



## XVIII Congreso Peruano de Geología

# ASPECTOS GEOTÉCNICOS Y SU RELACIÓN CON LA GEOLÓGIA EN LA PARTE BAJA DE LA CUENCA DEL RÍO LACRAMARCA

**Roberth Paúl Carrillo Elizalde, Juan Carlos Gómez Avalos**

Instituto Geofísico del Perú, Ca. Badajoz # 169 – Urb. Mayorazgo IV etapa - Ate, Lima, Perú (r.carrillo@axil.igp.gob.pe)

### 1. Introducción

La subcuenca del río Lacramarca se encuentra en la parte occidental de la Cordillera Negra, cuyo substrato rocoso lo conforman rocas volcánicas del Grupo Casma que afloran en la parte media de la subcuenca, luego se presentan secuencias sedimentarias (lutitas y calizas) que infrayacen rocas intrusivas del tipo granodioritas del Terciario Inferior y que constituyen la litología predominante de la cuenca Lacramarca (60%); finalmente, en las nacientes se presentan volcánicos del Grupo Calipuy. Esta litología ha sido erosionada por los distintos agentes de meteorización (aire, vientos, precipitaciones, entre otros) produciendo sedimentos granulares y materiales finos (arcillas y limos) que luego han sido transportados aguas abajo por las quebradas Tantarán, Lacramarca y Pampa de Toro, afluentes del río Lacramarca, hasta su desembocadura al Océano Pacífico. Esta red hidrográfica abarca un área de 842 km<sup>2</sup>, siendo el recorrido del cauce principal de 76 km con 6 % de pendiente, lo cual evidencia que es una cuenca mediana de corto recorrido y baja gradiente hidráulica. Es por ello que, los sedimentos y clastos (fragmentos de rocas, gravas, etc) acarreados desde la naciente del Lacramarca, son transportados por el río, influyendo en la concentración de los finos (limos y arenas) en las partes baja de la subcuenca, conformando el cono aluvial sobre el que se asientan las ciudades de Chimbote y Nvo. Chimbote. Asimismo, se considera el aporte de arenas eólicas, desde el borde costero (playas y ensenadas) en dirección SO-NE hacia el continente, y parte sur de Nvo. Chimbote donde forman dunas.

Los materiales inconsolidados una vez sedimentados, conforman el suelo y subsuelo del área urbana de Chimbote, Nvo. Chimbote y alrededores (zonas de expansión poblacional); por lo tanto, su caracterización física y geotécnica (tipo de suelos, humedad, así como capacidad de carga admisible); además de efectos secundarios (licuación, asentamientos, entre otros) son de

gran importancia para establecer zonas adecuadas para los asentamientos urbanos.

En tal sentido, el objetivo principal de este trabajo es identificar los distintos procesos geológicos que han originado los suelos de cimentación en la parte baja de la subcuenca Lacramarca a fin de determinar su comportamiento mecánico en condiciones estáticas y dinámicas. Para lo cual se han llevado a cabo exploraciones geotécnicas como: Calicatas, ensayos de prospección geofísica (MASW y tomografías eléctricas), datos que permitirán conocer la estratigrafía del subsuelo y la presencia de los niveles freáticos.

Los resultados obtenidos permitirán establecer zonas con potencial a licuación de suelos y asentamientos diferenciales en la zona urbana de las ciudades de Chimbote y Nvo. Chimbote.

### 2. Aspectos hidrológicos

La subcuenca Lacramarca se ubica en la parte occidental de la Cordillera Negra, comprendiendo parte de los distritos de Macate, Chimbote y Nvo. Chimbote, Provincia Santa, al noroeste del departamento de Ancash. Se considera, de acuerdo a sus dimensiones (842 km<sup>2</sup>), de tamaño medio. Su naciente se encuentra a 4050 m.s.n.m. y tiene como tributarios las quebradas de Lacramarca, Tantarán y Pampa de Toro, las mismas que confluyen para dar origen al río Lacramarca, principal red hídrica del área de estudio, con caudal de régimen temporal (durante los periodos lluviosos) y desembocadura en la Bahía Ferrol, lugar donde forma el humedal denominado Pantanos de Villa María (Trujillo 2015).

### 3. Aspectos geomorfológicos

Para la diferenciación de las geoformas se ha tomado en cuenta factores como pendiente del terreno y el agente geológico que ha intervenido en el modelado de la superficie. En el área de estudio se han diferenciado seis

(06) unidades geomorfológicas: Montaña, colina, dunas, llanura aluvial, lecho fluvial y pantano en base a los criterios geográficos y morfo-estructurales, los cuales se resumen en la Tabla 1 y Figura 01.

**Tabla 01: Unidades geomorfológicas en la subcuenca**

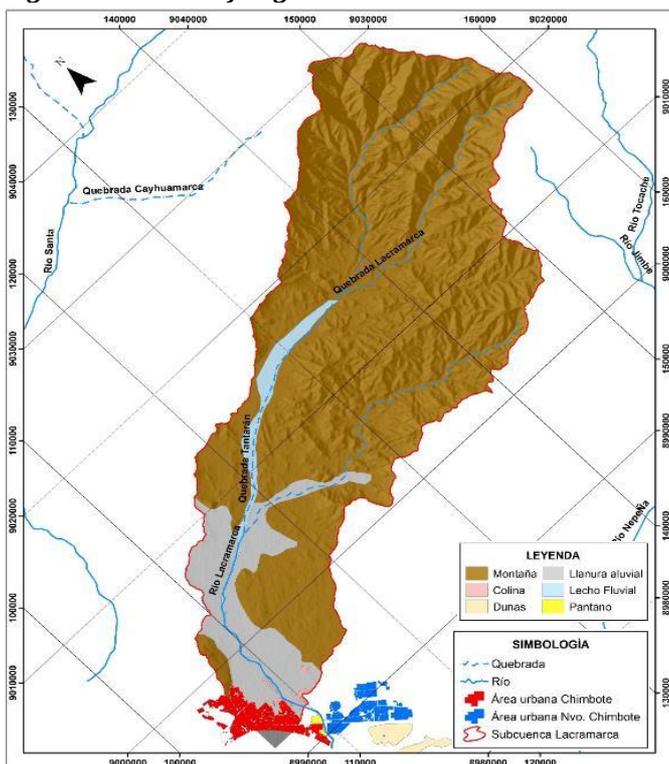
ORIGEN	AGENTE MODELADOR	GEOFORMA	PENDIENTE	ÁREA (%)
TECTÓNICO	EPIROGENESIS	MONTAÑAS	> 20°	84.14
EROSIONAL	VIENTOS, SISMOS, ETC	COLINA	< 20°	0.23
DEPOSITACIONAL	QUEBRADAS	LLANURA ALUVIAL	5°	11.49
	RÍO	PANTANO	5°	0.18
	VIENTO	DUNAS	20°	1.34
	RÍO	LECHO FLUVIAL	< 5°	2.62

**Elaboración propia**

**4. Geología y evolución de la subcuenca**

La subcuenca Lacramarca guarda estrecha relación con la Cordillera Negra y el emplazamiento del batolito de la Costa, sus inicios se documentan desde el Cretáceo Inferior donde el ambiente de sedimentación era de transición (marino somero - continental), debido a ello tienen origen rocas volcánico - sedimentarias del Grupo Goyllarisquiza representadas por rocas calizas y lutitas de la Fm. Santa y Carhuaz ubicadas en la parte media de la subcuenca. Estas unidades litológicas están meteorizadas debido a la erosión generada por el proceso de subducción que ocurrió en el Albiano. Al mismo tiempo se dieron erupciones, dando lugar a la depositación de materiales volcánicos (lavas y lavas almohadillas) que constituyen el Grupo Casma (Fm. Junco y Fm. La Zorra) y los primeros plutones del Batolito de la Costa.

**Figura 01. Geomorfología de la subcuenca**



**Tabla 02: Columna crono-litoestratigráfica de la subcuenca Lacramarca**

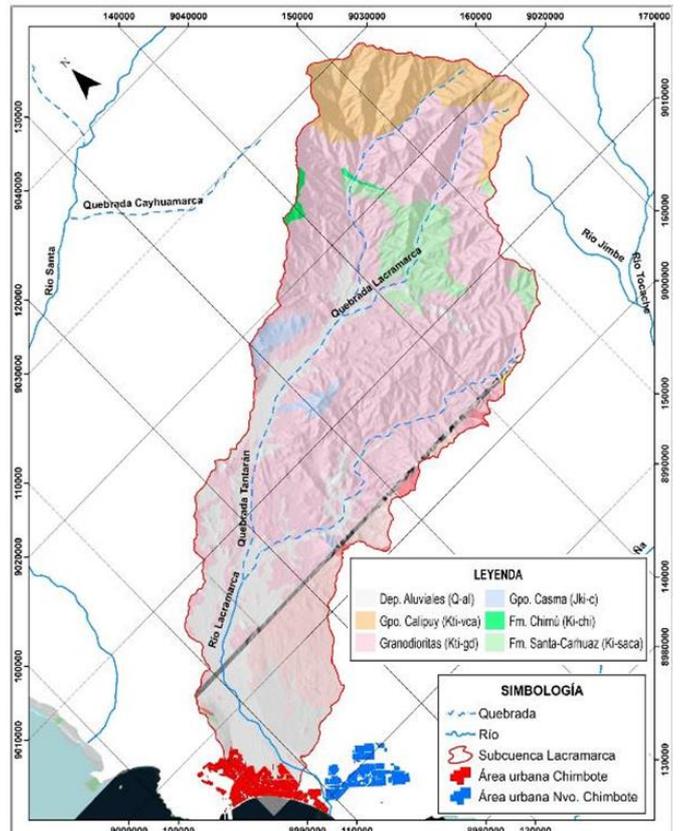
SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	INTRUSIVOS	SÍMBOLO	LITOLOGÍA	CARÁCTER
CUATERNARIO	RECIENTE	DEPÓSITOS ALUVIALES		Q-al	SUELOS HETEROGÉNEOS (MEZCLA DE GRAVAS Y ARENAS)	CONTINENTAL
TERCIARIO	INFERIOR	VOLCÁNICOS CALPUY		Kti-vca	FLUJOS ANDESÍTICOS Y PIROCLASTOS	CONTINENTAL
			GRANODIORITA	KTi-gd	GRANODIORITA	CONTINENTAL
	SUPERIOR					
	INFERIOR	GRUPO CASMA		Jki-c	LAVAS Y LAVAS ALMOHADILLAS	CONTINENTAL
GRUPO GOYLLARISQUIZA (FM. SANTA - CARHUAZ)			Ki-saca	CALIZAS Y LUTITAS	TRANSICIÓN (MARINO SOMERO - CONTINENTAL)	
FM. CHIMÚ			Ki-chi	ARENISCAS	CONTINENTAL	

**Fuente: Sanchez & Molina, 1995**

Luego, durante el Cretáceo Superior, la subcuenca es afectada por fallamientos profundos que afectaron las rocas antes descritas, ocasionando su plegamiento.

Posteriormente, a inicios del Terciario Inferior se activaron los procesos magmáticos que originaron los volcánicos del Grupo Calipuy, constituido por flujos de andesitas y piroclastos. Finalmente, durante el Cenozoico (Mioceno) ocurren procesos de epirogenesis que se relacionan con levantamiento de la Cordillera de los Andes, ocasionando que los procesos de erosión modelen la subcuenca, así como la génesis de volúmenes considerables de sedimentos inconsolidados que fueron transportados y depositados en la parte baja, conformando los depósitos recientes o Cuaternarios del Holoceno (depósitos aluviales y fluviales) sobre los cuales se asientan las áreas urbanas (Sánchez & Molina, 1995), Tabla 02 y Figura 02.

**Figura 02. Geología de la subcuenca Lacramarca**



**Fuente: Sanchez & Molina, 1995**

## 5. Aspectos geotécnicos

Para el área de estudio se dispone de información geotécnica obtenida durante el año 2013, a través de la elaboración de calicatas (14 en Chimbote y las restantes en Nuevo Chimbote) y ensayos geofísicos (MASW y tomografías eléctricas) en el área urbana en mención.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en la ciudad de Chimbote y Nvo. Chimbote se presentan tres tipos de suelos (SUCS): En parte de la zona urbana de Chimbote se tiene: Arenas pobremente graduadas (SP), ocupando un área de 18.93 km<sup>2</sup> (83 % de la ciudad de Chimbote), arenas limosas (SM) en los extremos noreste y sur de la ciudad, así como en la parte central de la localidad, ocupando 3.2 km<sup>2</sup>. Finamente, en la parte central de Chimbote se identifica arenas mal graduadas con contenido de limo (SP-SM) que ocupan 0.66 km<sup>2</sup>; mientras que, en Nvo. Chimbote solo se presentan suelos del tipo SP.

La capacidad de carga admisible para los suelos de cimentación fue obtenida para una profundidad de 1.20 m y ancho de 1.00 m, obteniendo valores entre 1 y 3 kg/cm<sup>2</sup>, los cuales fueron clasificados como: bajos, medios y altos, Tabla 3. Los suelos de la ciudad de Chimbote presentan capacidad de carga admisible baja (ocupa el 87% de los suelos) y media (ocupan el 12.75%), en Nvo. Chimbote se presentan tres tipos de capacidad de carga admisible: baja (95%) ubicada en casi todo el distrito, media (3% del área total) en el extremo noreste de Nvo. Chimbote y alta (1.3 % del área total) al extremo oeste del distrito.

**Tabla 03. Clasificación de la capacidad de carga admisible**

CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE (Kg/cm <sup>2</sup> )	CLASIFICACIÓN
< 1.0	MUY BAJA
1.0 – 2.0	BAJA
2.0 – 3.0	MEDIA
>3.0	ALTA

**Fuente: Hurtado (2000). Modificado.**

### 5.1 Ensayos de prospección geofísica

Según los ensayos de prospección geofísica (MASW y tomografía eléctrica) y en base a la Tabla 04, en la parte norte de Chimbote (LR1-CH) se identificó la presencia de suelos duros hasta los 18 m de profundidad (posiblemente suelos granulares), en la parte norte y sur de la ciudad (LR02 y LR5-CH) los suelos son blandos hasta los 15 m de profundidad y en las inmediaciones de la playa (LR-03-CH) hasta los 12 m suelos muy blandos (arenas sueltas). En el extremo este (LR-04-CH) se reconocieron suelos blandos hasta los 8 m de profundidad y el situado en la parte sur de Chimbote, suelos blandos hasta los 12 m de profundidad. Los ensayos de tomografías eléctricas indican la presencia de suelos saturados a partir de 1.40 m de profundidad, encontrándose un posible acuífero en el extremo sur (humedales) por debajo de los 5 m de profundidad. En Nvo. Chimbote se identificó suelos blandos (arenas sueltas) con

4 m de espesor; mientras que, los suelos compactos o rocas blandas se ubican desde los 10 m de profundidad.

Los suelos ubicados en el extremo noroeste (contiguo al límite Lacramarca) se encuentran saturados hasta los 4 m de profundidad y el nivel freático se presenta a 10 m de profundidad.

**Tabla 04. Clasificación de los perfiles de los suelos**

PERFIL	TIPO DE SUELO	VELOCIDAD ONDA DE CORTE (Vs)
S <sub>0</sub>	ROCA DURA	>1500 m/s
S <sub>1</sub>	ROCA O SUELOS MUY RÍGIDOS	500 -1500 m/s
S <sub>2</sub>	SUELOS INTERMEDIOS	180 – 500 m/s
S <sub>3</sub>	SUELOS BLANDOS	< 180 m/s

**Fuente: Ministerio de construcción y vivienda (2014)**

## 6. Discusión

Geotécnicamente, en el extremo norte de Chimbote los suelos son compactos hasta los 18 m; mientras que, en la parte central son blandos (arenas pobremente graduadas) y en la zona de playa e inmediaciones del río Lacramarca son muy blandos hasta los 12 m de profundidad (arenas sueltas). El nivel freático se encontró a 1.40 m en la parte central de Chimbote (área urbana) y en la parte sur e inmediaciones del río Lacramarca. En cambio, en Nvo. Chimbote las arenas sueltas se encuentran hasta los 3 m de profundidad y a los 10 m suelos compactos, el nivel freático se encuentra debajo de los 10 m de profundidad.

Comparando información geotécnica se evidencia que los suelos de la ciudad de Chimbote presentan nivel freático superficial, originando licuación de suelos o asentamientos diferenciales.

## 7. Conclusiones

El mayor aporte de los sedimentos en la subcuenca es de carácter continental, es decir por erosión y meteorización de las rocas preexistentes y en menor proporción, marino de acción eólica que proviene del Océano Pacífico (arenas eólicas que conforman las dunas).

Los suelos de cobertura en la parte baja de la subcuenca son arenas pobremente graduadas (SP), arenas limosas (SM) o la combinación de ellos, con capacidad de carga admisible baja a media. El espesor de estos suelos varía entre 12 y 15 m de profundidad.

En la parte central (Miraflores y La Victoria) de la ciudad de Chimbote, se identificó suelos blandos (arenas sueltas) hasta los 12 o 15 m de profundidad. En las inmediaciones del río Lacramarca y en el pantano de Villa María, el nivel freático se presenta a 1.50 m de profundidad, por lo cual podrían ser afectados por la ocurrencia de licuación y asentamientos diferenciales de los suelos.

## Agradecimientos

Al Instituto Geofísico del Perú por el apoyo en los trabajos de investigación realizados en campo.

**Referencias**

Alva, J., Parra, D. 2011. Evaluación del potencial de licuación de suelos en Chimbote, Perú., v. 1, p. 1-14.

Trujillo, E. 2015. Análisi del río Lacramarca., v. 1, p. 1-12.

Instituto Geofísico del Perú. 2013. Zonificación sísmica geotécnica de la ciudad de Chimbote, v. 1, p. 1-124.

Instituto Geofísico del Perú. 2013. Zonificación sísmica geotécnica de la ciudad de Nuevo Chimbote, v. 1, p. 1-123.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. 2016. Diseño sismorresistente, v. 1, p. 1-30.

Sánchez, A., Molina, O. 1995. Geología de los cuadrángulos de Chimbote, Casma y Culebras. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta geológica Nacional, v. 1, p. 1-270.