido a eventos sísmicos con error en su cálculo (ubicación y profundidad) o el mal uso de las magnitudes Mb o Ms, han sido reducidas al mínimo mediante un riguroso proceso de selección y calificación de la información sísmica utilizada, lo cual da un alto valor de confiabilidad a los resultados obtenidos en este estudio.

Las aceleraciones calculadas en este estudio para cada periodo de retorno representan las máximas, pero también es sabido que las estructuras no están sometidas a esta aceleración sino a una menor llamada "aceleración efectiva" y para efectos de daños puede ser aún menor hasta en un 35-40% de la aceleración máxima. Huaco (1981) considera que la aceleración efectiva en un rango útil viene dada por la siguiente relación:

$$ac = 0.63 a_{max},$$

Siendo  $a_{max}$  la aceleración estimada en los estudios de peligro sísmico. Sin embargo, esta reducción de la aceleración máxima es solo referencial ya que los valores reales de diseño deben ser decididos después de un análisis detallado de las condiciones del suelo y características de la obra. Asimismo, las aceleraciones calculadas en este estudio corresponden a las horizontales máximas y sus valores en la vertical pueden estimarse utilizando la relación propuesta por Huaco (1980),

$$a_v = 0.00247 + 0.49998.a,$$

Siendo  $a_v$  la aceleración vertical y  $a$ , la aceleración horizontal calculada en este estudio.

Los sismos que ocurren en la principal fuente sismogénica del Perú, y que afectaron a la ciudad de Lima, suelen tener proceso de ruptura simple y múltiple.

Los sismos de ruptura simple producen liberaciones súbitas de energía y coinciden con la llegada de las ondas de corte o las ondas superficiales, tal como ocurrió con el sismo del 17 de Octubre de 1966 (7.8Ms) que produjo aceleraciones de 450 gals. Sismos con procesos de ruptura múltiple como los ocurridos el 31 de Mayo de 1970 o 3 de Octubre de 1974 (7.8Ms), producen aceleraciones de 245 gals; es decir, próximos a la mitad, lo cual complica la certeza de los valores de aceleración estimados utilizando cualquier método o técnica.

Sin embargo, a la luz de la información disponible es posible considerar que el mayor sismo que pueda ocurrir en la principal fuente sismogénica y que afecte a la Provincia Constitucional de El Callao tendría una magnitud del orden de 7.5- 8.0Mw (350-400 gals).

### **2.7.3. INUNDACION POR TSUNAMI**

El comportamiento en tierra de los tsunamis es complejo, porque influyen varios factores que se conjugan de diversos modos. Sin embargo, la topografía es una información básica que permitiría delimitar las zonas inundables con cierto nivel de confianza (Mapa N°. 2.7.2.1)

Considerando datos de estudios existentes, se concluye es estimar un valor inicial (Abe) de la zona inundable hasta la cota del terreno, cuyo valor disminuiría por acción de la fricción del suelo e incluso coincidiría con las alturas de ola en la costa estimada (criterios de Yamaguchi y Silgado). La pendiente influye de manera importante en la penetración del tsunami en tierra. Cuando la franja del terreno es angosta y la pendiente es relativamente fuerte, la extensión de la zona inundable no es muy grande.

Pero el Run-up es mayor que la altura de la Ola en la Costa, en ese sentido la cota de inundación severa se podría establecer en 6 m de frente a 6.3. Si bien es cierto que llega el agua de mar a esa cota pero no representaría mayor peligro la diferencia de 30 m.

En cambio cuando el terreno es plano, la penetración puede ser cientos de metros, pero la máxima cota que alcanza la inundación es menor que la altura de ola en la costa, lo que hace pensar que en ese caso las pérdidas por fricción en tierra son bastantes significativas.

En ese sentido, para el Callao Sur está definido de acuerdo a los antecedentes de tsunamis y estudios posteriores cuyos posibles epicentros se han localizado cerca de la Punta.

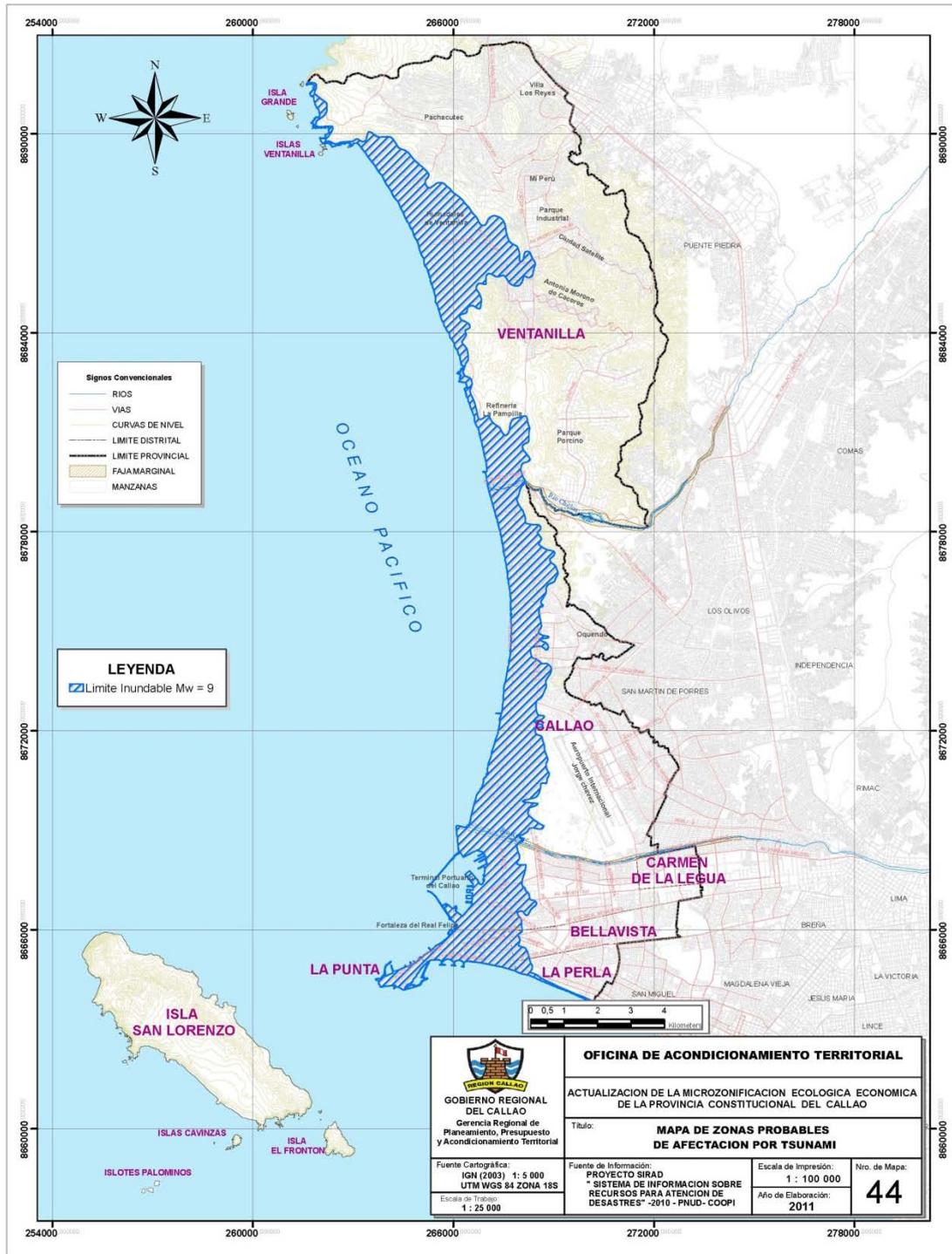
Para el Callao Centro, la Inundación severa llega hasta los 4 m. en Sarita Colonia, Oquendo debido a que las olas de 5.7 m de altura disminuirían por efecto de la fricción, llegando incluso una distancia de 800 metros. Si el terreno tiene una pendiente menor que 1:50, se traza desde

ACTUALIZACIÓN DE LA MICROZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA  
PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO - 2011

la altura de ola una recta que declina tierra adentro con pendiente 1:100, si los efectos de fricción son fuertes y 1/200 si no son tan intensos

Para el distrito de Ventanilla la inundación severa llega hasta los 3 metros aproximadamente y franja de inundación promedio de 600 m de tierra adentro, debido a la pérdida de carga que frena el avance del mar. Según Abe proporciona el Run-up de un Tsunami teniendo en cuenta el sismo generador y las características locales de la zona. Sin embargo la que se asume para una magnitud de Kanamori de 8.2, se tendría un Run-up de 6.8 mt.

**MAPA N° 2.7.3.1 ÁREAS DE AFECTACIÓN POR NIVELES DE INTENSIDAD POR TSUNAMIS**



Se han realizados estudios recientes en relación al impacto de Tsunamis a las costas de Lima y Callao como son:

#### 2.7.4 ESTUDIO DE MICROZONIFICACION SISMICA Y VULNERABILIDAD EN LA CIUDAD DE LIMA – EVALUACION DE LA AMENAZA FRENTE A TSUNAMI PARA LIMA Y CALLAO – NOVIEMBRE 2010

Estudio realizado mediante un convenio específico de cooperación interinstitucional entre el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), a través de su Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). El cual tuvo como finalidad de realizar con estudio de Microzonificación Sísmica y Vulnerabilidad en la Ciudad de Lima planteando así el Análisis de riesgo de Tsunami para las costas de Lima Metropolitana y Callo, desde Ancón hasta Pucusana.

Los resultados obtenidos determinan que los distritos más afectados por efectos de Tsunami son el Callao, Chorrillos y Lurín. Para nuestra área de estudio y en el caso del escenario sísmico con una magnitud Mw = 8.7, en el Callao se verían afectadas 881 manzanas (44% del total afectado). De acuerdo al cuadro (Nº. 2.7.4.1.)

**Cuadro (Nº. 2.7.4.1) Número de manzanas afectadas en los distritos costeros del Callao, según el escenario sísmico.**

Nº	Distrito	Cantidad de Manzanas Afectadas			Porcentaje de Afectación		
		Mw 8.0	Mw 8.5	Mw 8.7	Mw 8.0	Mw 8.5	Mw 8.7
1	Callao	110	751	881	26%	44%	44%
2	La Perla	0	5	13	0%	0%	1%
3	La Punta	31	54	54	7%	3%	3%
4	Ventanilla	67	81	92	16%	5%	5%

#### PROYECTO: “PREPARACIÓN ANTE DESASTRE SÍSMICO Y/O TSUNAMI Y RECUPERACIÓN TEMPRANA EN LIMA Y CALLAO” - ESCENARIOS DE RIESGO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE EN EL DISTRITO DEL CALLAO – ABRIL 2011

Proyecto ejecutado a durante el 2010 y principios del 2011 por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), con la asistencia del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el financiamiento de la Oficina de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea (ECHO). El ámbito de estudio se realizo a nivel de Lima Metropolitana y de la Región del Callao, así como en tres ámbitos específicos: el Centro Histórico de Lima – Rímac y los distritos del Cercado del Callao y de Villa María del Triunfo.

De acuerdo a los datos obtenidos y teniendo como escenario de riesgo al distrito del Callao antes la posibilidad de un sismo de grado 8,5 de la escala de Richter, con epicentro en el mar y asociado a la inundación provocada por efecto de un Tsunami. Se establecieron 6 sectores de 3 ámbitos vecinales como son Márquez/Haya de la Torre, Tiwinza y Zona Monumental, en donde el nivel de riesgo alcanza a un 75% de la población.

Los sectores críticos determinados son.

1. Sector Santa Beatriz (Pob. Total: 1,900 Hab.),
2. Sector AA. HH. D. Carrión (I y II Etapa) - F. Bolognesi, (Pob. Total: 2278Háb.)
3. Sector Puerto Nuevo – Barrio Frigorífico, (Pob. Total: 5402 Ha.)
4. Sector Ciudadela Chalaca/Chacaritas/ San Juan Bosco/María Auxiliadora /Barrio Fiscal/AAHH Brescia; (Pob. Total: 11688 Hab.)

5. Sector Fray Martin de Porres/Alberto Secada/Celia Chavarry/ Unidad Modelo/ Alan Garcia/  
Barrio Fiscal Auxiliadora /Barrio Fiscal/AAHH Brescia (Pob. Total 16,961 Hab.)  
6. Sector: Urb. Pesada, Chucuito Lote 12 (Pob. Total 2738Hab.)

De acuerdo los cuadros (Nº. 2.7.4.2.), (Nº. 2.7.4.3) y (Nº. 2.7.4.4).

**Cuadro (Nº. 2.7.4.2) Estimación de escenarios de riesgo muestra que la franja costera está por el 19% expuesta a rangos de entre alto (7%) y muy alto (12%).**

Riesgo	Superficie de área en Km2	Porcentaje de exposición
Muy alto	7.9276	12%
Alto	4.3269	7%
Medio	17.4205	27%
Bajo	2.5146	4%
NN*	31.8581	50%

Fuente elaboración equipo-COOPI

NN\* =Zonas no Residenciales y no Evaluadas. Este dato es por zonas y no por manzanas

**Cuadro (Nº. 2.7.4.3) Descripción de riesgos según el valor cualitativo.**

Valor cualitativo	Descripción	Estimación cuantitativa de pérdidas de vidas humanas
Riesgo Muy Alto	Hay un riesgo muy elevado, los edificios colapsan, se puede considerar un porcentaje de peligro de caída estructural que hace inhabitable el inmueble y muerte superior al 75%.	75%
Riesgo Alto	Hay un riesgo elevado y hay edificios que, en un sismo, puedan tener daños graves que comprometan su estabilidad, con un porcentaje de riesgo de fallo estructural y muerte superior al 50%.	50%
Riesgo Medio	Hay edificios en los cuales se pueden presentar daños graves, pero que no comprometen la estructura haciéndola caer, con un porcentaje de riesgo de fallo estructural y muerte superior al 25%.	25%
Riesgo Bajo	Luego de un sismo, los edificios presentan pocos daños a las estructuras y no se verifican en la edificación fallas o caídas, con una consideración del riesgo de fallo estructural y muerte superior al 5%.	15%

Fuente elaboración equipo-COOPI

**Cuadro (Nº. 2.7.4.4) Nos muestra que el 16% de la población se ubica en zona de muy alto riesgo, mientras que el 24% está en zona de riesgo alto. Sobre el total de la población el 38% quedaría afectado por un sismo tsunami génico.**

nivel de riesgo	población	% de población total en riesgo	victimas fallecidas estimadas	% pérdidas de vidas humanas
Muy alto (75%)	65,092.00	16	48,819	75
Alto (50%)	99,443.00	24	49,722	50
Medio (25%)	228,741.00	55	57,185	25
Bajo (5%)	20,570.00	5	1,029	5
TOTAL	413846.00		156,754	38

Fuente elaboración equipo-COOPI

**PROYECTO: “ SIRAD – SISTEMA DE INFORMACION SOBRE RECURSOS PARA ATENCION DE DESASTRES” - INFORME N° 2 DE ACTIVIDADES –Volumen 14 Investigación sobre el peligro de Tsunami en el Área Metropolitana de Lima y Callao – Setiembre 2010 – Estudio de Peligro de Maremoto en Lima y Callao y Cartografía de las Zonas Inundables” – PNUD**

Este documento trata de determinar, caracterizar y cartografiar el peligro relacionado con la ocurrencia de un maremoto o tsunami relacionado con un sismo de gran magnitud. Para este caso se han considerado dos escenarios sísmicos de referencia:

- a) Un escenario para un terremoto hipotético (magnitud = 8.5 Mw), con epicentro en el mar frente al Callao. Corresponde al terremoto más probable que podría ocurrir en Lima;
- b) Un escenario análogo al terremoto de 1746 (magnitud= 9.0 Mw), con área de ruptura desde Chimbote (al norte de Lima) hasta el Sur de Pisco (10 a 15° S). Es el peor escenario sísmico que ha ocurrido en el Perú.

Bajo estos supuestos vemos la gran diferencia de altura de las olas, a pesar que la intensidad solo varía en medio grado. Con un sismo de intensidad 9.0 la ola podría alcanzar los 10 m en el Callao y 14 m. en Ventanilla.

	Mw = 8.5		Mw = 9.0	
	Altura (m)	Tiempo (min)	Altura (m)	Tiempo (min)
Ancón	9.0	22	15	25
Ventanilla	7.5	21	14	24
Callao	7.0	20	10	22
Villa	6.5	16	14	18
Lurín	7.0	19	15	20
Pucusana	5.0	16	13	18

Es importante señalar, que este documento conducido por PNUD ha sido incorporado por la Dirección de Hidrografía y Navegación – HIDRONAV en sus cartas de inundación por Tsunami.

**2.7.5. EVENTOS RECURRENTES EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO**

De acuerdo al Plan de Operaciones de Emergencia del Área Metropolitana de Lima y la Región Callao al 2011, los territorios de Lima Metropolitana y la Región Callao, así como gran parte del Perú se han convertido paulatinamente en el cuadro de acción para la configuración de condiciones riesgo, numerosas limitantes biofísicas con la presencia de factores que pueden convertirse en fenómenos destructivos

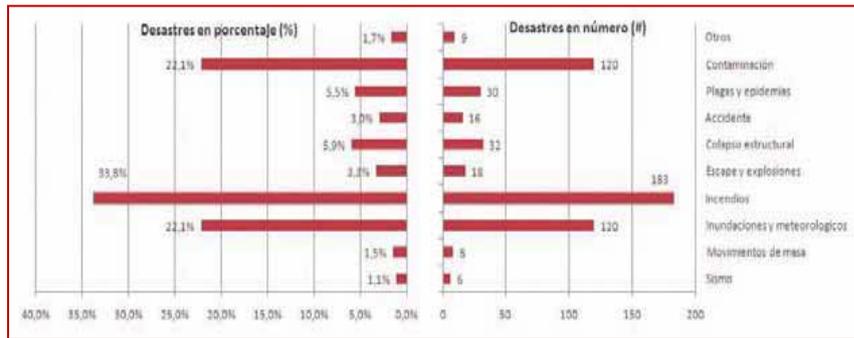
En términos de peligros o amenazas (geodinámicas, geotécnicas, hidrometeorológicas y antrópico tecnológicas) y la existencia de características propias o intrínsecas a la sociedad.

En términos de vulnerabilidad, que los predisponen a sufrir daños en diversos grados (conflictos con el uso del suelo, presión urbanística por el crecimiento poblacional acelerado, localización y ocupación de terrenos peligrosos, construcciones sin especificaciones ingenieriles recomendadas, deterioro de las obras de mitigación, procesos de degradación ambiental, así como la debilidad en el ámbito del conocimiento, la educación y la cultura ambiental). (Mapas N° 2.7.5.1 y N° 2.7.5.2)

**Eventos de Mayor Frecuencia**

En la Región Callao, se encuentra un comportamiento similar, donde los eventos más recurrentes corresponden a los incendios (34%), seguido de la contaminación ambiental (21%), además de las inundaciones, las marejadas, y otros fenómenos meteorológicos (21%); y con un menor porcentaje, los sismos y los movimientos en masa. (Grafico N° 2.7.5.1)

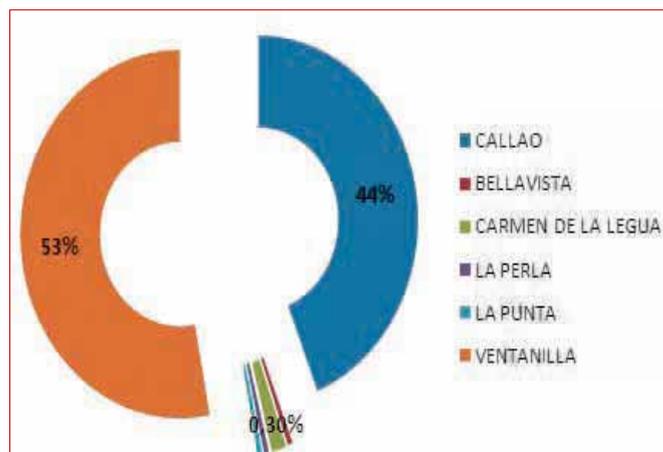
**GRAFICO N° 2.7.5.1 REGISTROS DE DESASTRES SEGÚN TIPO DE EVENTO. REGIÓN CALLAO. 1970 – 2009**



Fuente: Plan de Operaciones de Emergencia del Área Metropolitana de Lima y la Región Callao al 2011

Para la Región Callao, los registros se concentran en los distritos de Ventanilla (53%) y Callao (43%), con predominancia de fenómenos asociados a los incendios. Estos datos evidencian la influencia del proceso de urbanización y de la concentración poblacional, para los dos distritos más poblados de la Región, así como de condiciones críticas de vulnerabilidad e índices de pobreza. (Grafico N° 2.7.3.2)

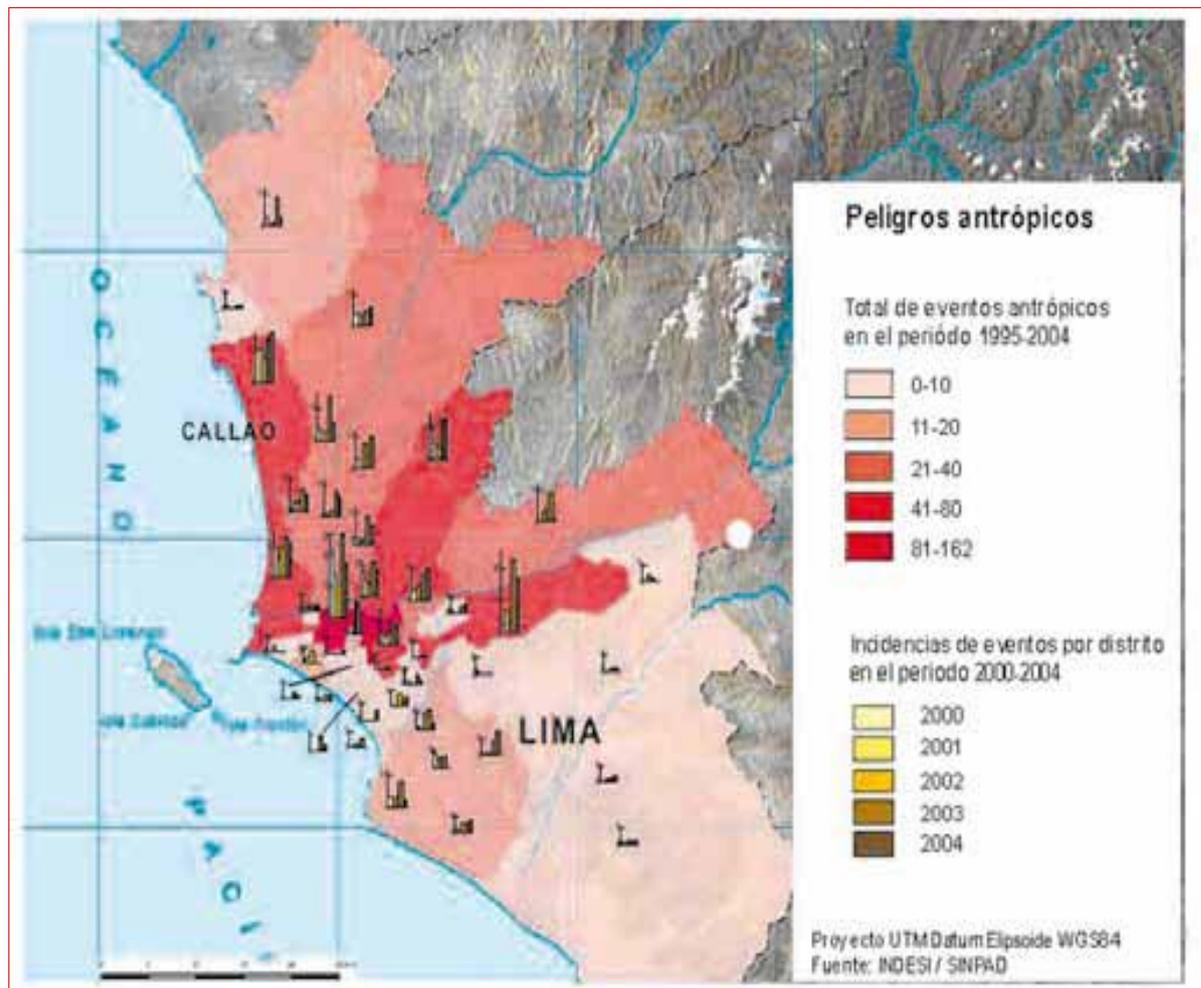
**GRAFICO N° 2.7.5.2: PORCENTAJE DE EVENTOS POR DISTRITO. REGIÓN CALLAO. 2005 – 2010**



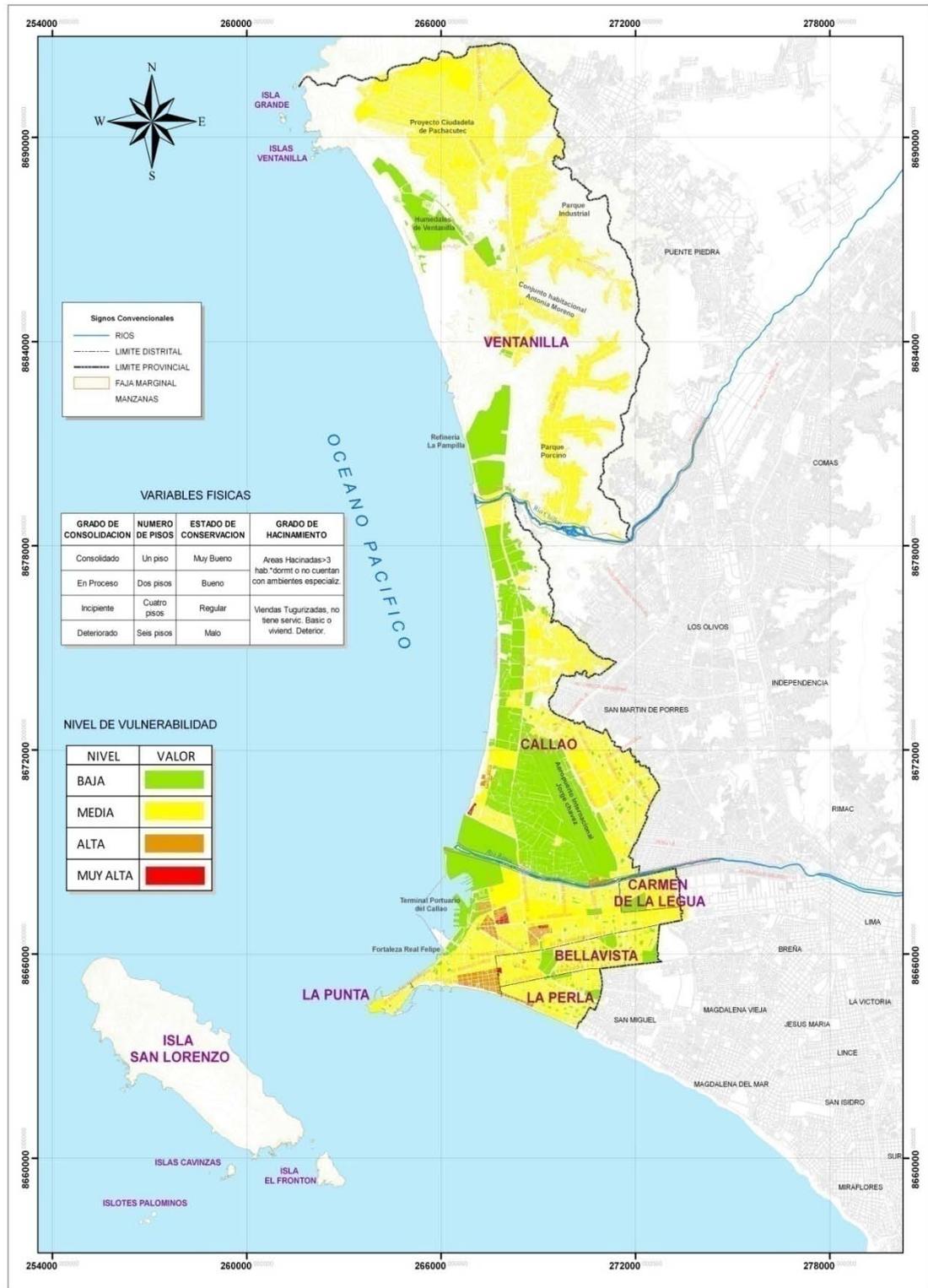
Fuente: Plan de Operaciones de Emergencia del Área Metropolitana de Lima y la Región Callao al 2011

Según el Sistema Nacional de Información para Prevención y Atención de Desastres (SINPAD), el 84% de los peligros antrópicos se concentran en Lima y 16% en la provincia del Callao, mostrando una mayor tendencia a la ocurrencia de incidentes, en los distritos de Cercado de Lima, Ventanilla, Callao Cercado, Ate, San Juan de Lurigancho, y Rímac. (Grafico Nº 2.7.3.3)

**GRAFICO Nº 2.7.5.3: PELIGROS ANTRÓPICOS EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.**

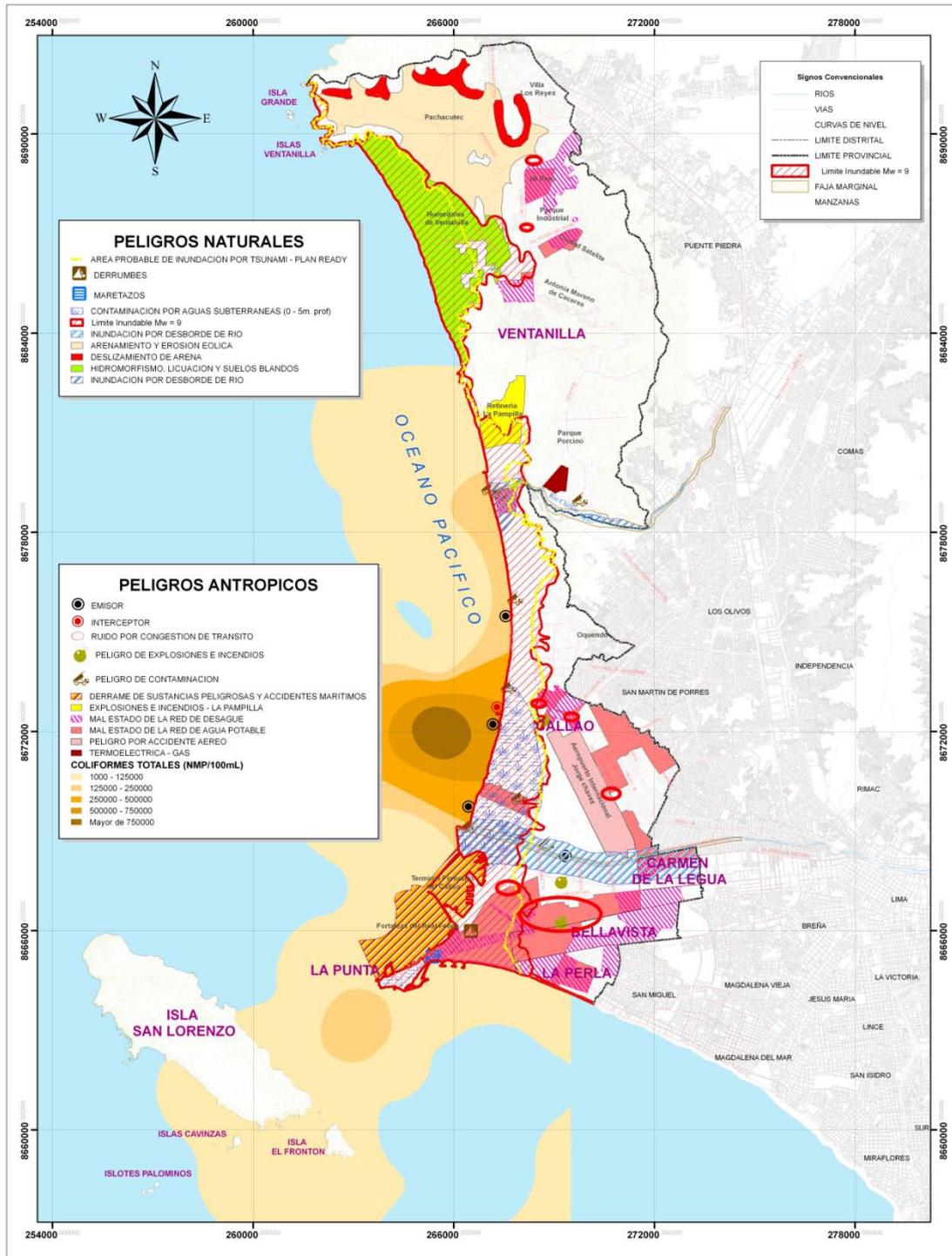


**MAPA N°. 2.7.5.1: VULNERABILIDAD FÍSICA EN LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL  
DEL CALLAO**



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de La Provincia Constitucional del Callao 2011-2022

MAPA Nº 2.7.5.2: PRINCIPALES PELIGROS NATURALES Y ANTRÓPICOS



Fuente: Plan de Desarrollo Urbano de La Provincia Constitucional del Callao 2011-2022