MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE PISCO

Denys Parra Murrugarra (1)
David Vasquez López (1)
Jorge E. Alva Hurtado (1)

RESUMEN

Se presenta el Estudio de Microzonificación Geotécnica de la ciudad de Pisco, realizado por el Laboratorio Geotécnico del CISMID a solicitud de la Oficina Central de Planificación de la UNI. Inicialmente se realizó la recopilación de la información geológica existente, así como de estudios de Mecánica de Suelos realizados en el área de la ciudad con fines de cimentación y pavimentación. Luego se ejecutó un programa de exploración geotécnica para complementar la información existente acerca de las características del subsuelo, lo cual permitió subdividir a la ciudad en microzonas de similar comportamiento geotécnico. Se presenta como resultado el mapa de Microzonificación Geotécnica de Pisco; esta información será de gran utilidad en la planificación del crecimiento urbano de la ciudad de Pisco.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Pisco, al igual que otras ciudades de nuestra costa, ha sufrido corrientes migratorias que llegan desde las zonas más altas de la región en busca de mejores condiciones de vida, generando el crecimiento desmesurado y desordenado de la ciudad.

El objetivo del presente trabajo es establecer microzonas dentro de la ciudad de Pisco cuyas características geotécnicas sean similares. Para tal fin, se llevó a cabo un trabajo previo de recopilación de información de estudios de Mecánica de Suelos realizados en el área de la ciudad de Pisco, así como también un programa de exploración de campo y trabajos de gabinete para determinar las características generales de los depósitos de suelos encontrados en los diferentes sectores de la ciudad.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

En el área en estudio y sus alrededores se identificaron grupos litológicos constituidos por rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios. La Geología de Pisco es ilustrada en la Figura Nº 1 (INGEMMET, 1993). A continuación se presenta una breve descripción de las unidades litológicas encontradas en la zona en estudio.

(1) CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú

Ponencia presentada en el XII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Huánuco, 1999

Formación Pisco

Secuencia litológica de color blanco, consistente en diatomitas, con intercalaciones de areniscas tobáceas y lutitas, que afloran desde el río Pisco hasta las vecindades de Camaná. Estructuralmente se caracteriza por estar poco perturbada. Es posible relacionar la existencia de este homoclinal con el hecho de que hacia el noroeste se encuentra la parte del basamento pre-terciario, que sufrió gran elevación después de la sedimentación terciaria, y que este homoclinal sea la charnela o zona de flexura, entre la región occidental que sufrió mayor levantamiento y la zona o bloque oriental, cuyo ascenso fue menor.

Depósitos Cuaternarios Recientes (Aluviales, Eluviales)

Bajo este nombre se agrupa a los depósitos clásticos transportados por medio acuoso, y acumulados principalmente en las quebradas o a partir de las estribaciones andinas, constituyendo las amplias pampas aluviales características de la penillanura costera. Los depósitos acumulados en el fondo de las quebradas consisten en conglomerados gruesos intercalados con arena, limo y arcilla, están bien expuestos en los cortes de los ríos y al pie de las terrazas. En las quebradas tributarias, donde el drenaje es cíclico y a veces en forma violenta, los depósitos están constituidos por el material acarreado representado principalmente por lodolitas que contienen cantidades variables de fragmentos de roca de distintas dimensiones. Los depósitos aluviales tienen gran distribución en el área, siempre inmediatos a las formaciones rocosas que originaron los conos de deyección, así como los materiales de piedemonte y conos de escombros, que se acumularon sin mayor participación de un medio acuoso.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO Y DE LABORATORIO

Los trabajos de exploración de campo fueron realizados por el personal del Laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI, durante los días del 6 al 14 de Mayo de 1999, habiéndose realizado un programa complementario durante los días 26 al 29 de Junio de 1999. Estos trabajos consistieron en la excavación manual de 25 calicatas (entre 2 y 3 m de profundidad) y 17 perforaciones, realizando en ellas ensayos de penetración estándar (SPT) y ensayos de penetración con Cono Peck. Durante los trabajos de exploración se obtuvieron un total de 43 muestras disturbadas y 3 muestras inalteradas.

Las perforaciones y calicatas, fueron convenientemente distribuidas en toda el área de la ciudad de Pisco. En la Figura Nº 2 se presenta la ubicación de los sondajes realizados en la zona en este estudio. Con las muestras del suelo obtenidas de las perforaciones y excavaciones se realizaron ensayos estándar y especiales en el Laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI, con los cuales se clasificaron los suelos (SUCS) y se determinaron sus propiedades de resistencia y compresibilidad.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LICUACION DE SUELOS

Debido a la presencia de suelos saturados con resistencia a la penetración relativamente baja y debido a la naturaleza sísmica de la región, se realizó la evaluación del potencial de licuación de suelos para determinar los efectos de la probable ocurrencia de este fenómeno durante un terremoto severo.

La evaluación de licuación fue realizada aplicando el método simplificado de Seed e Idriss, cuya última versión fue propuesta en el año de 1984 (Seed et al., 1984), el cual está basado en correlaciones con los datos de campo obtenidos mediante ensayos de penetración estándar (SPT). Este método simplificado ha sido adecuadamente sistematizado y codificado en el programa de cómputo DLICUA desarrollado en el CISMID-UNI (Parra D., 1991). La información básica para el análisis de licuación la constituye los sondajes y ensayos de penetración estándar realizados en la ciudad de Pisco, como parte del programa de exploración geotécnica llevada a cabo durante el presente estudio. La aplicación del programa DLICUA para el terremoto de diseño de 7.5 de magnitud Ms y 0.30 g de aceleración máxima, fue efectuada procesando previamente la información de resistencia a la penetración, clasificación de suelos, contenido de finos y ubicación del nivel freático. Se ha considerado la posición del nivel freático a 1.0 m de profundidad, lo cual representaría una condición extrema, debido a la posibilidad de que en épocas de avenidas este nivel ascienda por encima del encontrado durante la exploración de campo, hasta ubicarse muy cerca de la superficie del terreno.

ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

La evaluación de las características geotécnicas de los depósitos de suelos de la ciudad de Pisco, fue realizada a partir de la información geológica existente y de la información geotécnica desarrollada en el presente estudio y recopilada de estudios anteriormente realizados con fines de cimentación y pavimentación. Los objetivos principales fueron los siguientes: determinar los tipos de suelos existentes en profundidad, determinar la distribución de estos suelos en toda el área de la ciudad, obtener sus parámetros de resistencia al esfuerzo cortante, definir la posición del nivel freático, determinar rangos de valores de capacidad de carga y evaluar probables zonas de comportamiento crítico.

Con la evaluación de las características geotécnicas, se delimitaron las zonas agrupando en ellas las áreas de la ciudad con similares características de los depósitos de suelos que la conforman. Se han considerado cuatro microzonas las cuales son ilustradas en la Figura Nº 3. A continuación se presenta las características geotécnicas de las zonas consideradas.

ZONA I

Esta zona cubre la parte sur oeste de Pisco; está compuesta por una capa superficial de relleno teniendo un espesor de 0.20 m, este relleno está conformado por arcilla mezclada con grava redondeada color beige, seca y semi rígida. Por debajo del estrato superficial

anterior se encuentra una grava pobremente gradada (GP) de formas redondeadas, color gris beige. Presenta boleos redondeados de T.M. 12” con 22% de arena y 1.5% de finos no plásticos, con ligera humedad. Su compacidad varía de semi compacta a compacta. Los valores de resistencia a la penetración (Cn) registrados con el Ensayo de Penetración con Cono Peck, varían de 25 a 36 golpes/pie para los primeros 0.60 m, alcanzando el rechazo a esta profundidad. Estos valores indican estados compactos de los suelos gravosos. En esta zona no se ha detectado la presencia de agua (nivel freático) hasta la profundidad investigada (2.00 m.)

ZONA II

Esta zona cubre parte norte y costera central de Pisco; está compuesta por una capa superficial de arcilla arenosa (CL), color marrón, que presenta raíces y porosidades, con gravillas sub angulosas aisladas de T.M. 3/4" y alrededor de 32% de arena. Esta arcilla se presenta húmeda, de baja plasticidad y semi rígida, alcanzando un espesor de 0.50 m. Por debajo del estrato anterior se presenta una arena limosa (SM) de grano fino, color beige oscuro, con aproximadamente 37% de finos no plásticos, húmeda y semidensa, alcanzando una profundidad de 1.10 m; este estrato se pierde en la dirección este. Subyaciendo el depósito anterior se encuentra una grava pobremente gradada (GP), de formas redondeadas, color gris, que presenta boleos redondeados de T.M. 10", con aproximadamente 19% de arena y 1% de finos no plásticos. Esta grava se presenta húmeda a saturada y su compacidad varía de semi compacta a compacta. Para esta zona los valores de resistencia a la penetración (Cn), registrados con el Ensayo de Cono Peck, varían de 10 a 20 golpes/pie en los primeros 1.75 m; dichos valores se reducen a 3 a 9 golpes/pie debido a la presencia del nivel freático, alcanzando el rechazo a la penetración a profundidades entre 1.55 a 2.00 m. En esta zona el nivel freático fue detectado a aproximadamente 1.40 m de profundidad en la parte norte de Pisco.

ZONA III

Esta zona cubre la parte central de Pisco y la franja correspondiente a la zona industrial ubicada entre la carretera Panamericana y el límite del casco urbano. Esta zona está conformada por una capa superficial de arcilla arenosa (CL), color marrón, la que presenta porosidades y gravillas sub-angulosas de T.M. 3/8" con 30 a 45% de arena, húmeda, de baja plasticidad y semi rígida, alcanzando una profundidad de 1.20 m, mientras que en la zona industrial este estrato alcanza una profundidad variable entre 0.40-0.90 m. Por debajo del material anterior continúa una arena limosa (SM) color beige-oscuro, con menos de 40% de finos no plásticos, de húmeda a saturada (debido a la presencia del nivel freático), suelta a semidensa, alcanzando profundidades variables entre 2.00 a 4.25 m. En la zona industrial este material corresponde en algunos casos a limos arenosos (ML) o arenas limosas (SM), de características nulas de plasticidad, alcanzando profundidades entre 0.40 a 2.80 m- Continúa por debajo del estrato anterior la grava pobremente gradada (GP), de formas redondeadas, color gris, que presenta boleos redondeados. Se encuentra saturada y su compacidad varía de semidensa a compacta. Es necesario indicar que en la zona industrial el suelo gravoso fue detectado solo parcialmente en una calicata a 0.90 m de profundidad,

presumiéndose que este suelo aparezca a mayores profundidades no investigadas en las otras calicatas excavadas en este lugar, debido a la presencia del nivel freático. En esta zona los valores de resistencia a la penetración (N) registrados con el ensayo SPT varía entre 5 a 10 golpes/pie en los primeros 1.50 m, reduciéndose el valor de N a menos de 4 golpes/pie en el estrato saturado, hasta llegar al estrato gravoso en la cual se presenta el rechazo a la penetración a profundidades variables entre 2.00 y 4.15 m. El nivel freático fue localizado a profundidades de 1.50 a 1.70 m en la parte oeste de la ciudad, mientras que en la dirección este, donde se localiza la zona industrial el freático se encuentra entre 1.00 a 1.80 m de profundidad. A partir del análisis de licuación se puede afirmar que se espera la ocurrencia de este fenómeno en los estratos arenosos saturados localizados hasta el oeste de esta zona, durante un terremoto severo.

ZONA IV

Esta zona cubre la parte este de Pisco; está compuesta por una capa superficial de relleno teniendo una profundidad variable de 0.80 a 1.20 m en la dirección este. Este relleno está conformado por una arcilla mezclada con grava redondeada de color beige que presenta restos de desmonte y boleos redondeados de T.M. 8"; se presenta seco y semi rígido. Subyaciendo a este estrato se encuentra la grava (GP) pobremente gradada de formas redondeadas, color gris beige, presentando boleos redondeados de T.M. 12" con aproximadamente 22% de arena y 2% de finos no plásticos, con ligera humedad, variando su compacidad de semi compacta a compacta. En esta zona los valores de resistencia a la penetración (Cn) registrados con el Ensayo de Cono Peck varían de 6 a 27 golpes/pie, hasta alcanzar el rechazo a la penetración a profundidades variables entre 1.20 a 1.70 m. En esta zona no se detectó la presencia de agua (nivel freático) hasta la profundidad investigada (3.00 m).

Para determinar la capacidad admisible del suelo en el área en estudio, se ha considerado una cimentación para viviendas convencionales con cimientos corridos de ancho B = 0.60 m y profundidad de cimentación D_f = 0.80 m, por ser la más típica del lugar y la más desfavorable en comparación con otros tipos de cimentación superficial. La capacidad de carga se ha determinado a partir de la fórmula de Terzaghi y Peck (1967), utilizando los factores de forma de Vesic (1973). Los parámetros de resistencia de los materiales involucrados en la determinación de la capacidad de carga, es decir, el ángulo de fricción interna y la cohesión, han sido asumidos en función de los tipos de suelos y en algunos casos, a partir de los resultados de ensayos de penetración estándar. Se ha calculado también la capacidad admisible del subsuelo considerando el asentamiento en los lugares donde se disponía de información del subsuelo. El rango encontrado varía entre 1.00 a 3.00 kg/cm^2 en promedio, pudiéndose alcanzar las mejores condiciones de cimentación si la profundidad de desplante alcanza la grava compacta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El objetivo del presente trabajo fue proponer microzonas dentro de la ciudad de Pisco, de forma tal de subdividir áreas de la ciudad de similar comportamiento geotécnico.

2. La geología de Pisco está constituida por rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios. Las rocas sedimentarias pertenecen a la Formación Pisco, la cual consiste de diatomitas, estructuralmente poco perturbadas, con intercalaciones de areniscas tobáceas y lutitas, que afloran desde el río Pisco hasta las vecindades de Camaná. Los depósitos cuaternarios recientes son de naturaleza aluvial y eluvial constituídos por depósitos clásticos transportados por medio acuoso y acumulados principalmente en las quebradas o a partir de las estribaciones andinas. Los depósitos acumulados en el fondo de las quebradas consisten en conglomerados gruesos intercalados con arena, limo y arcilla, expuestos en los cortes de los ríos y al pie de las terrazas. En las quebradas tributarias, estos depósitos están constituidos por el material acarreado (lodolitas) conteniendo cantidades variables de fragmentos de roca.

3. La evaluación del potencial de licuación de suelos fue realizada debido, por un lado a la presencia de suelos arenosos saturados, cuya resistencia a la penetración es relativamente baja, y por otro lado debido a la naturaleza sísmica de la región. Para la evaluación del potencial de licuación se utilizó el método simplificado de Seed e Idriss, basado en correlaciones con el ensayo de penetración estándar, incorporado en el programa DLICUA. Los resultados del análisis indican que los estratos arenosos saturados, localizados en el área que cubre la parte central de la ciudad hacia el oeste, sufrirán los efectos de la ocurrencia de licuación durante un terremoto severo.

4. La zonificación geotécnica de la ciudad de Pisco fue realizada sobre la base de la recopilación de información de estudios de Mecánica de Suelos e investigaciones realizadas anteriormente en el área de la ciudad, así también a partir de la exploración de campo y resultados de ensayos de laboratorio programados para el desarrollo del presente estudio. Se proponen cuatro microzonas, las cuales se describen brevemente a continuación.

ZONA I: Involucran la partes sur oeste de Pisco. Está compuesta por una capa superficial de relleno de 0.20 m de espesor, conformada por arcilla mezclada con grava redondeada. Continua una grava pobremente gradada de formas redondeadas, con boleos redondeados T.M. de 12” y de compacidad variando de semi compacta a compacta. El nivel freático no fue detectado. La capacidad admisible para esta zona varía de 2.50 a 3.00 kg/cm^2, para una cimentación superficial corrida con D_f = 0.80m.

ZONA II: Cubre la parte norte y costera central de Pisco. Se presenta una capa superficial de arcilla arenosa semi rígida de 0.50 m de espesor, con raíces y gravillas sub angulosas aisladas de T.M. 3/4". Continúa arena limosa fina, húmeda y semidensa,

hasta 1.10 m de profundidad. Finalmente se encuentra una grava pobremente gradada, de formas redondeadas con boleos redondeados de T.M. 10", su compacidad varía de semi compacta a compacta. El nivel freático fue localizado a aproximadamente 1.40 m de profundidad en la parte norte de Pisco. La capacidad admisible de carga para esta zona es de 2.0 kg/cm^2, considerando la cimentación en el estrato gravoso, para una cimentación superficial corrida con D_f = 1.10 m.

ZONA III: Cubre la parte central de Pisco y el área comprendida entre la Carretera Panamericana y el límite del casco urbano. Está conformada por una capa superficial de arcilla arenosa semi rígida de hasta 1.20 m de espesor, con gravillas sub angulosas de T.M. 3/8". Luego continua arena limosa, de húmeda a saturada, en estado suelto a semdenso y hasta profundidades variables entre 2.00 a 4.25 m, presentándose en la zona industrial suelos limo-arenoso (ML). Continua grava pobremente gradada de formas redondeadas y con boleos redondeados. Se encuentra saturada y su compacidad varía de semidensa a compacta. En la zona industrial este suelo gravoso fue detectado parcialmente a 0.90 m de profundidad en una calicata. En la parte oeste el nivel freático varía de 1.50 a 1.70 m, mientras que en la dirección este, donde se localiza la zona industrial, el nivel freático se encuentra entre 1.00 a 1.80 m de profundidad. Se espera la ocurrencia de licuación de los estratos arenosos saturados ubicados hacia el oeste de esta zona, durante un terremoto severo. La capacidad admisible para esta zona es de 1.00 kg/cm^2 considerando una cimentación superficial corrida con D_f = 0.80 m.

ZONA IV: Esta zona cubre la parte sur este de Pisco, encontrándose a continuación de la Zona I. Está compuesta por una capa superficial de relleno conformado por arcilla mezclada con grava redondeada, siendo su espesor variable de 0.80 a 1.20 m en la dirección este y presentando restos de desmonte y boleos redondeados de T.M. 8". Subyaciendo a este estrato se encuentra grava pobremente gradada de formas redondeadas y con boleos redondeados T.M. 12", su humedad es ligera y su compacidad varía de semi compacta a compacta. No se detectó la presencia de nivel freático. La capacidad admisible para esta zona varía de 2.00 a 2.50 kg/cm^2, la cimentación deberá llegar hasta el terreno natural (grava), es decir D_f entre 0.80 a 1.20 m.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), “Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú”, V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.

2. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (1993), “Geología de los Cuadrángulos de Pisco, Guadalupe, Punta Grande, Ica y Cordova”, Boletín Nº 47.

3. Instituto Geográfico Nacional (1969), Atlas del Perú.

4. Lambe T.W. y Whitman R.V. “Mecánica de Suelos”, John Wiley. New York.

5. Parra D. (1991), “Evaluación del Potencial de Licuación de Suelos de la Ciudad de Chimbote”. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.

6. Seed H.B., Tokimatsu K., Harder L.F., and Chung R. M. (1984). “The Influence of SPT Procedures in Soil Liquefaction Resistance Evaluations”, Report No. EERC 84-15, University of California, Berkeley.

7. Terazaghi K. y Peck R.B. (1967), “Soil Mechanics in Engineering Practice”, John Wiley, New York.

8. Vesic A. (1973), “Análisis de la Capacidad de Carga de Cimentaciones Superficiales”, JSMFD, ASCE, Vol. 99.

9. Autores Varios: Estudios de Suelos con Fines de Pavimentación y Cimentación en Pisco, recopilados.

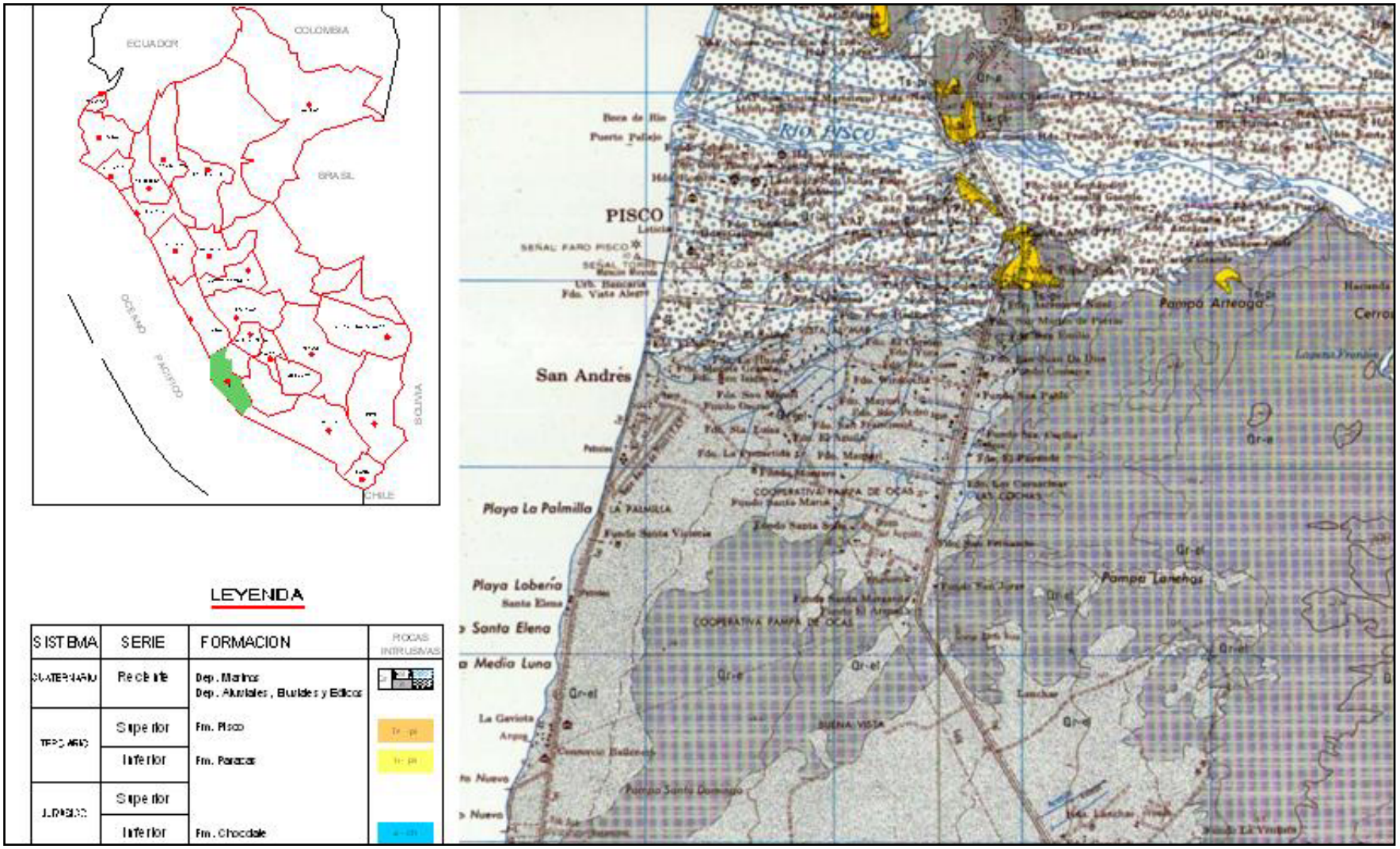

Figura Nº 1 Ubicación y Geología de la Zona en Estudio (Ref.: Boletín Geología y Minería – INGEMMET (1993)

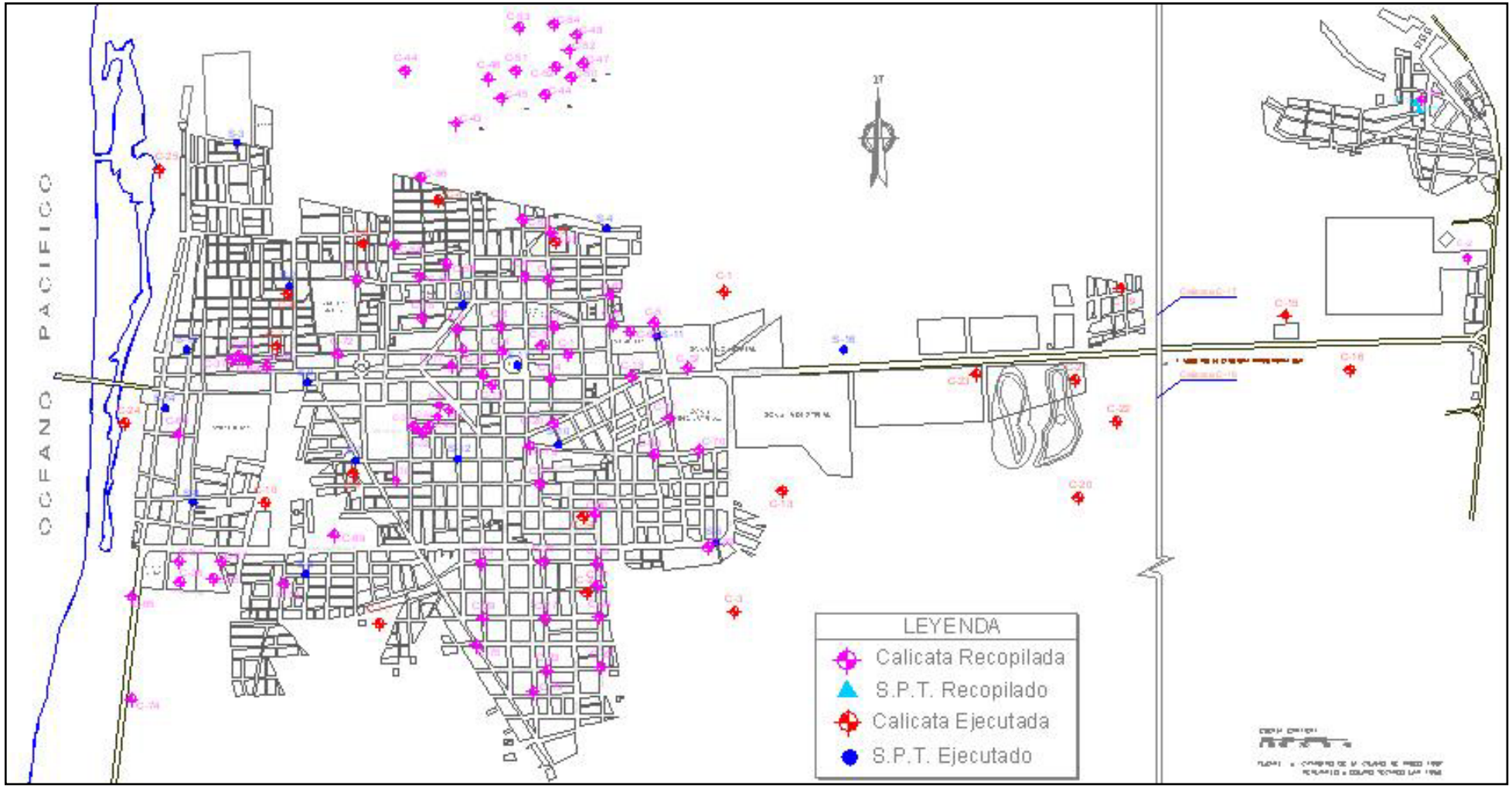

Figura Nº 2: Ubicación de Perforaciones y Excavaciones realizadas en la Ciudad de Pisco

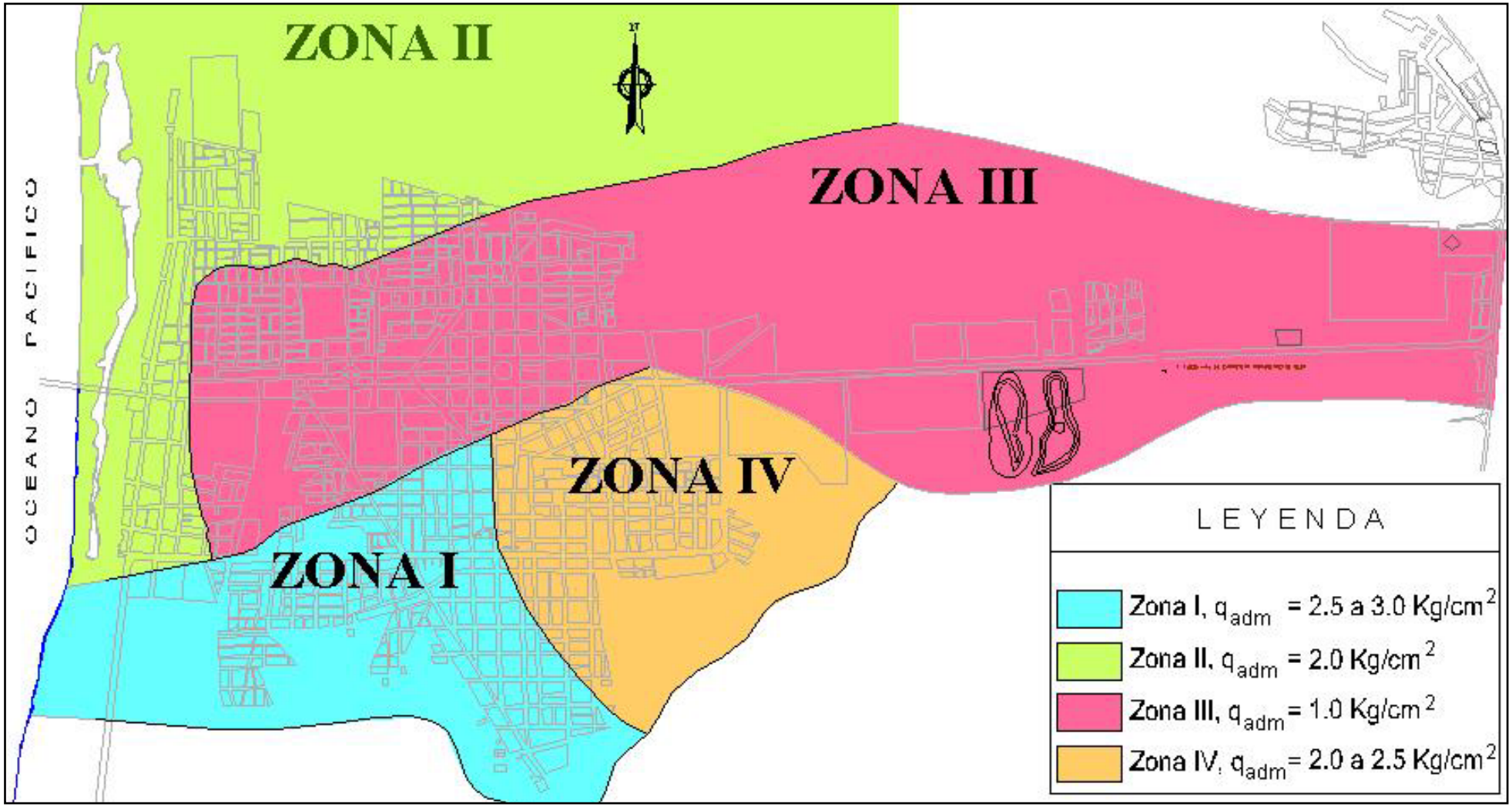

Figura Nº 3: Zonificación Geotécnica de la Ciudad de Pisco