

CÓDIGO DEL PROYECTO

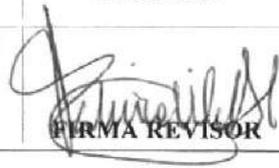
04-0010-03PE

TÍTULO DEL INFORME

INFORME GEOTÉCNICO DE FACTIBILIDAD PARA PARQUE EÓLICO
MÓRROPE

REVISIÓN N°

0001

| | | | |
|---|---|--|---|
|  | ELABORADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
| | Glicerio Fernández Jódar | Patricia Valdes Soto | Patricia Valdes Soto |
| | FECHA ELABORACIÓN | FECHA REVISIÓN | FECHA AUTORIZACIÓN PARA ENTREGA |
| | 24/08/2015 | 24/08/2015 | 08/2015 |
| REVISIÓN | FIRMA ELABORADO | FIRMA REVISOR | FIRMA QUE AUTORIZA |
| |  |  |  |

INDICE

| | |
|-----------------------------------|---------|
| |1 |
| 4. SISMICIDAD..... | 8 |
| |9 |
| 6. TRABAJOS REALIZADOS..... | 14 |
| 6.1. Trabajos de Campo..... | 14 |
| |14 |
| 6.1.2. Calicatas..... | 16 |
| |18 |
| |25 |
| 6.2. Trabajos de Laboratorio..... | 26 |
| |27 |
| |28 |
| |34 |
| 7.3. Agresividad..... | 35 |
| |37 |
| |37 |
| |38 |
| |38 |
| |41 |
| 8.5. Movimientos de tierras..... | 44 |
| |46 |
| 8.7. Estabilidad de taludes..... | 47 |
| |52 |

| | | |
|---|-------|----|
| 1. | | 1 |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. Sismicidad | | 8 |
| 5. | | 9 |
| 6. Trabajos realizados..... | | 14 |
| 6.1. Trabajos de campo | | 14 |
| 6.1.1. | | 14 |
| 6.1.2. Calicatas..... | | 16 |
| 6.1.3. | | 19 |
| 6.1.4. | | |
| 6.2. Trabajos de Laboratorio | | 27 |
| 7. | | 28 |
| 7.1. | | 29 |
| Índice N SPT | | 33 |
| Clasificación USCS | | 33 |
| Densidad aparente (t/m^3)..... | | 33 |
| Humedad natural (%) | | 33 |
| Angulo de rozamiento ($^{\circ}$) | | 33 |
| Cohesión (t/m^2) | | 33 |
| Módulo de deformación (kg/cm^2)..... | | 33 |
| Módulo de balasto K_{30} (kp/cm^2)..... | | 33 |
| Coefficiente de Poisson (ν) | | 33 |
| Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)..... | | 33 |
| Índice N SPT | | 34 |
| Clasificación USCS | | 34 |
| Densidad aparente (t/m^3)..... | | 34 |
| Humedad natural (%) | | 34 |
| Angulo de rozamiento ($^{\circ}$) | | 34 |
| Cohesión (t/m^2) | | 34 |
| Módulo de deformación (kg/cm^2)..... | | 34 |
| Módulo de balasto K_{30} (kp/cm^2)..... | | 34 |
| Coefficiente de Poisson (ν) | | 34 |
| Coefficiente de permeabilidad K (cm/s)..... | | 34 |
| 7.2. | | 35 |
| 7.3. Agresividad..... | | 36 |
| 8. Recomendaciones acerca de | | |
| 8.1. | | 38 |
| 8.2. | | 39 |
| 8.3. | | 39 |
| 8.4. | | 42 |

| | |
|--|----|
| 8.5. Movimientos de tierras. | 45 |
| 8.6. | 47 |
| 8.7. Estabilidad de taludes. | 48 |
| 9. | 52 |
| | 11 |
| 7.3 Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos | 35 |
| | 40 |
| 8.4 Tratamiento mediante columnas | |
| | 45 |
| | 46 |

ANEXOS

6.- Ensayos de Laboratorio



SIGA CONSULTORES S.A.

1.

SOWITEC ha proyectado la construcción de una obra en Chiclayo, capital de la Provincia del mismo nombre y perteneciente al Departamento de Lambayeque, en

el cual se ha desarrollado un estudio de factibilidad, y como Estudio de Factibilidad, SOWITEC ha encargado la elaboración del estudio a SIGA INGENIEROS PERU, S.A. Los trabajos realizados y los resultados obtenidos se han aportado por el peticionario previa

realización de ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas,

El presente documento pretende sintetizar los trabajos de campo y laboratorio realizados, analizando los

resultados obtenidos en el estudio de estructura-terreno, aportando información que el interesado posea todos los datos relevantes desde el punto de vista técnico y geológico para el desarrollo de un trabajo destinado a valorar la factibilidad del

Proyecto.

2.

La zona objeto de estudio se localiza

camino carrozable entre las chacras o parcelas de la comunidad, por este camino se recorre cerca de 16 Km



en una zona llana, rellena de materiales cuaternarios recientes y cuaternarios pleistocenos.

En el siguiente cuadro se reflejan las coordenadas de

o facilitado por el peticionario con Datum WGS 84,

Huso 18L.

| Aerogeneradores | | |
|-----------------|------------|--------------|
| Nombre | C. Este | C. Norte |
| AE01 | 602,088.00 | 9,263,025.00 |
| AE02 | 602,282.12 | 9,263,198.33 |
| AE03 | 602,479.89 | 9,263,360.05 |
| AE04 | 602,683.16 | 9,263,503.88 |
| AE05 | 602,891.47 | 9,263,630.95 |
| AE06 | 603,104.45 | 9,263,742.06 |
| AE07 | 603,321.83 | 9,263,837.81 |
| AE08 | 603,543.39 | 9,263,918.57 |
| AE09 | 603,768.99 | 9,263,984.56 |
| AE10 | 603,998.54 | 9,264,035.80 |
| AE11 | 604,231.96 | 9,264,072.16 |
| AE12 | 604,469.24 | 9,264,093.34 |
| AE13 | 604,710.41 | 9,264,098.84 |
| AE14 | 604,955.53 | 9,264,087.96 |
| AE15 | 605,206.28 | 9,264,059.49 |
| AE16 | 603,592.10 | 9,261,936.37 |
| AE17 | 603,895.49 | 9,261,867.26 |
| AE18 | 604,192.67 | 9,261,828.44 |
| AE19 | 604,483.82 | 9,261,817.14 |
| AE20 | 604,769.02 | 9,261,831.44 |
| AE21 | 605,048.26 | 9,261,870.09 |
| AE22 | 605,321.42 | 9,261,932.36 |
| AE23 | 605,588.31 | 9,262,017.99 |
| AE24 | 605,807.29 | 9,262,108.03 |
| AE25 | 606,021.45 | 9,262,215.07 |
| AE26 | 606,230.46 | 9,262,339.75 |
| AE27 | 606,433.89 | 9,262,483.06 |
| AE28 | 606,631.17 | 9,262,646.37 |
| AE29 | 606,821.48 | 9,262,831.60 |

Tabla 2.2. Coordenadas de aerogeneradores

la actividad erosiva de estos cursos fluviales.

Se distinguen dos geoformas en la zona de estudio. Por un lado la pampa, constituida por materiales cuaternarios que representan antiguos conos de deyección

flancos escarpados y fondos planos a profundidades variables en torno a 20-50 m.

arenas de las playas cercanas. Las pampas

La zona de estudio se asocia principalmente a la pampa Rio Seco, delimitada al Norte y Noreste por los cerros Santa Rosa, San Idelfonso, Huaca Blanca y Catalina.

al en la zona, configurando un manto de material

ropical, templado durante las estaciones de primavera,

Vientos.- Sopla del mar a la costa entre 9 a.m. y 8 p.

Lluvias

Temperatura

mm, que hacen un promedio para los

Evaporación

considerando un promedio de 1,099 mm, con un

3.

se ha elaborado el plano de ede observar en los anexos.

A partir de ello se puede comentar con re

a) Mesozoico

estratos. Sus unidades se extienden
con amplitud en las estribaciones andinas occidentales
occidental de la ciudad de Chiclayo.

Consiste en bancos masivos de cuarcitas y areniscas grises y blancas bien clasificadas, de grano fino a medio, muy coherentes, entre las que se intercalan capas delgadas de lutitas rosadas; superficialmente las cuarcitas y areniscas pr

Esta unidad aflora en forma limita rendiendo la colina ubicada cerca
de Urb. Colinas de Las Brisas, en la ciudad de Chiclayo, donde se ha apreciado capas plegadas con fuerte buzamiento.

b) Cenozoico

En la zona de estudio, el Cenozoico se halla representado por acumulaciones cuaternarias poco o nada consolidadas, las cuales se extienden con gran amplitud sobre el llano costero, donde alternan

Son acumulaciones de materiales sueltos o poco stancias por las corrientes fluviales que bajan del
y gravas redondeadas, englobados en una matriz
areno-limosa, que se acumularon durante el holoceno. En algunos sectores, contienen capas lenticulares de

s de terrazas aluviales expuestas a lo largo del
cay-Lambayeque. Se estima que el espesor de los

Son acumulaciones de arenas de grano fino a medio, que han sido transportadas por el viento desde sus fuentes de origen localizados en las playas de las olas; en la zona de estudio afloran como mantos de arenas, como campo de dunas monticulares o

queda retardada o detenida por la presencia de

bres y gravas, dispuestas en forma longitudinal y

alta marea con las llanuras

bajas.

Esta unidad se le reconoce bordeando la zona o

Son acumulaciones ocurridas en antiguas marismas o llanuras inundables, que actualmente se
limos o arcillas bituminosas, en tanto que superfic
costras de caliche que afloran en la superficie debido
estima en 5 metros.

En la zona de estudio se extienden por la Laguna

de materiales sueltos que han sido transportados
ie costanera, en particular la zona del proyecto.
adas englobadas en una matriz de arenas y limos,
con ocasionales horizontes lenticulares limo-arcillosos. Son sedimentos que se caracterizan por no presentar

algunas decenas de metros de amplitud. Su espesor es variable pero en promedio no sobrepasa los 4 metros.

| Era | Sistema | Serie | Unidad Estratigráfica | Símbolo y Color | Descripción Litológica |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------------|-----------------|--|
| CENOZOICO | CUATERNARIO | HOLOCENO (RECIENTE) | Depósitos Fluviales | Qr-fl | Acumulaciones de gravas redondeadas, englobadas en una matriz de arenas y limos. |
| | | | Depósitos lacustres | Qr-la | En la superficie arenas con caliche y en profundidad limos y arcillas bituminosas. |
| | | | Depósitos de cordón litoral | Qr-cl | Pequeños camellones o lomadas de arenas salobres y gravas. |
| | | | Depósitos Eólicos | Qr-e | Acumulación de arenas sueltas de grano medio a fino transportadas por el viento; presentan ripple marks. |
| | | | Depósitos Aluviales | Qr-a | Gravas redondeadas, englobadas en una matriz areno-limosa. |
| MESOZOICO | CRETACEO | INFERIOR | Formación Goyllarisquizga | Ki-g | Paquetes de areniscas y cuarcitas grises y blancas con intercalaciones de limolitas, lutitas gris, marrón y rosadas. |

Elaboración: Sowitac Group, 2015

4. Sismicidad

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la

por lo tanto las intensidades que pueden desarrollarse
(M.M.) (Gonzales et al 1981).

va y Jorge Meneses, 1984), la zona de estudio se halla ubicada en una zona

Peruana de Estructuras, ubicada en la Zona III, pues se vio afectada por su historia.

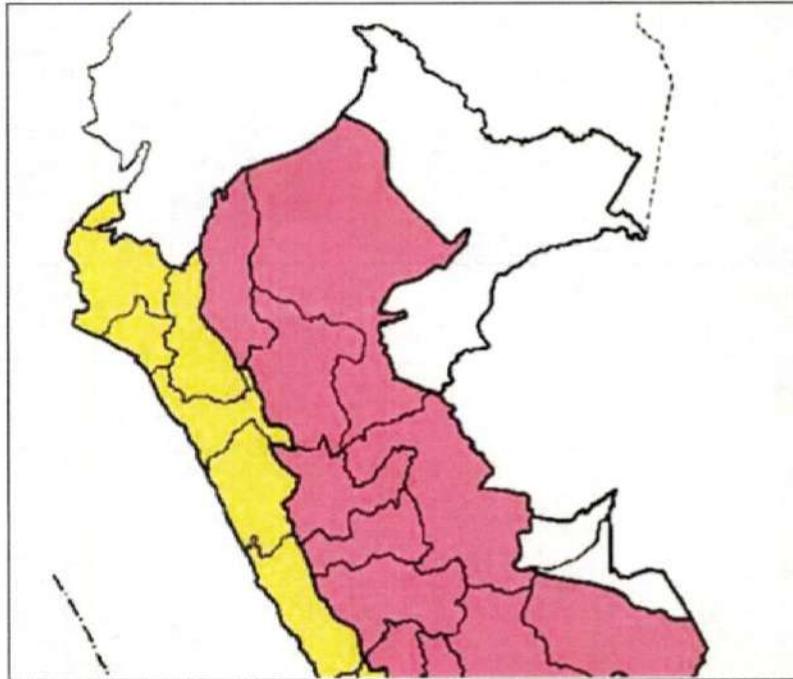


Imagen 4.1. Sismicidad de la zona

a para la zona III asignada es de 0.40g.

5. Riesgos geológicos Locales – Regionales.

Peligros Volcánicos.

En el territorio nacional la actividad volcánica se presenta en la región sur, donde la cadena volcánica tiene 50 km. de ancho, presentando paisajes de estrato volcanes, domos de lava, campos de lava, depósitos de piroclásticos e ignimbritas.

Existen siete volcanes denominados activos, que han tenido al menos una erupción en el pasado histórica. Estos volcanes son el Misti y Sabancaya (Arequipa), Ubinas, Huaynaputina y Ticsani (Moquegua) y Tutupaca y Yucamane (Tacna).

Asimismo, se tienen volcanes potencialmente activos emplazados durante el Plio-cuaternario, entre los que se distinguen el volcán Coropuna, Solimana, Casiri, Ampato, Purupuruni, Sara Sara y Chachani (De Silva & Francis, 1991, Simkim & Siebert, 1994).

Los principales peligros asociados a la actividad volcánica son las caídas de ceniza, pómez y escoria, flujos de lodo, flujos piroclásticos, avalanchas de escombros y flujos de lava, los cuales son ajenos a la zona de estudio.

Según el Instituto Geofísico del Perú, se han identificado 401 volcanes. En función a su dinámica magmática y al grado de peligrosidad, los volcanes se clasifican en: volcanes activos (01), fumarólicos (03), latentes (68), dormidos (17) e inactivos (312) existen zonas de mayor peligro potencial, tanto por el espesor de los depósitos como por ser la zona de máxima intensidad de caída de material grueso, avalancha de escombros, explosiones de flanco y flujos piroclásticos; son zonas de mayo potencial las siguientes localidades Tarata, Candarave, Omate, Ubinas, Huambo, Pausa, entre otros.

Zonas de intermedio peligro potencial son La ciudad de Arequipa y varios de sus distritos, Pausa, Cotahuasi, Cabanaconde, Madrigal, los centros mineros de Quellaveco, Cuacone, Toquepala, Cerro Verde, el proyecto de irrigación de Pasto Grande y los de la cuenca hidrográfica de Arequipa.

Y las zonas de menor peligro potencial, se encuentran las ciudades de Tacna, Moquegua, Torata, Vitor, Chuquibamba, Cora Cora, entre otros.

Cabe resaltar que la actividad volcánica en el sector norte del Perú se encuentra extinta, no pudiéndose valorar la problemática vulcanológica en este sector.

Análisis del Peligro Sísmico.

Se ha realizado el análisis del peligro sísmico tomando como base el catálogo de sismos de USGS, tomando en cuenta los sismos desde 1930 hasta 2015, dicho catálogo nos da información sobre la posición, fecha de ocurrencia, magnitud alcanzada, tipo de magnitud medida, profundidad, parámetros de aceleración y estación que la registra. (Ver catálogo USGS de sismos).

Se ha procedido a homogenizar las magnitudes (mb), dicha magnitud se puede recalcular a partir de los diferentes tipos de magnitudes (ml, ms, mw, etc.).

Ubicación de Zona de Estudio.

Esta zona de estudio, comprende la región cercana al departamento de Ica, para lo cual se delimitó el área de estudio desde -5.5° S hasta -9.0° S en el eje N-S, y desde -83.5° O hasta -77.5° O en el eje E-O (ver Plano de Ubicación ES-01). Esta zona viene a ser relativamente joven desde el punto de vista tectónico, y está sometido a una media actividad tectónica provocada por la subducción de las placas. La placa oceánica es la que está sufriendo un proceso de subducción bajo la placa Sudamericana, constituyendo esto un ejemplo típico sobre el límite de convergencia entre una placa oceánica y una placa continental. Esta interacción origina a lo largo del tiempo, rasgos estructurales particulares en porciones continentales y oceánicas, como la cordillera de los Andes que se extiende por más de 8000 km y la fosa Perú-Chile con aproximadamente 5000 km de extensión.

Interacción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana.

Desde el punto de vista tectónico, la región Andina es una de las regiones más activas de la Tierra, que está sujeta a frecuentes fenómenos catastróficos causados por ese tectonismo como terremotos y erupciones volcánicas. La margen occidental de América del Sur está localizada en una faja sísmica, que corresponde al límite de placas convergentes y forma parte del cinturón Circum-Pacífico.

La influencia del proceso de subducción se observa en la cordillera andina. Sigue la misma dirección y es paralela a la fosa Perú-Chile, mencionando la presencia de dorsales oceánicas como la dorsal de Nazca y la de Juan Fernández, que seccionan a la fosa y que provocan en la cordillera de los Andes, zonas con ausencia de actividad volcánica actual, intercaladas con zonas de vulcanismo activo. Los rasgos tectónicos superficiales en la región Andina parecen ser influenciados por el proceso de subducción. A partir de los 14° S, donde ocurre la intersección de la dorsal de Nazca con la zona de subducción, se observa en la parte norte, varios sistemas de fallas longitudinales, en la gran mayoría de empujones, con un nivel elevado de actividad sísmica en la corteza continental; en la parte sur de los 14° S, y sistemas de fallas que se encuentran en la región subandina, apartado del litoral, y el nivel de actividad sísmica en la corteza continental no es tan significativo. La ocurrencia de la actividad volcánica tiene una estrecha relación con el

proceso de subducción. Investigaciones realizadas por Suárez et al. (1983) demuestran que en el Perú la Cordillera Occidental está formada principalmente por rocas volcánicas y plutónicas de edades mesozoicas y cenozoicas. En la actualidad, la actividad volcánica actual en la frontera Perú-Chile, está presente entre 14° y 27°S. Barazangi y Isacks (1979) sugieren una relación entre la geometría horizontal de la placa de Nazca descendente, existente al norte y al sur de esa zona volcánica, y la ausencia de volcanismo en la placa Sudamericana. Por ello, se menciona que el contacto de la placa descendente horizontal con la placa Sudamericana, no permite el ascenso del material astenósferico; esto sugiere que el vulcanismo tipo arco necesita de la existencia de material astenósferico entre las placas superior y la descendente.

Distribución de la Sismicidad

Mediante los estudios de sismicidad se busca, de alguna manera, delinear el contacto de las placas en función de la profundidad de los focos de los sismos, la misma que parece ser diferente a las regiones Norte y Centro (Stauder, 1975; James, 1971; Barazangi y Isacks, 1979; Hasegawa y Isacks, 1981; Grange, 1984; Tavera y Buforn, 1998; Tavera, 1998). El cambio en la forma de esta geometría podría ser explicado con la posible existencia de una "zona de transición" situada entre 13° y 15°S (Deza, 1969). Podemos observar según la bibliografía y el registro de sismos del USGS, que al encontrarse más lejana la fosa a la línea de costa, los sismos se reducen en continente y en promedio varían en la zona del mar. Lo que afirma que el ángulo de subducción para la presente zona es de 10°. (Deza, 1990).

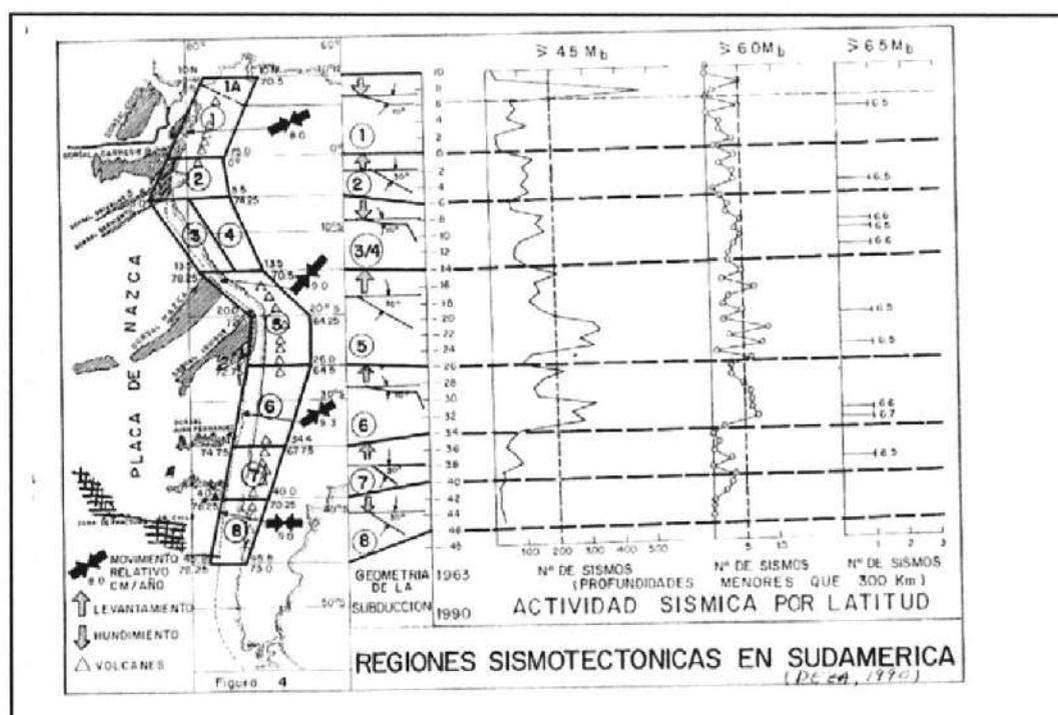


Imagen 5.1. Regiones Sismo tectónicas en Sudamérica. (Deza, 1990)

En este estudio se analiza las principales características de la sismicidad en la región de estudio, usando como fuente de información el catálogo en línea de la USGS, el cual incluye una base de datos, que comprende del año 1930 – 2015.

A.- Distribución espacial de la actividad sísmica

Para poder realizar un análisis detallado de la distribución espacial de los sismos del Perú, se procedió a clasificarlos en función de la profundidad de sus focos, para lo cual tenemos lo siguiente:

a.- Sismos con foco superficial ($h < 60$ km)

Estos sismos con foco superficial se distribuyen principalmente entre la fosa y la línea de costa, asociados probablemente al proceso de subducción a profundidades menores a 60 km. La sismicidad superficial se localiza en el interior del continente y ellos pueden ser relacionados con la deformación tectónica superficial (ver Plano ES - 01).

b.- Sismos con foco intermedio ($60 < h < 300$ km)

Estos sismos se distribuyen en la parte continental, de la siguiente manera: Se encuentran dispuestos en la parte continental y en la parte marina de la placa sudamericana, tal como se muestra la figura (Ver Plano ES - 01).

c.- Sismos con foco profundo ($h > 300$ km)

Para sismos con foco profundo, no se observa en el área de estudio. (Ver Plano ES-01).

B.- Perfiles de sismicidad

La distribución de los sismos en profundidad no es representativa de la zona debido a la pequeña cantidad de sismos que se han suscitado en el área de estudio.

Cabe resaltar que la mayoría de los sismos son poco profundos y se localizan en la parte marina de la placa sudamericana, con esto, concuerda la idea de Deza (1990), la placa oceánica en este sector subduce con un bajo ángulo por debajo de la placa sudamericana.

Análisis Estadístico de la Sismicidad

El factor sísmico en el sector de estudio no es importante, debido a la poca cantidad de eventos sísmicos suscitados en el área, lo que hace imposible tener una buena correlación, no existiendo una relación propiamente dicha entre la magnitud y la frecuencia de cada evento sísmico.

Cabe destacar que al tener sismos próximos a una magnitud mb de 7.1, es importante evaluar el potencial de licuación de los suelos, toda vez que los suelos en el proyecto se encuentran saturados y tienen el nivel freático bastante cercano a la superficie.

6. Trabajos realizados

La campaña geotécnica presupuestada, conforme al pliego de prescripciones técnicas aportado por el peticionario y modificado según necesidades en obra, ha consistido en la ejecución de tres (3) sondeos mecánicos con extracción de testigo continuo, tres (3) perfiles de sísmica MASW, doce (12) calicatas, estaciones geomecánicas, cartografía geológica-geotécnica detallada y ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas.

Los reconocimientos ejecutados se efectuaron en la zona objeto de estudio, tal y como muestra el plano de situación aportado en anexos. La ubicación en la distribución de los ensayos fue consensuada con el peticionario de los trabajos, aportando las coordenadas UTM de cada ensayo. El replanteo se realizó mediante GPS.

Tras analizar la información recabada en campo y laboratorio se ha confeccionado una cartografía de detalle en la zona. Dichos documentos pueden consultarse en el apartado anejo.

6.1. Trabajos de campo

Los diferentes reconocimientos de campo se ejecutaron sobre las coordenadas UTM en datum WGS 84, huso 18L, aportadas por el peticionario de los trabajos. Localizando los puntos de reconocimiento mediante estación GPS manual.

6.1.1. Sondeos mecánicos

Se realizó una campaña de sondeos mecánicos a rotación, con extracción de testigo continuo. En concreto se realizaron 3 sondeos:

| Sondeo | Aerogenerador | Coordenada X | Coordenada Y | Profundidad (m) |
|--------|---------------|--------------|--------------|-----------------|
| SM1 | AE04 | 602683 | 9263503 | 30.00 |
| SM2 | AE23 | 605558 | 9262017 | 30.00 |
| SM3 | AE13 | 604710 | 9264098 | 30.00 |

En los Anexos se pueden observar los cortes estratigráficos de los sondeos, testificados por personal especializado.

Los sondeos consisten en perforaciones en el terreno para reconocer la naturaleza de los niveles del subsuelo a diferente profundidad.

Se trata de introducir un tubo hueco simple o doble, en cuyo extremo inferior va enroscada una corona, que va efectuando la perforación mediante rotación.

El terreno perforado se aloja en este tubo hueco permitiendo así extraerlo y obtener un testigo continuo hasta la profundidad deseada, para su posterior análisis.

Los sondeos se han efectuado mediante una sonda marca BoartLongyear modelo DB-520, sobre orugas.

Las perforaciones se han realizado con batería simple (B) y doble (T), con diámetro de perforación 101mm en los primeros metros y de 86 mm hasta el final de la perforación. La batería se equipó con corona de widia de perfil aserrado o diamante de varios tipos (concreción e inserción).

Durante la ejecución de los sondeos se procedió a la extracción continua de testigo, la toma de muestras inalteradas y a la realización de ensayos de penetración estándar (SPT).

Los ensayos de penetración standard (S.P.T.) determinan la resistencia de los suelos a la penetración de un tomamuestras, permitiendo obtener muestras alteradas de suelo dentro de un sondeo para su identificación, y proporcionando a su vez información sobre la variabilidad y rigidez del suelo.

Este tipo de ensayos se hacen en el interior de sondeos, en los cuales es necesario limpiar previamente el fondo de la perforación, manteniendo la entubación por encima del nivel de comienzo del ensayo.

El equipo necesario para la realización de esta prueba consta de un tomamuestras bipartido de pared gruesa de 51 mm de sección acoplado a un varillaje rígido, en cuyo extremo se coloca la cabeza de golpe y contragolpe, sobre la que impacta una maza de 63.6 Kg en caída libre, desde una altura de 76.2 cm.

En el procedimiento de realización del ensayo se distinguen dos fases. Una primera o hinca de colocación de 15 cm, incluyendo la penetración inicial del tomamuestras bajo su propio peso, y la segunda fase o ensayo de hinca propiamente dicho, en la cual se anota el número de golpes necesarios para penetrar adicionalmente 30 cm. Este número obtenido se denomina resistencia a la penetración N (índice SPT).

Si los 30 cm de penetración no pueden lograrse con 100 golpes, el ensayo de hinca se dará por terminado, considerándose un valor de N = rechazo.

Con la técnica de extracción utilizada se obtuvo un testigo continuo con un porcentaje de recuperación medio-alto. El testigo obtenido en la perforación fue debidamente colocado en cajas con las profundidades

acotadas.

El corte gráfico de estos sondeos, los cuales figuran en los anexos de esta memoria se ha realizado con la descripción del testigo continuo efectuado por personal especializado.

En los anexos también se incluye un croquis con la situación de los sondeos y las fotografías a color de las cajas de testigo continuo.

6.1.2. Calicatas

Son excavaciones directas en el terreno a modo de pozos o zanjas, realizadas mediante medios mecánicos convencionales, que permiten la inspección visual y el acceso directo al terreno a cierta profundidad, así como la toma de muestras y la ejecución de ensayos in situ. Tienen la ventaja de permitir acceder directamente al terreno, pudiéndose observar las variaciones litológicas, de estructura, discontinuidades, etc.

Para la caracterización geotécnica de la zona de estudio, se ha procedido a la realización de doce (12) calicatas. La propuesta era de realizar 13 calicatas, pero por problemas de accesibilidad no se pudo ejecutar la calicata C7

La apertura en el terreno permitió la descripción litológica del conjunto, tomándose datos in situ de la naturaleza del terreno, espesores de estratos, condiciones de excavabilidad y estabilidad de las paredes, situación del nivel freático, etc.

Se han tomado muestras de los diferentes niveles geotécnicos detectados, empaquetándolas convenientemente para su transporte y posterior ensayo en laboratorio.

En el apartado anejo se detalla una ficha resumen de cada una de las calicatas efectuadas en el área de estudio, así como un plano donde se ubica cada una de ellas.

En el siguiente cuadro se apuntan las coordenadas de ubicación de las calicatas. Se ha seguido la siguiente nomenclatura, de acuerdo a las estructuras (C: calicata y N° de Torre) que se cimentarán en la posición.

| Calicatas | Aerogenerador | Este | Norte | Prof (m) |
|-----------|---------------|--------|---------|----------|
| C1 | AE16 | 603597 | 9261934 | 4.00 |
| C2 | AE18 | 604192 | 9261828 | 4.00 |
| C3 | AE21 | 605048 | 9261871 | 4.00 |
| C4 | AE26 | 606232 | 9262340 | 4.00 |
| C5 | Subestación | 606174 | 9263105 | 2.20 |
| C6 | NESubestación | 606269 | 9263253 | 2.20 |
| C8 | AE15 | 605204 | 9264062 | 4.00 |
| C9 | AE09 | 603732 | 9263926 | 3.80 |
| C10 | AE06 | 603102 | 9263743 | 3.40 |
| C11 | AE01 | 602084 | 9263032 | 3.20 |
| C12 | Aluviales | 602613 | 9262478 | 3.80 |
| C13 | Int C3 y SM2 | 605292 | 9261944 | 4.00 |

6.1.3. Campaña geofísica.

El objetivo del presente estudio permitirá obtener un modelo de velocidades (V_s y V_p) a manera de estratos y la potencia de los mismos; asimismo, la probable ubicación en profundidad del suelo compacto o roca. También, mediante cálculos numéricos, para cada perfil interpretado se obtendrá los parámetros dinámicos: Modulo de Volumen (K), Modulo de Young (E), Modulo de Cizalla (G) y Coeficiente de Poisson (ν).

El objetivo de un SEVs es la obtención de un modelo de variación de la resistividad aparente en función de la profundidad, a partir de mediciones realizadas en superficie.

- Distinguir las capas del subsuelo, según sus resistividades eléctricas, predominante en cada una de ellas e inferir en forma aproximada, su grado de permeabilidad.
- Determinar los espesores de las capas mencionadas.
- Estimar la profundidad del techo del basamento.

Para la zona de estudio se planteó ensayos de Masw, distribuidos en diferentes puntos de la zona, donde se visualiza la dirección y sus respectivas coordenadas.

| ENSAYOS DE MASW - MORROPE | | |
|---------------------------|---------|---------|
| | X_WGS84 | Y_WGS84 |
| SM-01 | 9263515 | 602675 |
| SM-02 | 9262015 | 605584 |
| SM-06 | 9264097 | 604702 |
| SEV-01 | 9263185 | 606234 |

Descripción del Método MASW 1D.

El ensayo MASW, o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal, se define según la dispersión o el cambio en velocidad de fase respecto a la frecuencia, la cual es la propiedad fundamental utilizada en métodos de onda de superficie. La velocidad de onda de corte puede ser derivada invirtiendo la velocidad de fase dispersiva de las ondas superficiales. La dispersión de ondas de superficie puede ser significativa en presencia de capas de velocidad, lo cual es común en ambientes cercanos a la superficie (superiores a 100 m). Existen otros tipos de ondas de superficie (ondas que se propagan a lo largo de la superficie de la tierra), pero para esta aplicación, se enfoca en las ondas Rayleigh, también conocidas como "ground roll". Por ello, el término onda superficial, cuando se usa en la SASW (Spectral Analysis of Surface Wave), MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) o MAM (Micro-Tremor Array Measurement) refiere básicamente a las ondas Rayleigh.

Existen dos maneras, en que las ondas superficiales son generadas: Fuentes activas, cuando la energía es ocasionada intencionalmente en una ubicación específica, registrando los datos en el momento en que se genera la energía. Asimismo, también existen las fuentes pasivas, o estudios de micro tremores donde el registro y el movimiento son continuos, la energía ambiental es generada por ruido cultural, tráfico, fábricas, viento, movimiento ondulatorio, entre otros; y es registrada.

La energía de las ondas de superficie decae exponencialmente con la profundidad. La energía, o también amplitud de una frecuencia en particular, es dependiente de la relación entre la profundidad y la longitud de onda. Entonces, para cada frecuencia, la amplitud decrece proporcional a la profundidad e inverso a la longitud de onda. Esto significa que para una longitud de onda más larga (periodo más largo y frecuencia más baja), las ondas superficiales viajan más profundo y de este modo contiene más información de una estructura de velocidad más profunda; sin embargo, para una longitud de ondas más corta (periodo corto y alta frecuencia) la onda de superficie viaja a poca profundidad y de este modo contiene más información de estructuras de velocidad más superficiales.

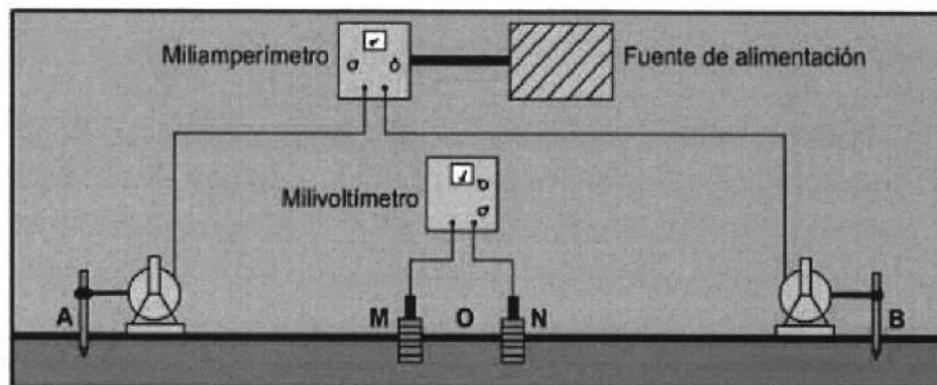
Sondaie Eléctrico Vertical - SEV

El SEV es un método eléctrico de corriente continua que se basa en la medida de la diferencia de potencial (ΔU) en un punto, a causa de la inducción de corriente en el medio a través de tomas de tierra (electrodos) conectados directamente al subsuelo, que emiten y registran el paso de la corriente eléctrica en el sustrato. Los métodos de corriente continua permiten determinar la resistividad eléctrica (ρ) de las rocas del subsuelo o su inversa, la conductividad eléctrica (σ).

Los SEV fueron ejecutados con el dispositivo tetraelectrónico simétrico de Schlumberger, y una longitud de línea de emisión de corriente ($AB/2$) entre 500 y 1500 m.

La configuración Schlumberger está definida por cuatro electrodos dispuestos, en la superficie del terreno, de forma colineal, con los dos electrodos de corriente (A, B) dispuestos en los extremos y los dos electrodos de potencial (M, N) ubicados entre los de corriente. En este dispositivo, los electrodos de potencial o de medida son fijos y están separados por una distancia r_{MN} . Por otro lado, los electrodos de corriente están separados r_{AB} y se alejan de manera progresiva y simétrica del punto de atribución (O) (Orellana, 1982). Al aumentar la distancia entre los electrodos de corriente y los de potencial, se alcanzan distintos niveles de profundidad, obteniendo su resistividad eléctrica aparente en el punto medio (punto de atribución) de cada conjunto de electrodos. La resistividad eléctrica aparente se determina a partir de la expresión (7) usando el coeficiente de distribución (K) del dispositivo Schlumberger:

$$K = \frac{\pi (r_{AB})^2 - (r_{MN})^2}{4 r_{MN}}$$



- A - B** electrodos de corriente
- M - N** electrodos de medida
- O** punto de atribución

Figura 6.1.3. Distribución en el campo del dispositivo Schlumberger.

MASW – SM-01

En los Anexos, se muestra el Perfil de Velocidad Final de la Onda de Corte para el (PVF-01), aprecia la diferenciación de capas y subcapas del perfil, de acuerdo al ensayo de MASW.

Velocidad obtenida por el MASW de la onda de Corte.

| Depth(m) | S-velocity(m/s) | |
|----------|-----------------|----------|
| | Aritmética | Armonica |
| 0.00 | 222.98 | 222.98 |
| 1.07 | 216.16 | 216.16 |
| 2.31 | 242.08 | 242.08 |
| 3.71 | 326.01 | 326.01 |
| 5.27 | 411.64 | 411.64 |
| 7.01 | 448.06 | 448.06 |
| 8.90 | 474.36 | 474.36 |
| 10.96 | 511.91 | 511.91 |
| 13.19 | 546.13 | 546.13 |
| 15.58 | 589.00 | 589.00 |
| 18.13 | 625.79 | 625.79 |
| 20.85 | 653.54 | 653.54 |
| 23.74 | 676.53 | 676.53 |
| 26.79 | 694.13 | 694.13 |
| 30.00 | 698.83 | 698.83 |
| Vs 30 | 489.14 | 462.59 |

Caracterización Sísmica de Suelos, Según NEHRP 1993.

| Tipo | Profundidad (m) | Vs_30 (m-s) | Descripción |
|------|-----------------|--|-------------------------------|
| F | < 2.31 | Suelos especiales (Licuables, colapsables, arcillas de muy alta plasticidad, suelos orgánicos de más de 3 metros de espesor. | |
| E | 2.31 - 3.71 | < 180 | Suelo Blando |
| D | 3.71 – 5.27 | 180 - 360 | Suelo Rígido |
| C | 5.27 - 30.0 | 360 - 760 | Suelo muy Denso y Roca Blanda |
| B | >30 | 760 - 1500 | Roca |
| A | - | > 1500 | Roca Dura |

Asimismo, de acuerdo a la clasificación de suelos en función a la velocidad Vs30 (Velocidad Promedio de la Onda de corte S en los 30 primeros metros de profundidad) dada por la National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) en 1993, que señala los intervalos de Vs30 referidos a un tipo de material dependiendo de su comportamiento ante un sismo; los resultados obtenidos en el presente estudio muestran un material analizado que está dentro de la clasificación C, Suelo rígido (compacidad media) en los

primeros 4 m de terreno y Suelo muy denso en el resto, ante la presencia de un Sismo.

MASW – SM-02

En los Anexos se muestra el Perfil de Velocidad Final de la Onda de Corte para el (PVF-02), en el que se aprecia la diferenciación de capas y subcapas del perfil, de acuerdo al ensayo de MASW.

Velocidad obtenida por el MASW de la onda de Corte.

| Depth(m) | S-velocity(m/s) | |
|----------|-----------------|----------|
| | Aritmética | Armonica |
| 0.00 | 288.19 | 288.19 |
| 1.07 | 281.05 | 281.05 |
| 2.31 | 265.40 | 265.40 |
| 3.71 | 317.44 | 317.44 |
| 5.27 | 430.14 | 430.14 |
| 7.01 | 553.24 | 553.24 |
| 8.90 | 645.36 | 645.36 |
| 10.96 | 701.28 | 701.28 |
| 13.19 | 739.20 | 739.20 |
| 15.58 | 746.51 | 746.51 |
| 18.13 | 753.82 | 753.82 |
| 20.85 | 764.68 | 764.68 |
| 23.74 | 777.38 | 777.38 |
| 26.79 | 790.39 | 790.39 |
| 30.00 | 796.19 | 796.19 |
| Vs 30 | 590.02 | 553.82 |

Asimismo, de acuerdo a la clasificación de suelos en función a la velocidad Vs30 (Velocidad Promedio de la Onda de corte S en los 30 primeros metros de profundidad) dada por la National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) en 1993, que señala los intervalos de Vs30 referidos a un tipo de material dependiendo de su comportamiento ante un sismo; los resultados obtenidos en el presente estudio muestran un material analizado que está dentro de la clasificación C, Suelo rígido (compacidad media) en los primeros 4 m de terreno y Suelo muy denso en el resto, ante la presencia de un Sismo.

MASW –SM-03

En los Anexos se muestra el Perfil de Velocidad Final de la Onda de Corte para el (PVF-06), en el que se aprecia la diferenciación de capas y subcapas del perfil, de acuerdo al ensayo de MASW.

Velocidad obtenida por el MASW de la onda de Corte.

| Depth(m) | S-velocity(m/s) | |
|----------|-----------------|----------|
| | Aritmética | Armonica |
| 0.00 | 323.65 | 323.65 |
| 1.07 | 321.87 | 321.87 |
| 2.31 | 318.98 | 318.98 |
| 3.71 | 339.25 | 339.25 |
| 5.27 | 393.38 | 393.38 |
| 7.01 | 461.95 | 461.95 |
| 8.90 | 550.69 | 550.69 |
| 10.96 | 614.44 | 614.44 |
| 13.19 | 683.04 | 683.04 |
| 15.58 | 735.30 | 735.30 |
| 18.13 | 756.59 | 756.59 |
| 20.85 | 774.92 | 774.92 |
| 23.74 | 793.57 | 793.57 |
| 26.79 | 813.37 | 813.37 |
| 30.00 | 828.25 | 828.25 |
| Vs 30 | 580.62 | 554.42 |

Asimismo, de acuerdo a la clasificación de suelos en función a la velocidad Vs30 (Velocidad Promedio de la Onda de corte S en los 30 primeros metros de profundidad) dada por la National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP) en 1993, que señala los intervalos de Vs30 referidos a un tipo de material dependiendo de su comportamiento ante un sismo; los resultados obtenidos en el presente estudio muestran un material analizado que está dentro de la clasificación C, Suelo rígido (compacidad media) en los primeros 6 m de terreno y Suelo muy denso en el resto, ante la presencia de un Sismo.

SECCION GEOELECTRICA. SEV - 01

| Capa | Potencia (m) | Resistividad (Ω m) | Descripción |
|------|--------------|----------------------------|---|
| 1 | 0.53 | 4.70 | Capa compuesto de arena limosa o costras de arena con caliche cubiertos con arena eólica. |
| 2 | 1.60 | 1.90 | |
| 3 | 2.70 | 0.37 | Capa compuesto de arena limosa con intercalaciones de arcilla algo arenoso, en algunos tramos cementados y plásticas húmedas. |
| 4 | 2.40 | 0.61 | |
| 5 | 21.00 | 0.87 | |
| 6 | 9.70 | 0.30 | |
| 6 | >50 | 1.60 | Capa compuesto de arena limosa con intercalaciones de arcilla algo arenoso, en algunos tramos cementados. |

De los resultados de resistividad obtenida en campo se puede indicar que el medio donde se realizó el ensayo es de baja resistividad, asociado a los depósitos cuaternarios existentes en la zona y compuestos de arenas en matriz limo-arcilloso, con presencia de sales en un medio húmedo, cubiertos por arena eólica; no se detectó substrato rocoso.

6.1.4. Cartografía Geológico-Geotécnica.

Durante varios días, personal cualificado de SIGA INGENIEROS DE PERU, S.A. ha realizado una cartografía geotécnica detallada de la zona de estudio. En dicho trabajo se recogen todas las formaciones geológicas aflorantes, dibujando los contactos entre ellas, así como todos los accidentes tectónicos existentes (fallas, cabalgamientos, etc.).

En los Anexos se puede observar la cartografía geológico/geotécnica diseñada.

6.2. Trabajos de Laboratorio

Al objeto de efectuar los ensayos de laboratorio sobre las muestras alteradas obtenidas en las calicatas, se trasladaron las muestras a Laboratorio en Lima.

Los ensayos de laboratorio realizados se han efectuado de cara a la identificación del material, a la determinación de la resistencia y deformabilidad de los mismos, y al potencial agresivo del material. La solicitud de ensayos fue aprobada por SOWITEC.

A continuación se enumeran los ensayos efectuados:

Ensayos de identificación

- Preparación de muestras para ensayos
- Granulometría por tamizado
- Límites de Atterberg
- Densidad SECA
- Humedad natural

Ensayos de resistencia y deformabilidad

- Resistencia a compresión simple en suelos
- Proctor Modificado
- CBR
- Corte Directo

Ensayos químicos

- Contenido en sulfatos solubles en suelos
- Agresividad del suelo
- Agresividad del agua freática

7. Comentarios Geotécnicos

En este apartado se describen las características y condiciones geotécnicas de los materiales existentes en el subsuelo bajo el que se apoyarán las estructuras proyectadas, indicando los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a partir de las muestras tomadas durante la ejecución de los sondeos, así como la interpretación de la campaña geofísica.

La información extraída de los ensayos de laboratorio y campo, unida a la consulta de bibliografía técnica de referencia (Geotecnia y Cimientos, Jiménez Salas; Ingeniería Geológica, González Vallejo; etc.) y a la experiencia adquirida por SIGA INGENIERIA PERU, S.A. en estos materiales; permiten definir los parámetros geotécnicos característicos para cada una de las unidades geotécnicas diferenciadas.

7.1. Niveles geotécnicos

Tras el análisis de los resultados de los sondeos, los perfiles de sísmica MASW, las calicatas, los ensayos de laboratorio, y teniendo en cuenta la geología de la zona, podemos diferenciar dos niveles u horizontes geotécnicos principales a lo largo de la profundidad investigada, los cuales se subdividen en otros subniveles. A continuación se enumeran:

UNIDAD I. RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL EÓLICO.

UNIDAD II. DEPÓSITOS CUATERNARIOS.

Unidad I. Recubrimiento eólico.

Esta capa aflora en la mayor parte de la superficie de la zona de estudio. Se trata de un tramo superficial descrito en casi todos los reconocimientos realizados desde la superficie hasta alcanzar una profundidad variable entre 0.10 y 1.10 m.

Se trata de una formación reciente de génesis eólica, constituida por arena de tamaño fino y media de tono gris ceniza, marrón y beige que acumula los mayores espesores en los relieves algo deprimidos.

Se caracteriza por su escasa compacidad y su carácter errático en distribución.

Es importante tener en cuenta que debido al carácter puntual de los ensayos y el patrón errático de distribución de estas coberteras superficiales, no se descartan espesores mayores, pudiendo existir zonas donde este nivel alcance mayores potencias.

Cabe resaltar que se puede dividir la zona de estudio en 2 zonas claramente delimitadas morfológicamente, la primera zona en el sector Este y central de la zona de estudio, que abarca la mayor parte de los emplazamientos : AE7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29. Se trata de un depósito eólico puro. En la zona Norte se pueden observar dunas de tipo Barjan, de poca entidad, no mayor a 2 m de altura. En la zona Sur las dunas poseen una altura mucho mayor y gran extensión.

En el resto de la zona de estudio, denominada como Zona Mixta, ocupando la zona Oeste y Suroeste, las arenas eólicas se mezclan con depósitos marinos y limos arenosos subyacentes. Las posiciones encuadradas en esta área Mixta son: AE 1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17 y 18.

Unidad II. Depósitos cuaternarios.

Subyacente a los depósitos eólicos se detectan una serie de facies cuaternarias recientes, constituidos por estratos de arenas, arenas arcillosas y limos, con mayor o menor proporción de grava y gravilla. Se trata de una secuencia de estratos eminentemente granulares, con finos plásticos en algunas capas.

No se ha detectado el muro de esta formación cuaternaria en la profundidad investigada (30 m).

Es de destacar la elevada heterogeneidad existente. Se trata de estratos de mayor o menor potencia, de rápidos acuñamientos laterales en muchos casos. Dados los pocos reconocimientos efectuados (tan sólo tres sondeos mecánicos) es imposible establecer perfiles geológicos.

En el sondeo SM2, ubicado en el aerogenerador AE23, se ha detectado una capa de arenisca alterada, más bien una arena limosa muy cementada, a profundidades de 6.00-9.00 m y 17.15-19.50 m.

Los cortes estratigráficos de las calicatas confirman la existencia de estos suelos arenosos en toda el área de estudio. Es importante destacar que en la zona Oeste se detectan en algunas calicatas (C1, C2, C- y C11) una serie de lentes cohesivas, formadas por arcillas no detectadas en los cortes de los sondeos ejecutados. Estas capas presentan una alta deformabilidad y son poco fiables para emplearlas como nivel de apoyo de la cimentación.

Los ensayos de laboratorio realizados en los sondeos, destinados a clasificar e identificar los suelos, arrojan los siguientes resultados.

| SONDEO | PROF (m) | DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA | CLASIF USCS | GRANULOMETRIA | | | LIMITES DE ATTERBERG | | |
|--------|----------|--------------------------|-------------|----------------|----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------------|
| | | | | TAMI Z 10 ASTM | TAMI Z 40 ASTM | TAMI Z 200 ASTM | LIMITE LÍQUIDO | LIMITE PLÁSTICO | INDICE DE PLASTICIDAD |
| SM1 | 1.50 | Arena limosa gris | SM | 100 | 86 | 46.8 | NP | NP | NP |
| SM1 | 2.50 | Arena gris oscura | SM | 94 | 76 | 18.8 | NP | NP | NP |
| SM1 | 9.50 | Arena arcillosa beige | SC | 100 | 97 | 49.9 | 31.2 | 18.5 | 12.7 |
| SM2 | 3.00 | Arena arcillosa amarilla | SC | 99 | 85 | 44.7 | 21.4 | 12.3 | 9.1 |
| SM2 | 6.00 | Arena muy cementada | SM | 97 | 90 | 25.9 | NP | NP | NP |
| SM2 | 15.80 | Arcilla limosa beige | CL | 100 | 95 | 63.4 | 28.4 | 19.5 | 8.9 |
| SM3 | 6.00 | Arena arcillosa parda | SC | 100 | 92 | 32.7 | 27.4 | 18.5 | 8.9 |
| SM3 | 8.30 | Arena arcillosa marrón | SC | 100 | 94 | 48.8 | 42.9 | 16.7 | 26.2 |

De igual manera, en las muestras tomadas en catas, se obtuvieron los siguientes valores.

| Cata | n° Muestra | %Humedad | Granulometría y Lim Atterberg | | | | | | Clasificación de Suelos |
|------|------------|----------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--|
| | | | N°10 | N°40 | N°200 | LL | LP | IP | SUCS |
| C1 | M2 | 4,94 | 99 | 96 | 43,9 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa |
| C2 | M4 | 5,47 | 99 | 90 | 6,7 | NP | NP | NP | SP-SM. Arena pobremente gradada con limo |
| C4 | M3 | 13,58 | 99 | 61 | 25,2 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa |
| C5 | M3 | 12,03 | 100 | 96 | 68,1 | 26,77 | 19,41 | 7,36 | CL. Arcilla magra arenosa |
| C6 | M1 | 6,62 | 100 | 94 | 29,7 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa |
| C8 | M3 | 13,49 | 99 | 95 | 74,2 | 23,57 | 20 | 3,57 | ML. Limo con arena |
| C10 | M2 | 5,85 | 100 | 95 | 31 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa |
| C11 | M4 | 36,32 | 100 | 100 | 93,4 | 50,06 | 22,5 | 27,56 | OH. Arcilla Orgánica |
| C12 | M1 | 7,07 | 100 | 96 | 40,2 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa |
| C13 | M1 | 8,05 | 98 | 89 | 35,4 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa |

Como se puede comprobar, existe una alta heterogeneidad, dada por la existencia de estratos cohesivos y de transición, intercalados entre suelos granulares.

Así, el 50% de las muestras ensayadas se han clasificado como arenas limosas (SM) y el 22% como arenas arcillosas (SC). El resto son muestras puntuales catalogadas como arena pobremente gradada con limo (SP-SM), arcillas de plasticidad baja (CL), limos arenosos (ML) y en una muestra tomada en un nivel fangoso orgánico de la calicata C11, como arcilla orgánica plástica (OH).

El porcentaje de finos que pasa por el tamiz n°200 ASTM oscila entre 18.8 y 46.8 % en las muestras areno-limosas (SM), siendo los finos no plásticos.

En los suelos areno arcillosas (SC) el pase por el tamiz n°200 ASTM es de 32.7-49.9 %, límite líquido de 21.4-42.9, plástico de 12.3-18.5 e índice de plasticidad de 8.9-26.2.

Las muestras arcillosas (CL) son de baja plasticidad, caracterizadas por obtenerse un índice de plasticidad de 7.4-8.9 y un pase por el tamiz n°200 ASTM de 63.4-68.1 %.

Destacar por el contrario la elevada plasticidad del nivel fangoso detectado en la calicata C11 y clasificada como arcilla orgánica (OH), con un límite líquido de 50.06, plástico de 22.5 y un índice de plasticidad de 27.56, siendo el pase del tamiz n°200 ASTM de 93.4 %.

Se han realizado varios ensayos en testigos parafinados para tal fin. En algunos casos el marcado carácter arenoso de la muestra ha impedido la realización del ensayo.

| SONDEO | MUESTRA (m) | RESISTENCIA Kg/cm ² |
|--------|-------------|-----------------------------------|
| SM1 | 17.80 | 1.6 |
| SM2 | 6.00 | 1.5 |
| SM2 | 15.80 | 1.1 |
| SM3 | 8.30 | 0.2 |
| SM3 | 19.00 | 2.5 |

Estos resultados atribuyen resistencias de tipo media para las muestras ensayadas, en su mayoría arcillas de baja plasticidad y limos arcillosos, con valores en torno a 1.0-1.5 Kg/cm², excepto a la muestra arcillosa ubicada en SM3 a 19.00 m de consistencia dura (2.5 Kg/cm²). El caso del ensayo realizado en el mismo sondeo a profundidad 8.30 m con una resistencia a compresión simple de tan sólo 0.2 Kg/cm² ha de ser descartado, ya que el desmoronamiento del testigo tallado dada su poca cohesión generó esta baja resistencia.

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos SPT y toma de muestras inalteradas, se puede confirmar que la compacidad de estas arenas es media en la zona de techo (primeros 4-5 m de terreno), con valores de $N_{SPT}=18$. Se ha obtenido algún valor mayor en esta franja de terreno, asociándose a zonas ligeramente cementadas o ricas en gravas. A partir de dicha profundidad los valores de N son superiores, atribuyéndose una compacidad densa a muy densa hasta la profundidad final investigada mediante los sondeos (30 m).

Los resultados obtenidos en los perfiles MASW corroboran dichos datos acerca de la compacidad de las arenas, con valores de Vs menores de 360 m/s en los primeros 4-6 m de terreno, aumentando hacia muro, de forma que el resto del perfil se asocia a arenas densas.

No se han efectuado ensayos de carga con placa, por lo que los valores del módulo de deformación (E) de este nivel se estiman en base a correlaciones empíricas (D'Appolonia, Weeb, Begerman, etc.) y bibliografía técnica de referencia. Para un material granular con finos de compacidad densa a muy densa se estima un módulo de deformación en torno a 200-400 Kg/cm². Para la zona más somera, primeros 4-5 m de terreno, se aplicaría un valor de 125-175 Kg/cm².

Se estima un módulo de balasto K_{30} , en función de los parámetros aportados por Terzaghi, (1955), de 9.60-32.0 Kp/cm², tomando un valor medio de 16 Kp/cm² y en la zona superior de 1.60-5.00 Kp/cm².

En base a los diversos reconocimientos efectuados, la experiencia adquirida en este tipo de formaciones y la

bibliografía técnica de referencia; estimamos para el nivel II los siguientes parámetros geotécnicos para la zona más floja, primeros 4-5 m de terreno.

| UNIDAD II. ZONA SUPERIOR GRANULAR | |
|--|----------------------|
| Índice N SPT | 18-20 |
| Clasificación USCS | SM – SC |
| Densidad aparente (t/m^3) | 1.80-1.90 t/m^3 |
| Humedad natural (%) | 4 - 10% |
| Angulo de rozamiento ($^{\circ}$) | 25-30 $^{\circ}$ |
| Cohesión (t/m^2) | 0.00 t/m^2 |
| Módulo de deformación (kg/cm^2) | 125-175 kg/cm^2 |
| Módulo de balasto K_{30} (kp/cm^2) | 1.6-5.0 Kp/cm^2 |
| Coefficiente de Poisson (ν) | 0.30 |
| Coefficiente de permeabilidad K (cm/s) | 1 a 10^{-3} cm/s |

Para el resto del nivel, de mayor compactación, se recomienda adoptar los siguientes parámetros.

| UNIDAD II. RESTO DE NIVEL. GRANULAR | |
|---|-----------------------------|
| Índice N SPT | 40-R |
| Clasificación USCS | SM – SC |
| Densidad aparente (t/m ³) | 2.00-2.10 t/m ³ |
| Humedad natural (%) | 4 - 10% |
| Angulo de rozamiento (°) | 30-40° |
| Cohesión (t/m ²) | 0.00-1.50 t/m ² |
| Módulo de deformación (kg/cm ²) | 200-400 kg/cm ² |
| Módulo de balasto K ₃₀ (kp/cm ²) | 9.6-32.0 Kp/cm ² |
| Coefficiente de Poisson (ν) | 0.30 |
| Coefficiente de permeabilidad K (cm/s) | 1 a 10 ⁻³ cm/s |

Es importante comentar que se ha tenido en cuenta que la mayoría de muestras son granulares (tipo SM y SC), y así se ha caracterizado este nivel de forma general. Pero existen estratos arcillosos, tal y como queda demostrado en algunos ensayos y testificación de sondeos y calicatas, los cuales muestran suelos arcillosos y limo arcillosos, e incluso arcillas fangosas orgánicas, cuyos parámetros geotécnicos son muy distintos a los aportados en los cuadros anteriores. Al tratarse de un Estudio de Factibilidad, se han realizado pocos sondeos y catas y por ende la representatividad de las muestras en toda la zona de estudio no es la deseada para zonificar y realizar un análisis estadístico de las características geotécnicas de los suelos al completo.

7.2. Nivel freático.

El nivel freático se ha detectado a una profundidad variable entre 0.80 y 1.50 m en los sondeos mecánicos. En las calicatas, al tener que cerrar las calicatas una vez testificadas y tomadas las muestras, es posible que no se terminase de recuperar la posición real del nivel freático. Por ello, hay que tomar con ciertas reservas las mediciones expuestas en cada corte estratigráfico de calicata. De todas formas se constata la poca profundidad a la cual se ubica la napa freática en la zona de estudio.

| Sondeo/Cata | Profundidad (m) |
|-------------|-----------------|
| SM1 | 0.80 |
| SM2 | 1.50 |
| SM3 | 0.80 |
| C1 | 2.10 |
| C2 | 1.80 |
| C3 | 1.30 |
| C4 | 1.30 |
| C5 | 1.80 |
| C6 | 1.70 |
| C8 | - |
| C9 | 1.40 |
| C10 | 1.30 |
| C11 | 0.80 |
| C12 | 3.00 |
| C13 | 1.30 |

7.3. Agresividad.

Atendiendo a la normativa peruana actual E.060: Concreto Armado, 2009 (SENCICO) y en función de la tabla 4.4. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos, los porcentajes de sulfatos solubles presentes en el suelo se encuentran en torno 0.04-0.37%.

| Sondeo/Cata | Prof. (m) | Sulfatos (mg/Kg) | Exposición a Sulfatos |
|-------------|-----------|------------------|-----------------------|
| SM1 | 1.50 | 3928 | Severa |
| SM2 | 3.00 | 6667 | Severa |
| SM3 | 6.00 | 4748 | Severa |
| C1 | <4.00 | 1808 | Severa |
| C2 | <4.00 | 2106 | Severa |
| C4 | <4.00 | 231 | Moderada |
| C5 | <4.00 | 3142 | Severa |
| C6 | <4.00 | 4114 | Severa |
| C8 | <4.00 | 2201 | Severa |
| C10 | <4.00 | 1234 | Moderada |
| C11 | <4.00 | 0.00 | Nula |
| C12 | <4.00 | 507 | Moderada |
| C13 | <4.00 | 894 | Moderada |

REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS

| Exposición a sulfatos | Sulfato soluble en agua (SO_4) presente en el suelo, porcentaje en peso | Sulfato (SO_4) en el agua, ppm | Tipo de Cemento | Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal* | f_c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero* |
|-----------------------|---|------------------------------------|---|---|--|
| Insignificante | $0,0 \leq SO_4 < 0,1$ | $0 \leq SO_4 < 150$ | — | — | — |
| Moderada** | $0,1 \leq SO_4 < 0,2$ | $150 \leq SO_4 < 1500$ | II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS) | 0,50 | 28 |
| Severa | $0,2 \leq SO_4 < 2,0$ | $1500 \leq SO_4 < 10000$ | V | 0,45 | 31 |
| Muy severa | $2,0 < SO_4$ | $10000 < SO_4$ | Tipo V más puzolana*** | 0,45 | 31 |

* Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f_c mínimo.

** Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

*** Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.

Así, atendiendo a la citada Norma E.060:

Según los ensayos realizados, de forma general existe una gran proporción en las cuales los suelos se asocian con una agresividad severa, concretamente un 61% de las muestras ensayadas.

El contenido en sulfatos se va a asociar en gran parte a la existencia de mineralizaciones yesíferas presentes en forma de pátinas pulverulentas. Es posible que muestras que han arrojado valores bajos en sulfatos se relacionen con tramos con menor concentración de yesos. En una muestra cercana podría darse el caso en el que aumente este valor.

También se han ensayado las muestras para determinar el contenido en sales solubles, aportando datos de más de 1% en peso.

Así, manteniéndonos en el lado de la seguridad, se aconseja adoptar una agresividad severa, debiendo emplearse cemento tipo V, la relación agua-cemento deberá ser 0.45 y la resistencia del concreto mínimo 31 MPa.

8. Recomendaciones acerca de la cimentación

La información geotécnica obtenida sobre la zona de estudio, ha permitido definir unos condicionantes geotécnicos particulares. Se trata de un Estudio de Factibilidad, en el cual se han desarrollado una serie de trabajos campo cuya finalidad es ofrecer información geotécnica de cara a valorar la justificación de la ejecución de proyecto del Parque Eólico. En ningún caso esta información puede ser empleada de forma definitiva para definir la cimentación de cada aerogenerador en particular, más si cabe, tras acusar una muy alta heterogeneidad los distintos perfiles obtenidos.

En este apartado se describen las características y condiciones geotécnicas de manera general, de los materiales existentes en el subsuelo bajo el que se apoyarán las estructuras proyectadas, indicando los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a partir de las muestras tomadas durante la ejecución de los sondeos y calicatas, así como la interpretación de la campaña geofísica.

El estudio de estos condicionantes del subsuelo, en contraste con la tipología de construcción proyectada, permite definir las opciones de cimentación que aporten mayores garantías de éxito desde el punto de vista del técnico redactor del presente documento.

Los dos condicionantes fundamentales a la hora de definir la cimentación a utilizar son, por un lado el terreno existente y en segundo término el tipo de estructura a construir.

8.1. Características del terreno.

En cuanto al subsuelo existente en el solar, tal y como hemos visto en el apartado 7.1, correspondiente a Niveles Geotécnicos, está formado en líneas generales por dos niveles.

Un suelo eólico de pésimas características geotécnicas, muy flojo, de potencia variable entre 0.10 y 1.10 m.

Un segundo nivel asociado a suelos cuaternariosrecientes, constituidos por estratos de arenas, arenas arcillosas y limos, con mayor o menor proporción de grava y gravilla. Se trata de una secuencia de estratos eminentemente granulares, con finos plásticos en algunas capas. No se ha detectado el muro de esta formación cuaternaria en la profundidad investigada (30 m).

Es de destacar la elevada heterogeneidad existente. Se trata de estratos de mayor o menor potencia, de rápidos acuñamientos laterales en muchos casos. Dados los pocos reconocimientos efectuados (tan sólo tres sondeos mecánicos) es imposible establecer perfiles geológicos

Posee una compacidad media en la zona superior, primeros 4-5 m de terreno y densa a muy densa en el resto. Si bien, en algunos cortes de calicatas de la zona Oeste se constata la presencia de suelos fangosos de elevada compresibilidad.

El nivel freático es somero, detectado a 0.8-1.5 m de profundidad, atribuido a un acuífero libre. Con elevada permeabilidad y transmisividad.

Según los ensayos realizados, de forma general existe una gran proporción en las cuales los suelos se asocian con una agresividad severa, concretamente un 61% de las muestras ensayadas.

8.2. Tipo de construcción.

Se pretende construir un Parque Eólico con 29 aerogeneradores, además de viales de servicios, etc.

Se prevé que los aerogeneradores tengan una altura en torno a 91.5-141.5 m y se cimenten mediante zapata circular de canto superior a 2.00 m y diámetro 20 m.

A continuación se expone la metodología de cálculo para tensiones admisibles a emplear según el tipo de material de apoyo de la cimentación

8.3. Metodología de análisis geotécnico.

Como se ha comentado en repetidas ocasiones, el subsuelo de la zona de estudio está formado por suelos granulares de compacidad media a techo (primeros 4-5 m) y densa a muy densa en el resto.

Para el análisis geotécnico de presión de hundimiento se van a emplear metodología específica para suelos granulares.

En la práctica, en suelos granulares, la presión vertical admisible de servicio se encuentra limitada por los asientos, más que por hundimiento.

Dada la dificultad de tomar muestras inalteradas y realizar ensayos de laboratorio que permitan determinar con precisión los parámetros deformacionales del material, se hace uso de expresiones alternativas basadas en métodos directos, tales como el ensayo SPT.

Cuando la superficie del terreno sea marcadamente horizontal (menos del 10% de pendiente), la inclinación con la vertical de la resultante de las acciones sea inferior del 10% y se admitan la producción de asientos de hasta 25 mm, se pueden emplear las siguientes expresiones.

Para $B < 1.20$ m.

$$q_{adm} = 12 N_{spt} \left(1 + \frac{D}{3B}\right) \left(\frac{S}{25}\right) \rightarrow Kn/m^2$$

Para $B > 1.20$ m.

$$q_{adm} = 8 N_{spt} \left(1 + \frac{D}{3B}\right) \left(\frac{S}{25}\right) \left(\frac{B + 0.3}{B}\right)^2 \rightarrow Kn/m^2$$

S= asiento admisible en mm

N_{spt} = valor medio de los resultados, obtenido en la zona de influencia de la cimentación comprendida entre un plano situado a una distancia de $0.5B$ por encima de su base y otro situado a una distancia mínima $2B$ por debajo de la misma.

D= profundidad del plano de cimentación, no debiendo ser mayor nunca que el doble del ancho equivalente de la cimentación. El valor a introducir en $(1+D/3B)$ ha de ser igual o menor a 1.3.

Esta formulación es aplicable para casos con anchos de cimentación menor a 5 m. para anchuras superiores se deberá comprobar los asientos por otro lado.

Para suelos granulares con una proporción en peso de partículas de más de 20 mm inferior al 30%, se hará uso de la expresión de Burland y Burbidge, basada directamente en los resultados obtenidos en los ensayos SPT.

$$S_i = f_i f_s q'_b B^{0.7} I_c$$

Siendo

S_i = asiento medio al final de la construcción, en mm

q'_b = presión efectiva bruta aplicada a la base de la cimentación (kN/m²)

B: ancho de la zapata o losa

I_c = índice de compresibilidad, que será $1.71/N^{1.4}$ med, siendo $N^{1.4}$ med la media aritmética de los golpes N_{SPT} a lo largo de la zona de influencia ZI, la cual se determina a partir de la siguiente gráfica.

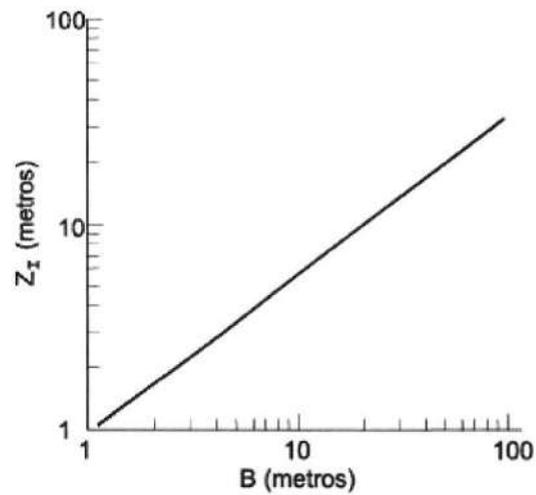


Fig 8.3. Gráfica Prof infl / Ancho cimentación

f_s = coeficiente dependiente de las dimensiones de la cimentación directa, supuesta ésta rectangular. Su valor viene dado por:

$$f_s = \left(\frac{1.25 \frac{L}{B}}{\frac{L}{B} + 0.25} \right)^2$$

Donde L es el largo de la zapata o losa (m)

f_i = factor de corrección que permite considerar la existencia de una capa rígida por debajo de la zapata a una profundidad H_s , ($H_s < Z_1$), donde Z_1 es la profundidad de influencia bajo la zapata, dentro de la cual se produce el 75% del asiento, definida en la figura anterior.

$$f_i = \frac{H_s}{Z_1} \left[2 - \frac{H_s}{Z_1} \right]$$

Cuando el terreno se encuentre sobreconsolidado o cuando la cimentación se sitúe en el fondo de una excavación cuya máxima presión efectiva vertical en el fondo haya sido (σ'_{vo}), el valor de (q'_b) a introducir en la ecuación del asiento será:

$$q'_b - \frac{2}{3} \sigma'_{vo}, \text{ cuando } \sigma'_{vo} < q'_b$$

$$\frac{q'_b}{3}, \text{ cuando } \sigma'_{vo} > q'_b$$

8.4. Análisis geotécnico.

Así, aplicando dicha formulación, para una zapata circular circunscrita en un rectángulo de 20 x 20 m, con un valor de $N_{SPT}=18$ y canto 2.00 m, se obtiene un valor de carga de hundimiento de 153.24 KN/m².

Una vez analizados los asientos generados, manteniéndonos por el lado de la seguridad y adoptando un valor de $N=20$ en la zona de influencia de la zapata, con la presión efectiva obtenida por hundimiento (150 KN/m²), se calcula un asiento de 85 mm (8.5 cm), valor inadmisibles para esta estructura.

Iterando con otros valores de presión de hundimiento menores para conseguir alcanzar el umbral de 25 mm de asiento, la carga admisible debería ser menor a 1.00 Kg/cm², valor muy por debajo de lo requerido por el fabricante del aerogenerador.

Además hay que tener en cuenta la elevada heterogeneidad presente en el subsuelo, como así lo constata la existencia de lentejones arcillosos blando en la zona Oeste de la zona de estudio.

Por otro lado, la presencia del nivel freático a cotas muy someras (en torno al metro de profundidad), asociado a la existencia de un acuífero libre, con flujos importantes, sin encontrar un sustrato impermeable a muro, dificulta en gran medida la ejecución de una cimentación convencional mediante zapatas.

A raíz de todos estos datos, parece lógico descartar una cimentación de tipo superficial mediante zapata circular convencional, dada la poca capacidad portante de las arenas a dicha cota, los asientos analizados inadmisibles, la heterogeneidad en planta que pueda existir en un mismo emplazamiento (con aparición de lentes arcillosas compresibles) y la ubicación somera de la napa freática.

Se pueden plantear varias opciones para cimentar estos aerogeneradores.

Las opciones basadas en la mejora de terreno pueden dividirse en tres tipos:

- Mejora mediante sustitución de terreno.
- Mejora mediante compactación dinámica.
- Mejora mediante columnas de módulo controlado.

La sustitución de terreno implica la eliminación de al menos 4-5 m de terreno y sustitución por un material granular de mejores parámetros geotécnicos, compactado en tongadas de no más de 25 cm. La existencia de agua a escasa profundidad hace inviable esta opción.

Se puede plantear una mejora mediante vibrocompactación dinámica, de forma que se aumente la capacidad portante del terreno por densificación del suelo. Esta opción puede ser válida pero el coste económico puede ser excesivo, siendo normalmente aplicable en zonas de trabajo muy amplias y no tan concretas como la superficie de actuación de un aerogenerador.

Mejora mediante columnas de módulo controlado.

Es posible optar por la ejecución de una cimentación directa mediante zapata, previa ejecución de una mejora in situ del suelo mediante la creación de columnas de suelo cemento a modo de cuadrícula.

Estas columnas de material mejorado se obtienen mediante el mezclado del propio material aflorante con una lechada de cemento en proporciones adecuadas, en condiciones normales 0.60 relación agua/cemento y 70 kg de cemento por metro lineal de columna. De todas formas la fórmula final de trabajo en cada caso, la aportará la empresa ejecutora de la mejora, teniendo en cuenta todos los condicionantes existentes (nivel freático, granulometría del material a mejorar, plasticidad del mismo, etc.).

El sistema de ejecución de estas columnas consiste en la introducción repetida de un tubo hueco en el interior del terreno equipado con unas palas en su cabeza. Dichos elementos mezclan el suelo con la lechada de cemento preparada a priori, homogeneizando con varias pasadas la mezcla. De esta forma no se extrae material alguno, sino que al suelo origen se le aporta un cemento inyectado. Normalmente en la lechada de cemento se incorpora un elemento químico con funciones estabilizadoras de la mezcla.

El resultado obtenido es una malla de columnas de suelo/cemento (también denominadas pilotes suelo/cemento) de diámetros comerciales variables entre 40-80 cm y ejecutadas hasta profundidades donde el material presenta una consistencia adecuada.

Mediante el adecuado empleo de esta técnica se produce una densificación del subsuelo existente y se originan una serie de columnas de suelo/cemento en masa con resistencias superiores a 100 kp/cm^2 .

El cálculo de la carga admisible de cada columna en base a las características del suelo se efectuará como si de un pilote se tratara. Será necesario efectuar un adecuado proyecto donde se contemple el número de columnas necesarias para la transmisión de las cargas aplicadas por el aerogenerador, el diámetro de estos elementos, la carga de hundimiento, la profundidad de empotramiento, etc.

Una vez ejecutadas todas las columnas desde la cota rasante se aconseja el decapitado de las mismas eliminando la zona superior hasta la profundidad de encaje de la zapata.

Al objeto de homogeneizar la superficie de desplante de la zapata se aconseja el vertido de un colchón de grava o bien de concreto de limpieza o autonivelante.

Se recomienda que las columnas de suelo cemento atraviesen la zona de compacidad floja a media comprendida entre 4 y 6 m, alcanzando una profundidad en torno a 10 m. Mediante este tipo de actuaciones aumentará el módulo de deformación de los niveles atravesados disminuyendo los asientos generados.

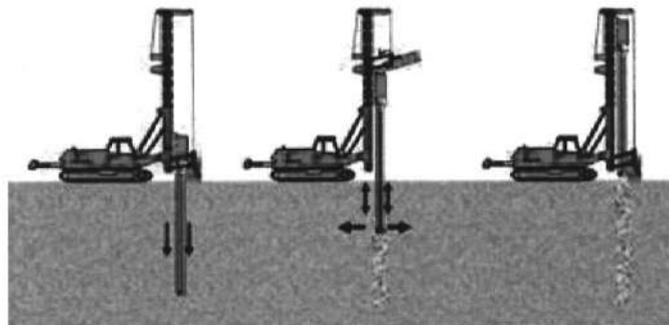


Imagen 8.4. Tratamiento mediante columnas de módulo controlado

Otras opciones de cimentación se basarían en soluciones de tipo profundas mediante pilotes. La existencia de agua a poca profundidad, la densidad de las arenas en profundidad y las elevadas cargas que transmite la estructura, obligará a elegir pilotes de diámetros importante (1000 mm) y entubados, con camisas que van a ser perdidas, con lo cual el coste económico puede ser muy alto y no asumible.

La poca sección de los pilotes de hinca (máximo 450 mm) ante los elevados esfuerzos horizontales (sismo y vuelco) existentes, hace descartar en principio esta opción.

8.5. Movimientos de tierras.

Los propios movimientos de tierras van a requerir asegurar la estabilidad de los viales y conducciones de los servicios públicos próximos.

Es posible efectuar las excavaciones previstas mediante medios mecánicos convencionales (retroexcavadora, giratoria, etc.).

Con objeto de conocer la posible utilización de los materiales presentes en el subsuelo, a partir de una primera campaña de ensayos de laboratorio se expuso el siguiente cuadro.

| Cata | n° Muestra | %Humedad | Granulometría y Lim Atterberg | | | | | | Clasificación de Suelos | | | Proctor Modificado | | CBR 100% | QUÍMICOS | | |
|------|------------|----------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|--|------------|---|--------------------|-------|-------------|---|-------------------------------|--|
| | | | N°10 | N°40 | N°200 | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO | Materiales AASHTO | DM | Hop | | Contenido de Sales solubles (% en peso) | Contenido Ion Sulfato (mg/Kg) | Contenido Materia Orgánica (% en peso) |
| C1 | M2 | 4,94 | 99 | 96 | 43,9 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa | A-4 (0) | Materiales limosos arcillosos. Suelos limosos | 1,93 | 9,40 | 12 | 0,42 | 1808,70 | 0,12 |
| C2 | M4 | 5,47 | 99 | 90 | 6,7 | NP | NP | NP | SP-SM. Arena pobremente gradada con limo | A-3 (0) | Materiales granulares. Arena fina | 1,96 | 4,40 | 11 | 0,31 | 2106,24 | |
| C4 | M3 | 13,58 | 99 | 61 | 25,2 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa | A-2-4 (0) | Materiales granulares. Grava y arena limosa | 2,08 | 9,90 | 12 | 0,19 | 231,11 | |
| C5 | M3 | 12,03 | 100 | 96 | 68,1 | 26,77 | 19,41 | 7,36 | CL. Arcilla magra arenosa | A-4 (3) | Materiales limosos arcillosos. Suelos limosos | 1,87 | 14,70 | 6 | 1,26 | 3142,23 | 0,37 |
| C6 | M1 | 6,62 | 100 | 94 | 29,7 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa | A-2-4 (0) | Materiales granulares. Grava y arena limosa | 1,85 | 11,20 | 14 | 0,15 | 4114,74 | |
| C8 | M3 | 13,49 | 99 | 95 | 74,2 | 23,57 | 20 | 3,57 | ML. Limo con arena | A-4 (1) | Materiales limosos arcillosos. Suelos limosos | 1,90 | 8,40 | 7 | 0,27 | 2201,06 | |
| C10 | M2 | 5,85 | 100 | 95 | 31 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa | A-2-4 (0) | Materiales granulares. Grava y arena limosa | 1,89 | 7,70 | 10 | 0,54 | 1234,71 | 0,16 |
| C11 | M4 | 36,32 | 100 | 100 | 93,4 | 50,06 | 22,5 | 27,56 | OH. Arcilla Orgánica | A-7-6 (28) | Materiales limosos arcillosos. Suelos arcilloso | 1,61 | 17,00 | 3 | 0,16 | 0,00 | 2,31 |
| C12 | M1 | 7,07 | 100 | 96 | 40,2 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa | A-4 (0) | Materiales limosos arcillosos. Suelos limosos | 2,08 | 15,90 | 10 | 0,61 | 507,32 | 0,24 |
| C13 | M1 | 8,05 | 98 | 89 | 35,4 | NP | NP | NP | SM. Arena limosa | A-4 (0) | Materiales limosos arcillosos. Suelos limosos | 1,86 | 12,40 | 18 | 0,57 | 894,72 | 0,30 |

Tabla 8.5. Ensayos de caracterización para viales.

Según las prescripciones aportadas por el peticionario y derivadas de la Normativa peruana, estos suelos pueden ser empleados como material de relleno estructural, siempre teniendo en cuenta la alta agresividad de los mismos. Si bien, el suelo clasificado como arcilla orgánica (OH) es la excepción, siendo recomendable que estos materiales fangosos sean retirados y llevados a vertedero, no siendo útiles para ninguna unidad de obra.

8.6. Canteras y zonas de préstamos.

No se han observado canteras en la zona cercana al emplazamiento. Se ha consultado la bibliografía y a partir de documento de Alejandra Díaz Valdivieso y José Ramírez Carrión "Compendio de Rocas y Minerales Industriales en el Perú. Boletín nº19. Serie B. Geología Económica, en el cual registran las canteras con áridos en Perú:

Canteras de los principales áridos para la construcción en el Perú por regiones, año 2006

| Región | Arena-grava | Piedras de construcción | Materiales de construcción | Total |
|---------------|-------------|-------------------------|----------------------------|-------|
| Incahuasi | 4 | | 13 | 17 |
| Apurímac | 4 | | 9 | 13 |
| Arequipa | 10 | | 21 | 31 |
| Ayacucho | 0 | | 3 | 3 |
| Cajamarca | 0 | | 1 | 1 |
| Calleco | 1 | | 1 | 2 |
| Cusco | 14 | 1 | 14 | 29 |
| Huancavelica | 3 | | 0 | 3 |
| Huánuco | 0 | | 3 | 3 |
| Ica | 0 | 2 | 28 | 30 |
| Junín | 3 | 7 | 14 | 24 |
| La Libertad | 0 | | 0 | 0 |
| Lambayeque | 0 | | 0 | 0 |
| Lima | 4 | 1 | 92 | 97 |
| Madre de Dios | 19 | | 0 | 19 |
| Moravia | 8 | | 1 | 9 |
| Pasco | 1 | | 5 | 6 |
| Piura | 0 | | 0 | 0 |

Tabla 8.6. Canteras de áridos

Como se puede apreciar en este trabajo, en el cual la búsqueda de canteras fue hasta el año 2006, no existen canteras en la zona de Lambayeque. En cuanto a las posibles zonas de préstamo, según información existente, se localizan afloramientos inventariados por GEOADMIN, software de INGEMMET, de rocas industriales y para uso de áridos, destacando la presencia de calizas y dolomías en el Cerro de San Nicolás.

8.7. Estabilidad de taludes.

Para analizar la estabilidad a largo plazo de los posibles desmontes que se van a generar con los movimientos de tierras, se procede a calcular varios perfiles tipo mediante el programa GEOSLOPE, aplicando el método de Morgenstern-Price, método de equilibrio límite que considera las fuerzas tangenciales entre rebanadas, verificando simultáneamente el equilibrio de fuerzas y momentos. Dichas fuerzas vienen dadas por la expresión:

$$X = E \times l \times f(x),$$

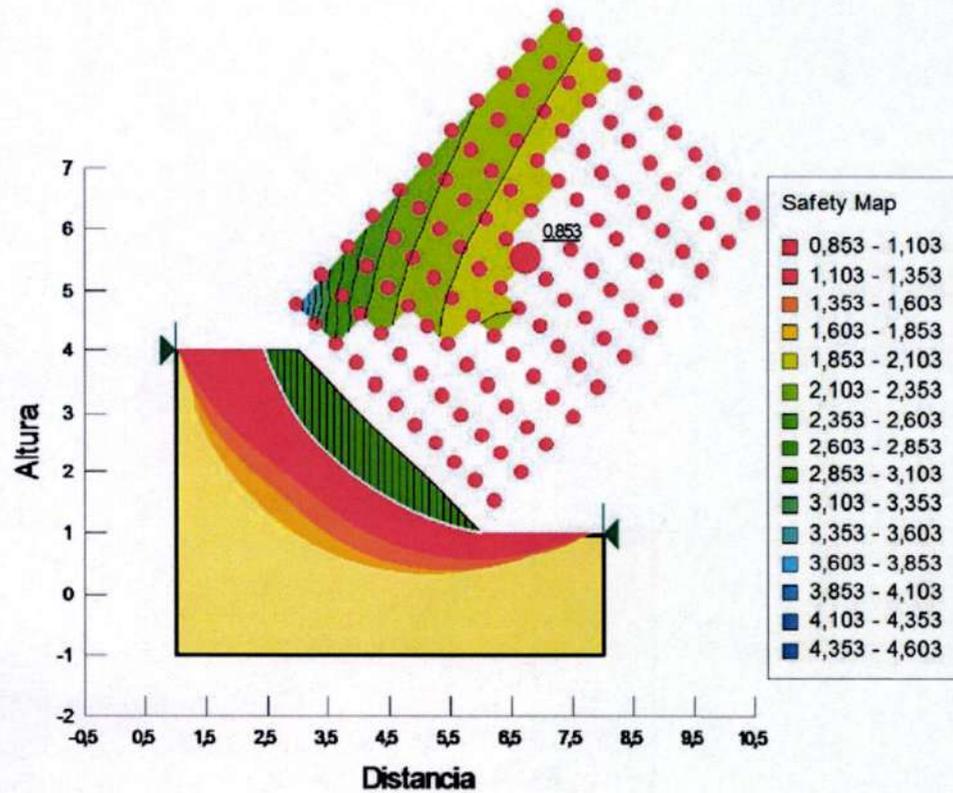
Donde E se refiere a la fuerza normal entre rebanadas, $f(x)$ es una función que la adoptamos sinusoidal y l es el porcentaje del valor de la función considerada.

Los factores de seguridad manifiestan la relación entre las fuerzas que juegan a favor de la estabilidad y de las fuerzas que juegan a favor de la inestabilidad. Las condiciones de equilibrio poseen un factor de seguridad de $F=1$, y las condiciones inestables un $F<1$. En nuestro caso, vamos a considerar un factor de seguridad de $F \geq 1.5$.

Perfil tipo A.

Se podría establecer un perfil de altura en torno a 3 m, con pendiente 1H:1V y en el que interviene únicamente el nivel II de compacidad media, cuyos parámetros geotécnicos son:

- Densidad aparente: 2.0 t/m^2
- Cohesión: 0.00 t/m^2
- Ángulo de rozamiento: 30°



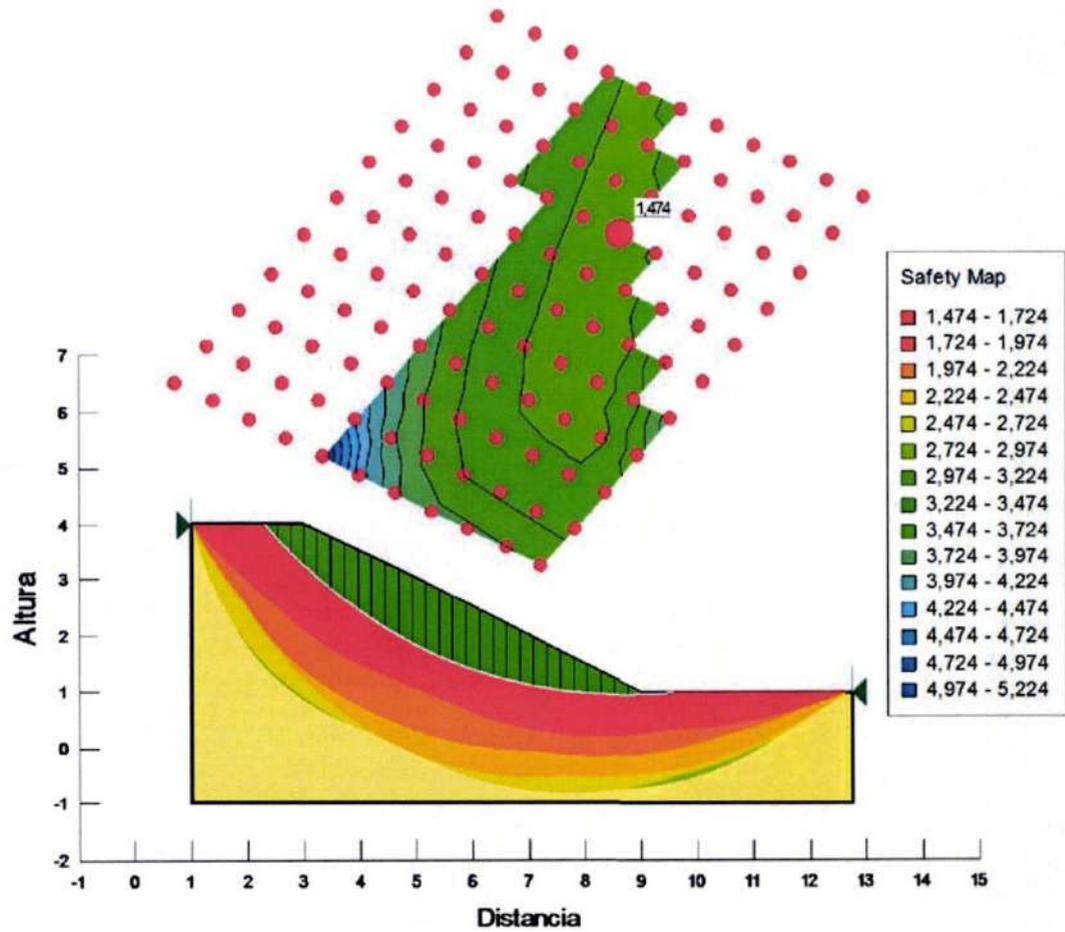
En este esquema se puede observar la potencial superficie de deslizamiento crítica, arrojando un valor de $F=0.853$, lo cual supone la rotura del talud al encontrarse por debajo incluso del equilibrio metaestable.

Analizando el perfil y el mapa de seguridad obtenido, se aprecia como los círculos que participan de un Factor de seguridad mayor a la unidad se encuentran a menor cota, localizando las roturas con $F>1.5$ en las franjas amarillentas inferiores.

Así pues, estas geometrías van a generar roturas a corto y largo plazo de los taludes, no siendo recomendables en Proyecto.

Perfil A2.

A continuación se expone un perfil idéntico al anterior, con altura de 3 m pero con pendiente 2H:1V, participando únicamente la zona de techo del nivel geotécnico II.



El factor de seguridad obtenido en este caso, para un talud más tendido que el anterior, es de $F=1.474$, prácticamente el requerido a largo plazo ($F=1.5$), con lo cual esta geometría se considera estable y adecuada para este supuesto.

Perfil tipo B.

Se podría establecer un perfil de altura en torno a 8 m, con pendiente 1H:1V y en el que intervienen la zona superior de compacidad media y la inferior densa.

Zona superior

-Densidad aparente: 2.0 t/m^2

-Cohesión: 1.5 t/m^2

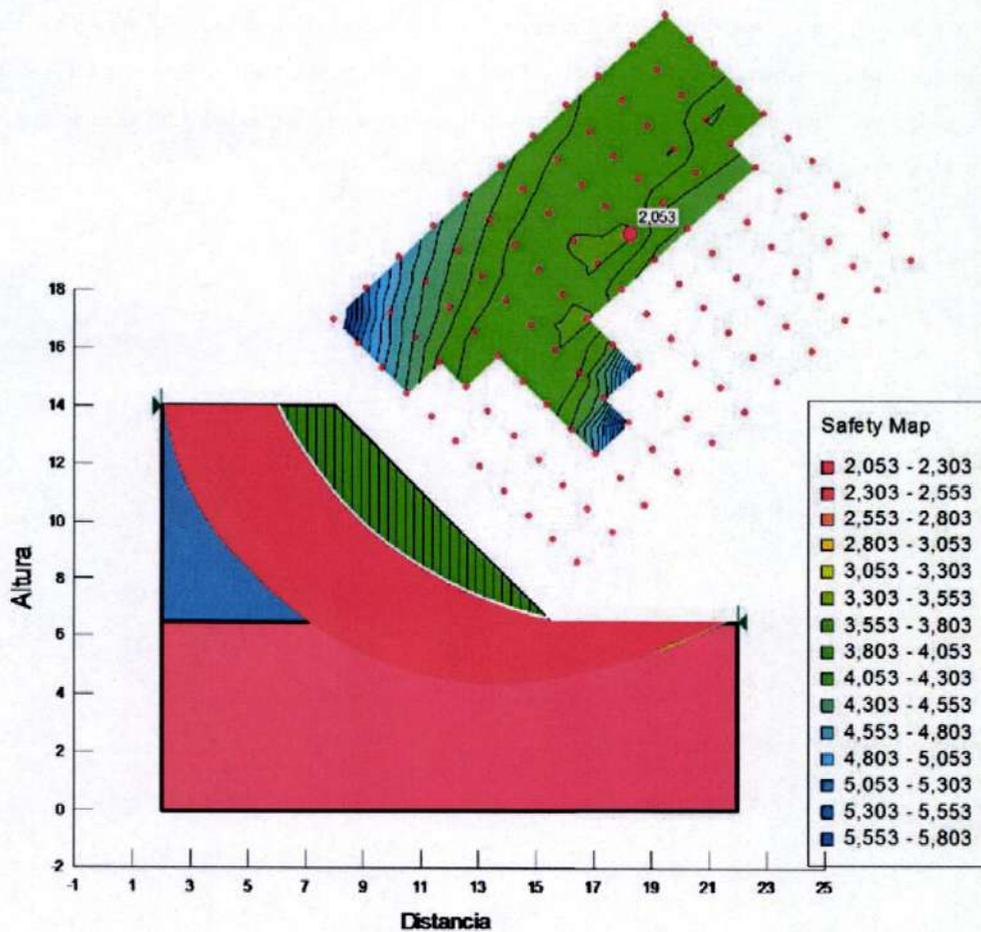
-Ángulo de rozamiento: 32°

Zona inferior

-Densidad aparente: 2.2 t/m²

-Cohesión: 2.0 t/m²

-Ángulo de rozamiento: 37°



El factor de seguridad obtenido en este caso, para esta geometría es de $F=2.053$, superior al requerido a largo plazo ($F=1.5$), con lo cual esta geometría se considera estable y adecuada para este supuesto.

9. Inspección en Obra

La información geotécnica obtenida sobre la zona de estudio, ha permitido definir unos condicionantes geotécnicos particulares. Se trata de un Estudio de Factibilidad, en el cual se han desarrollado una serie de trabajos campo cuya finalidad es ofrecer información geotécnica de cara a valorar la justificación de la ejecución de proyecto del Parque Eólico. En ningún caso esta información puede ser empleada de forma definitiva para definir la cimentación de cada aerogenerador en particular, más si cabe, tras acusar una muy alta heterogeneidad los distintos perfiles obtenidos. La información suministrada por la campaña de reconocimientos, es solo totalmente fidedigna en los puntos explorados y en la fecha de su ejecución, de modo que su extrapolación al resto del terreno objeto de estudio no es más que una interpretación razonable según el estado actual de la técnica.

Técnico Autor del Informe:



Glicerio Fernández Jódar.
Lic. Geólogo.

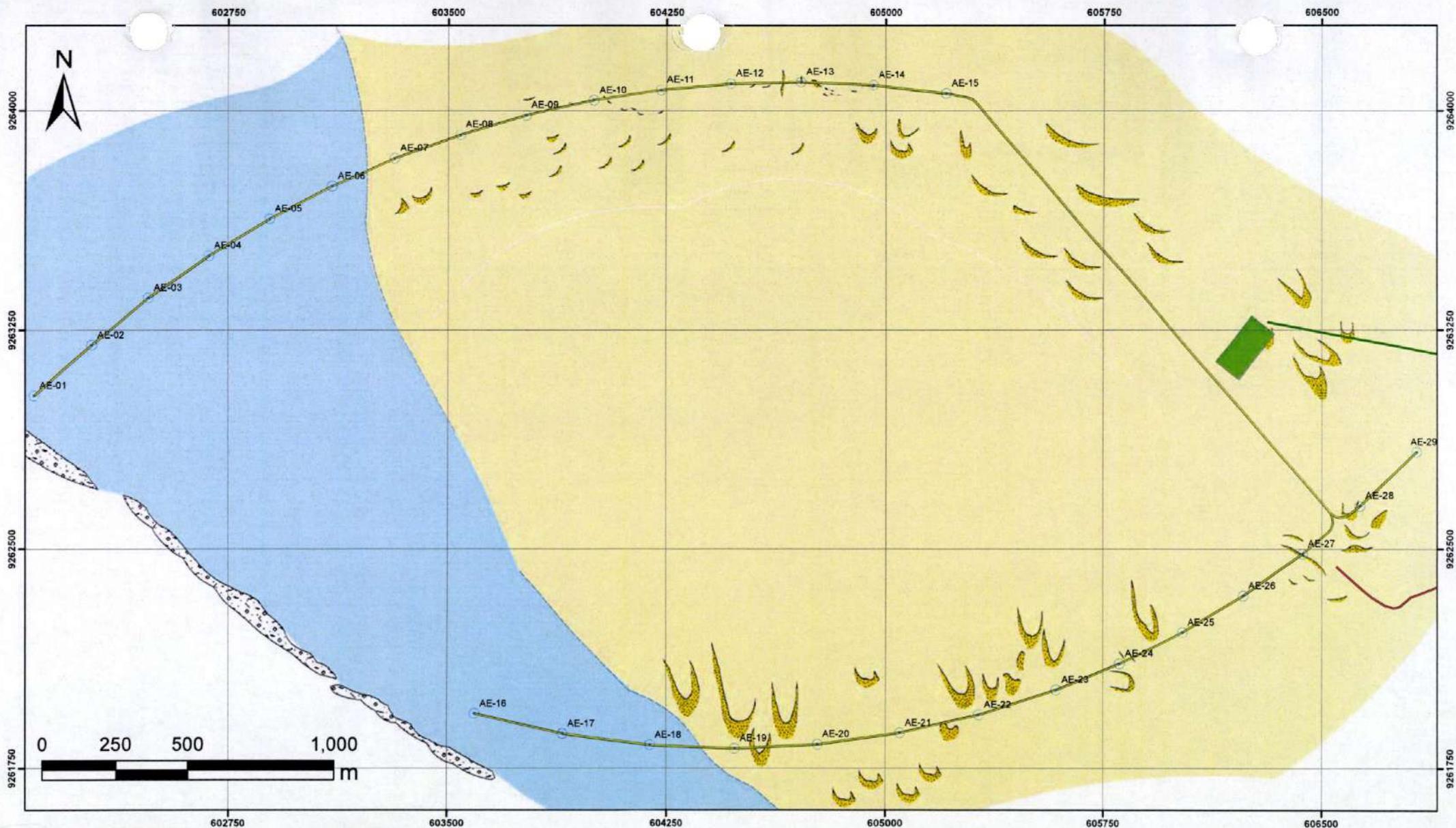


ANEJOS



ANEJO 1

PLANO DE SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS GEOLÓGICOS-GEOTÉCNICOS

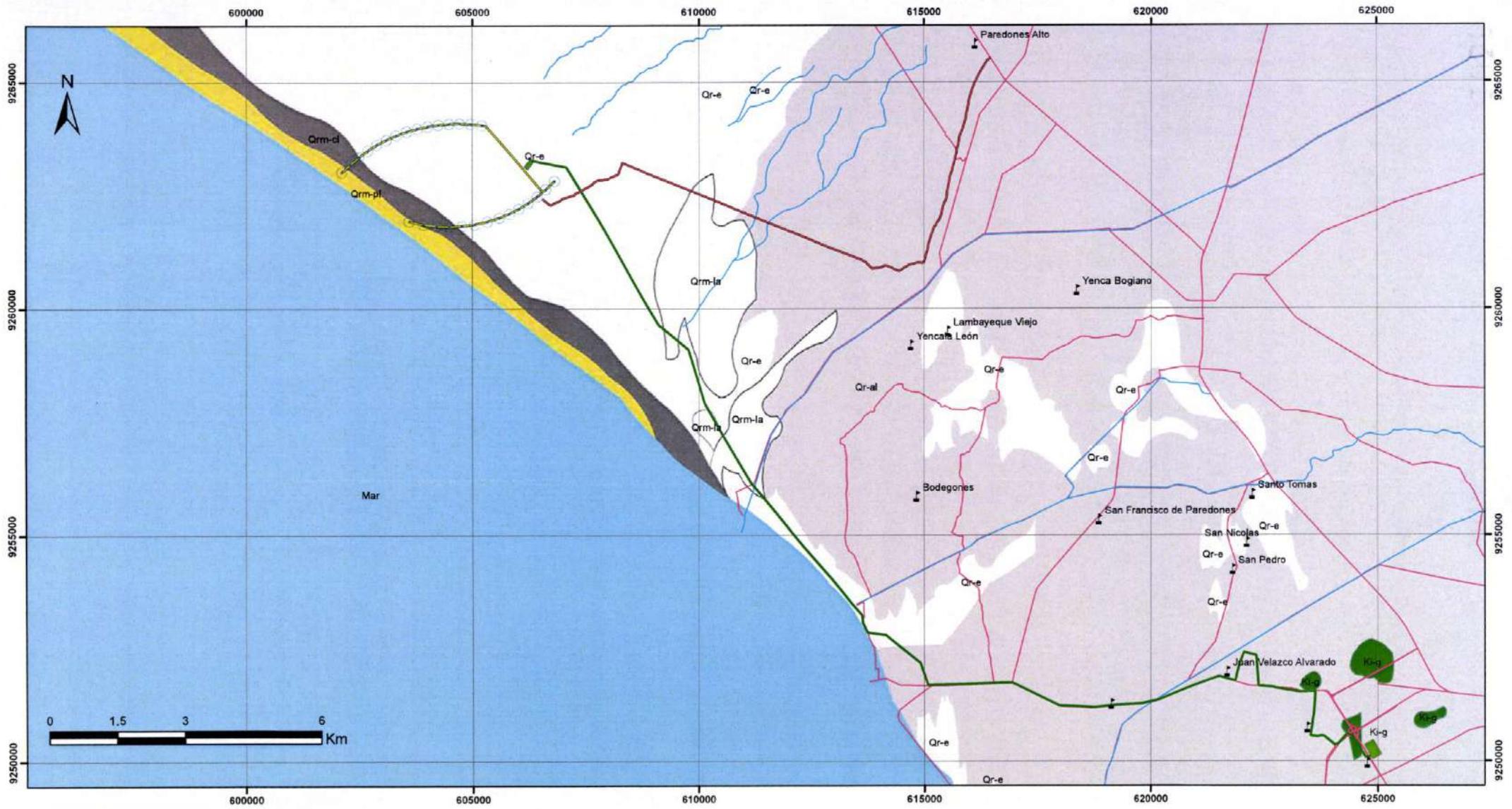


| Tipo Depósito | Simbología | Zonas | Características |
|-------------------|------------|------------|--|
| Depósitos eólicos | Qr-e | Zona Norte | Arena eólica, menor presencia de dunas tipo Barjan, dunas de tamaño que no exceden los 2 metros sobre material de arena limosa. |
| | | Zona Sur | Arena eólica, mayor presencia de dunas tipo Barjan, potencias considerables de arena eólica sobre arena limosa. |
| Zona Mixta | Qr-mix | Zona Norte | Arena eólica sobre material marino y limos arenosos saturados. |
| | | Zona Sur | Arena eólica sobre limos arenosos, presencia de restos marinos. |
| Cordón Litoral | Qrm-cl | - | Zonas de altos topográficos, grava y gravilla subredondeada en matriz arenosa, material marino (conchas), mayor cantidad de sales. |

| Simbología | | | |
|------------|---------------------------|--|--------------------------------|
| | Vías de Accesos | | Caminos Internos Parque Eólico |
| | Línea de cambio de facies | | Aerogeneradores |

| | |
|------------|---|
| Proyecto: | Parque Eólico Mórrope |
| Ubicación: | Chilayo - Lambayeque - Perú |
| Plano: | Plano de Reconocimiento Geológico - Geotécnico Preliminar |
| | RG - 01 |

1
0
0
1

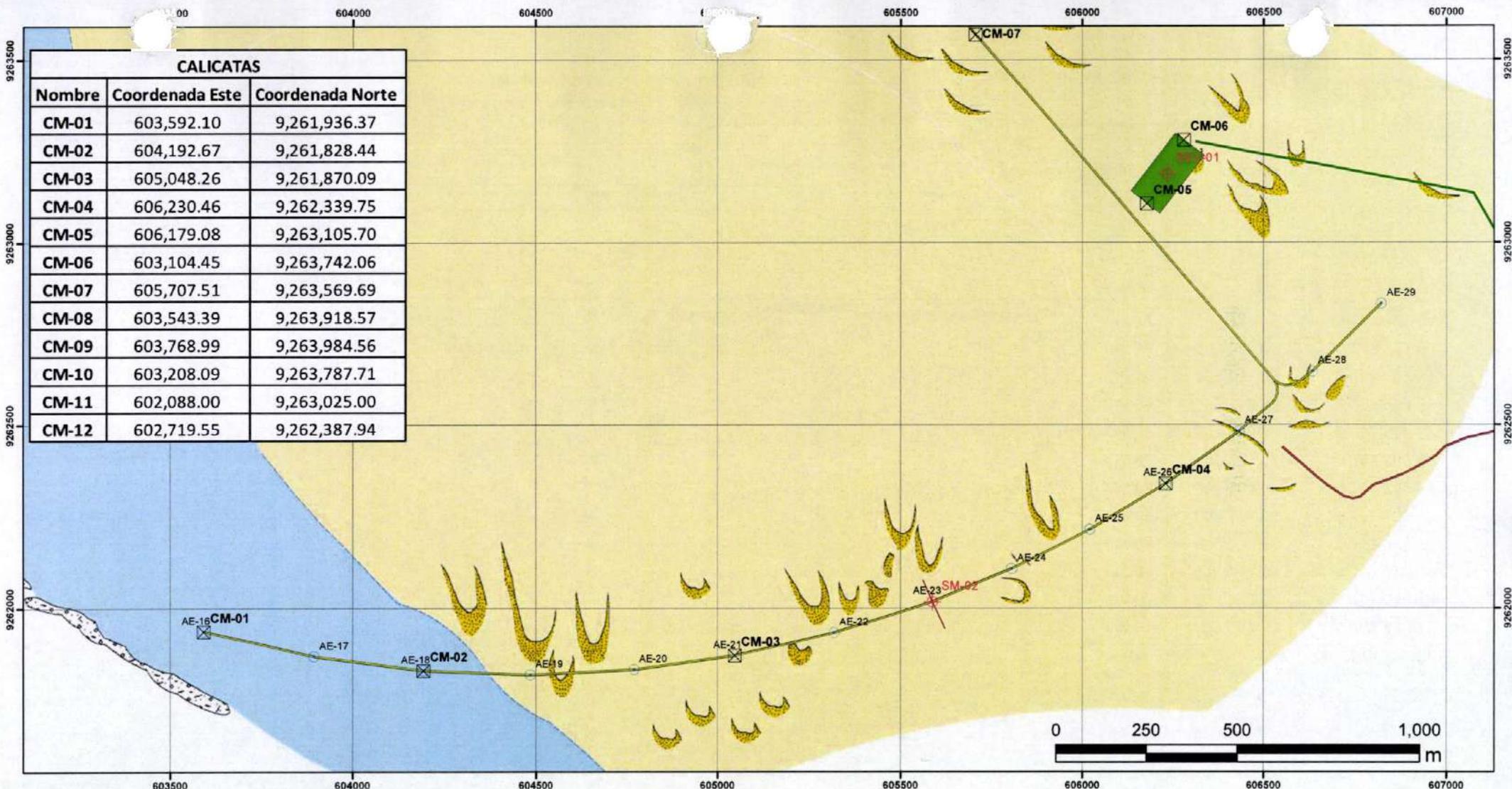


| | | | |
|-------------------------|---------------------|-----------------|--------|
| Cuaternario Reciente | Depósitos eólicos | | Qr-e |
| | Depósitos Mixtos | De playa | Qrm-pl |
| | | Lacustres | Qrm-la |
| | | Cordón Litoral | Qrm-cl |
| Cuaternario Pleistoceno | Depósitos Aluviales | | Qr-al |
| | Depósitos eólicos | Deposito Talara | Qp-al |
| | | Deposito Talara | Qp-e |
| | | Deposito Talara | Qp-tt |
| | Cretáceo Inferior | Goyllariquizga | |

| Simbología | | | |
|------------|--------------------------------|--|--------------------------------|
| | Vías de Accesos | | Subestación |
| | Ríos | | Poblados Cercanos |
| | Línea de Transmisión | | Aerogeneradores |
| | Caminos Externos Parque Eólico | | Caminos Internos Parque Eólico |

| | |
|------------|-----------------------------|
| Proyecto: | Parque Eólico Mórrope |
| Ubicación: | Chilayo - Lambayeque - Perú |
| Plano: | Plano de Geología Regional |

GR - 01



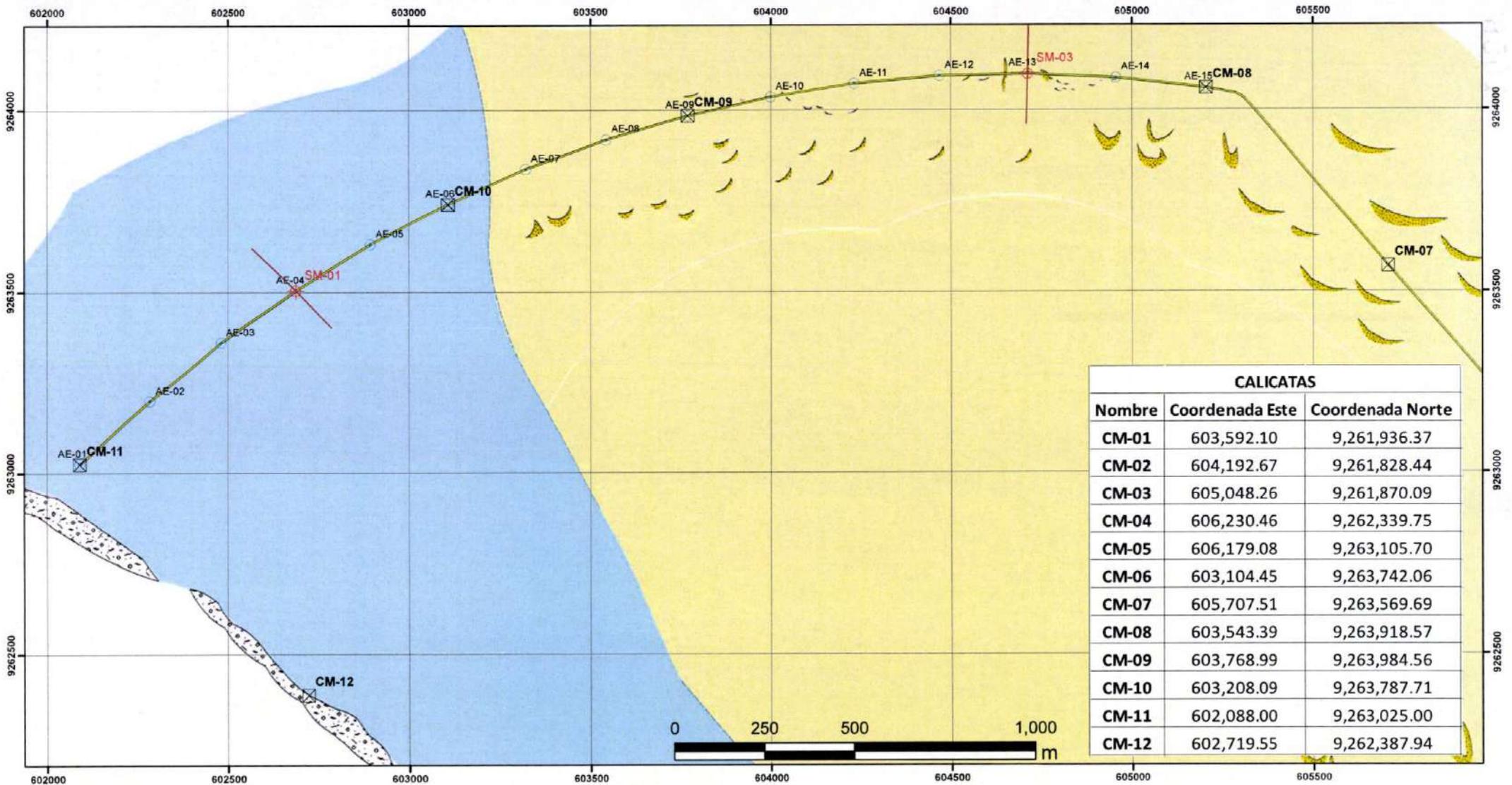
| CALICATAS | | |
|-----------|-----------------|------------------|
| Nombre | Coordenada Este | Coordenada Norte |
| CM-01 | 603,592.10 | 9,261,936.37 |
| CM-02 | 604,192.67 | 9,261,828.44 |
| CM-03 | 605,048.26 | 9,261,870.09 |
| CM-04 | 606,230.46 | 9,262,339.75 |
| CM-05 | 606,179.08 | 9,263,105.70 |
| CM-06 | 603,104.45 | 9,263,742.06 |
| CM-07 | 605,707.51 | 9,263,569.69 |
| CM-08 | 603,543.39 | 9,263,918.57 |
| CM-09 | 603,768.99 | 9,263,984.56 |
| CM-10 | 603,208.09 | 9,263,787.71 |
| CM-11 | 602,088.00 | 9,263,025.00 |
| CM-12 | 602,719.55 | 9,262,387.94 |

| SONDEOS GEOTÉCNICOS | | |
|---------------------|-----------------|------------------|
| Nombre | Coordenada Este | Coordenada Norte |
| SM-01 | 602,683.17 | 9,263,503.88 |
| SM-02 | 605,588.31 | 9,262,017.99 |
| SM-03 | 604,710.41 | 9,264,098.84 |
| SEV-01 | 606,234.79 | 9,263,188.10 |

| PERFILES MASW - CENTRO | | |
|------------------------|-----------------|------------------|
| Nombre | Coordenada Este | Coordenada Norte |
| PM-01 | 602,683.17 | 9,263,503.88 |
| PM-02 | 605,588.31 | 9,262,017.99 |
| PM-03 | 604,710.41 | 9,264,098.84 |

| Simbología | | | |
|------------|---------------|--|------------------|
| | Sondeos | | Aerogeneradores |
| | Calicatas | | Caminos Internos |
| | Perfiles MASW | | Subestación |

| | |
|------------|------------------------------|
| Proyecto: | Parque Eólico Mórrope |
| Ubicación: | Chiclayo - Lambayeque - Perú |
| Plano: | Plano de Campaña Geotécnica |
| | CG - 01 |



| CALICATAS | | |
|-----------|-----------------|------------------|
| Nombre | Coordenada Este | Coordenada Norte |
| CM-01 | 603,592.10 | 9,261,936.37 |
| CM-02 | 604,192.67 | 9,261,828.44 |
| CM-03 | 605,048.26 | 9,261,870.09 |
| CM-04 | 606,230.46 | 9,262,339.75 |
| CM-05 | 606,179.08 | 9,263,105.70 |
| CM-06 | 603,104.45 | 9,263,742.06 |
| CM-07 | 605,707.51 | 9,263,569.69 |
| CM-08 | 603,543.39 | 9,263,918.57 |
| CM-09 | 603,768.99 | 9,263,984.56 |
| CM-10 | 603,208.09 | 9,263,787.71 |
| CM-11 | 602,088.00 | 9,263,025.00 |
| CM-12 | 602,719.55 | 9,262,387.94 |

| SONDEOS GEOTÉCNICOS | | |
|---------------------|-----------------|------------------|
| Nombre | Coordenada Este | Coordenada Norte |
| SM-01 | 602,683.17 | 9,263,503.88 |
| SM-02 | 605,588.31 | 9,262,017.99 |
| SM-03 | 604,710.41 | 9,264,098.84 |
| SEV-01 | 606,234.79 | 9,263,188.10 |

| PERFILES MASW - CENTRO | | |
|------------------------|-----------------|------------------|
| Nombre | Coordenada Este | Coordenada Norte |
| PM-01 | 602,683.17 | 9,263,503.88 |
| PM-02 | 604,710.41 | 9,262,017.99 |
| PM-03 | 604,710.41 | 9,264,098.84 |

| Simbología | | | |
|------------|---------------|--|------------------|
| | Sondeos | | Aerogeneradores |
| | Calicatas | | Caminos Internos |
| | Perfiles MASW | | Subestación |

| | |
|------------|------------------------------|
| Proyecto: | Parque Eólico Mórrope |
| Ubicación: | Chiclayo - Lambayeque - Perú |
| Plano: | Plano de Campaña Geotécnica |
| CG - 02 | |



ANEJO 2

CORTES ESTRATIGRÁFICOS DE LOS SONDEOS





OBRA: PROYECTO PARQUE SÓLIDO MÓRRONE.

SONDEO SM 1

N: 602683
T: 9243503

FECHA EJECUCIÓN: JULIO 2018

PERFORADORA: OBRA OBRA
SONDEO: WALTER CASTRO

| COTAS (Cota H. M) | COTE (M) | DESCRIPCIÓN DEL TERRENO | MUESTRAS | | LÍMITES DE ATTERBERG | GRANULOMETRÍA | CLAS. UNICE | RETENCIÓN COMPRESIÓN SIMPLE | SULFATO | FRICCIÓN | CORTE DIRECTO | | OBSERVACIONES | |
|-------------------|----------|--|----------|----|----------------------|---------------|-------------|-----------------------------|---------|----------|---------------|-------|---------------|------|
| | | | MP | SP | | | | | | | CSH | CSV | | |
| 0.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 1.10 | Arena edulca fina de tano mentras | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1.30 | | | | | | | | | | | |
| | | Arena poco limosa gris | 27 | | 10 | 86 | 44.8 | 3M | 0.39 | 9028 | 1.70 | 26.8 | | |
| 2.0 | 1.95 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Arena gris oscura | 2.50 | | | | | | | | | | | |
| | 2.50 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Arena algo arcillosa negra | 2.50 | | | | | | 7.02 | | | | | |
| 3.0 | 3.00 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 18 | | | | | | | | | | | |
| | | | 3.45 | | | | | | | | | | | |
| 4.0 | | Arena gris oscura | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.00 | | 6.00 | | | | | | | | | | | |
| | | | 41 | | | | | | | | | | | |
| | | | 6.45 | | | | | | | | | | | |
| 8.0 | | | 8.70 | | | | | | | | | | | |
| | | | 77 | | | | | | | | | | | |
| | | Arena arcillosa beige. Presenta vetas blancas/claras salinas. Interstratificación de arenas limosas. | 9.00 | | | | | | | | | | | |
| | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| | | | 9.22 | | | | | | | | | | | |
| | | | 9.40 | | | | | | | | | | | |
| 10.0 | | | 10.60 | | 11.2 | 18.5 | 12.77 | 100 | 97 | 49.9 | 3C | 10.16 | 2.1 | 30.5 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 12.00 | | | | | | | | | | | |
| | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| | | | 12.13 | | | | | | | | | | | |
| 13.0 | | Arena limosa a tacho y arcillosa a muro, de tano beige | | | | | | | | | | | | |
| | 13.90 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Limo arcilloso beige con ciertos arenosos | | | | | | | | | | | | |
| | 13.90 | | | | | | | | | | | | | |
| | 14.00 | Limo arenoso | | | | | | | | | | | | |
| | | | 14.47 | | | | | | | | | | | |
| | | | 77 | | | | | | | | | | | |
| | | | 14.77 | | | | | | | | | | | |
| | | Limo arcilloso beige cementado, pasto a muro | | | | | | | | | | | | |
| | | | 15.00 | | | | | | | | | | | |
| | | | 8 | | | | | | | | | | | |
| | | | 15.42 | | | | | | | | | | | |
| 16.0 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16.80 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Arena algo arcillosa roja | | | | | | | | | | | | |
| | 17.30 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Arcilla limosa negraza | | | | | | | | | | | | |
| | 17.80 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 17.80 | | | | | | 0.16 | 0.31 | 73.07 | | | |
| | | Arcilla limosa beige oscura cementada por sales | | | | | | | | | | | | |
| | 18.00 | | | | | | | | | | | | | |

CONTINUA





OBRA: PROYECTO PARQUE EDUCO MOROPPE,
PERFORACIÓN: APT3

SONDEO SM 3

X: 804733
Y: 3264038

FECHA EJECUCIÓN: JULIO 2019

PERFORADORA: ORECA ORUGA
SOMERISTA: WALTER CASTRO

N.º Profund: 0.80 m

| Profundidad (m) | Corte Geológico | DESCRIPCIÓN DEL TERRENO | MUESTRA | | LÍMITES DE ATTERBERG | | | GRANULOMETRÍA | | CLAS. USCS | RESISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE | | SULFATO mg/kg SO3 | PRESIÓN MÁX. HÉCH MPa | CORTES DIRECTO | | OBSERVACIONES | |
|-----------------|-----------------|---|---------|---------|----------------------|----|---|---------------|----|------------|-------------------------------|-----|-------------------|-----------------------|----------------|------|---------------|----------------|
| | | | N.º | S.º T.º | LL | LP | W | 10 | 40 | | 200 | RES | | | SENEC | UMED | | σ ₁ |
| 0.00 | | Arena edulca fina de tonos marrones | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.80 | | Arena arcillosa marrón | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.50 | | Arena arcillosa cementada, tono marrón | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.20 | | Arena limosa marrón. Presenta vetas limo arcillosas de baja plasticidad | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.00 | | Arena arcillosa pardo clara cementada. Se observan vetas limosas y arena de arena. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4.00 | | Arena arcillosa marrón, vetas limosas y arena arenosa de arena. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5.00 | | Arcilla limosa blanquecina y verda, con abundantes cristalizaciones calcáreas | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.00 | | Arena arcillosa gris. Presenta lentes centimétricas finas de gravilla fina y arena. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7.00 | | Arena algo arcillosa a terrosa y plástica a media. Presenta gravilla arenosa | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8.00 | | Gravilla arenosa en matriz arena cementada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9.00 | | Arena arcillosa muy cementada | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10.00 | | Arena arcillosa gris. Presenta lentes limosas y arena de arena, así como arenas. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11.00 | | Arena gruesa algo arcillosa marrón | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12.00 | | Arcilla arenosa marrón grisácea. Vetas arenosas con abundantes cristales calcáreas | | | | | | | | | | | | | | | | |





OBRA: PROYECTO PARQUE EDUCO MÓRROPE.
POSICIÓN: AE13

SONDEO SM 3

X: 604710
Y: 9264098

FECHA EJECUCIÓN: JULIO 2016

PERFORADORA: DB526 GRUGA
SONDISTA: WALTER CASTRO

N. Freático: 0.80 m

| PROFUNDIDAD (m) | CORTE GEOLOGICO | DESCRIPCION DEL TERRENO | MUESTRAS | | RESISTENCIA UNIFORME (MPa) | SULFATO (mg/kg SO3) | PRESION MAX. HBACH (kN) | CORTE DIRECTO (Cohesión, Ángulo, TmC) | OBSERVACIONES |
|-----------------|-----------------|--|----------|--------|----------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------|
| | | | MS | S.P.T. | | | | | |
| 18.00 | | | | | | | | | |
| 18.45 | | | | | | | | | |
| 19.00 | | Arcilla arenosa marrón grisácea. Vetas arenosas con abundantes cristales salinos | | | | | | | |
| 19.40 | | | | | 0,25 | 1,40 | 17,32 | | |
| 19.90 | | | | | | | | | |
| 21.00 | | Arcilla arenosa gris. | | | | | | | |
| 21.75 | | | | | | | | | |
| 21.99 | | | | | | | | | |
| 22.20 | | | | | | | | | |
| 22.00 | | Arcilla arenosa gris cementada | | | | | | | |
| 23.00 | | | | | | | | | |
| 23.30 | | | | | | | | | |
| 24.00 | | Arena arcillosa gris. Presenta vetas blanquecinas pulverulentas yesíferas | | | | | | | |
| 24.43 | | | | | | | | | |
| 25.50 | | | | | | | | | |
| 26.00 | | Arcilla algo arenosa gris. Presenta vetas blanquecinas yesíferas y otras limo-arcillosas cementadas. | | | | | | | |
| 27.00 | | | | | | | | | |
| 27.55 | | | | | | | | | |
| 27.41 | | | | | | | | | |
| 30.00 | | Arena arcillosa gris. | | | | | | | |
| 30.00 | | | | | | | | | |
| 30.45 | | | | | | | | | |

FIN DE SONDEO 30,00 m

ANEJO 3

CORTES ESTRATIGRÁFICOS DE LAS CALICATAS



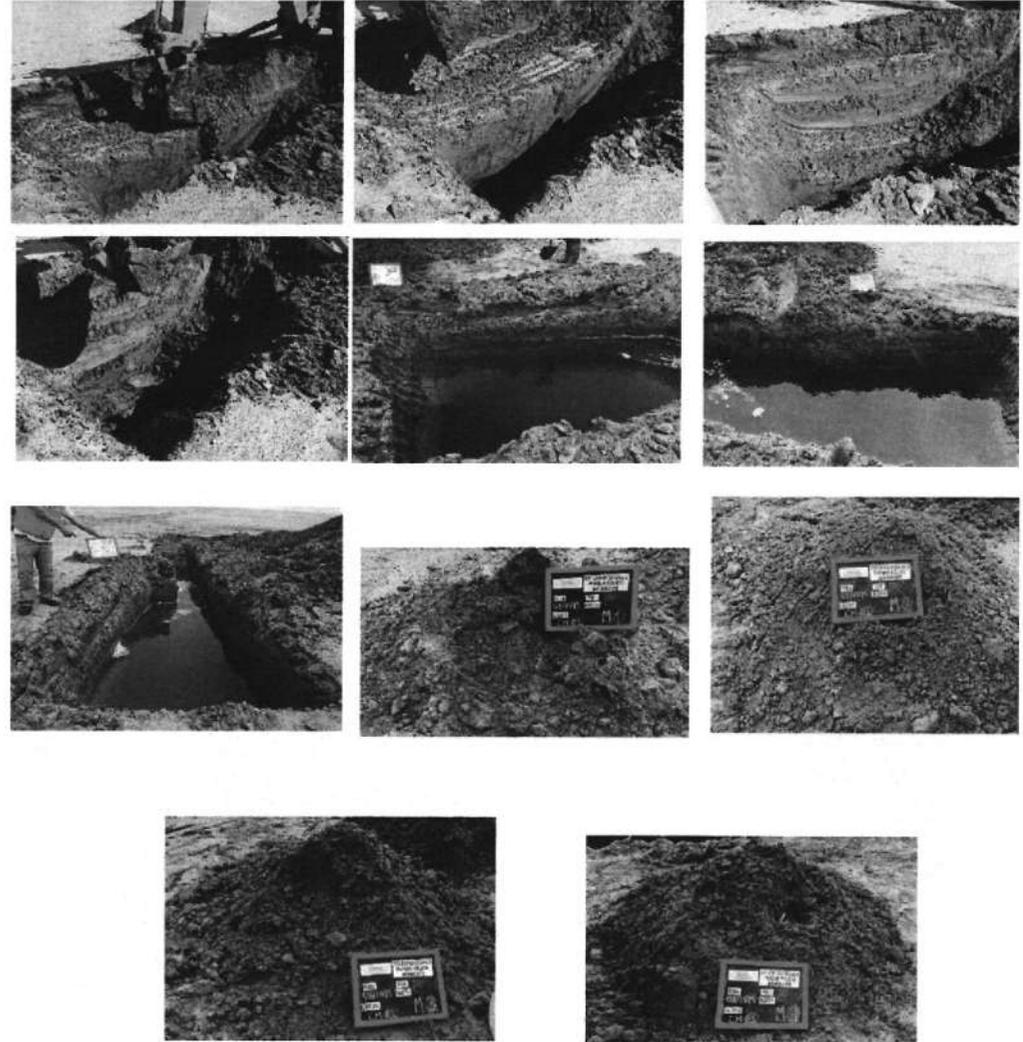
DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

Nombre: CALICATA 01
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-16

Coordenada Este: 603.597
 Coordenada Norte: 9.261.934
 Cota: 10 m

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|---|------------------|----------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-01 | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,20 | 0,20 | | | Cobertera de arena eólica, nivel de sales ligeramente cementada (cristales de sales). | MEDIA | M-1 |
| | 0,45 | 0,25 | | | Arena limosa de color beige. | | M-2 |
| | 1,10 | 0,85 | | | Arena arcillosa de color beige con presencia de OXDs (Fe), niveles de arena de grano fino a media. | FACIL | M-3 |
| | 1,45 | 0,35 | | | Arena beige de grano medio a grueso con presencia de OXDs. | | |
| | 1,75 | 0,30 | | | Nivel de arena arcillosa de color gris. | | |
| | 1,95 | 0,20 | | | Nivel de arcilla arenosa de color beige a verdusco. Contacto gradacional más arcilloso a piso. | MALA | M-4 |
| | 2,10 | | | | Arena de grano media a gruesa de color negra, presencia de conchas marinas, se encuentra el NF. Nivel permeable en el cual se encuentra el nivel freático. Paredes se hacen inestables por humedad y flujo de agua a niveles superiores. Ambiente marino. | | |
| 4,00 | 4,00 | 2,05 | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

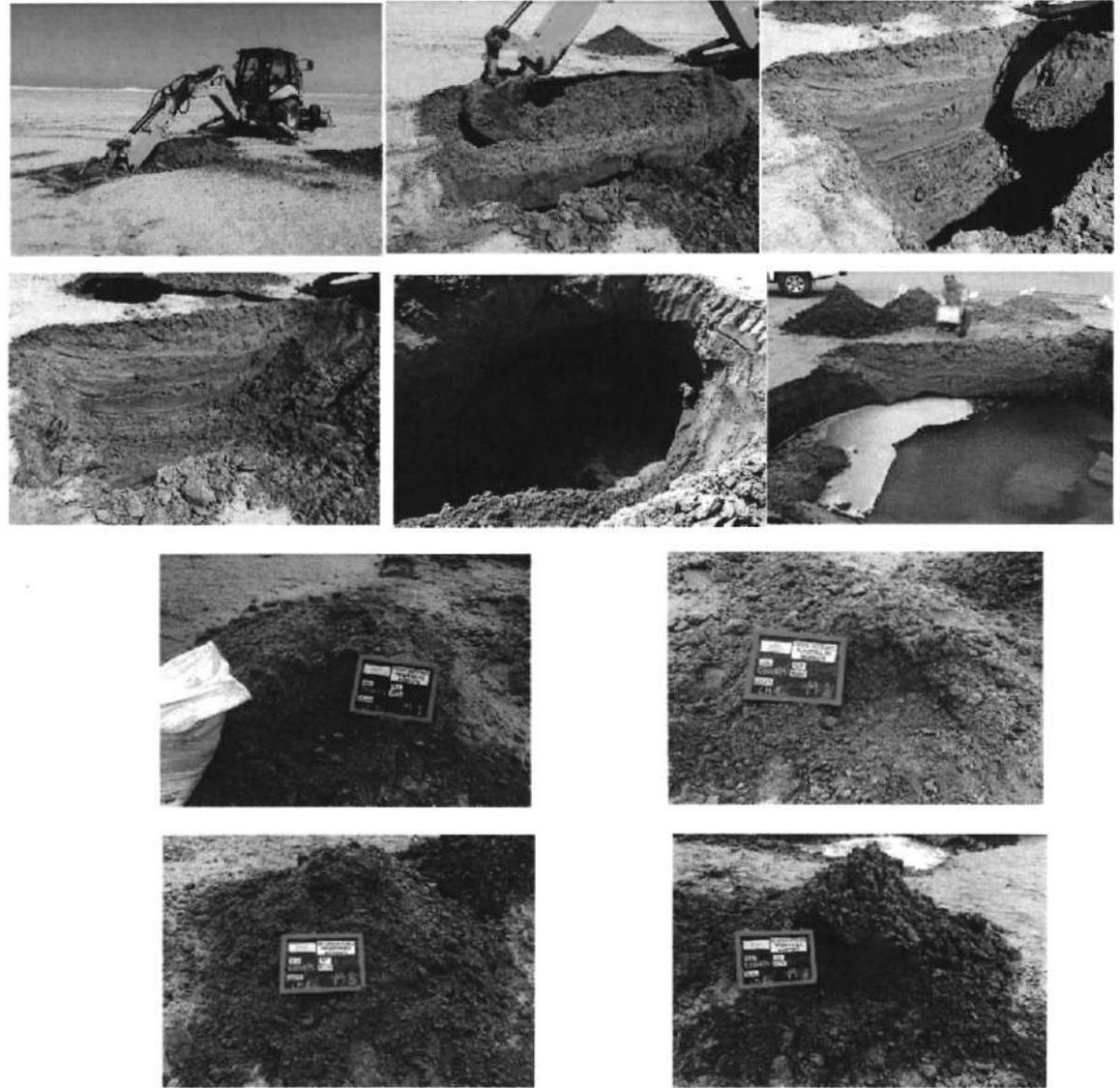
Nombre: CALICATA 02
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-18

Coordenada Este: 604.192
 Coordenada Norte: 9.261.828
 Cota: 13 m

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | | |
|---|--------------------|----------------|------------------|---|---|---------------------------|-----------------|------------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYCTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-02 | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA | NIVEL FREÁTICO |
| | | | | | | | | |
| | 0,15 | 0,15 | | | Cobertera de arena eólica, nivel de sales ligeramente cementada (cristales de sales). | | | M-1 |
| | 0,50 | 0,35 | | | Arena limosa de color beige. | | | M-2 |
| | 0,90 | 0,40 | | | Arena arcillosa de color beige con presencia de OXDs (Fe), niveles de arena de grano fino a media. | | | M-3 |
| | 1,30 | 0,40 | | | Arena beige de grano medio a grueso con presencia de OXDs. | | | M-3 |
| | 1,50 | 0,20 | | | Nivel de arcilla arenosa de color beige a verdusco, Contacto gradacional más arcilloso a piso. | | | M-3 |
| | 1,80 | | | | Arena de grano media a gruesa de color negra, presencia de conchas marinas, se encuentra el NF. Nivel permeable en el cual se encuentra el nivel freático. Paredes se hacen inestables por humedad y flujo de agua a niveles superiores. Ambiente marino. | | | M-4 |
| 4,00 | 4,00 | 2,50 | | | | | | |
| FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | | | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

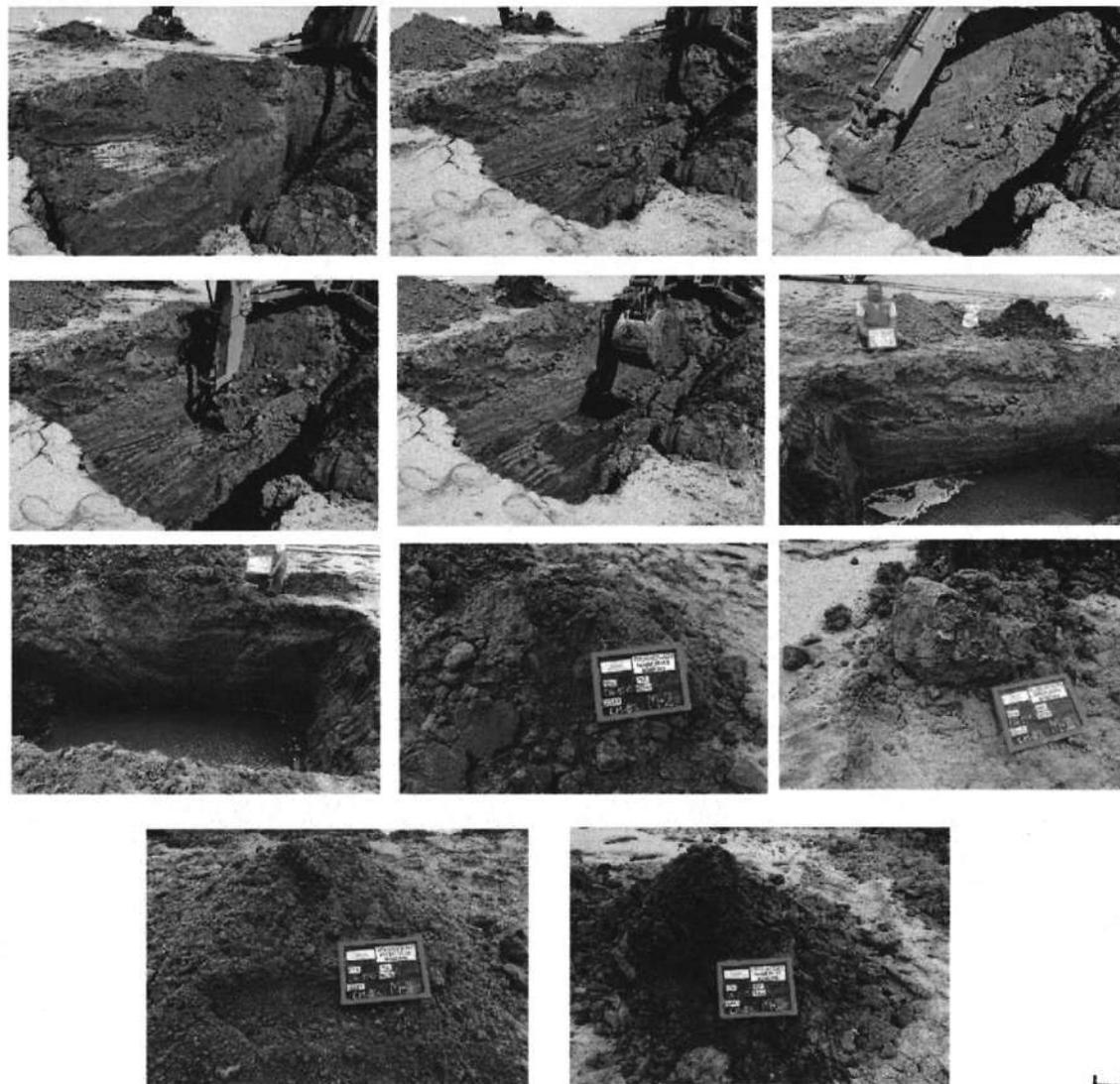
Nombre: CALICATA 03
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-21

Coordenada Este: 605.048
 Coordenada Norte: 9.261.871
 Cota: 9 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | SOWITEC | |
|-----------------|--------------------|--|---|
| OBRA | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | |
| POBLACIÓN | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | |
| FECHA EJECUCIÓN | | CALICATA C-03 | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESES METROS | NIVEL GEOTÉCNICO |
| ESTRATIGRAFIA | | | DESCRIPCIÓN |
| ESTABILIDAD | | | EXCAVABILIDAD |
| TOMA DE MUESTRA | | | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,10 | 0,10 | |
| | 0,30 | 0,20 | |
| | 0,70 | 0,40 | |
| | 1,30 | 0,60 | |
| | 1,60 | | |
| | 1,70 | 0,40 | |
| 4,00 | 4,00 | 2,30 | |
| | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO |
| MUESTRAS: | | M-2 | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | |
| MUESTRAS: | | M-3 | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | |
| MUESTRAS: | | M-4 | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | |
| MUESTRAS: | | M-5 | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | LÍMITE PLÁSTICO: |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

Nombre: CALICATA 04
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-26

Coordenada Este: 606.232
 Coordenada Norte: 9.262.340
 Cota: 14 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|---|---|---------------------------|--------------------------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYCTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-04 | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA NIVEL FREÁTICO |
| | 0,20 | 0,20 | | | Arena eólica de color beige, húmeda. | MEDIA | M-1 |
| | 0,50 | 0,30 | | | Arena de grano medio de color beige | | |
| | 0,80 | 0,30 | | | Limo arcilloso de plasticidad media | | M-2 |
| | 1,00 | 0,20 | | | Arena de grano fino de color beige | | |
| | 1,10 | 0,10 | | | Arena limoarcillosa con niveles de OXDs, niveles de sales dispersas (blancas) | FACIL | M-3 |
| | 3,50 | | | | Arena limoarcillosa de color verde y blanquecina, presencia de sales y lentes de material arcilloso blanco, lentes de material arenoso permeables, sobre estos filtra el agua. Presencia de nivel freático. | | M-4 |
| 4,00 | 4,00 | 2,90 | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

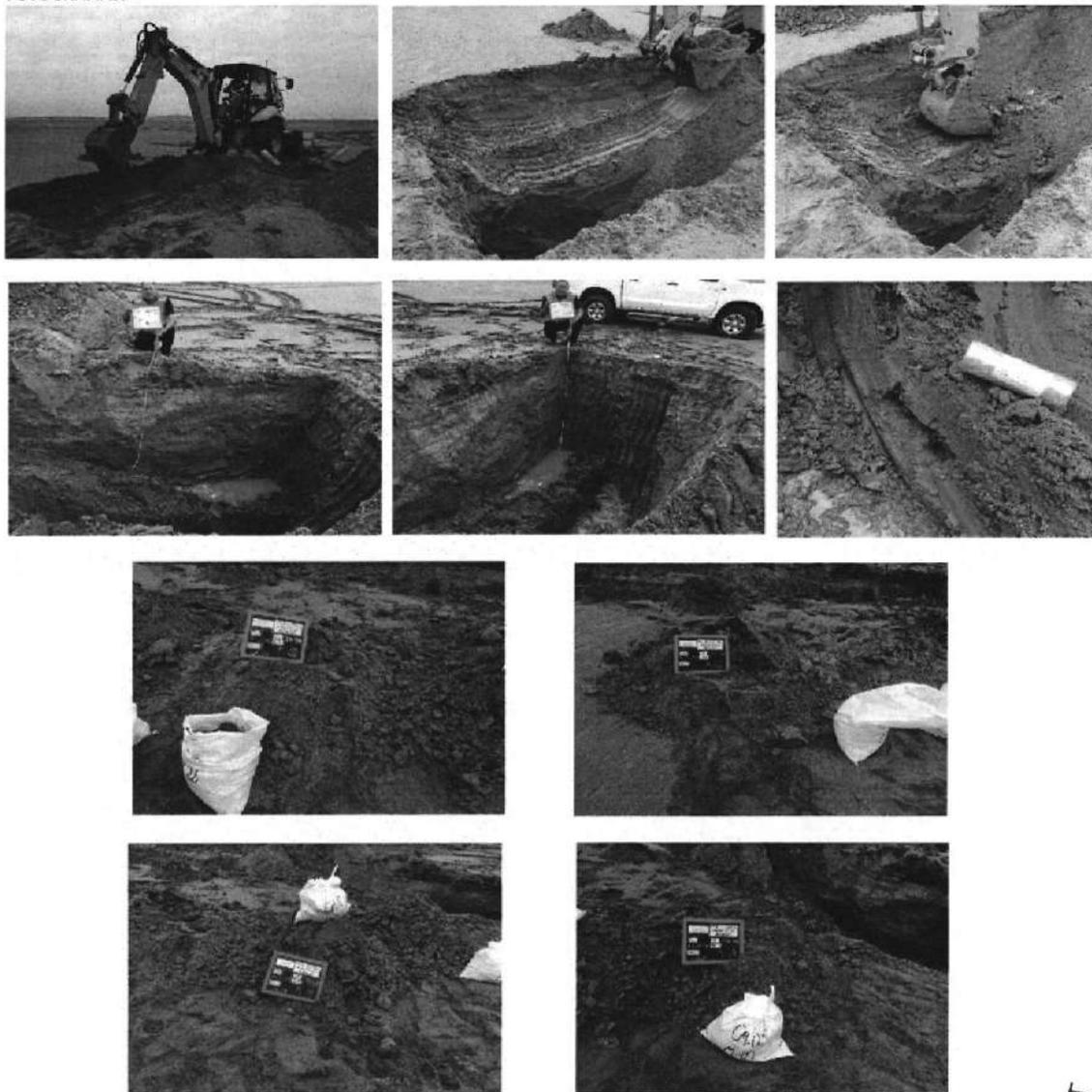
Nombre: CALICATA 05
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: SW Subestación

Coordenada Este: 606.174
 Coordenada Norte: 9.263.105
 Cota: 13 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|--|------------------|----------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-05 | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFÍA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,60 | 0,60 | | | Arena de grano fino de origen eólico, con niveles lenticulares de arcillas | MEDIA | M-1 |
| | 1,10 | 0,50 | | | Arena limosa de color beige con niveles de arena fina. | | FACIL |
| | 1,80 | 0,70 | | | Arena arcillosa de alta plasticidad. | MALA | M-3 |
| | 1,90 | | | | Arcilla arenosa y niveles lenticulares de arena de color gris | | M-4 |
| 2,20 | 2,20 | 0,40 | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |

FOTOGRAFÍAS:



1063



DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

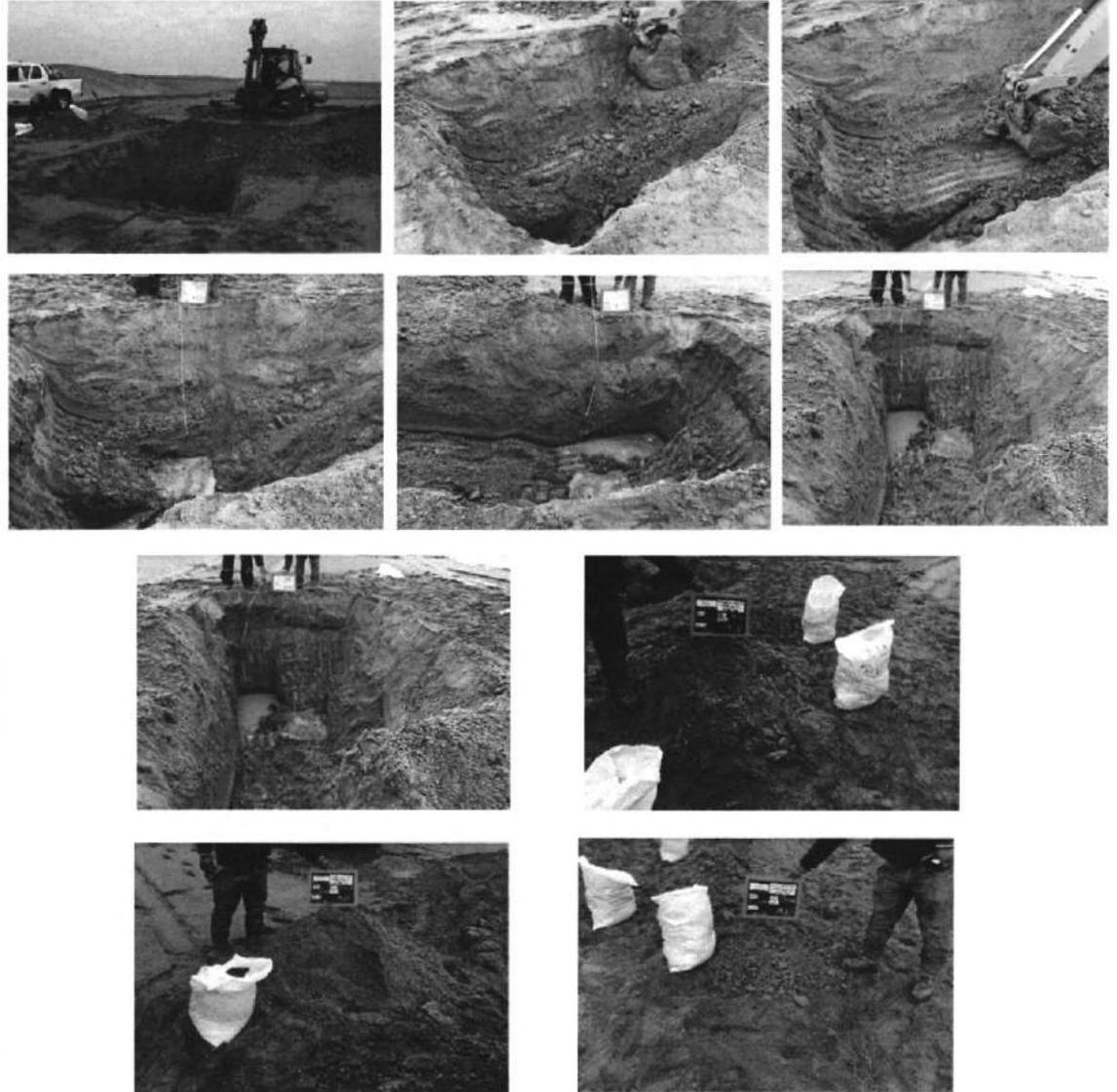
Nombre: CALICATA 06
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: NE Subestación

Coordenada Este: 606.269
 Coordenada Norte: 9.263.253
 Cota: 16 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | SOWITEC | | | | | | | | | |
|-----------------|--------------------|---|------------------|---------------|--|------------------|---------------|-----------------|----------------|--|--|
| OBRA | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYCTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | | | | | | |
| POBLACIÓN | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | | | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | CALICATA C-06 | | | | | | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA | NIVEL FREÁTICO | | |
| | 0,40 | 0,40 | | | Arena de grano fino de origen eólico, con niveles lenticulares de arcillas | MEDIA | | M-1 | | | |
| | 0,90 | 0,50 | | | Arena fina húmeda, bastante suelta, se encuentran niveles lenticulares de arcillas de plasticidad media. | FACIL | | M-2 | | | |
| | 1,70 | 0,80 | | | Arena de grano fina a media, lentes de arena arcillosa. | MALA | | M-3 | | | |
| | 1,90 | | | | Arena arcillosa de color beige, pántinas de OXDs. | | | N.F. | | | |
| 2,20 | 2,20 | 0,50 | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | | | | | |
| MUESTRAS: | | M-1 | | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | | |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | | | | | |
| MUESTRAS: | | M-2 | | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | | |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | | | | | |
| MUESTRAS: | | M-3 | | | | | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | | |
| SULFATO: | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | | | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

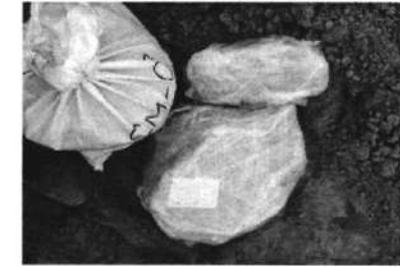
Nombre: CALICATA 08
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-15

Coordenada Este: 605.204
 Coordenada Norte: 9.264.062
 Cota: 11 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|---|-------------|--------------------|-------------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-08 | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | EXCAVABILIDAD | |
| | 0,50 | 0,50 | | | Arena de grano fino de origen eólico. | MEDIA | M-1 | |
| | 0,70 | 0,20 | | | Arena fina ligeramente compactada, presencia de sales y OXDs. | MALA | FACIL | |
| | 1,30 | 0,60 | | | Arena arcillosa, presencia de OXDs, zona de transición con material Salino (blancoquecino). | | | M-2 |
| | 4,00 | 2,70 | | | Arena arcillosa de color pardo verduzco, cementado con material salino. | | | M-3 M-4 M-5 |
| | | | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PROFUNDIDAD ALCANZADA | | NO SE DETECTA AGUA | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | | | | | |
| SULFATO: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | |
| | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | | | | | |
| SULFATO: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | |
| | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | | | | | |
| SULFATO: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | |
| | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 INALTERADA | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | | | | | |
| SULFATO: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | |
| | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-5 BLOQUE | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | | | | | |
| SULFATO: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | | | |
| | | | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD: | | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

Nombre: CALICATA 09
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: Cercano a AE-09

Coordenada Este: 603.732
 Coordenada Norte: 9.263.926
 Cota: 10 M.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|---|------------------|---------------|-----------------|----------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-09 | | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFÍA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,20 | 0,20 | | | Arena limosa de color marrón ligeramente cementada | MEDIA | | M-1 | |
| | 0,60 | 0,40 | | | Limo arenoso de color blanco a crema, material arcilloso hacia el piso. | FACIL | | M-2 | |
| | 1,20 | 0,60 | | | Arena arcillosa de color beige con presencia de OXDs. | | | M-3 | |
| | 1,40 | 0,20 | | | Arcilla de alta plasticidad de color verde azulado | | | M-4 | |
| | 2,20 | | | | Arena gruesa de color verde con presencia de conchas marinas, ambiente marino | | | M-5 | |
| 3,80 | 3,80 | 1,40 | | | | | | M-6 | |
| | | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-5 | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-6 | | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

Nombre: CALICATA 10
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-06

Coordenada Este: 603.102
 Coordenada Norte: 9.263.743
 Cota: 6 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|--|---------------------------|-----------------|----------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-10 | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,20 | 0,20 | | | Arena eólica con fragmentos de conchas marinas. | MEDIA | M-1 | |
| | 0,50 | 0,30 | | | Arena fina húmeda de color beige. | | | |
| | 0,90 | 0,40 | | | Arena algo arcillosa de coloración verde con conchas marinas | FACIL | M-2 | |
| | 1,30 | 0,40 | | | Arena de grano fina a media, lentes de arena arcillosa. Presenta lentes de arena arcillosa de color naranja (OXDs) | | | |
| | 2,90 | | | | Arena de color verde, niveles permeables en forma de lentes arenosos de donde se filtra el agua. | MALA | M-4 | |
| 3,40 | 3,40 | 2,10 | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

Nombre: CALICATA 11
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: AE-01

Coordenada Este: 602.084
 Coordenada Norte: 9.263.032
 Cota: 8 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|---|---------------------------|-----------------|----------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-11 | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,20 | 0,20 | | | Arena eólica | MEDIA | M-1 | |
| | 0,50 | 0,30 | | | Arena limosa de color beige | | M-2 | |
| | 0,90 | 0,40 | | | Arena limoarcillosa de color beige en contacto con arcilla de alta plasticidad de color verde azulada | | M-3 | |
| | 2,10 | 1,20 | | | Arcilla de alta plasticidad con niveles limosos de mediana plasticidad. | MALA | M-4 | |
| | 2,40 | | | | Arena de grano grueso con conchas marinas de color azul oscuro, ambiente marino. | | M-5 | |
| 3,20 | 3,20 | 1,10 | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FREÁTICO, nivel medido a dos días 0,80 cm. | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-2 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-3 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-4 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | | |
| MUESTRAS: | | | | M-5 | | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

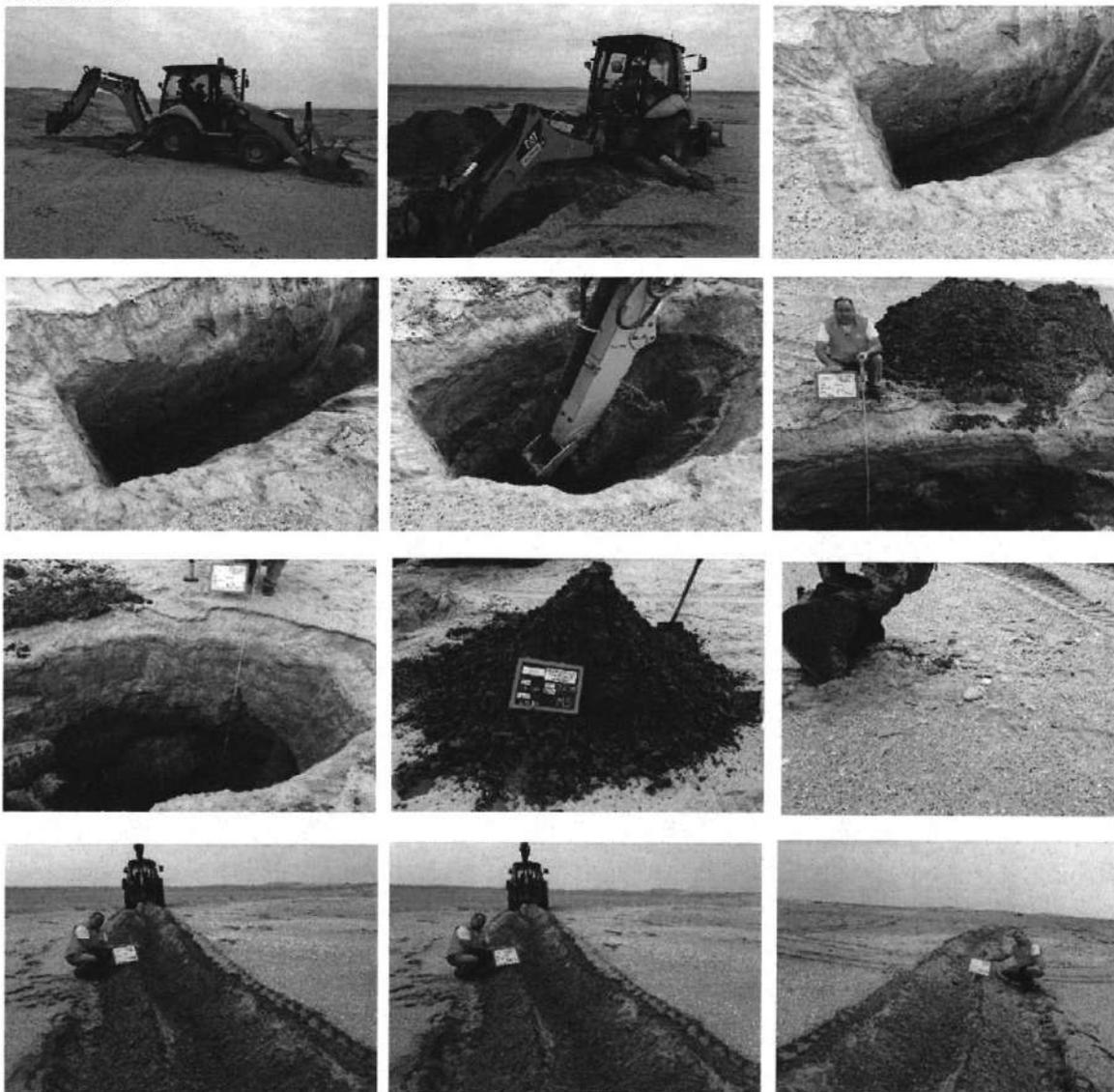
Nombre: CALICATA 12
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: Afloramientos Aluviales

Coordenada Este: 602.613
 Coordenada Norte: 9.262.478
 Cota: 11 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------------------|--|---|------------------|---------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-12 | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | EXCAVABILIDAD |
| | 0,45 | 0,45 | | | Arena eólica con presencia de restos vegetales | | |
| | 0,90 | 0,45 | | | Arena limosa de color beige, presencia de gravilla y niveles laminares de minerales máficos | | |
| | 1,70 | 0,80 | | | Arena limosa de color marrón con concreciones salinas (yeso) | | |
| | 3,00 | | | | Arena de grano grueso con conchas marinas de color azul oscuro, ambiente marino. | | |
| 3,80 | 3,80 | 2,10 | | | | | |
| | | | | | FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FRÉATICO. | | |
| MUESTRAS: | | | | M-1 | | | |
| CLASIFICACIÓN: | | | | LÍMITE LÍQUIDO: | | LÍMITE PLÁSTICO: | |
| SULFATO: | | | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD: | | | |

FOTOGRAFÍAS:





DESCRIPCIÓN DE CAMPO - RECONOCIMIENTOS GEOTÉCNICOS - PROYECTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE.

Nombre: CALICATA 13
 Fecha: jul-15
 Posición Relativa: Punto intermedio entre CM- 3 y SM-02

Coordenada Este: 605.292
 Coordenada Norte: 9.261.944
 Cota: 15 m.

Página: 1 DE 1

| CLIENTE | | | | SOWITEC | | | | | |
|---|--------------------|----------------|------------------|---|---|-------------|---------------|-----------------|----------------|
| OBRA | | | | CAMPAÑA GEOTÉCNICA PARA PROYCTO PARQUE EÓLICO MÓRROPE | | | | | |
| POBLACIÓN | | | | LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE - PERÚ | | | | | |
| FECHA EJECUCIÓN | | | | CALICATA C-13 | | | | | |
| ESCALA METROS | PROFUNDIDAD METROS | ESPESOR METROS | NIVEL GEOTÉCNICO | ESTRATIGRAFIA | DESCRIPCIÓN | ESTABILIDAD | EXCAVABILIDAD | TOMA DE MUESTRA | NIVEL FREÁTICO |
| | 0,10 | 0,10 | | | Arena eólica de color beige | MEDIA | FACIL | | |
| | 0,20 | 0,10 | | | Arena limosa de color beige. | | | | |
| | 0,90 | 0,70 | | | Arena limoarcillosa de color rojo a parda. | | | | |
| | 1,40 | 0,50 | | | Limo arcilloso de color verde a negro. | | | | |
| | 2,80 | | | | Arcilla de alta plasticidad de color negro a verde. | | | | |
| 4,00 | 4,00 | 2,60 | | | | | | | |
| FIN DE EXCAVACIÓN POR PRESENCIA DE NIVEL FRÉATICO. 02 días despues N.F. 1.20 | | | | | | | | | |

FOTOGRAFÍAS:





SIGA CONSULTORES S.A.

ANEJO 4
GEOFÍSICA



INFORME PRELIMINAR

INVESTIGACIÓN GEOFÍSICA DE MASW
PROYECTO "PARQUE EOLICO MORROPE"



Solicitado por:
SIGA INGENIERIA PERU.

Preparado por:
EGEA ANDINA, SAC.

ÍNDICE

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.0 | INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1. | <u>ANTECEDENTES</u> | 3 |
| 1.2. | <u>OBJETIVOS DEL ESTUDIO</u> | 3 |
| 1.3. | <u>UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO</u> | 3 |
| 1.4. | <u>PROGRAMA DE INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS</u> | 4 |
| 1.5. | <u>PERSONAL RESPONSABLE</u> | 5 |
| 2.0 | DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIO | 5 |
| 2.1 | <u>DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO MASW 1D</u> | 5 |
| 2.1.1 | <u>PARÁMETROS DINÁMICOS GENERALES</u> | 6 |
| 2.2 | <u>FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA PROSPECCIÓN ELÉCTRICA</u> | 8 |
| 2.2.1 | <u>RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (PA)</u> | 8 |
| 2.2.2 | <u>SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL - SEV</u> | 9 |
| 3.0 | EQUIPOS Y PARAMETROS DE LEVANTAMIENTO GEOFISICO | 10 |
| 3.1 | <u>EQUIPO DE MASW</u> | 10 |
| 3.2 | <u>EQUIPO DEL SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL (SEV)</u> | 11 |
| 3.1.1. | <u>PARÁMETROS DE SEV</u> | 12 |
| 4.0 | PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO DE CAMPO | 12 |
| 5.0 | CRITERIOS DE PROCESAMIENTO E INTERPRETACION | 13 |
| 5.1 | <u>MÉTODOS SÍSMICOS</u> | 13 |
| 5.1.1 | <u>ANÁLISIS DE REGISTROS Y CALIFICACIÓN DE DATOS</u> | 13 |
| 5.1.2 | <u>PROCESAMIENTO DE DATOS</u> | 14 |
| 5.1.3 | <u>INTERPRETACIÓN</u> | 14 |
| 5.2 | <u>ANÁLISIS Y CALIFICACION DE SONDAJES DE SEV</u> | 15 |
| 5.2.1 | <u>ANÁLISIS CALIFICACIÓN DE DATOS</u> | 15 |
| 5.2.2 | <u>PROCESAMIENTO DE DATOS</u> | 15 |
| 5.2.3 | <u>CONSIDERACIÓN DE INTERPRETACIÓN</u> | 15 |
| 5.3 | <u>PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</u> | 16 |
| 5.4 | <u>DESCRIPCIÓN DE ANEXOS</u> | 16 |
| 6.0 | DISCUSION DE RESULTADOS | 17 |
| 6.1. | <u>SECCION GEOELECTRICA</u> | 20 |
| 7.0 | CONCLUSIONES | 21 |
| 8.0 | RECOMENDACIONES | 22 |
| 9.0 | ANEXOS | 23 |
| 9.1 | <u>PLANO DE UBICACIÓN (PU-01 Y PU-02)</u> | 24 |
| 9.1.1 | <u>PERFILES DE CURVA DE DISPERSION</u> | 25 |
| 9.1.2 | <u>PARAMETROS SEUDO DINAMICOS</u> | 26 |
| 9.2 | <u>SONDAJE ELECTRICO VERTICAL – SEV: CURVAS Y PERFILES</u> | 27 |
| 9.3 | <u>ECUACIONES MATEMATICAS (PARAMETROS DINAMICOS)</u> | 28 |
| 9.4 | <u>TABLA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (NORMA IBC 2000 Y NEHRP)</u> | 30 |
| 9.5 | <u>TABLA DE VELOCIDADES (CATERPILLAR MATÉRIELS)</u> | 32 |
| 9.6 | <u>TABLA DE DENSIDADES (TELLFORD ET AL, 2001.)</u> | 34 |
| 9.7 | <u>TABLA DE RESISTIVIDADES TEORICOS</u> | 35 |
| 9.8 | <u>GALERIA DE FOTOS</u> | 38 |