



Evaluación geotécnica preliminar de las unidades geológicas del frente costero portuario de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

Preliminary geotechnical evaluation of the geological units of the Bahía Blanca port area, Buenos Aires, Argentina

Di Martino, Claudina ^{1,2,3} ✉ - Albouy, René ^{1,2} - Aliotta, Salvador ^{1,4}

Recibido: 13 de enero de 2022 • Aceptado: 25 de mayo de 2022

Resumen

Bahía Blanca está ubicada en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y es el centro urbano con mayor desarrollo del suroeste bonaerense. Cuenta con un puerto de aguas profundas, posibilitando el flujo comercial nacional e internacional. Actualmente una de las problemáticas más recurrentes es la expansión de las ciudades sin pautas de ordenamiento territorial, evidenciada en el área de estudio por la ocupación de espacios sobre materiales expansivos, reactivos a cambios de humedad del suelo y consecuentes fallas en fundaciones, daños estructurales y pérdidas económicas.

El área de estudio comprende el frente costero de la ciudad de Bahía Blanca y su proyección hacia el interior del estuario, extendiéndose desde el puerto de Ingeniero White hasta la localidad Daniel Cerri. El objetivo del estudio es una evaluación preliminar a nivel genérico y cualitativo de las características geológicas y geotécnicas y la relación entre ellas. Se reconocen unidades geológicas aflorantes y del subsuelo y se las califica según la respuesta geotécnica de los materiales, basada en información existente. Se identifican y caracterizan los sedimentos que constituyen el apoyo de las obras y se definen parámetros y características que influyen en su respuesta geotécnica y posible inestabilidad de las construcciones.

Esta investigación propone formular lineamientos que impulsen un ordenamiento territorial racional, acorde con las características geológicas y geomecánicas del terreno, determinando sus posibles usos. Los resultados serán aplicados a mitigar o evitar riesgos geológicos y contribuir con el desarrollo sustentable de un área en expansión comercial y económica, que promueve el emplazamiento de infraestructura industrial, portuaria y urbana.

Palabras clave: complejo portuario, desarrollo urbano, geomecánica del suelo.

1 Departamento de Geología. Universidad Nacional del Sur.
Av. Alem 1253 - Cuerpo B¹. Piso 2° (8000) Bahía Blanca.

✉ claudina.dimartino@uns.edu.ar

2 CGAMA-CIC-UNS. San Juan 670 (8000) Bahía Blanca

3 UTN.FRBB. 11 de abril 461, (8000) Bahía Blanca.

4 Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET-UNS), Bahía Blanca. Camino La Carrindanga km 7 (8000) Bahía Blanca.

Abstract

Bahía Blanca is located in the province of Buenos Aires (Argentina) and is the urban center with the greatest development in the southwest of Buenos Aires. It has a deep water port, enabling national and international commercial flow. Currently one of the most recurrent problems is the expansion of cities without land use guidelines, evidenced in the study area by the occupation of spaces on expansive materials, reactive to changes in soil moisture and consequent failures in foundations, structural damage and economic losses.

The study area includes the waterfront of the city of Bahía Blanca and its projection towards the interior of the estuary, extending from the port of Ingeniero White to the locality of Daniel Cerri. The objective of the study is a preliminary evaluation at a generic and qualitative level of the geological and geotechnical characteristics and the relationship between them. Outcropping and subsoil geological units are recognized and qualified according to the geotechnical response of the materials, based on existing information. The sediments that constitute the support of the works are identified and characterized and parameters and characteristics that influence their geotechnical response and possible instability of the constructions are defined.

This research proposes to formulate guidelines that promote a rational territorial ordering, in accordance with the geological and geomechanical characteristics of the land, determining its possible uses. The results will be applied to mitigate or avoid geological risks and contribute to the sustainable development of an area in commercial and economic expansion, which promotes the location of industrial, port and urban infrastructure.

Keywords: port complex, soil geomechanics, urban development.

INTRODUCCIÓN

Bahía Blanca es ciudad cabecera del Partido homónimo y cuenta con un puerto de aguas profundas, que hace posible el lazo comercial nacional e internacional, destacándose entre los más importantes de América Latina. Presenta en la actualidad un gran potencial de expansión en cuanto a infraestructura urbana, industrial, portuaria y obras civiles complementarias.

En el área de Bahía Blanca y sus alrededores, la expansión se ha llevado a cabo mayoritariamente sin pautas de ordenamiento territorial, en cuanto a la ocupación de espacios o sectores bajo la amenaza de riesgos geológicos como inundaciones y/o presencia de suelos colapsables y expansibles. Esto ha traído aparejadas consecuencias como fallas en las fundaciones de varias viviendas y daños en obras de infraestructura, (Caló *et al.*, 2000) por lo que la presencia de distintos tipos de suelos y sus características asociadas, sustentan la necesidad de realizar estudios previos al emplazamiento de obras ingenieriles, incluyendo la caracterización geotécnica de los sectores de posibles asentamientos futuros.

Esta investigación tiene como objetivo exponer la problemática geológico ingenieril resultante de la expansión urbana e industrial en el sector costero de la ciudad de Bahía Blanca y puerto de ingeniero White e identificar las causas. Se proyecta estudiar los aspectos considerados básicos para establecer pautas claras de ordenamiento territorial. En la actualidad, el crecimiento urbano y la ocupación del suelo para distintas actividades, a menudo ocurren sobre terrenos inestables, condiciones geológicas adversas o bajo amenaza de riesgos geológicos.

Este trabajo pretende ser un aporte a la óptima interacción entre el emplazamiento de obras ingenieriles y el medio geológico en el que se desarrollan y avanzan y evitar de esta manera, daños o perjuicios para el hombre y el medio ambiente. Se pretende brindar una herramienta para colaborar con el desarrollo sustentable y con el sostenimiento del equilibrio medioambiental sometido a las consecuencias del progreso.

Se presentan las características físicas, ingenieriles y ambientales del área de estudio, haciendo hincapié en la expansión urbana e industrial y los posibles problemas constructivos por las características del terreno. Se establecen las bases para elaborar pautas de planificación territorial para el área industrial y urbana para contribuir con el desarrollo racional y sustentable que se pretende llevar a cabo.

Se realiza una evaluación de las características geológicas y geotécnicas del área e identificación de las problemáticas para el desarrollo de obras ingenieriles. La interpretación del vínculo entre las problemáticas y las características del terreno permitirá identificar soluciones adecuadas y establecer lineamientos o bases para un óptimo ordenamiento territorial.

PROBLEMÁTICA Y METODOLOGÍA

Algunas características como granulometría, mineralogía, disposición de los materiales, contenido de humedad, permeabilidad, plasticidad, posición del nivel freático, transmisividad de la zona saturada y velocidad y conductividad del agua subterránea, condicionan parámetros geotécnicos como: resistencia, compacidad, capacidad soporte, hinchamiento y expansividad, que son en definitiva los que establecen la respuesta del terreno ante cualquier tipo de obra ingenieril. Una de las principales consecuencias en el área son asientos diferenciales y daños a las estructuras.

Como ejemplos se pueden citar que el porcentaje de humedad en el suelo está estrechamente ligado a la plasticidad, que junto con la granulometría determinan el grado de compactación del mismo y su capacidad portante. La permeabilidad está relacionada con el tamaño medio de grano y la transmisividad y estos parámetros condicionan el movimiento del agua en el suelo y subsuelo. La variación de humedad en el suelo provoca eventos de expansión y contracción del terreno en el área de estudio, y el tamaño de grano fino, que caracteriza el área de estudio favorece el ascenso de agua por capilaridad, humectando el suelo por encima del nivel freático.

En este trabajo se realiza una caracterización de los aspectos geológicos e hidrogeológicos de interés a su objetivo. Estas características pueden asociarse con propiedades geotécnicas específicas. Existen tablas realizadas por diversos autores (*González De Vallejo, 2004*) donde se describen parámetros geológicos y los parámetros geotécnicos asociados.

Además de su génesis y edad, los aspectos geológicos e hidrogeológicos van a condicionar el comportamiento ingenieril de los materiales, lo que va a permitir estudiar distintas respuestas geotécnicas del terreno, por lo que es necesario hacer una evaluación de los mismos. Dentro de las principales características para describir estas zonas se tendrán en cuenta la litología, la estratigrafía, la geomorfología, y los aspectos hidrogeológicos afines. En esto radica la importancia de hacer una revisión de las mismas, con el fin de inferir a qué características geotécnicas están asociadas, con miras a evaluar las condiciones del terreno y acompañar el proyecto de futuras obras civiles y establecer pautas de ordenamiento territorial

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La ciudad de Bahía Blanca es cabecera del partido y se encuentra ubicada geográficamente al sudoeste de la provincia de Buenos Aires, siendo sus coordenadas $38^{\circ} 44'$ latitud sur y $62^{\circ} 16'$ longitud oeste. El distrito de Bahía Blanca, está integrado por las localidades de Cabildo, General Daniel Cerri e Ingeniero White y limita con las jurisdicciones de Villarino, Tornquist, Coronel Pringles y Coronel Rosales, siendo su superficie de 2.300 km^2 .

El área de estudio de este trabajo comprende el frente costero de la ciudad de Bahía Blanca y su proyección hacia el interior del estuario. Limita al sur con el canal Principal, y se

extiende desde el puerto de Ingeniero White hasta la localidad de General Daniel Cerri, incluyendo sectores sobre los que potencialmente podría expandirse, tanto la urbanización como la zona portuaria e industrial. Figura 1.

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

El estuario de Bahía Blanca constituye un sistema mesomareal, caracterizado por una onda de marea de amplitud media de 3m, de carácter semidiurna. Posee un canal principal, de una longitud aproximada de 60 km que se comporta como acceso a los puertos de Ingeniero White, Puerto Galván y Puerto Belgrano (*Gigante et al., 2008*). Desde el punto de vista geomorfológico, el mismo autor atribuye la morfología actual del ambiente costero-marino a los procesos de erosión y sedimentación ocurridos durante el Cuaternario. Hace mención a la presencia de paleocanales en el subsuelo marino como una evidencia significativa para vincular los cambios del nivel del mar con la evolución costera de la zona. La geomorfología del área se caracteriza por una densa red de canales de marea, que generalmente tienen un diseño meandriforme, además de un gran número de islas de escasa altitud y amplias llanuras de marea limo arcillo arenosas. En la costa Norte del estuario desembocan pequeños cursos fluviales correspondientes a las cuencas de los ríos Sauce Grande y Sauce Chico, y de los arroyos Napostá y Saladillo de García.

Desde el punto de vista hidrológico el estuario constituye el nivel base final o de descarga de las aguas superficiales y subterráneas del área de estudio. La dinámica de las mareas y los factores meteorológicos dominan el movimiento del agua dentro del estuario, y determinan las oscilaciones del nivel de base del sistema hidrológico provocando las variaciones temporarias en cuanto los volúmenes de la descarga (*Carrica et al., 2003*).



Figura 1. Ubicación del área de estudio. Zona costera entre el Puerto de Ingeniero White y Daniel Cerri. Partido de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. Fuente Google Earth.

La historia geológica del área ha sido estudiada por diversos autores, y está dominada por los procesos transgresivo-regresivos cuaternarios que actuaron sobre la costa de Bahía Blanca (*Aliotta y Farinati 1990, Aliotta et al. 1991, 1996b*) modificando las condiciones hidrológicas, morfológicas y sedimentarias de los antiguos ambientes fluviales. Además existen registros de perforaciones, análisis de perfiles y registros sísmicos que evidencian antiguos eventos fluvio-marinos previos a la transgresión holocena (*Aliotta et al. 1996a y b, 2002, 2004, Spagnuolo 2005, Giagante et al. 2005, Briceño et al. 2005*).

El subsuelo del área de estudio está constituido por los denominados "sedimentos pampeanos" (*Fidalgo et al., 1975*) del Plioceno medio a superior y amplia distribución regional y espesor considerable. Corresponden a sedimentos loésicos compuestos principalmente por limos arenosos, pardo-rojizos y arena compacta cementados con carbonato de calcio. Hacia el Norte, afloran aproximadamente a los 5 msnm y a menudo se encuentran cubiertos por sedimentos eólicos y suelos de poco espesor. Hacia el Sur y por debajo del nivel del mar subyacen a la Formación Maldonado (*Fidalgo, 1983*), compuesta por arcillas limosas de origen marino, correspondientes a la ingresión marina pospleistocena. Esta Formación Maldonado se encuentra acotada al área costera, aflorante y en algunos casos cubierta por un delgado suelo vegetal. Hacia el norte se acuña sobre los sedimentos pampeanos aflorantes, mientras que hacia el sur continúa por debajo del nivel del mar alcanzado, en el área de estudio, espesores máximos de hasta 15 metros (*Carrica et al., 2003*). La base de la formación está compuesta por arena de tamaño de grano medio a fino, gris oscura, con restos de conchillas, que pasa gradualmente hacia el techo a limos arenosos y limos arcillosos o arcillas limosas, grises, muy plásticas, con abundantes conchillas y a una arcilla gris verdosa oscura, plástica, muy expandible, con una mineralogía típica de una asociación montmorillonita-illita (*Fidalgo, 1983*) sobre la cual se apoya el material de relleno del área.

En el sector estudiado, el suelo natural, de escaso desarrollo y mal drenado, presenta una textura limo-arcillosa, muy plástica, con concreciones de carbonato de calcio, restos de materia orgánica y raíces y en los que se observan eflorescencias salinas. En amplios sectores ha sido cubierto o reemplazado por rellenos antrópicos, compactados que varían de 1 a 4 metros de espesor, sobre los que se asientan las plantas industriales y las vías de comunicación.

En el área de estudio, *Aliotta et al., (1991)* resume la secuencia sedimentaria compuesta por materiales que abarcan desde el Terciario al Reciente en el subsuelo del Canal Principal, en cercanías al Puerto de Ingeniero White.

En el área de Bahía Blanca, sobre el paquete sedimentario que compone la Cuenca del Colorado, yace la Formación Chasicó, de edad Mioceno inferior Plioceno (*Fidalgo et al. 1978; Fidalgo et al. 1985*), correspondiente a un ambiente continental, principalmente fluvial (*Zambrano, 1972*). En el área de estudio, *Aliotta et al., (1991)*, ha detectado la presencia de estas sedimentitas terciarias entre los 10 y 20 m bajo el nivel medio del mar (nmm).

Estas sedimentitas junto con las de la Formación Pampeana (Pleistoceno) conforman el basamento sobre el cual se apoyan en discordancia los materiales sueltos a débilmente compactados del Cuaternario Tardío. El mismo autor, menciona que por encima de la Formación Chasicó, se presenta un estrato arenoso, apoyado en discordancia, que sufre un acuñamiento hacia el oeste sobre el sustrato Plio-Pleistoceno y corresponde a un ambiente mixto fluvio-marino, con un predominio fluvial.

Las sedimentitas infrayacentes fueron erosionadas por esta dinámica fluvial incorporando a sus sedimentos rodados y fragmentos rocosos del sustrato compactado. Hacia arriba, aproximadamente a los 15 m de profundidad se encuentra un lente de arena sensiblemente más gruesa que la infrayacente. A estos sedimentos fluviales se los asocia con una antigua desembocadura, probablemente perteneciente al curso de lo que es actualmente al Arroyo Napostá Grande. Este paleoambiente sedimentario se habría desarrollado previamente a la última gran transgresión post-glacial, cuando el nivel del mar se encontraba muy por debajo del actual. La ingresión holocena comienza aproximadamente entre los 7000 y 7500 años AP, (*Clark y Bloon, 1979; Suguio y Martin, 1980*). En el área de estudio, existen dataciones isotópicas de la malacofauna en depósitos marinos costeros (*Gonzales et al., 1983; Farinati, 1985; Aliotta y Farinati, 1990*) que confirman que la ingresión postglaciaria se produce en el Holoceno medio-tardío (después de los 7500 años AP.).

En el área de estudio, las facies marinas holocenas comienzan con una arena fina a mediana, y abundantes fragmentos de valvas de moluscos. Se apoyan en discordancia, hacia el oeste sobre los sedimentos fluviales, en tanto que hacia el este suprayacen la plataforma de abrasión pleistocena. El inicio de ingresión marina, representada por un sedimento arenoso, tiene una distribución regional en casi la totalidad de la zona costera del estuario. Hacia el NE del Puerto de Ingeniero White este tipo de material se apoya en discordancia erosiva sobre un sustrato muy compacto, limo arenoso, rico en carbonato de calcio (*Aliotta y Farinati, 1990*) correspondientes a los sedimentos pampeanos o Formación Pampeana.

Sobre la línea litoral holocena se desarrolló una extensa llanura de marea, constituida por sedimentos limo arcillo arenosos característicos del ambiente costero. En la parte superior de los testigos obtenidos (*Aliotta, 1991*) en el área se observa estratificación laminar atribuida a la alternancia en la depositación de estos tipos de materiales (*Reineck y Wunderlich, 1968*). *Aliotta et al., (1990)* completan la historia geológica del estuario con la progradación de la llanura de marea y el progresivo descenso del nivel del mar dando lugar al desarrollo de la extensa llanura costera que caracteriza a toda la zona interna del estuario. En la actualidad el ambiente de sedimentación es similar al del Holoceno Tardío, al igual que su mineralogía, observándose una continuidad entre los sedimentos finos que constituyen la actual llanura de marea con aquellos depositados durante el período transgresivo-regresivo post-glaciario, diferenciándose solo en algunos casos el grado de compactación y densidad del depósito en función de la edad de ambos sedimentos.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Desde el punto de vista hidrogeológico se distinguen dos secciones principales: Sección Pampeana y Sección Pospampeana (*Carrica et al., (2003)*). La primera corresponde a sedimentos loésicos del pampeano que se extiende en toda la región y están ubicados en la costa a una profundidad aproximada de 15 metros y pasan de forma gradual a las formaciones miocénicas subyacentes. Estos sedimentos se comportan como un único sistema más o menos homogéneo de transmisión de agua. La transmisividad promedio es del orden de los $150 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ para los primeros 100 metros de espesor, con conductividades hidráulicas que varían entre $0,3$ y $3 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ y coeficientes de almacenamiento de $0,12$ a $0,05$ (*Carrica, 1998*). Los valores de permeabilidad son más altos que los esperables por su granometría y grado de cementación debido a la permeabilidad secundaria por macroporos, microfisuras, canalículos, etc.

La Sección hidrogeológica Pospampeana está formada por los sedimentos de la Formación Maldonado y los suelos actuales que cubren la sección anterior con un espesor de hasta 12 metros. La base está compuesta por un nivel arenoso de escaso espesor y buena permeabilidad, mientras que hacia el techo baja significativamente debido a la disminución de la granometría del sedimento y la presencia de arcillas. Su transmisividad es del orden de los $50 \text{ m}^2 \text{ d}^{-1}$ y posee porosidades efectivas del 10 % en la sección inferior disminuyendo hacia la superficie al 4 % y permeabilidades de entre 0,1 y $1,5 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$. Se puede indicar una variación desde bajas permeabilidades en los materiales arcillosos superiores hasta valores medios en los niveles basales más arenosos (Bonorino y Sala, 1983). A pesar de las variaciones litológicas en los parámetros hidráulicos, se comporta como un sistema continuo de transmisión de agua.

Los niveles freáticos están a poca o nula profundidad. Las arcillas en la porción superior de la sección Pospampeana facilitan el ascenso capilar del agua hacia la superficie y los sectores bajos topográficamente se comportan como áreas de descarga local del acuífero. Por otro lado, en el período húmedo (otoño e invierno) estos sectores permanecen anegados, mientras que durante el verano el nivel freático desciende por la alta evapotranspiración, lo que provoca un desecamiento del suelo evidenciado por la presencia de típicas efluorescencias salinas.

En cuanto a la hidrodinámica subterránea, Carrica et al. (2003) hacen un análisis de las modificaciones espaciales y temporales de la superficie piezométrica en el sector industrial de la región costera de Bahía Blanca, utilizando como metodología la comparación de las isopiezas relevadas en el sector en diferentes períodos, lo que permitió analizar la evolución de la morfología de la capa freática a través del tiempo. Concluye que estas alteraciones se deben a acciones antrópicas como rellenos artificiales, impermeabilizaciones y zanjas de drenaje, que han modificado el flujo subterráneo que naturalmente tenía una muy lenta circulación general en dirección a su nivel de descarga natural en

el mar. Una de las consecuencias que puede observarse en la actualidad es un aumento la velocidad del flujo subterráneo hacia las zanjas de drenaje. En efecto, con la finalidad de drenar el agua superficial en el área se ha emplazado una serie de zanjas o canales sin una distribución definida. Debido a la poca profundidad a la que se encuentra la zona saturada, estos “drenes” intersecaron la superficie freática y actúan como niveles de descarga locales del agua subterránea.

Si bien naturalmente la superficie freática tiende a copiar el perfil topográfico, en este caso de una suave pendiente, y por lo tanto un bajo gradiente hidráulico, las modificaciones introducidas por el hombre la ha transformado en una capa radial con presencia localizada de domos de flujo divergente, que se corresponden con zonas de recarga natural o inducida por riego y vaguadas, con líneas de flujo convergente, en las zonas con predominio de la descarga. En concordancia con la lenta dinámica del sistema, el agua subterránea de la capa freática del lugar corresponde a una salmuera con conductividades eléctricas entre 47.600 y $108.100 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, fuertemente clorurada sódica (Bonorino y Sala, 1983; Sala, et. al., 1985; Carrica, 1998).

RESPUESTA GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

A partir de las principales características descriptas en el área, condicionantes de la respuesta de los materiales, se reconocen y diferencian cuatro tipos de comportamiento geotécnico diferente que se indican en la Tabla 1 y esquematizan en la Figura 2. El Tipo I correspondiente al basamento, el Tipo II correspondiente a la base arenosa de la Fm Maldonado, el Tipo III correspondiente a su parte superior limo arcillosa de la misma y un Tipo IV, actual, en la que se incluyen las principales modificaciones antrópicas. La compactación es decreciente a partir del Tipo I al IV. Se debe considerar que por la geomorfología del área, particularmente en el ambiente mixto fluvio-marino, puede haber variaciones locales.

Tabla 1. Tipificación en función de la respuesta geotécnica de los materiales

	Características generales	Composición litológica	Espesor	Aptitud para emplazamiento de fundaciones	Zonas en función de la saturación
Tipo IV	Material de relleno antrópico.	Arenas, limos y fragmentos de tosca compactados.	Aflorantes (1 a 4m).	Las áreas compactadas son aptas para fundaciones. En sectores se conservan las características naturales representadas por afloramientos de limos arcillosos que requieren cimentación apropiada.	Zona no saturada. Red de flujo subterráneo natural modificada por la construcción de zanjas de drenaje que cortan la superficie freática.
Tipo III	Limos y arcillas.	Arcillas plásticas y muy expansibles (montmorillonita-illita).	Fm. Maldonado: hasta 15m bajo el nivel del mar y acuñada hacia el continente en dirección Norte sobre la Zona I	No apta para pilotaje. Riesgo de expansión y contracción y daño en las estructuras.	Zonas no saturada y saturada
Tipo II	Arena con restos de conchillas de tamaño de grano medio a fino, gris oscura	Sedimentos sueltos a débilmente compactados.		No apta para pilotaje.	Zona saturada
Tipo I	Sedimentos loésicos	Sedimentos compactados y cementados.	Fm Pampiano Desde los 10-20 m bajo nmm.	Apta para pilotaje	Zona saturada

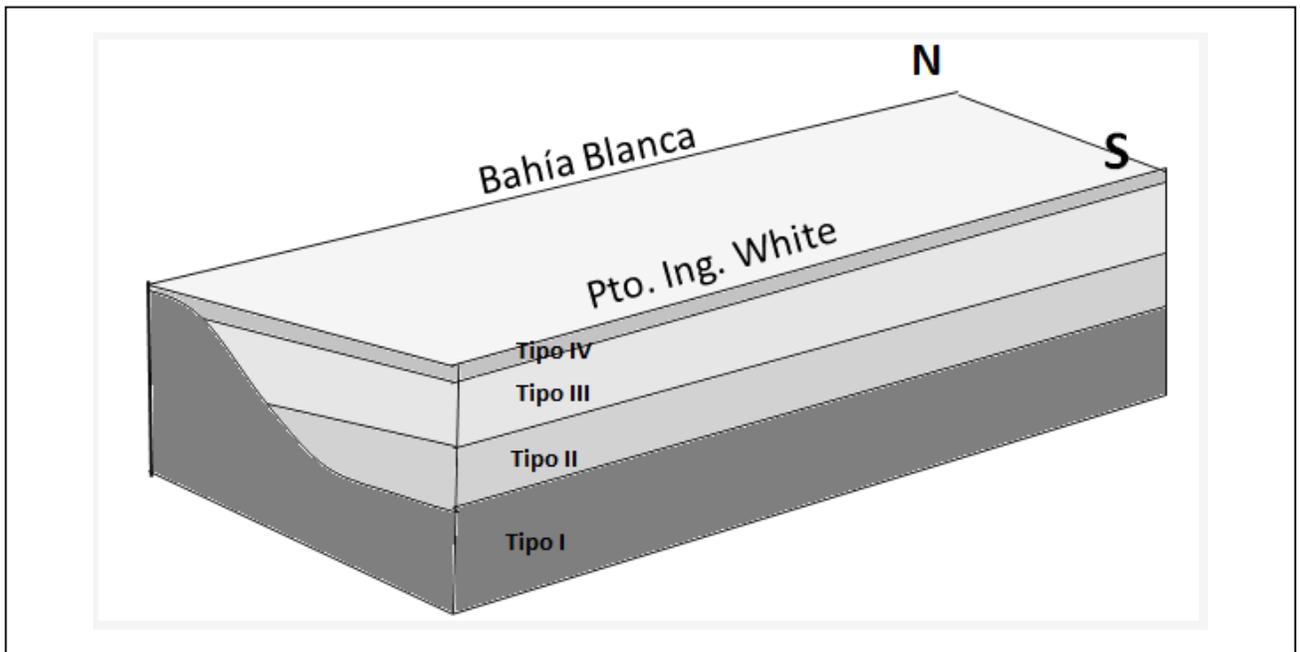


Figura 2. Modelo esquemático de la tipificación geotécnica propuesta y su vinculación con la secuencia estratigráfica costera (ver Tabla 1).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el área del estudio se verifican variaciones significativas en los perfiles sedimentarios y en sus características litológicas e hidráulicas que condicionan su respuesta mecánica o geotécnica. Las variaciones litológicas-granulométricas y del contenido de humedad de los materiales, determinan la compacidad y resistencia del terreno, por lo que resulta indispensable reconocer el perfil descripto en el área para planificar fundaciones o estructuras adecuadas en cuanto a estabilidad y resistencia.

La variación en el contenido de humedad de los materiales del suelo y subsuelo, por lluvia y oscilaciones del nivel freático, produce contracción y expansión en el terreno e hinchamiento, y modificaciones en la resistencia del mismo, que afectan las obras que se emplazan, en un área en constante avance y progreso industrial. La composición mineralógica de las arcillas, es uno de los puntos más relevantes del medio físico en el área de estudio, ya que provoca contracción y expansión del terreno por variaciones de humedad. Esta consideración es de particular importancia teniendo en cuenta que el nivel freático se encuentra a escasa profundidad, lo que podría afectar la estabilidad de las cimentaciones, dando origen a asentamientos diferenciales de las estructuras.

Si bien la ocurrencia de los eventos de fallas en las estructuras documentados en el área se atribuyen a causas naturales (oscilaciones del nivel freático), se asume que la acción antrópica podría también traer aparejadas las mismas consecuencias a

nivel local, por lo que es importante, debido a la sensibilidad del sistema, la evaluación de las condiciones hidrodinámicas naturales del área y realizar estudios a escala adecuada de detalle. Así, se deben tener en cuenta, un planeamiento del territorio, que incluya cimentaciones o fundaciones que constituyan un sistema de apoyo estable a las estructuras y un ordenamiento territorial acorde a las características geotécnicas del área. Para cimentaciones profundas el sustrato inferior descripto (sedimentos pampeanos) que se localiza entre 10-20 m b.n.m. constituye por sus características geotécnicas el mejor material de apoyo.

En el caso de construir nuevos drenes para evacuar el agua superficial en época de lluvia, se debe tener en cuenta la dinámica hidrológica subterránea, para evaluar posibles impactos y analizar las consecuencias, considerando que el agua en el suelo y subsuelo es condicionante de la respuesta mecánica de los materiales. La circulación natural lenta del agua subterránea en el área implica mayor tiempo de contacto con los sedimentos y esto influye en su salinización, condición que debe contemplarse en función del poder de afectación de las aguas salinas a los materiales ingenieriles.

El grado de compactación y densidad de los materiales varían según su edad por lo que hay que tener en cuenta su posición en la columna estratigráfica. La resistencia del suelo como su capacidad portante, calculadas para una unidad estratigráfica con condiciones homogéneas, podrán extrapolarse a los materiales con similares características.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

ALIOTTA, S., G.O. LIZASOAIN, Y W. LIZASOAIN, 1991.

Sedimentología y paleoambientes cuaternarios en el sector interno del estuario de Bahía Blanca, Argentina.

Revista Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Autónoma de México. 18(1): 99-107

ALIOTTA, S. Y E. FARINATI, 1990.

Strati-graphy of Holocene sand-shell ridges in the Bahía Blanca Estuary, Argentina.

Marine Geology 94: 353-360. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(90\)90064-Q](https://doi.org/10.1016/0025-3227(90)90064-Q).

- ALIOTTA, S., G.O. LIZASOAIN, Y W. LIZASOAIN, 1996A.
Facies fluvio-estuarina en el subsuelo del canal de acceso al Puerto de Ingeniero White, Bahía Blanca.
Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 3(2): 43-53.
- ALIOTTA, S., G.O. LIZASOAIN, W. LIZASOAIN, Y S.S. GINSBERG, 1996B.
Late Quaternary Sedimentary Sequence in the Bahía Blanca Estuary, Argentina.
Journal of Coastal Research 12(4): 875-882. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(90\)90064-Q](https://doi.org/10.1016/0025-3227(90)90064-Q).
- ALIOTTA, S., G.O. LIZASOAIN, Y S.S. GINSBERG, 2002.
Hallazgo de acumulaciones de gas con sísmica de alta resolución en sedimentos del Estuario de Bahía Blanca, Argentina.
15º Congreso Geológico Argentino, Actas: 315-318, El Calafate.
- ALIOTTA, S., G.O. LIZASOAIN, Y S.S. GINSBERG, 2004.
Dinámica sedimentaria y evolución morfológica de un profundo canal del estuario de Bahía Blanca.
Revista de la Asociación Geológica Argentina 59(1): 14-28
- BRICEÑO, W., S. ALIOTTA, Y E. FARINATI, 2005.
Sedimentos gasíferos en el subsuelo de los puertos de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.
16º Congreso Geológico Argentino, Actas 5: 283-288, La Plata.
- BONORINO A. G. Y J. M. SALA, 1983.
Capítulo: Geohidrología. Comisión Estudio de Suelos White-Cerri. MOP de la Provincia de Buenos Aires.
Informe Final. La Plata.
- CALO J., FERNANDEZ E., MARCOS A., ALDACOUR H. (2000)
Mapas temáticos de la ciudad de Bahía Blanca y problemas edilicios asociados.
Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente. No 15: 30-40.
- CARRICA J., E. R ALBOUY Y A. G. BONORINO, 2003.
Modificaciones Hidrodinámicas en el Acuífero Costero del Área Industrial De Bahía Blanca.
- CLARK, J.A. Y A. L. BLOOM. 1978.
Hydro-Isostasy and Holocene emergence of South America.
International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. Brasil. 1979. 61-76.
- FARINATI, E.,
Radiocarbon datigs of Holocene marine deposits, Bahía Blanca area, Buenos Aires Province, Argentina. 1985.
Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, Rotterdam. 197-206.
- GIAGANTE, D., S. ALIOTTA, Y S. S. GINSBERG, 2005.
Evidencia sísmica de paleocanales en el subsuelo del estuario de Bahía Blanca, Argentina.
16º Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 809-816, La Plata
- GIAGANTE, D.A., S. ALIOTTA, Y S. S. GINSBERG, 2008.
Análisis Sismoestratigráfico de Paleocanales en el subsuelo marino del estuario de Bahía Blanca.
Revista Asociación Geológica Argentina 63 (1) 65,75.
- GONZÁLES, M.A., H. PANARELLO, H. MARINO Y S. VALENCIO, 1983.
Niveles marinos del Holoceno en el Estuario de Bahía Blanca (Argentina). Isótopos estables y microfósiles calcáreos como indicadores paleoambientales.
Simp. Ose. niv. Mar durante el último hemicycle desglacial en Argentina. Mar del Plata. Actas:48-68.
- SPAGNUOLO, J.O. 2005.
Evolución geológica de la región costera-marina de Punta Alta, provincia de Buenos Aires.
Tesis Doctoral Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, inédito, 269 p., Bahía Blanca
- REINCK, H.E Y F. WUNDERLICH, 1968.
Classification and origin of flaser and lenticular bedding.
Sedimentology, vol. 11, issue 1-2, pp. 99-104.