INFORME TÉCNICO N°: 260/14

ASUNTO: HABILITACIÓN DE RELLENO PARA VIVIENDAS

INTERESADO: NIPPON KOEI LAC

FECHA: 13/08/2.014 MEMORIA DE INGENIERÍA

HABILITACIÓN DE RELLENO PARA VIVIENDAS

1- INTRODUCCION

La presente memoria de Ingeniería tiene por objeto presentar todas las evaluaciones y los estudios realizados con el fin de ejecutar el diseño del relleno de 3,2 Ha requerido para alojar las viviendas previstas en el marco del proyecto

de la ESSAP denominado: "Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de aguas residuales de Asunción y Área Metropolitana".

El sitio del proyecto se ubica en la margen derecha del arroyo Mburicao a unos 500 m antes de su desembocadura en el río Paraguay, adyacente a la ubicación de la futura Planta de Aguas Residuales, primera etapa de la ciudad de Asunción.

La Memoria de Ingeniería incluye: Por una parte, una recopilación de todos los antecedentes de dos obras ejecutadas con relleno refulado en ambientes muy similares al proyecto en estudio: Los cuáles son: El Refugio, que es un relleno que ha sido construido para alojar un grupo de viviendas para relocalización de una población afectada permanentemente por las periódicas inundaciones del río Paraguay en el Barrio R. Brugada de Asunción; proyecto que ha sido concebido dentro del Programa de Emergencia y Rehabilitación de Infraestructura, en el marco del Préstamo BID N° 1117/OC-PR, y la Costanera de Asunción, donde también se construyó un relleno refulado para alojar la avenida costanera de 3,8 km de longitud, que vincula la calle Gral. Santos con el Puerto de Asunción. Y, por otra parte, todos los estudios y análisis efectuados para el diseño del relleno propiamente con sus protecciones de los taludes correspondientes.

Estas citadas obras muy bien documentadas, constituyen valiosos antecedentes que en el presente caso permiten optimizar el diseño y todo el proceso que requiere inventariar las condiciones de fundación y los materiales de construcción a emplear.

- **GEOLOGIA**

El sitio del proyecto se ubica dentro de las denominadas unidades geomorfológicas: "Planicies Interiores" y "Cuenca Hidrológica del rio Paraguay" de la geología de Asunción (Palmieri y otros, 1982, geología, Mapa geológico de Asunción).

Esta unidad corresponden a depósitos cuaternarios bien caracterizados por sus similitudes litológicas con discontinuidades estratigráficas fácilmente identificables, que presentan importantes variaciones en los procesos de sedimentación, pudiéndose mejorar su descripción por sus discontinuidades antes que por los criterios relacionados al contenido litológico.

Unidad de Planicies:

Las planicies constituyen una vasta superficie rebajada, recubierta por sedimentos Cuaternarios cuya deposición no ha sufrido interrupción alguna.

Las características geomorfológicas de las planicies exhiben dos rasgos distintivos entre sí, las planicies propiamente dicha y las áreas de acumulación causadas por las inundaciones. La primera comprende las planicies fluviales o fluvio-lacustres y se encuentran íntimamente relacionadas al Río Paraguay y sus tributarios, mientras que las áreas de acumulación de las inundaciones se sitúan en posición interfluvial en relación al drenaje de mayor importancia.

Las planicies consisten en depósitos aluviales a lo largo de los valles con pendientes casi nulas y se caracterizan por presentar diques marginales, islas y lagunas pequeñas. La evolución de estas geoformas está relacionada principalmente a la actuación de factores externos, donde la dinámica fluvial tiene un papel preponderante. En los arroyos permanentes la morfología del canal depende de las crecidas anuales y de la declividad de la región, mientras que en los bañados y correderas, la morfología se relaciona con las descargas extremas o variables.

Unidad Cuenca Hidrológica Río Paraguay:

Esta unidad geomorfológica se extiende a lo largo del río Paraguay, desde las inmediaciones de Viñas Cué hasta Puerto Pabla, se presenta como una franja estrecha bordeando los contactos de facies arenosas e interpenetrados con las unidades de relieve residual de las unidades de terrazas de Asunción, limitando en la porción norte con las de facies areno limo arcillosas del bajo Chaco.

Esta franja de llanura exhibe como principal accidente topográfico, la vertiente del río Paraguay de dirección NESW y NW-SE, presentando en su margen izquierdo inflexiones originadas por meandros abandonados que dan lugar a la formación de lagunas y de albardones que las bordean. De ésta forma, resultan trechos más sinuosos, relacionados a un cierto control estructural y litológico. Comprende dos subunidades geomorfológicas, la bahía y las lagunas, localizadas en el sector NE y SW de las terrazas de Asunción.

Al noreste, la Bahía de Asunción es el principal componente morfológico juntamente con algunas geoformas menores tales como la laguna Pyta y la laguna Caracará, que presentan alteraciones laterales de albardones y esteros, que se caracterizan por constituir una zona anegadiza e inundable con la crecida del Río Paraguay, conocida comúnmente como Bañado Norte. A esta unidad geomorfológica corresponde el área de refugio proyectado en este trabajo.

Los materiales depositados corresponden a sedimentos aluviales recientes con espesores que llegan a los 27 metros (dato de un pozo artesiano realizado en el Club Nacional de Regatas El Mbiguá por la empresa Acquamaster en 1997), suprayacentes a los depósitos rojos de Asunción y comprende una secuencia areno silícea, limos y arcilla orgánicas.

Tanto la Cuenca Hidrológica del Río Paraguay como las subunidades definidas, bahías, lagunas y bañados, se encuentran en superficies de plenillanuras interpenetradas con las unidades de terrazas, forman corredores deprimidos entre las líneas perpendiculares al conjunto de los terrenos altos de Asunción, a su vez acompañando los bajos estructurales en forma de valles y que en otros casos se sobreponen a dichos altos estructurales emergiendo de ese modo relieves residuales a partir de los corredores deprimidos.

Las condiciones hidrodinámicas del Río Paraguay reflejan un ambiente de deposición y de sistemas de erosión que son interpretados como una inestabilidad del valle de la vertiente aluvial, revelando una migración del lecho o canal, asociados a la formación de cordones aluviales (albardones) constituyendo las terrazas discontinuas del río Paraguay resultantes de la profundización del canal.

Los resultados del análisis realizado para identificar y caracterizar los principales problemas relacionados al geoambiente, sobre la base del estudio de sus componentes geomorfológicos, geológicos, hidrológicos, geotécnicos, topográficos y climáticos, han servido para llegar a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a la caracterización geomorfológica, el medio físico del Área del Proyecto lo constituye la "Cuenca Hidrológica del Río Paraguay" y la "Unidad de Planicie", tal como se observa en el Mapa Geomorfológico indicado en la referencia.

- La planicie evidencia superficies básicamente con un gradiente topográfico plano, equivalente a una planillanura. La "Cuenca hidrológica río Paraguay" se manifiesta a través de los procesos erosivos y deposición de sedimentos fluviales recientes.

2- ANTECEDENTES

Dos obras de tierra construidas en las mismas unidades geomorfológicas, relativamente cerca del sitio del proyecto de la ESSAP, constituyen dos antecedentes extraordinariamente valiosos para el presente caso: el **Refugio**, y la **Costanera de Asunción**: ambas obras de tierra construidas con relleno hidráulico o refulado, sobre el estrato de suelo blando de las unidades geomorfológicas mencionadas, muy bien instrumentadas, auscultadas y documentadas, desde el inicio de construcción hasta el final de obra.

Dichas obras, por ser bien documentadas, permiten, en el caso presente, estimar con gran exactitud el módulo de deformación del estrato blando sobre el cual se apoyará el relleno de 3,2 Ha a ser construido en el marco del Proyecto de la ESSAP para alojar las viviendas para reasentamiento del programa denominado: "Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de aguas residuales de Asunción y Área Metropolitana".

Área del Refugio

El Área del Refugio es un relleno que ha sido construido para alojar un grupo de viviendas para relocalización de una población afectada permanentemente por las periódicas inundaciones del río Paraguay en el Barrio R. Brugada de Asunción.

Dicho proyecto ha sido concebido dentro del Programa de Emergencia y Rehabilitación de Infraestructura, en el marco del Préstamo BID N° 1117/OC-PR y proyectado por la firma Logos S.R.L., bajo la coordinación del Ing. César López Bosio.

Fue construido por el Consorcio Tecnoedil – ABH. Se inició en el año 2003 y fue finalizada en el año 2004.

Para la investigación geotécnica del subsuelo del Área del Refugio se realizaron mediante veinte (20) sondeos a percusión con realización de ensayos de SPT cada cincuenta centímetros y recuperación de muestras para ensayos de clasificación en laboratorio, cada uno de diez metros de profundidad. La distancia media entre sondeos varió entre 100 y 150 m, y fueron distribuidos de forma a proporcionar una información acabada sobre la totalidad del sitio a ser rellenado.

En los suelos en que fueron detectadas las arenas cementadas muy densas, se realizaron medidas de resistencia de penetración mediante el ensayo Np (Bosio, J.J., 1991).

Las evaluaciones sobre el subsuelo de la zona de relleno del Refugio, que bien valen presentar en esta oportunidad por su gran correlación con el proyecto en estudio, se resumen del siguiente modo (los perfiles de las perforaciones se presentan en Anexo 1, a los efectos comparativos con el presente caso):

En varios sondeos se registraron estratos de suelos orgánicos con espesores que varían entre un metro y medio y cuatro metros.

En otros sondeos se registraron escombros mezclados en su mayor parte con los suelos orgánicos, en espesores variables entre un metro y seis metros.
En la mayoría de los sondeos se registró un predominio de suelos finos en las zonas bajas (arcillo arenosos y arcillo limosos de mediana a baja plasticidad), en superficie y suelos granulares (arenas limosas), en las zonas altas (cercanías del barranco).

El relleno en el área del Refugio consistió en un relleno hidráulico o relleno de arena por refulado, que se ejecutó desde el terreno natural (entre cota 56 y cota 58) hasta la cota 64: un metro más de la máxima cota de la inundación histórica del rio Paraguay, registrada en Asunción el año 1983. Resultando un relleno entre 7 a 9 m de altura final medida luego de estabilizado el asentamiento de la fundación.

El relleno hidráulico o refulado aplicado, es un conjunto de procesos que incluye la explotación, transporte y deposición de un suelo arenoso desde un yacimiento determinado hasta el sitio de colocación, con auxilio del agua. La técnica de transporte del suelo consiste en el bombeo de una mezcla de agua y arena desde el yacimiento hasta el sitio de colocación acompañado de un conjunto de medidas adicionales que permiten lograr una compactación del suelo arenoso en el sitio.

Previéndose un asentamiento del orden de un metro del estrato blando de la fundación el coronamiento del relleno durante la construcción se incrementó en la cota 65 aproximadamente.

El relleno fue instrumentado con asentimetros (de superficie y de fondo) y piezómetros que registraron una deformación vertical de un metro del estrato blando de la fundación luego de un año y seis meses de finalizado el relleno.

En efecto, las mediciones efectuadas con esos instrumentos arrojaron finalmente un asentamiento total de la fundación de: 1,25 m en 19 meses en el Asentímetro N°2 y 0,92 m en 16 meses en el Asentímetro, N° 4.

Costanera de Asunción

Es una avenida de acceso de 3,8 km de longitud, que vincula la calle Gral. Santos con el Puerto de Asunción, cuya traza atraviesa la costa de la Bahía de Asunción, frente al Barrio Ricardo Brugada. La avenida costanera se desarrolla sobre un relleno hidráulico o refulado con un coronamiento de 40 m y taludes de 4H: 1V, albergando en la misma las dos vías y un paseo central.

El relleno hidráulico o refulado, en este caso se apoya sobre el terreno natural de la costa, cuya traza sigue el plano de inundación del río, dentro de las unidades geomorfológicas denominadas “Planicies Interiores” y “Cuenca Hidrológica del rio Paraguay”, de la geología de Asunción (Palmieri y otros, 1982, Geología, Mapa geológico de Asunción) ya descriptas anteriormente.

El relleno hidráulico de Costanera de Asunción, se asienta sobre un estrato típico de las citadas unidades geomorfológicas, citadas anteriormente, que corresponde a un suelo blando de unos 8 a 10 m de espesor.

El terreno natural se encuentra en general en la cota 56, variando en algunos tramos hasta al cota 58. El coronamiento, al igual que el del Refugio, se encuentra en la cota 64: un metro más de la máxima cota de la inundación histórica del rio Paraguay, registrada en Asunción el año 1983. Resultando un relleno en general de unos 8 a 9 m de altura apoyado sobre el estrato blando de unos 9 a 10 m de espesor.

Con el objeto de acelerar la deformación vertical del estrato de suelo blando de la fundación, en el proyecto de la Costanera de Asunción se optó por la ejecución de un tratamiento de la fundación consistente en la incorporación de unos drenes verticales en todo el espesor del suelo blando con el objetivo de acelerar el proceso de consolidación de la fundación. Los drenes consistieron en un sistema de dren geosintético prefabricados con separación de 2,20 m.

Estos drenes verticales son del tipo prefabricados, conformados por un núcleo de perfiles o canaletas de polipropileno encamisado con geotextil no tejido de alta resistencia. Los mismos fueron hincados en el terreno por medio de equipos especiales preparados para tal efecto y que permiten que el dren atraviese las diferentes capas del suelo blando, incluyendo una parte ya del terraplén cargado (alrededor de un metro), hasta llegar a las camadas inferiores blandas. Es decir hasta donde se requiere que penetre para permitir el alivio de la presión de poros de las capas de suelos blandos atravesadas y de este modo acelerar el proceso de consolidación. En el caso de este proyecto la profundidad de los drenes en general fue de 8 a 9 m.

Este mecanismo de incorporación de los drenes verticales en el suelo blando, al permitir la salida más rápida del agua del interior de la masa que está recibiendo la carga del relleno de arena, acelera el proceso de deformación de la fundación hasta la disipación total de las presiones de poros o presiones neutras, alcanzando la consolidación total de esa fundación en mucho menor tiempo que si no lo tuviera el dren vertical.

Con la incorporación del dren vertical con separación de 2,20 m, la deformación vertical total para la carga del relleno, fue de aproximadamente de un metro (1 m) en unos seis meses.

Se puede notar que en la Costanera de Asunción, donde se incorporaron los drenes verticales, la deformación total fue del orden de 1m a 1,20 m, muy similar al del Refugio, con la diferencia de que en este caso (con dren vertical) el tiempo de consolidación fue de seis meses, frente a los 18 meses en el Refugio (sin dren vertical), representando una tercera parte del tiempo con el mecanismo mencionado.

3- GEOTECNIA DEL SITIO

Se realizó una perforación en el sitio del proyecto, que presenta la siguiente estratigrafía:

- De 0,00 m hasta 3,80 m: Limo arcilloso, de baja compresibilidad, gris, con motas amarillentas. Índice de SPT, muy bajo de 1 a 4 golpes (muy blando).

- De 3,80 m hasta 6,00 m: Limo arcilloso, de baja compresibilidad, gris, con motas amarillentas. Índice de SPT, muy bajo de 1 a 2 golpes (muy blando).

- De 6,00 m hasta 11,00 m: Limo arcilloso, de baja compresibilidad, gris, con motas amarillentas. Índice de SPT entre 6 y 8 golpes

- De 11,00 a 11,45: Limo arenoso: Rechazo en el SPT, mayor a 50 golpes

- De 11,45 m a 13,45 m: Arena limosa, marrón amarillenta: Sigue el Rechazo en el SPT, mayor a 50 golpes

- El nivel freático, en el momento del estudio se encontraba a 1,5 m de profundidad, el cual, por el tipo de estratigrafía, tiene directa relación con la variación del nivel del rio.

Se presume que la misma estratigrafía se repite en otras áreas de las 3,2 Ha del sitio del proyecto, por su ubicación y su geología muy característico: con las unidades geomorfológicas: “Planicies Interiores” y “Cuenca Hidrológica del rio Paraguay”, ya mencionadas anteriormente.

Por lo tanto, a los efectos de estos estudios, la geotecnia del sitio es posible interpolar y extrapolar con la estratigrafías típicas del área del Refugio y de la Costanera de Asunción, ya descriptas.

En consecuencia, es posible presuponer, en el presente caso, una estratigrafía similar a la de esos proyectos, resultando, a los efectos del diseño de ingeniería del tratamiento de la fundación, un estrato blando de unos 8 m de espesor, que va a sufrir un asentamiento similar (de alrededor de un metro) por que las cargas serían de la misma magnitud.

En efecto, suponiendo una cota del terreno natural variable entre la cota 57 a 58, la cota final de coronamiento del relleno sería la 64, resultando una altura total del relleno de unos 7 m, al cual habrá que agregar un m, por el asentamiento total esperado por deformación vertical del estrato blando. Es decir que la altura final del relleno sería de unos 7 a 8m.

4- DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE LA FUNDACIÓN

Con motivo de la preparación del diseño de ingeniería del Área del Refugio, con justa apreciación, se indicaba la dificultad de tomar muestras inalteradas representativas del suelo blando de la fundación para realizar en el laboratorio los ensayos de consolidación, que represente la realidad y poder estimar la magnitud de los asentamientos y el tiempo de consolidación para la carga del relleno.

En los antecedentes de esos estudios se mencionaba que los suelos correspondientes al área de estudio poseen una gran heterogeneidad (forma parte de la propia génesis de estos suelos que se han formado por sucesivas deposiciones de material resultante de las avenidas del río y de los arroyos provenientes de la zona alta de la ciudad), que hace que se den lentes importantes de arcillas con lentes de arena, lo que dificulta mucho la recuperación de testigos a través de sondeos y calicatas y hace que el tallado de muestras para los ensayos de consolidación no condigan con el correspondiente a muestras para otros ensayos.

Decía el Informe Final del Área del Refugio, que la complejidad que resultaría de estimar los asentamientos con el método tradicional basado en determinaciones edométricas de los suelos plásticos, prácticamente descalificaría el procedimiento, recomendándose en consecuencia para este tipo de material, la estimación de los asentamientos por medio de la medición de asentimetros de placa tomando lecturas antes, durante y posteriores al relleno hidráulico.

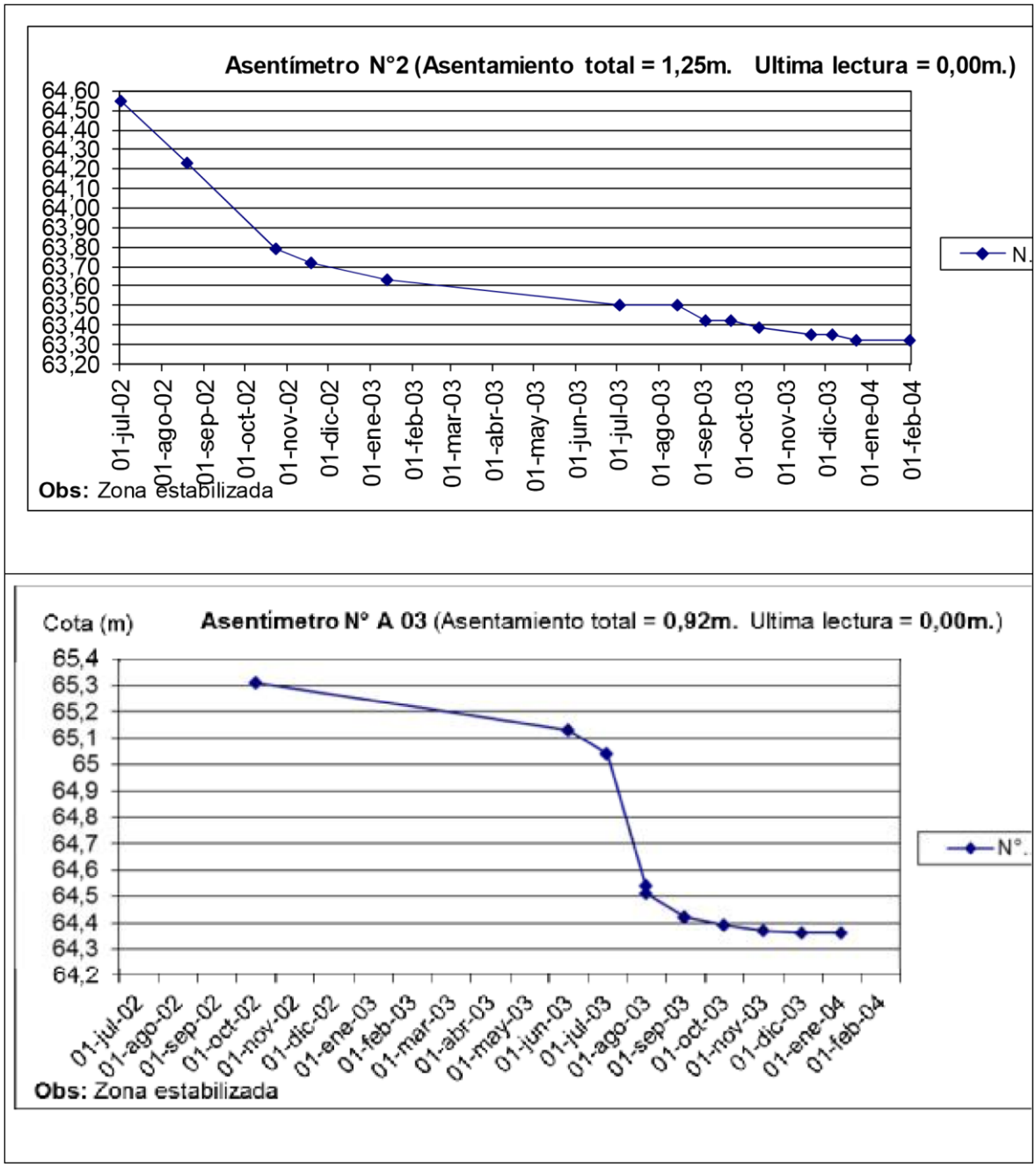
Para lo cual, decía el Informe, es altamente recomendable dedicar un sector del relleno para la observación instrumentada de los asentamientos, de forma a extrapolar los valores obtenidos y el tiempo necesario para la obtención de los mismos, con otros sectores donde se realizaría el relleno y que presentasen condiciones similares a la que se está encontrando en el área objeto de este estudio.

Los dos proyectos mencionados: Refugio y Costanera Asunción, por ser muy bien documentados, y donde se colocaron esas placas para auscultación, se midieron los asentamientos, los cuales proporcionan los módulos de deformación real, aplicables totalmente por similitud al proyecto en estudio.

En los gráficos siguientes se presentan los asentamientos representativos registrados en el Área del Refugio. El primero corresponde al Asentímetro N° 2 (placa de fondo), donde se ve claramente que la deformación total del suelo blando de la fundación es de 1,25 m en un tiempo de 18 meses, donde la presión total ya es igual a la presión efectiva, quedando ya trasferida la totalidad de la presión de poros a la presión efectiva.

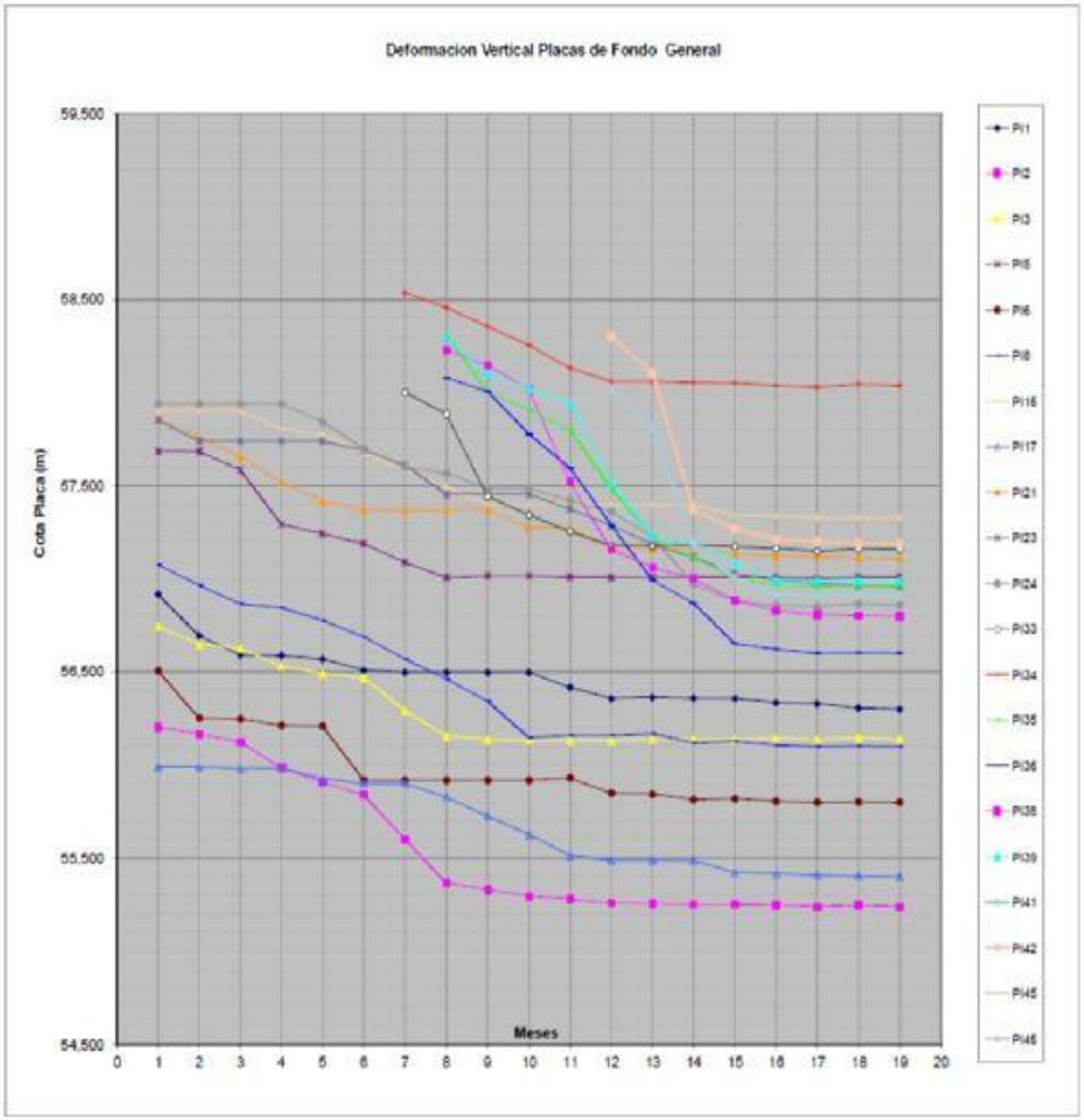
El segundo Asentímetro es el N°3, donde el asentamiento total medido fue de 0,92 m en un tiempo de 16 meses, tiempo en el que ya se produjo la estabilidad de la deformación vertical y se puede decir que el proceso de consolidación se terminó para la carga del relleno.

En el caso de la Costanera de Asunción con la instalación de los drenes verticales señalados para provocar la consolidación radial, la magnitud de los deformaciones verticales de la fundación son del mismo orden de magnitud que en el caso del Refugio, pero con tiempo de consolidación sustancialmente menor que aquél (la tercera parte). Los resultados de las mediciones realizadas también se presenta en el grafico correspondiente, donde puede verse que las placas de fondo de los asentímetros, registraron asentamientos que variaron entre 0,90 m a 1,20 m en un tiempo de seis a siete meses, tal los P12, P135, P136 y P139 (Informe de Control N° 22).



Asentamientos Área de Refugio (sin dren vertical)

Asentimetros de fondo (placas) instalados en la Costanera de Asunción, para medición de la deformación vertical del suelo blando de la fundación



Asentamientos Avenida Costanera (con dren vertical)

Consolidación:

En la consolidación unidimensional, la deformación vertical o asentamiento el módulo de deformación o módulo edométrico es la deformación unitaria vertical para una carga determinada E está dada por la expresión: $E=\Delta\sigma (1+e^o)/\Delta e$

Donde:

e^o es la relación de vacíos inicial

Δe es el incremento de la relación de vacíos

$\Delta\sigma$ es la carga aplicada

Del mismo modo, el coeficiente de compresibilidad volumétrica está dada por la expresión: $mv= \Delta e/\Delta\sigma (1+e^o)=\Delta H/\Delta\sigma H$

En el caso de una deformación de la fundación blanda de 9 m para una carga de 9 m de terraplén, para un asentamiento total de 1,25 m, el módulo de deformación o módulo edométrico seria de:

La densidad de la arena del relleno se estima en 1,85 t/m3,

La carga $\Delta\sigma$ para 9 m seria: 16,70 t/m

El módulo de deformación sería de: $E=1/mv= \Delta\sigma H/\Delta H$

E=120 t/m2

Deformación total vertical esperada en Essap:

Si tomamos este valor de módulo de deformación para un estrato blando de unos 7 m, para una carga de 7 m de relleno, la deformación esperada seria de en el caso del relleno de la ESSAP sería de 0,72 m.

Si tomamos un estrato de suelo blando de 8 m para una carga de 7 m de relleno, la deformación vertical sería de 0,83 m.

S i tomamos un estrato de suelo blando de 8m, para una carga de relleno de 8m, la deformación vertical sería de 0,95m

Se espera un deformación vertical entre 0,72 m a 0,95 m

Tiempo de consolidación:

El tiempo de consolidación variará en función al tipo de tratamiento a ser efectuado. Si se adopta la colocación del dren vertical con separación de 2,20 m se puede estimar el tiempo de consolidación de seis meses.

En caso de no adoptarse ningún tratamiento de fundación para generar la consolidación radial, el tiempo de consolidación sería de diez y ocho (18) meses.

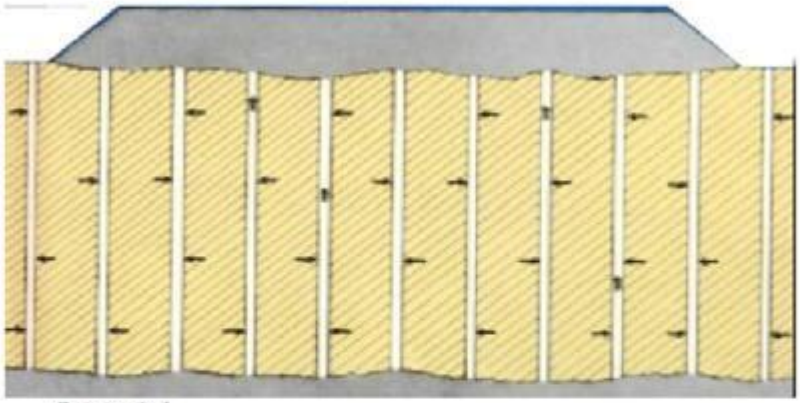
De adoptarse el tratamiento de la fundación por medio de drenes verticales en toda la profundidad del estrato blando, con separación de 2,20 m, el tiempo de consolidación puede ocurrir en seis (6) meses.

Drenes verticales-Consolidación radial

Teniendo en cuenta todo lo expresado anteriormente, se recomienda la instalación de los drenes verticales en todo el espesor del suelo blando sobre el cual se apoyara el relleno para permitir la consolidación radial. La separación entre los drenes sería de 2,20 m a instalar en disposición a “Tres bolillo” como se indica en las figuras siguientes:

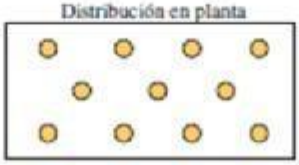
Procedimientos para acelerar la consolidación de los suelos

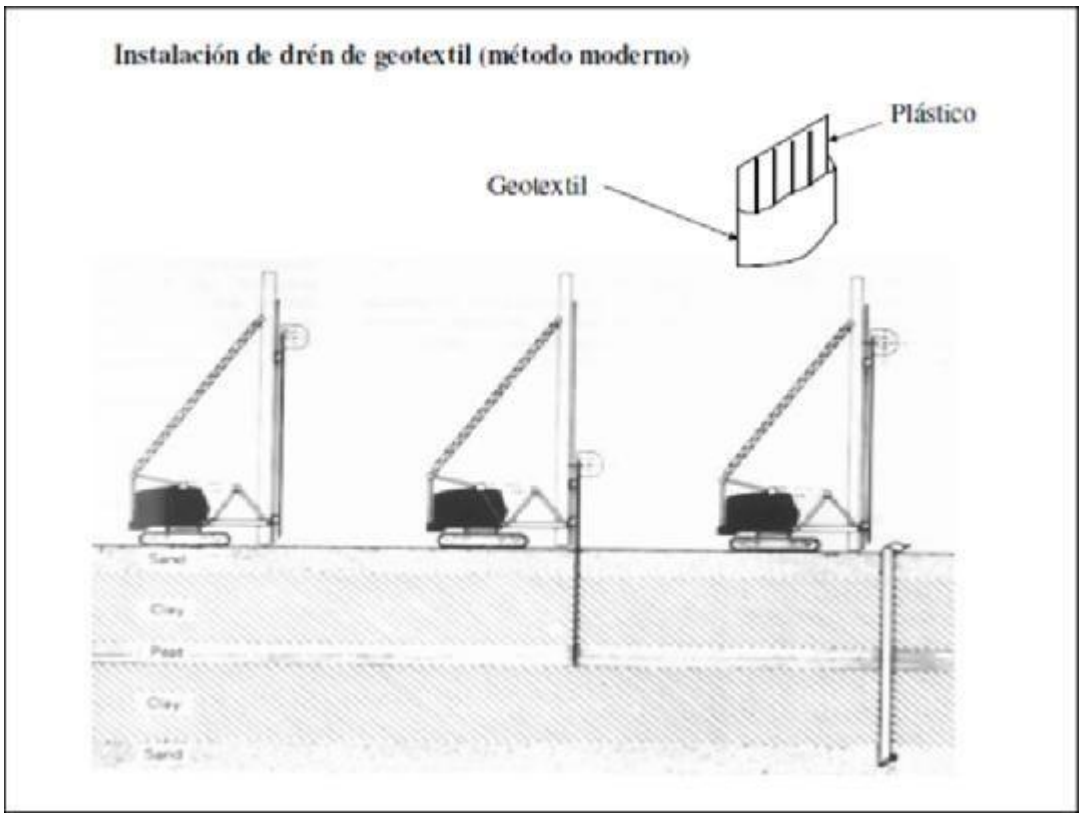
1) Consolidación radial mediante drenes verticales

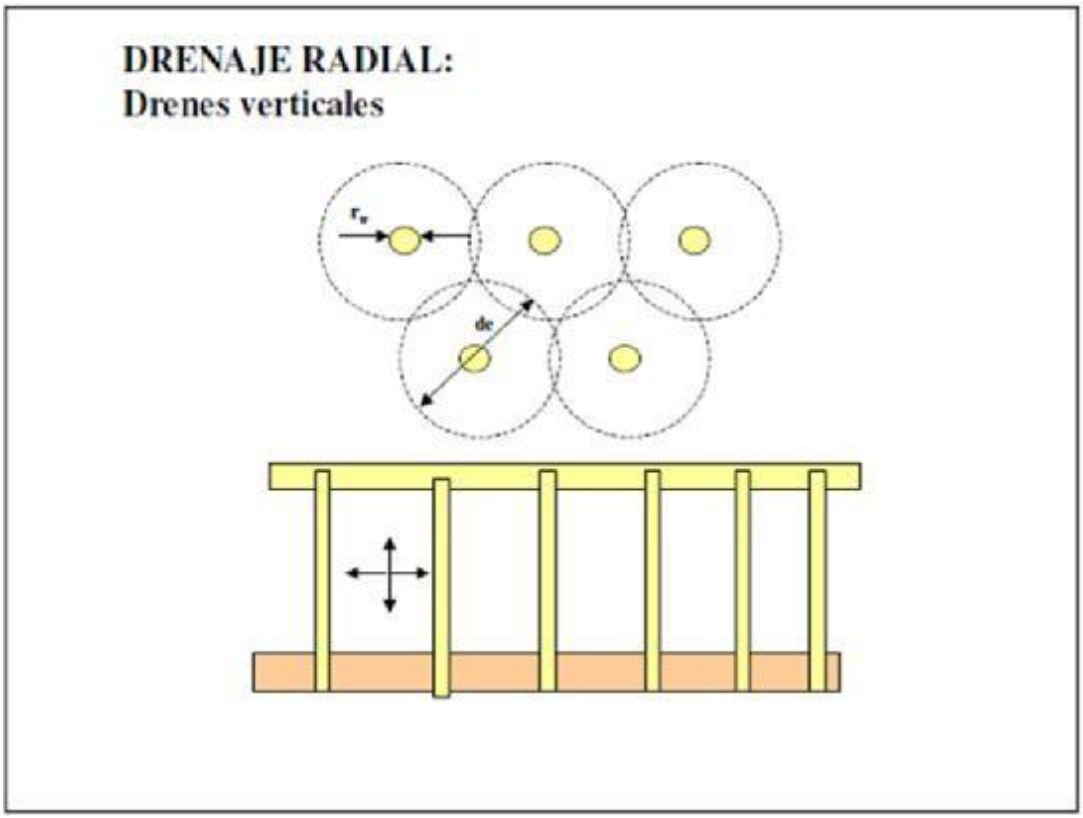


Corte vertical

Distribución en planta




Instalación de drén de geotextil (método moderno)
Plástico
Geotextil
Sand
Clay
Peat
Clay
Sand



La profundidad estimada promedio sería de unos 9m, incluyendo la porción de terraplén ya colocado (Un metro), que se utiliza como plataforma de instalación.

El dren vertical propuesto es similar al utilizado en la Costanera de Asunción, el cual debe cumplir con los siguientes requerimientos:

Geodren o Dren Compuesto, a ser hincado en el terreno, deberá estar conformado por un núcleo drenante de polipropileno y encamisado de geotextil no tejido de alta resistencia. Las características mínimas que deben reunir el Geodren son las siguientes:

Núcleo, de polipropileno de alta resistencia a la tracción, igual o superior a 11 KN/m.

Camisa, geotextil no tejido de alta resistencia y dureza.

Alta permeabilidad del sistema, mínimo a 100 mm: 2 x 10e-4 m/s.

Ancho mínimo: 7 cm

Espesor mínimo: 5 mm

5- RELLENO HIRAULLICO O REFULADO

Siguiendo el mismo proceso de construcción del relleno en el área del Refugio como en el de la Costanera de Asunción, donde el relleno colocado fue del tipo refulado, en el presente caso también se adopta el mismo tipo de relleno por la ubicación de importantes yacimientos (bancos) de arena en el río Paraguay, cerca del sitio del proyecto, que sería más económico que cualquier otro tipo de relleno convencional, que requeriría una distancia de transporte no menor a 20 km.

Recordemos que relleno hidráulico o refulado es un conjunto de procesos que incluye la explotación, transporte y deposición de un suelo arenoso desde un yacimiento determinado hasta el sitio de colocación, con auxilio del agua.

La técnica de transporte del suelo consiste en el bombeo de una mezcla de agua y arena desde el yacimiento hasta el sitio de colocación acompañado de un conjunto de medidas adicionales que permiten lograr una compactación del suelo arenoso en el sitio.

Al respecto la experiencia acumulada en la colocación de este tipo de relleno en las dos obras tomadas como antecedentes, permite fijar con claridad en el diseño los procesos constructivos necesarios para colocar con éxito el relleno.

Las especificaciones técnicas constructivas a aplicar serían similares a las adoptadas en dichas obras, pero con la incorporación de medidas específicas complementarias como resultados de importantes lecciones aprendidas en todo el proceso de construcción de esas obras.

Las características de la arena del río Paraguay ubicada en el área donde se puede obtener el material para el refulado son muy conocidas. En general los ensayos de laboratorio efectuados sobre las arenas obtenidas del canal del Río Paraguay para las obras citadas anteriormente indican:

Granulometría completa:

La curva granulométrica obtenida corresponde a una arena fina a media ligeramente limosa (SP-SM) con diámetros efectivos:

D60 = 0,38; D30 = 0,22 y D10 = 0,16.

Porcentaje de finos pasa tamiz N° 200 son mayores a 5% pero menores al 12%. Es decir que son arenas finas mal graduadas con algún contenido de finos que pasan el tamiz N°200, pero que durante el proceso de colocación de la hidromezcla, de acuerdo a la experiencia acumulada, esos finos se irán lavando , para lo cual se adoptarán las medidas adecuadas constructivas correspondientes, ya sea colocando salidas laterales del flujo .

La pendiente de los taludes del refulado también se adopta en 4H: 1V (4 Horizontal: 1 Vertical), similar a la adoptada en el Refugio y la Costanera de Asunción, que resultaron ser estables en todo el proceso de construcción de la obra. Esta pendiente suave, es gobernada por la estabilidad del suelo blando de la fundación, que debe permitir una deformación lenta de la misma, sin colapso, en todo el proceso de colocación del relleno.

Por tales circunstancias, el relleno refulado deberá ser colocado en capas, repartidas cada una de ellas uniformemente en toda la superficie del área de apoyo, sin generar cargas puntuales que pueda poner en peligro la estabilidad del relleno, ínterin se inicien los procesos de consolidación que a su vez irá generando sucesivos incrementos de la resistencia al corte de la fundación a medida que las presiones de poros sea transferidas a las presiones efectivas.

Este aspecto es muy importante, que se indicará claramente en las especificaciones constructivas.

Como antecedente de los análisis de estabilidad realizados en las mencionadas obras se cita y se toma como referencia los análisis de estabilidad realizados en la Universidad de San Pablo bajo la dirección del Profesor Dr. Ing. Paulo Teixeira da Cruz, asesor contratado de dicho proyecto. Y que llevaron a la adopción de la pendiente en 4H: 1V (4 Horizontal: 1 Vertical)

El programa utilizado por el Dr Cruz fue el STABL5M de la Universidad de Purdue que ofrece grandes recursos de simulación y de condiciones del macizo y del talud. Las hipótesis analizadas fueron con niveles freáticos correspondientes a las cotas +56 (río bajo), +58 (río medio) y +63 (río alto) para taludes con inclinación 1V 4.5 H y 1V 3.5 H para tres tipos de suelos con espesores de tres metros cada uno: arcillas blandas a medias (2a), arenas finas limosas (2b) y arenas finas muy sueltas (2C).

En el caso presente de los estudios, una vez obtenidas mayor información del suelo blando de la fundación se realizarán los análisis de estabilidad correspondientes a los efectos de la verificación de estabilidad del relleno y su fundación,

6- ENROCADO AL PIE DEL RELLENO - Pedralén

Una cuestión importante durante la construcción y en el largo plazo de operación de las obras es la protección del pie del relleno.

Esta protección del relleno refulado se recomienda que sea de enrocado o pedraplén proveniente de canteras industriales de piedras basálticas o de areniscas, que son explotadas para obras viales y construcciones en general. El enrocado a ser utilizado sería el producto directo de la voladura en cantera sin previo procesamiento, con tamaño máximo de 0,40 a 0,50 m.

Además de sus funciones de protección del pie del relleno, el pedraplén o enrocado fija inicialmente el perímetro del relleno y evita de este modo el refulado libre y pérdida durante el proceso inicial de una gran cantidad de material arenoso que sale de la hidromezcla. Como el enrocado es altamente permeable, solo confina en el perímetro la arena de la hidromezcla dejando pasar en el flujo el agua y los finos menores a 75 micrones favoreciendo la compactación.

Para mantener confinada siempre la arena en el talud interno del enrocado, es conveniente, colocar en el mismo un geotextil no tejido de alta resistencia como el de 300 gr/m2, o un filtro granular adecuado.

El ancho de coronamiento es fijado exclusivamente por razones constructivas y en este sentido un ancho de 4 m ya es adecuado y permite su colocación sin inconveniente con los equipos mecánicos convencionales de movimientos de tierra (topadoras, retroexcavadoras y volquetes). La altura también se fija por razones constructivas de modo que una vez conformadas las primeras capas de refulado, se pueda continuar la colocación en altura del relleno sin inconvenientes y sin necesidad de este mecanismo de proyección de pie. Una altura inicial de un (1) metro ya sería más que suficiente para lograr una buena protección del pie y conformación del perímetro. El talud del enrocado sería de 1,5 H: 1 V. que a su vez quedará en parte sumergido y en parte por encima del nivel de agua dependiendo de la crecida del río.

Este mismo sistema de protección con enrocado de pie se ha utilizado con éxito en el relleno del Refugio, mencionado como antecedente de este proyecto. Asimismo, este sistema de protección perimetral de pie de talud de las ataguías de construcción de la presa de Yacyretá se ha utilizado con éxito en la isla Yacyretá, además de otros antecedentes similares en el mundo.

7- PROTECCION DE TALUDES

Un relleno de arena como el recomendado, es muy importante que esa protegido para mantener su integridad en el largo plazo.

Una experiencia valiosa como antecedentes de protección vegetal de un talud de relleno de arena constituye la presa de tierra de Yacyreta en un tramo de 20 km en el sector de la isla Yacyretá, en el talud de aguas debajo de la presa. Esta misma experiencia ha sido utilizada en la Costanera de Asunción.

La protección vegetal se refiere a la colocación inicial en el talud de una capa de suelo con materia orgánica de 0,15 m de espesor sobre el cual se siembra por semillado una variedad de pasto que por sus rusticidad y adaptación a las condiciones ambientales de la región resulta ser el brachiaria decumbens, variedad originaria de África e introducido al Paraguay desde el Brasil para uso forrajero.

Esta protección se realzaría en todo el talud del relleno en la totalidad de su perímetro, desde el coronamiento del enrocado de pie hasta el coronamiento del relleno.

8- AUSCULTACIÓN

Como en las demás obras ya citadas como antecedentes, es importante documentar el proceso de colocación del relleno, la deformación vertical del estrato de suelo de la fundación, la disipación de presiones de poros en la misma, y su operación a largo plazo, para lo cual se deberá aucultar la obra desde el mismo inicio de construcción.

Los instrumentos de auscultación básicamente consistirán en asentimetros de fondo (placa) para medir la deformación o asentamiento de la fundación, piezómetros tipo Casagrande a ser instalados en las capas arcillosas del estrato blando de la fundación para medir la transferencia de presiones de poros a presiones efectivas, y asentimetros superficiales a ser colocados en el coronamiento del relleno para medir algún asentamiento que pueden producirse en el largo plazo.

Los distintos tipos de instrumentos citados se indican en los planos respectivos.

9- CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

El control de calidad durante la construcción es muy importante para asegurar de que las obras se construyan de acuerdo a los criterios establecidos en el diseño y a las especificaciones técnicas constructivas.

En primer lugar es importante establecer las condiciones que deben reunir el terreno natural antes de la colocación del relleno y luego relizar un control de calidad de colocación del relleno conforme se indica en las especificaciones técnicas.

En relación a las condiciones requeridas del terreno natural para la colocación del relleno refulado, no se considera recomendable la remoción de la maleza (pasto y vegetación baja) que recubre el área a ser rellenada por generar un efecto benéfico de cohesión. Se recomienda no obstante que los arbustos y árboles de más de un metro de altura, sean talados a ras de superficie o a nivel del pelo de agua, dependiendo de las condiciones en que se encuentre el agua del río en el momento de la realización de la obra, extrayendo los gajos y ramas fuera del recinto a ser rellenado.

En cuanto al control de calidad de compactación de la arena del refulado, es importante que sea colocado en capas no superiores a 1,00 m y su grado de compactación cumpla con el 65% de densidad relativa, donde la densidad máxima y mínima deberá ser controlada con aplicación de las normas ASTM

Densidad relativa: Define el estado de compactación de un suelo arenoso y está dado por la expresión.

$$\gamma_{max} \qquad \gamma_d - \gamma_{min}$$

$$DR = \frac{\gamma_d}{\gamma_{max} - \gamma_{min}} \times \frac{\gamma_d}{\gamma_d}$$

En rellenos hidráulicos, este valor debe ser igual o mayor a 65%.

Donde:

γ_d = Densidad seca del relleno compactado in situ. γ_{min} = Densidad mínima específica seca (arena en estado más suelto). γ_{max} = Densidad máxima específica seca (arena en el estado más denso).

Observación: En el caso de arenas homogéneas, basta definir en laboratorio los valores de γ_{min} y γ_{max} y calcular γ_d para obtener DR = 65%, en el sitio del relleno hidráulico.

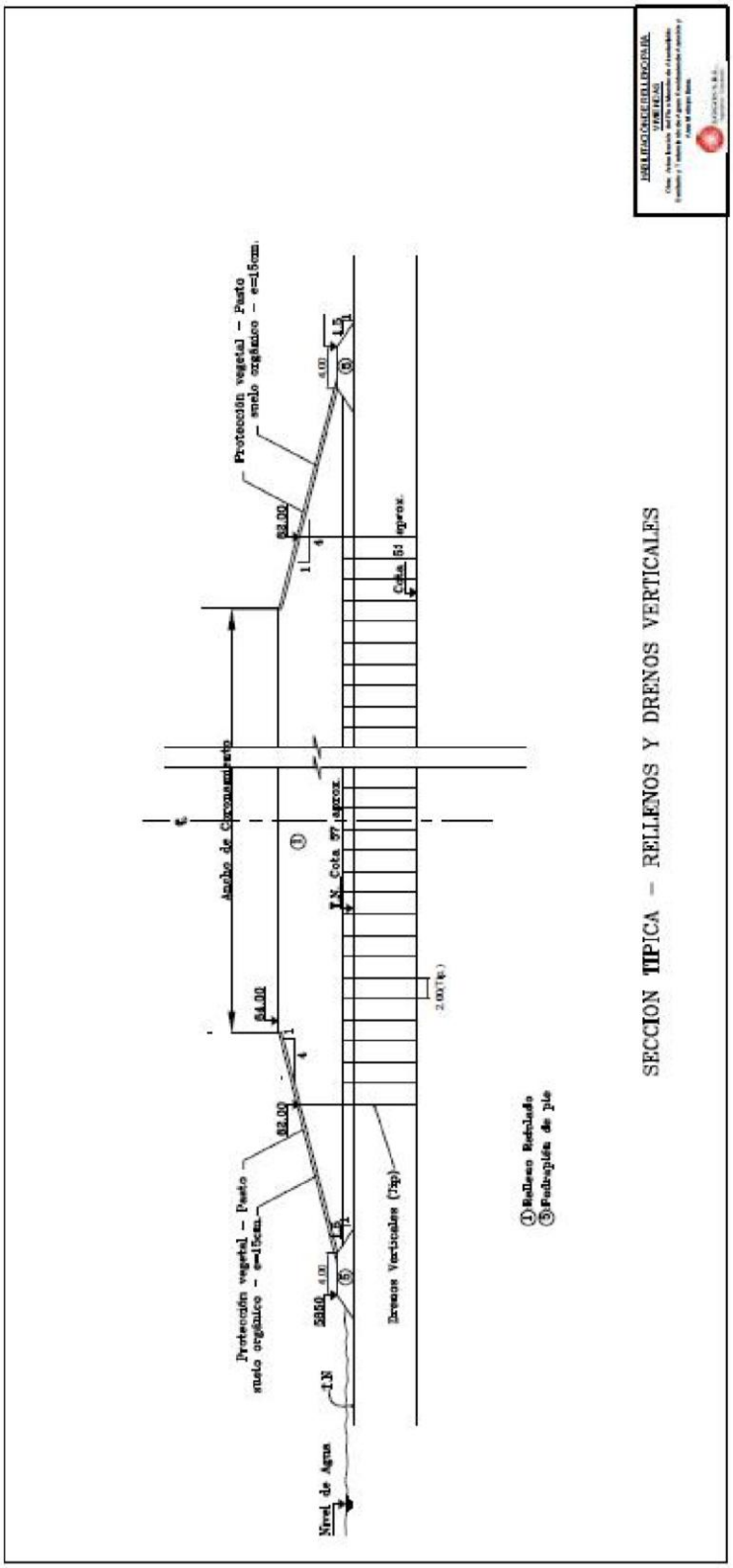
La densidad seca del suelo γ_d deberá ser obtenida in situ, luego de completado el relleno, por medio del ensayo ASTM D 1556

La densidad máxima seca del suelo γ_{max} deberá ser obtenida en laboratorio por medio de la mesa vibratoria, por aplicación de la norma ASTM D D4253 (Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table)

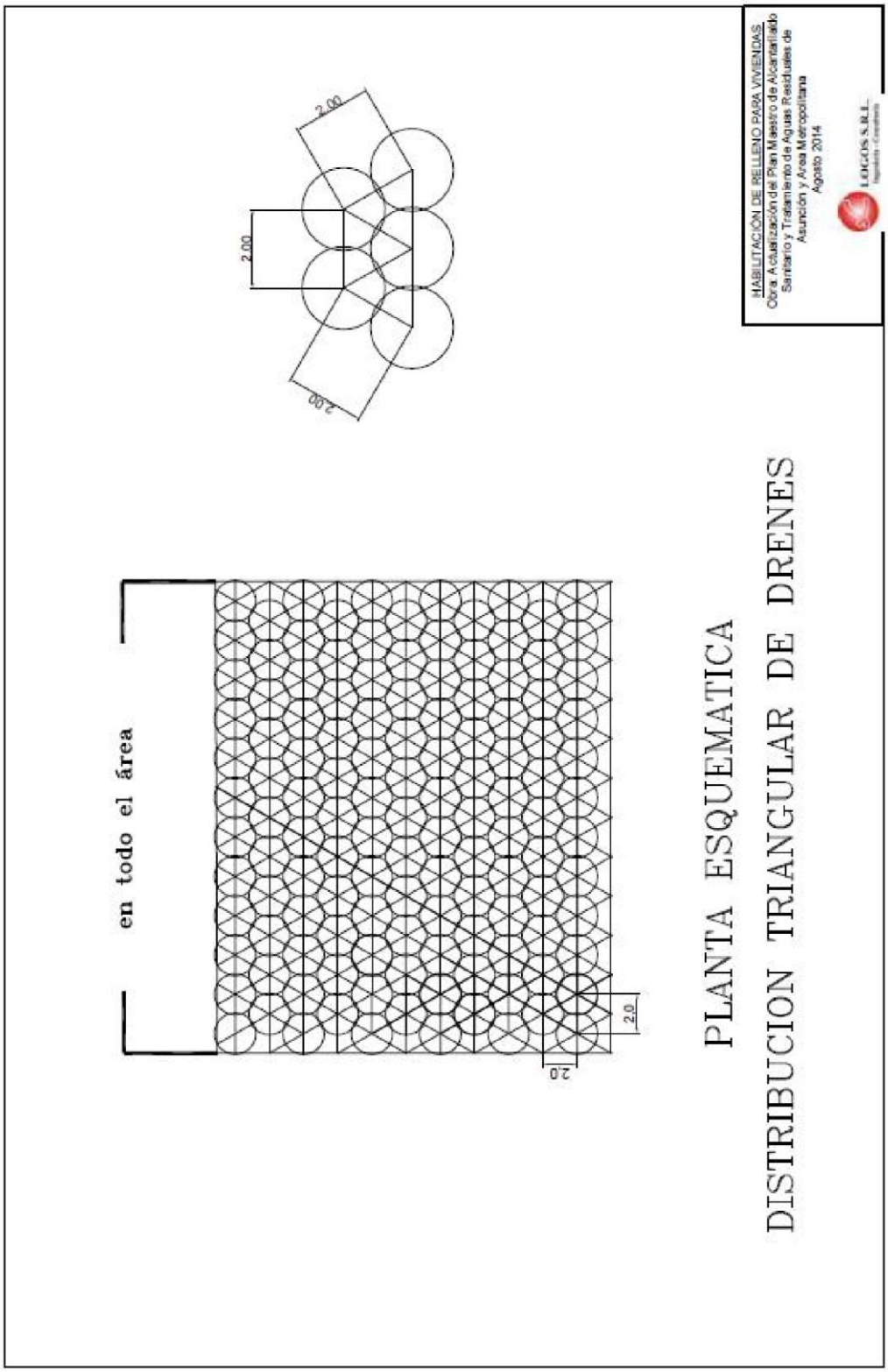
La densidad mínima seca del suelo γ_{min} deberá ser obtenida en laboratorio en el estado más suelto, por medio del ensayo ASTM D4254 (Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density)

El Control de la densidad relativa deberá ser realizado en tres puntos por lo menos de cada capa colocada en un área máxima de 5.000 m2 (dos ensayos por capa por cada hectárea de relleno colocado.

Se podrá aplicar también otros controles indirectos de densidad relativa con el empleo de Cono Dinámico Tipo CTPU empleado en el control de compactación del relleno de la Costanera de Asunción o con el Penetrómetro Dinámico Ligero de Cono (DCP). Estos dos últimos deberán correlacionarse con el ensayo de SPT donde en todos los casos el índice N de SPT debe ser mayor a 25 golpes por cada 0,30 m. Igualmente se puede correlacionar estos ensayos realizando una prueba in situ en los sitios donde previamente se ha controlado la densidad relativa con el procedimiento indicado anteriormente (ASTM 1556, ASTM 4253 y ASTM 4254).



SECCION TIPICA – RELLENOS Y DRENOS VERTICALES


HABILITACIÓN DE RELLENO PARA VIVIENDAS
Obra: Actualización del Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario y Tratamiento de Aguas Residuales de Asunción y Área Metropolitana
Agosto 2014
LOGOS S.R.L.
2.00
2.00
2.00
en todo el área
2.0
2.0
PLANTA ESQUEMATICA
DISTRIBUCION TRIANGULAR DE DRENES

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

HABILITACIÓN DE RELLENO PARA VIVIENDAS

1. TERRAPLEN POR REFULADO

1.01 DESCRIPCION

Las tareas a realizar de acuerdo a estas Especificaciones consisten en el suministro de la mano de obra, materiales, equipos, cañerías y la ejecución de todos los trabajos para la extracción, transporte, colocación y control de materiales en terraplenes por el sistema de refulado conforme a estas Especificaciones, como se señalan en los planos del proyecto y según las indicaciones de la Fiscalización.

1.02 DEFINICIONES

Se aplicarán las siguientes definiciones a los trabajos a ser efectuados de acuerdo a las presentes Especificaciones:

- Hidromecanización: Conjunto de procesos que incluyen la explotación, transporte y disposición de un suelo en un área predeterminada con auxilio de agua.
- Rellenos hidráulicos: Aquellos rellenos construidos por medio del proceso de hidromecanización, materiales, suelos y arenas, para la construcción de los terraplenes son extraídos, transportados y colocados por medios hidrodinámicos.
- Hidromezcla: Mezcla de suelo y agua transportada y depositada en el sitio de disposición del relleno hidráulico.
- Diques o espaldones: Estructuras de suelo para resistir el empuje de las tierras o de las aguas.
- Talud: Pendiente de los paramentos de los diques o espaldones, medidos en la horizontal (H) a vertical (V).
- Piscina: Sector del recinto del relleno en el cual se recolecta la fracción de la hidromezcla, considerada no apta como material de relleno.
- Sumidero: Elemento constructivo destinado a la evacuación del agua y materiales muy finos, sobrantes del refulado.
- Recinto del relleno: Sitio limitado o no por espaldones, donde se deposita la hidromezcla.

- Concentración de la hidromezcla (Cv): Relación entre el volumen de sólidos sedimentados y el volumen de agua sobre yacente a los mismos. Esta concentración no deberá ser superior al 25%.

En cuanto al control de calidad de compactación de la arena del refulado, elrelleno deberá ser colocado en capas no superiores a 1,00 m y su grado de compactación cumpla como mínimo con el 65% de densidad relativa, donde la densidad máxima y mínima deberá ser controlada con aplicación de las normas ASTM D 2049 69 "Relative Density of Cohesionsless Soils"

Densidad relativa: Define el estado de compactación de un suelo arenoso y está dado por la expresión.

$$DR = \frac{\gamma_{max}}{\gamma_d} \times \frac{\gamma_d - \gamma_{min}}{\gamma_{max} - \gamma_{min}} \times 100$$

Este valor de DR debe ser igual o mayor a 65%.

Donde:

γ_d = Densidad seca del relleno compactado in situ. γ_{min} = Densidad mínima específica seca (arena en estado más suelto). γ_{max} = Densidad máxima específica seca (arena en el estado más denso).

Observación: En el caso de arenas homogéneas, basta definir en laboratorio los valores de γ_{min} y γ_{max} y calcular γ_d para obtener DR = 65%, en el sitio del relleno hidráulico.

La densidad relativa deberá ser determinada con aplicación de la Norma ASTM D 2049 69 "Relative Density of Cohesionsles Soils", o la norma Chilena coincidente con aquél.

La densidad seca del suelo γ_d deberá ser obtenida in situ, luego de completado el relleno, por medio del ensayo ASTM D 1556 (Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method).

La densidad máxima seca del suelo γ_{max} deberá ser obtenida en laboratorio por medio de la mesa vibratoria, por aplicación de la norma ASTM D D4253 (Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table).

La densidad mínima seca del suelo γ_{min} deberá ser obtenida en laboratorio en el estado más suelto, por medio del ensayo ASTM D4254 (Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density).
El Control de la densidad relativa deberá ser realizado en tres puntos por lo menos de cada capa colocada en un área máxima de 5.000 m2 (dos ensayos por capa por cada hectárea de relleno colocado.

Se podrá aplicar también otros controles indirectos de densidad relativa con el empleo de Cono Dinámico Tipo CTPU empleado en el control de compactación del relleno de la Costanera de Asunción o con el Penetrómetro Dinámico Ligero de Cono (DCP). Estos dos últimos deberán correlacionarse con el ensayo de SPT donde en todos los casos el índice N de SPT debe ser mayor a 25 golpes por cada 0,30 m. Igualmente se puede correlacionar estos ensayos realizando una prueba in situ en los sitios donde previamente se ha controlado la densidad relativa con el procedimiento indicado anteriormente (ASTM 1556, ASTM 4253 y ASTM 4254).

- Refulado: Proceso tecnológico que garantiza la recepción de la Hidromezcla en los lugares de trabajo, la separación de la misma en fracciones de suelo de tamaños mayores de 0,074 mm, la colocación de dichas fracciones dentro de los límites del relleno y la evacuación del agua de refulado con suelos menores de 0,074 mm fuera de los límites del mismo.

- Refulado contenido: Proceso tecnológico de colocación de suelo sobre los recintos de refulado limitados por los terraplenes de contención siendo evacuada el agua de refulado por medio del sistema de desagüe.

- Refulado unilateral: proceso tecnológico de colocación de suelo donde el movimiento de la hidromezcla, se efectúa por uno de los costados abiertos del terraplén, mientras que los demás costados –como mínimo uno- tienen por cierre el terraplén de contención.

- Refulado libre: Proceso tecnológico de colocación de suelo donde el movimiento de la hidromezcla, en la zona de escurrimiento, no es limitada y la precipitación de las partículas de suelo se produce debido a las pérdidas de energía en el fluido de la hidromezcla a medida que esta se desplaza desde la cañería hacia la periferia.

- Agua de Refulado: Componente líquido de la hidromezcla aspirada por la draga junto con el suelo, asegurando así el transporte de este por cañería y su colocación, con densidad establecida, en el terraplén.

- Terraplén de Contención: Elemento constructivo cuya función es limitar la zona de refulado; como regla general, los terraplenes de contención se hacen con suelo refulado de las capas anteriores. El terraplén de contención inicial, se ejecutará con los suelos locales de la fundación de la obra, o con suelo extraído de otras zonas. En este caso deberá estar ubicado fuera del perfil de la obra básica, dado que el suelo no es material apto para la construcción de la misma.

- Pozo Vertedero: Elemento constructivo que garantiza la evacuación del agua de refulado, de depositar las partículas de suelos mayores de 0,074 mm, fuera del terraplén y que permite regular el contenido de suelos limosos y arcillosos en el agua.
- Tablero de Pozos Vertederos: Elemento constructivo que garantizará la posibilidad de regular el nivel de agua en el estanque dinámico en conformidad con el porcentaje aceptable de partículas menores a 0,074 mm según lo específica el proyecto.

- Estanque dinámico: Zona central de la obra básica en la cual se produce el desplazamiento del agua de refulado que contiene partículas de arena, limo y arcillas del suelo, desde la cañería de refulado hasta el pozo vertedero, nunca debe sobrepasar los límites de tercio central del ancho del recinto de refulado.

- Zona Estanca: Descenso local de la superficie refulada, aislada de la superficie de desagüe, donde pueden concentrarse los suelos finos. Como regla general la formación de las zonas estancas es producto de deficiente ejecución de terraplén.

- Tableros Deflectores: Elementos constructivos portátiles de madera que se aplican durante el refulado, para guiar el flujo de la hidromezcla hacia la zona del estanque dinámico y proteger los terraplenes de contención contra la erosión.

- Cañería Principal: Conductos de caños por el cual la hidromezcla es transportada desde la draga o estación de rebombeo hasta el recinto de refulado.

- Cañería de Refulado: Conductos de caños que se arman directamente en el recinto del refulado y por los cuales se efectúa la descarga de la hidromezcla sobre este mismo recinto.

- Cañería Flotante: Conductos de caños que se arman sobre los conductos flotantes cuando se efectúa un cruce de agua o el refulado de una obra sumergida.

- Recinto del Refulado: Lugar de trabajo limitado o no por los terraplenes de contención donde según la tecnología empleada se deposita el material para la construcción.

- Refulado sin Apoyo: Es un proceso tecnológico de refulado con el cual la hidromezcla se vierte en el recinto desde el extremo abierto de la cañería, apoyada directamente sobre el suelo refulado, cuyos tubos se arman por medio de uniones cónicas rápidamente desarmables. El refulado no interrumpe las operaciones de ensamblado y desmontaje de la cañería. El ensamble y el desmontaje de la cañería se efectúa mediante una grúa apropiada.

- Lavado: Suelo fino compuesto de partículas de arena pulverulenta, limo y arcilla que salen del sistema de descarga conjuntamente con el agua de refulado.

- Arcilla: Material que pasa por el tamiz normal N 200 (0,074 mm) y cuyos límites de Atterberg, determinan un punto en el gráfico de plasticidad situado encima de la línea "A" y zona sombreada, excepto las arcillas orgánicas, que normalmente caen por debajo de la línea "A".
- Limo: Material que pasa por el tamiz N 200 (0,074 mm) y cuyos límites de Atterberg, determinan un punto en el gráfico de plasticidades situado debajo de la línea que limitan las arcillas.

- Arena: Granos minerales que pasan por el tamiz normal N 4 (4,76 mm) y que son retenidos por el tamiz normal N 200 (0,074 mm).

- Grava: Fragmentos de rocas y granos minerales retenidos por el tamiz normal N 4 (4,76 mm) y cuyas dimensiones no exceden de 75 mm.

Los materiales que no cumplen los requisitos de estas Especificaciones serán considerados ineptos y por consiguiente rechazados. Todo material rechazado será retirado de la obra, salvo expresa autorización en contrario por parte de la Fiscalización, por cuenta del Contratista, y arrojados en los lugares que disponga la Fiscalización.

1.03 YACIMIENTO

El lugar de yacimiento especificado en los planos de detalles es solo de carácter indicativo y todos los pagos, si corresponde, por permisos de explotación (dragado y transporte del refulado al sitio de obra) corren por cuenta del contratista.

1.04 DESTAPE DEL YACIMIENTO

Comprende la realización del destape por medio del dragado de la capa de sedimentos que se encuentra encima del yacimiento de arena. Este ítem no será medido y será considerado solidario al ítem terraplén por refulado.

1.05 DEFORMACION VERTICAL DEL TERRAPLEN POR REFULADO

Es el hundimiento que sufre el terraplén por refulado por acción de su propio peso y al asiento del mismo que es un suelo blando.

A los efectos de corregir esta deformación vertical, el Contratista deberá colocar el relleno midiendo permanentemente la deformación registrada en la placa de fondo, y en función a los valores registrados deberá sobrecargar el relleno por lo menos 0,50 m por sobre el coronamiento previsto. Esta corrección deberá ser realizada previendo un grado de asentamiento total de la fundación de más de 0,50 m.

Una vez producida la estabilización de la deformación vertical en el tiempo, la capa superficial del relleno en el coronamiento deberá ser compactada convencionalmente por medio de equipos mecánicos de compactación con empleo de un rodillo vibratorio de 10 t (Diez toneladas) hasta lograr una densidad relativa DR del 75% como mínimo.

1.06 PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS

Con anticipación suficiente para el análisis, no menos de 5 días, antes de iniciar los trabajos preparativos de refulado, en cada tramo, el Contratista deberá presentar para aprobación de la Fiscalización el correspondiente Plan de Trabajo.

Este plan deberá establecer los plazos de refulado en cada recinto del tramo, garantizando el cumplimiento del Cronograma global de las obras en conformidad con el Contrato, así como el orden y métodos de ejecución de las obras especificadas para cada tramo.

Deberá señalar en detalle, las zonas de extracción de materiales, los destapes a realizar, la traza de las cañerías, su replanteo con respecto a los ejes principales, esquema de los soportes de cañería y la separación entre ellos, dimensiones de los terraplenes de contención y su disposición en la obra, altura de la capa de refulado, ubicación de los pozos vertederos y cálculo de los mismos, delimitación del estanque dinámico y todo otro elemento necesario para la ejecución, funcionamiento y control del método de trabajo en cuestión.

Dentro de los 5 días de haber recibido el Plan de Trabajo, la Fiscalización deberá comunicar por escrito al Contratista su aprobación, o las correcciones que deben ser implementadas; el Contratista deberá presentar el nuevo Plan de Trabajo con

las correcciones necesarias pudiendo la Fiscalización ya autorizar los trabajos con las correcciones incorporadas al operativo, se deberá en ese sentido priorizar el avance de los trabajos siempre y cuando la corrección requerida no represente peligros ciertos de cualquier índole tanto a la estructura como a operarios y terceros en general, entiéndase así mismo población cercana o cauces de agua de desagüe necesario para protección de la misma población vecina.

La aprobación del Plan de Trabajo por parte de la Fiscalización no exime al Contratista de su responsabilidad en la ejecución del terraplén.

El rechazo parcial o total del Plan de Trabajo, debidamente justificada, no implica ampliación alguna de los plazos del cronograma.

1.07 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

Transporte de la hidromezcla

El transporte de la hidromezcla producida por la draga hasta la zona de colocación, se efectuará por cañerías.

La traza de las cañerías principales así como el diámetro y el material de las mismas se definirán en el Plan de Trabajo.

La provisión, colocación, explotación y conservación de las cañerías es una responsabilidad del Contratista, debiendo cumplir con todos los requisitos de estas Especificaciones y además asegurar su correcto funcionamiento en todo momento durante la ejecución del terraplén.
Se emplearán, para el transporte de la hidromezcla, tubos nuevos o en buen estado de conservación. Deberán tener la resistencia que garantiza el transporte a la presión del diseño.

El espesor de los mismos deberá ser tal que soporte las acciones estáticas y dinámicas de la conducción.

Terraplenes de Contención

Los pedraplenes del pie del relleno son los primeros elementos de contención del relleno refulado. En los niveles superiores al coronamiento del pedraplen perimetral, se construirán terraplenes de contención que se conformarán con material previamente refulado sobre la fundación o con el proveniente de las capas anteriores del relleno. Las dimensiones de los terraplenes de contención se calcularán en función del sistema de evacuación del agua de refulado y se indicarán en la Programación de los Trabajos. Siempre deberá tener una revancha en su altura de 0,50 m como mínimo.

Para su ubicación deberá tener en cuenta la pendiente definitiva del talud de la Obra Básica y la compensación de volúmenes para la construcción de las etapas siguientes.

Por ser fácilmente erosionables, se deberá prestar suma atención durante los trabajos de refulado al mantenimiento de los taludes de los terraplenes de contención.

Se podrá proteger los mismos contra la erosión de la hidromezcla por tableros deflectores o por otros sistemas aprobados por la Fiscalización.

Salvo indicaciones expresas y por escrito de la Fiscalización, no se autorizará la protección de los taludes de los terraplenes de contención con películas de polímeros impermeables.

En todos los casos de terraplenes de contención inicial se harán fuera de los límites de la obra y deberán eliminarse una vez finalizado el refulado.

Para la construcción de los terraplenes de contención, se deberá indicar en la Programación de los trabajos el lugar de la extracción del material.

En el caso que se obtenga el material del interior del recinto de refulado, será necesario extraerlo en capas no mayores de 0,20 m evitando que entre distintas recorridas del equipo se produzcan surcos o pozos que puedan producir la formación de zonas estancas durante el refulado de la capa siguiente.

En los taludes con protección vegetal los terraplenes de contención se ubicarán de manera tal que una vez perfilado queden dentro del perfil definitivo de la obra básica.

Sistema de Descarga

Antes de comenzar los trabajos de refulado contenido, el Contratista deberá presentar a la Fiscalización para su aprobación, el cálculo del sistema de descarga según las reales condiciones de trabajo.

Las dimensiones del sector de la playa a refular, el esquema de ejecución de los trabajos, el orden de regulado, el espesor de las capas, la ubicación de las cañerías, etc., serán definidas en la Metodología o Plan de Trabajo a presentar por la Contratista, teniendo en cuenta las presentes especificaciones.

El material refulado será colocado en capas con un espesor no mayor de 1,0 m, no pudiendo existir un desnivel mayor de una capa de material refulado entre distintos sectores de una misma zona de trabajo. La tolerancia en la altura de la capa a refular será de 0,50 metros en más o en menos.

El material que no cumpla con todas las condiciones establecidas anteriormente deberá ser eliminado, no reanudándose los trabajos, en el lugar afectado por la presencia de dicho material, hasta que se haya retirado del lugar todo suelo no acorde con esta especificación.

Durante la colocación del material se podrán presentar rodados de arcilla, los cuales deberán ser retirados de la zona de trabajo, a criterio de la Fiscalización.

Las ramas, troncos, corteza de árboles y cualquier tipo de restos vegetales, deberán ser retirados en forma inmediata, manual o mecánicamente fuera del recinto de refulado.

Los soportes de las cañerías deberán ser retirados del lugar de la playa.

Teniendo en cuenta que por cualquier reparación o modificación del sistema de descarga una vez construido, es prácticamente imposible realizar sin la pérdida de tiempo material, deberá proyectarse y construirse correctamente empleándose elementos de probada eficiencia.

El tipo, diseño y capacidad del sistema de descarga deberá garantizar el funcionamiento ininterrumpido de los equipos que efectúan el refulado.

La cota de fundación del pozo vertedero, la pendiente, el diámetro del caño de desagüe y su cota de descarga, las dimensiones del canal de desagüe y su relación con las medidas de los recintos de refulado, se construirán de acuerdo a los planos anexos al Plan de refulado presentado por la Contratista y aprobado por la Fiscalización.

La estructura del pozo vertedero, así como el conducto del pozo vertedero, se construirá de acuerdo al Plan de la Contratista previamente aprobado por la Fiscalización, el diseño y el material, así como la metodología de operación del vertido son de libre diseño de la Contratista siempre y cuando se cumplan en el macizo resultante las especificaciones para el relleno construido.

El agua libre con material en suspensión, no apto para la construcción, que quede en el pozo vertedero, se conducirá fuera de los límites del terraplén por medio de un desagüe preferentemente hacia el lado del río.

Durante el proceso de colocación del refulado, no se permitirá bajo ningún concepto la formación de lagunas por deficiencia de descarga lateral del flujo de la hidromezcla, ya que esta situación puede incorporar finos compresibles en la masa del relleno. Este aspecto será controlado permanentemente por el Contratista bajo estricta vigilancia de la Fiscalización.

Siempre y cuando no sea un método que implique el retiro del material del desagüe una vez construidas las diferentes capas del relleno, será necesario prever las medidas para rellenar y tapar el sistema de desagüe una vez terminados los trabajos.

Control de Materiales

Como ya se mencionara anteriormente, el material refulado será colocado en capas con un espesor no mayor de 1,0 m, no pudiendo existir un desnivel mayor de una capa de material refulado entre distintos sectores de una misma zona de trabajo.

Se indicará perfectamente por medio de jalones la traza de la cañería de refulado y con una separación igual a la longitud de cada tubo y la cota a alcanzar en cada etapa. La tolerancia en la altura de la capa a refular será de 0,50 m, aproximadamente. Salvo autorización por escrito de la Fiscalización, no se permitirá el uso de elementos reductores de energía de la hidromezcla en el extremo de la cañería.

Las uniones y los tubos de la cañería de refulado no deberán tener pérdidas importantes para evitar la formación de zonas con material sedimentado no aptos para el relleno.

En caso de presentarse, dichas pérdidas deberán ser idealmente eliminadas o cuando menos minimizadas, a criterio de la Fiscalización.

No se permitirá la colocación de material que no cumpla con los requisitos indicados en estas especificaciones técnicas.

El material que no cumpla con estas Especificaciones deberá ser inmediatamente eliminado, no autorizándose la reanudación de los trabajos, en la zona afectada por la presencia de dicho material, hasta que se haya retirado del lugar todo suelo no acorde a estas especificaciones.

Se empleará para su retiro un equipo mecánico, o podrá ser eliminado con adecuado manejo de la cañería de refulado y del control del pozo vertedero aprovechando las corrientes producidas por la hidromezcla.

Los sedimentos de material pasante por tamiz N 200 formados en zonas localizadas del recinto estanco, deberán ser retirados de la misma forma indicada anteriormente.

La Fiscalización determinará el momento en que se considere libre de impurezas la zona para la reanudación de los trabajos en dichas zonas.

Los restos de ramas, troncos, corteza de árboles, palos y cualquier tipo de restos vegetales, deberá ser retirado en forma manual o mecánica fuera de la obra.

Los soportes de las cañerías deberán ser extraídas, no pudiendo ser dejados en el cuerpo del recinto.

El contenido máximo de impurezas orgánicas en el suelo refulado no deberá exceder del 5%.

1.09 CONTROLES EN LA EJECUCION DE LA OBRA

El control de calidad de la obra lo realizará la Fiscalización, verificando la tecnología empleada, el estado de ejecución del relleno y tomando muestras de suelo determinando su composición y propiedades en laboratorios al pie de obra o por medio de ensayos especiales.

A. ANTES DE LA CONSTRUCCIÒN.

- Ensayos SPT: Un sondeo cada 0,5 Ha para los rellenos. Extracción de muestra cada 1,0 m. hasta una profundidad en los suelos de fundaciones igual a la altura del relleno o terraplén o un máximo de 5,0 m. en las fundaciones.

- Determinación de Índices Físicos: Densidad, humedad natural, índice de vacíos, densidad relativa, características plásticas de las muestras de suelos de fundaciones analizadas. Para la comparación y referencia de controles durante y pos refulado.

- Instalación de Piezómetros de tubo abierto en cantidades especificadas, determinación de niveles freáticos antes del inicio de los rellenos.

- Instalación de la Placa de fondo del Asentimetro de fundación

- El Control de la densidad relativa deberá ser realizado en tres puntos por lo menos de cada capa colocada en un área máxima de 5.000 m2 (dos ensayos por capa por cada hectárea de relleno colocado).

B. DURANTE EL REFULADO

Control de hidromezcla

Se ejecutará un control de la hidromezcla en la boca de salida del tubo vaciador siguiendo el siguiente criterio:

Parámetro de consistencia A

Se medirá la consistencia según el parámetro al cual representa la relación entre el volumen aparente de sólidos depositados en el fondo del recipiente de medición y el volumen de agua que sobre yace al mismo. La medida debe realizarse después de 2 horas de reposo de la hidromezcla en el recipiente de medición, este previamente aprobado por la Fiscalización.

El valor de la consistencia A de la hidromezcla debe estar comprendido en una faja establecida conforme a las características del material encontrado en el yacimiento y utilizado en el relleno.

La toma de muestra se realizará, como mínimo, una por cada cambio de posición de succión de la draga o como mínimo una vez cada dos días.

Control de granulometría del material refulado

Se obtendrán, como mínimo, dos muestras por cada jornada de trabajo, las mismas serán tomadas a una distancia no mayor a 20 metros de la boca de descarga.

La granulometría del material de relleno deberá estar comprendida preferentemente entre las curvas límites que a continuación se detallan:

TAMIZ STANDARD	% QUE PASA EN PESO
N 3/8" (9,5 mm)	100
N 4 (4,8 mm)	97-100
N 8 (2,4 mm)	92-100
N 16 (1,2 mm)	85-100
N 40 (0,42 mm)	75-97
N 50 (0,30 mm)	47-90
N 100 (0,15 mm)	8-70
N 200 (0,074 mm)	0-15

Se admitirá como normal la presencia de hasta 15% de limos, no admitiéndose un porcentaje superior a 30% de finos para los trabajos del terraplén de la vía. En los rellenos de áreas verdes, se podrá omitir esta exigencia.

Para la aprobación final de las capas de relleno se utilizarán otros parámetros relacionados a la resistencia de los rellenos resultantes prioritariamente a otros índices logrados, estos sugeridos por la Contratista y aprobados por la Fiscalización.

Los parámetros físicos de la arena existente en los yacimientos a utilizar son:

- Granos de cuarzo uniformes, lisos y redondeados
- Peso Específico Sólido = 2,65 a 2,85 gr/cm3

Control de consistencia del efluente

El control granulométrico del efluente en el pozo de descarga o sumidero se ejecutará como mínimo con dos muestras por cada 2000 a 5000 m3 de material colocado para el control de la pérdida de finos del material de refulado.

Medición de asientos por medio de las placas de asiento

Para la verificación de la deformación de los rellenos en su coronamiento y a nivel de fundaciones, se colocará un par de asentímetros (superficial y/o fundación) por cada 5.000 m2 de relleno.

Los asentímetros de profundidad estarán ubicados sobre los suelos naturales de fundación previa preparación del terreno. Los tubos asentímetros deben ser instalados a medida que se construye el terraplén o relleno. Se deberán adoptar medidas de control para evitar que el tubo sea dañado durante la colocación y ejecución del refulado.

Medición de Asientos por medio de las Placas

Se realizarán lecturas o mediciones de las placas en el momento que las cargas de relleno alcancen alturas aproximadas de 1,5 m, 3 m y 5 m medidos a partir de la cota original de las placas. Una vez alcanzada la cota máxima de relleno, se realizarán mediciones a los 15 días de terminación de las obras y luego cada mes, hasta que los asientos tomen valores constantes y/o decrecientes o bien que no se produzcan.
Asimismo se realizarán mediciones de las placas de asiento si se producen variaciones importantes del nivel del río.

Medición de densidad in situ

Se realizarán las mediciones de densidad in situ por medio del ensayo de densidad in situ, con aplicación de la norma ASTM D 1556 (Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Sand-Cone Method). Esta medición se realizará por cada capa de 1,0 m de relleno colocado y por 5,000 m2 de superficie colocado.

Medición de densidad máxima con la mesa vibratoria:

Se realizarán las mediciones de densidad máxima del material por medio del ensayo de densidad máxima seca, con aplicación de la norma ASTM D D4253 (Standard Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table) . Esta medición se realizará por cada capa de 1,0 m de relleno colocado y por 5,000 m2 de superficie colocado, extrayendo el material del mismo sitio de ejecución de la densidad in situ. Si el material es bien uniforme en su granulometría, de acuerdo a los ensayos de rutina de la granulometría de la arena, el ensayo de densidad máxima puede ser realizada por cada capa de un metro de material colocado en una superficie de una Ha.

Medición de densidad mínima en el estado más suelto:

Se realizarán las mediciones de densidad mínima del material por medio del ensayo de densidad mínima seca, con aplicación de la norma ASTM D4254 (Standard Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density) . Esta medición se realizará por cada capa de 1,0 m de relleno colocado y por 5,000 m2 de superficie colocado, extrayendo el material del mismo sitio de ejecución de la densidad in situ. Si el material es bien uniforme en su granulometría, de acuerdo a los ensayos de rutina de la granulometría de la arena, el ensayo de densidad mínima puede ser realizada por cada capa de un metro de material colocado en una superficie de una Ha.

Después de ejecutados los ensayos de densidad indicados anteriormente, se deberá realizar el cálculo de la densidad relativa DR por medio de la expresión siguiente, donde debe verificarse un mínimo de 65%:

$$DR = \frac{\gamma_{max}}{\gamma_d} \times \frac{\gamma_d - \gamma_{min}}{\gamma_{max} - \gamma_{min}} \times 100$$

Ensayos S.P.T.

Se realizará un ensayo de S.P.T. por cada 5.000 m2 de material rellenado cuando la altura del relleno alcance los niveles superiores sobre el terreno natural, hasta una profundidad de 6 metros por debajo del terreno de fundación. Las mediciones de los números de golpes serán completadas con un proceso de clasificación, determinación de la humedad natural y de la densidad relativa del material extraído. Los resultados obtenidos se usarán para el control indirecto de la densidad relativa de las arenas del relleno y de la consolidación de los suelos de la fundación.

Este control deberá continuar luego de finalizado el relleno y estará complementado con el registro de asientos de las placas.

Se podrá complementar los controles con otros controles indirectos de determinación de la densidad relativa, tales como el empleo del Cono Dinámico Tipo CTPU empleado en el control de compactación del relleno de la Costanera de Asunción o con el Penetrómetro Dinámico Ligero de Cono (DCP). De aprobarse el empleo de estos dos últimos, deberán correlacionarse con el ensayo de determinación de densidad relativa normalizada en la ASTM D2049 indicada anteriormente. O con el ensayo de SPT donde en todos los casos el índice N de SPT debe ser mayor a 25 golpes por cada 0,30 m.

Estudios de granulometrías del suelo refulado:

Se realizarán estudios por muestreo del material rellenado en una cantidad no inferior a 4 muestras por metro de altura de relleno por recinto refulado. También se calculará permeabilidad teórica del relleno con muestras obtenidas en la altura media del mismo en función de la granulometría del material.

Determinación de las densidades naturales, máxima y mínima:

Se harán determinaciones de la densidad in situ del suelo del refulado. La cantidad de ensayos a realizar será de 3 tomas por metro de relleno por recinto.

Las tomas se realizarán media hora después que haya finalizado el proceso de bombeo de la hidromezcla.

C. DESPUES DEL REFULADO

Ensayos de S.P.T.

Se realizarán ensayos de S.P.T. luego de transcurridos 90, 180 y 270 días desde la finalización del proceso de refulado en sitios adyacentes a los puntos donde se realizaron los ensayos del SPT antes de la iniciación del proceso.

Estos ensayos permitirán monitorear el comportamiento de la densidad y de la humedad natural con el tiempo. Se extraerán muestras del relleno y de la Fundación hasta una profundidad de 10,0 (diez) metros, por debajo del suelo natural. En todos los casos se tomarán el nivel de la napa freática.

También, a partir de los 120 días, los controles podrán ser espaciados en el tiempo, si se observa que no se producen variaciones significativas en los resultados de resistencia a la penetración.

De la misma manera todos estos ensayos podrán ser reemplazados por los ensayos con el Piezocono.

Control de niveles piezométricos

Se realizarán semanalmente durante un periodo de 90 días contados a partir de la finalización del proceso de refulado. Estas mediciones deberán ser correlacionadas con el nivel del agua del Río Paraguay.

Medición de asentamientos de las placas asentimétricas:

Se ejecutarán mediciones de los asentamientos, registrados por las placas asentimétricas luego de transcurridos 30, 60 y 90 días desde la finalización de los trabajos de relleno, y con menor frecuencia hasta que se haya producido la totalidad del asentamiento perceptible. Si se produjeran variaciones importantes en el nivel del río durante el desarrollo de los trabajos, se realizarán controles extraordinarios de los asentamientos de las placas.

Perfil transversal del terraplén

El terraplén terminado responderá al perfil transversal indicado en los planos. El cuerpo del terraplén será construido con material colocado por refulado.

Los taludes y el coronamiento, donde sea indicado en los planos o como orden la Fiscalización, serán protegidos con un recubrimiento de suelo vegetal orgánico sobre el cual se realizará una siembra por semillado de especies de pasto que se indicará más adelante.

1.10 VERIFICACION, CONTROLES Y RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA

Deberá verificar la calidad del suelo del yacimiento a explotar y deberá preparar el plan de explotación del mismo.

Deberá elaborar el Plan de Trabajo para la construcción del relleno.

Será responsable del mantenimiento de las dimensiones geométricas de la obra.

Será responsable de la tecnología que adoptará para la colocación de los materiales.

Será responsable de la correcta colocación, funcionamiento y mantenimiento del equipo de auscultación durante la construcción de la obra y hasta la recepción definitiva de la misma.

Deberá disponer en pie de obra un plantel de profesionales en tecnología de refulado, con un experto de reconocida calidad y uno en mecánica de suelos.

El Contratista llevará un registro completo con todos los ensayos que se realicen y todos los resultados, los que serán obligatoriamente entregados semanalmente.

El no cumplimiento de los plazos previstos en el punto anterior podrá ser causal de demora en los trabajos, entendiéndose por tal, la detención de los mismos hasta tanto se complete la entrega de los registros, siendo la Contratista, única y total responsable por las consecuencias que dichos atrasos produzcan.

El registro a entregar constará de una planilla, donde se consignarán los siguientes datos:

- Ubicación de la capa (N, cota y progresiva)
- Equipo utilizado
- Duración de la tarea
- Ubicación de los yacimientos ▪ Volumen colocado

Todo otro dato importante durante la ejecución de los trabajos.

Las planillas modelos serán las autorizadas por la Fiscalización. Además de la planilla descripta, se acompañará la misma con un plano donde se indiquen gráficamente los datos anteriores.

La Contratista deberá disponer en forma permanente, sin cargo, equipo y personal necesario para la extracción de las muestras y el transporte de las mismas.

1.11 PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE:

A los efectos de la Preservación del Medio Ambiente, la Empresa Contratista, antes del inicio de la ejecución de este ítem, deberá seguir las indicaciones previas dadas por la Fiscalización y que guarden relación con este párrafo.

1.12 METODO DE MEDICIÒN:

La Unidad de medida del trabajo comprendido en esta Sección será el metro cúbico de material aceptablemente colocado según se prescribe en esta Sección.

El volumen a ser pagado será el número de metros cúbicos, computado por el método del promedio de las áreas geométricas extremas.

Las áreas geométricas son las calculadas de secciones transversales tomadas a partir de las dimensiones y cotas del terreno que fueron medidas por la Fiscalización en ocasión del relevamiento del actual terreno, las cuales serán consideradas como "datos actuales del terreno", incrementadas en las áreas correspondientes debidas al asentamiento registrado en las placas asentimétricas de fondo.

1.12 FORMA DE PAGO:

Las cantidades determinadas conforme al Método de Medición descripto más arriba, serán pagadas al precio unitario Contractual correspondiente al ítem 1 "Terraplén por Refulado". Este precio y pago constituirá compensaciones completas por suministro de toda la planta de trabajo, mano de obra, equipos, excavación de suelos y su transporte, servicios, supervisión, imprevistos y otros incidentales necesarios para, e inherentes a, dar por completado el ítem.

2. PROTECCION VEGETAL DE TALUDES

2.1 DISPOSICIONES GENERALES

De acuerdo con las especificaciones contenidas en esta Sección y según se muestra en los diseños, el Contratista deberá suministrar todas las instalaciones, mano de obra, equipos, materiales y realizar todas las operaciones relacionadas con el suministro y la colocación de la protección de taludes con Suelo Vegetal.

La Protección vegetal de Taludes se circunscribe al material colocado sobre las superficies de los taludes de los terraplenes o canales y cunetas longitudinales, y en el coronamiento del relleno, como sea indicado en los planos, para protegerlos de la

erosión. Estos materiales incluyen rellenos de material orgánico y semillado de la variedad Brachiaria decumbens y otras especies gramíneas para protección vegetal de los taludes.

2.2 SUELO VEGETAL

Llámese suelo vegetal al material constituido por el suelo orgánico a emplear para el establecimiento del pasto sobre los taludes de los canales y terraplenes, y/o áreas que indique La Fiscalización.
El suelo vegetal se obtendrá de áreas de yacimiento aprobadas. También podrá obtenerse del material de destape de las fundaciones de los terraplenes o de destape de áreas de préstamo, según se apruebe.

El material deberá estar libre de agregados extraños, tales como desperdicios, raíces grandes o elementos foráneos.
Además deberá estar razonablemente libre de terrones duros y materiales dañinos para la vida vegetal.

El porcentaje mínimo de materia orgánica que deberá contener el suelo vegetal será del 3%.

A los efectos de cuantificar las demandas de los distintos elementos nutricionales, se ejecutarán análisis de suelos, a partir de muestras representativas tomadas de las áreas de yacimientos.

El análisis deberá revelar el estado de fertilidad del suelo y permitirá determinar la necesidad o no de los elementos nutritivos y la cantidad de cada elemento que debe aportarse.

El análisis de laboratorio deberá determinar asimismo el contenido mínimo de materia orgánica y la adecuada aptitud del suelo para el desarrollo de la cobertura vegetal especificada.

Para determinar la calidad del material a extraer de un área potencial de yacimiento, se tomarán varias muestras en puntos equidistantes del área considerada.

Cada muestra estará compuesta de aproximadamente 1 kg de peso. La misma deberá ser envasada en una bolsa de papel o plástico bien limpia y etiquetada a los efectos de identificar su procedencia.

2.3 FERTILIZANTES.

Los fertilizantes son productos químicos u orgánicos que contienen elementos nutritivos esenciales para los vegetales.

Mediante la fertilización se aportan dichos elementos al suelo con la finalidad de corregir las deficiencias que limitan el buen desarrollo de la cobertura.

Los elementos nutritivos se agrupan en principales: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (NPK), secundarios y micro nutrientes.

Las alternativas para corregir las deficiencias nutricionales son:

- Fertilizantes químicos: La utilización de fertilizantes comerciales en las cantidades, fórmulas y formas de aplicación recomendada por los resultados de los análisis de laboratorio del suelo vegetal, constituirán la alternativa usual.
- Abonos orgánicos: Los productos orgánicos como estiércol de animales domésticos, si bien son requeridos en cantidades mayores por unidad de superficie que los químicos, sin embargo presentan ventajas adicionales como las siguientes:

El abono orgánico puede aplicarse, en forma manual al voleo, en cantidad de dos toneladas por hectárea (200 gr/m2).

Dada la existencia de yacimientos de suelo vegetal de buena calidad en el área del terraplén de protección, su utilización puede sustituir a los fertilizantes químicos y abonos orgánicos, o minimizar su utilización.

Para ello se deberá detectar posibles yacimientos disponibles, estableciendo su contenido de materia orgánica por medio de análisis de laboratorio de las muestras. Aquellos con contenidos cercanos o superiores al 10% de materia orgánica pueden ser utilizados como abonos.

2.4 ESPECIES Y VARIEDADES DE PASTOS A SER UTILIZADOS.

Como material de siembra de la protección vegetal se utilizará una mezcla de semillas de dos especies de pasto de crecimiento perenne y una tercera de carácter temporal, que han demostrado una muy buena adaptación a las condiciones del medio regional, suelo y clima en obras similares a saber:

A. Pasto Brachiaria (Brachiaria decumbens). Esta especie es utilizada como pasto forrajero en el sector ganadero del Paraguay, Argentina y Brasil y en la protección de los taludes de la presa de Yacyretá. Se ha comprobado su muy buena adaptación a las condiciones edáficas y climáticas de esta región. Presenta un follaje de tipo rastrero que protege muy bien al suelo contra la erosión.

B. Pasto Pensacola (Paspalum motatum). Se trata de una variedad americana de la especie conocida vulgarmente como “capi’ipécavajú” Es ampliamente utilizada en campos deportivos, áreas recreativas y jardines. Es de porte rastrero, de buena cobertura y buena protección contra la erosión.

C. Avena strigosa. Conocida vulgarmente como "Avena negra", de carácter temporal y de ciclo invernal, será utilizada conjuntamente con las otras dos especies, a los efectos de evitar la erosión en las etapas iniciales de la cobertura del talud.

Se utilizará en el periodo comprendido entre abril y agosto en que las especies principales presentan un escaso desarrollo.

2.5 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

La Protección de los taludes se realizará de acuerdo a todo lo indicado en la presente Sección, y antes de la colocación de cualquier tipo de material (para la protección de los taludes), la superficie de los mismos deberá estar previamente revisada y aprobada topográficamente por La Fiscalización.

La fase de establecimiento del pasto incluye las actividades de colocación del suelo vegetal, la siembra, los cuidados iniciales y las reparaciones por daños diversos. Se establece un periodo de 90 días en verano, a partir de fecha de siembra, como fase del establecimiento del pasto, a los efectos de determinar el total arraigo de la A. La metodología a ser utilizada para el establecimiento de la protección incluirá las siguientes actividades:

- Conformación, consistente en corte superficial del talud a proteger, especialmente el borde exterior que no ha sido sometido al proceso de compactación.

- Colocación sobre dicho talud de una capa de suelo vegetal de 15 cm de espesor y de calidad agronómica satisfactoria de acuerdo a lo establecido anteriormente, que en caso necesario será compactada ya sea en forma manual o con retroexcavadora a los efectos de protegerla contra la erosión hasta la siembra.

- Preparación del suelo para la siembra mediante una pequeña remoción superficial, a los efectos de favorecer las condiciones para la germinación.

- Fertilización inicial utilizando un fertilizante completo de fórmula 15-15-15 en cantidad de 10 g/m2 aplicado al voleo con equipo manual y luego mezclado con la capa superficial del suelo.

- Siembra de una mezcla de pastos de las especies Brachiaria y Pensacola en la proporción de cinco (5) g/m2 respectivamente, de calidad satisfactoria (Valor Cultural superior a 25%), distribuida al voleo y luego cubierta de una ligera capa de tierra.

- Siembra de la Avena Strigosa, en el periodo comprendido entre abril y agosto, en la proporción de cuarenta (4) g/m2, de calidad satisfactoria (Valor Cultural superior a 35%), distribuida al voleo conjuntamente con las dos especies.

El Contratista deberá mantener todas las áreas sembradas hasta que se haya producido una cubierta densa y sana de césped, libre de lugares descubiertos y acanaladuras. El mantenimiento consistirá en la protección necesaria de las áreas sembradas incluyendo el mantenimiento, la fertilización y el resembrado, cuando por cualquier razón, no se haya logrado una cubierta uniforme de césped.

2.6 MANTENIMIENTO

El mantenimiento de la protección vegetal se refiere al conjunto de acciones medidas, técnicas operativas y tratamientos que deben proveerse a fin de asegurar la permanencia de una cobertura continua, homogénea, firme, densa y sana sobre el talud del terraplén, o el área prevista. Incluye el combate de plagas, retiro de hormigueros y la reparación de los daños que las plagas pueden ocasionar.

Las actividades de mantenimiento se realizarán hasta el momento de la liberación total de cada tramo de la protección vegetal, prosiguiendo con la conservación y reparación de eventuales daños en la cobertura hasta la recepción definitiva.

2.7 MEDICIÓN Y PAGO

La Protección vegetal de Taludes se circunscribe al material colocado sobre las superficies de los taludes de los terraplenes o en el coronamiento, o en las cunetas longitudinales, para protegerlos de la erosión. Estos materiales incluyen rellenos de material orgánico y semillado de la variedad Brachiaria decumbens y otras especies gramíneas para protección vegetal de los taludes.

La medición para el pago por este ítem, se basará en el número de metros cuadrados colocados, según se prescribe en estas Especificaciones Técnicas.

Este ítem, medido conforme al método indicado anteriormente, será pagado al precio unitario contractual correspondiente al Ítem “Protección con Suelo Vegetal”, cuyos precios incluyen la preparación del subsuelo subyacente; el suministro de semillas, distribución de la misma, riego, mantenimiento, protección contra la erosión, la colocación de una cubierta retenedora de humedad cuando así se requiera, hasta la Recepción Final de las Obras. No se hará ningún pago antes de que un área haya sido germinada completamente.

El pago se efectuará del siguiente modo:

- 70%, después de haberse implantado el pasto y se encuentre totalmente germinada.
- 30%, cuando, a juicio de la ESSAP, se haya obtenido una cobertura totalmente arraigada y uniforme del pasto.

3. PEDRAPLEN DE PIE DEL RELLENO DE ARENA

3.1 DESCRIPCIÓN

El pedraplén o relleno de roca para la protección del pie de talud del terraplén de arena, deberá ser colocado en el ancho y sección según los perfiles y niveles mostrados en los planos o como instruya la Fiscalización. Este material se colocará sobre el terreno natural antes de la colocación del relleno refulado en todo el perímetro al pie del relleno.

Además de sus funciones de protección del pie del relleno, el pedraplén o enrocado fija inicialmente el perímetro del relleno y evita de este modo el refulado libre (sin contención) y pérdida durante el proceso inicial de una gran cantidad de material arenoso que sale de la hidromezcla. Como el enrocado es altamente permeable, solo confina en el perímetro la arena de la hidromezcla dejando pasar dentro del flujo remanente el agua y los finos menores a 75 micrones favoreciendo la compactación.

Para mantener confinada la arena en el talud interno del enrocado, se colocará sobre el mismo un geotextil no tejido de alta resistencia de 200 gr/m2.

3.2 MATERIALES

El enrocado del predaplén deberá ser duro, sano, durable y libre de defectos estructurales. Deberá provenir de canteras industriales de piedras basálticas o de areniscas, que son explotadas para obras viales y construcciones en general, a ser aprobadas previamente por la Fiscalización. El enrocado a ser utilizado sería el producto directo de la voladura en cantera sin previo procesamiento, con tamaño máximo de los bloques de 0,50 m.

El material deberá ser bien graduado, desde un tamaño máximo de 0,50 m, hasta un límite inferior entre el 5 y 15% en peso de la fracción que pase al tamiz N° 4 (4,8 mm). Se permitirán tamaños de hasta 10% en peso de la fracción que pase el tamiz N° 100 (0,15 mm

3.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Las operaciones de colocación, incluyendo el manipuleo, depósito intermedio y el transporte deberán ser ejecutados de manera tal que se obtenga una masa de material razonablemente bien graduado con un porcentaje mínimo de vacíos y libre de aglomeraciones objetables, de piedras chicas o grupos de piedras grandes, y con una superficie final uniforme.

Deberá ser colocado por avance frontal, sobre el terreno natural directamente, aún bajo agua si la superficie del terreno natural se halla cubierto por las aguas, siguiendo la geometría indicada en los planos, con empleo de volquetes y topadoras u otros equipos a ser propuestos por el Contratista y aprobado por la Fiscalización.

El Contratista deberá mantener el pedraplén hasta la recepción definitiva de la obra, y todo el material desplazado por cualquier causa deberá ser repuesto por su cuenta hasta los perfiles y niveles mostrados en los planos o como lo ordene la Fiscalización.

3.4 MEDICION Y PAGO

La Unidad de medida del trabajo comprendido en esta Sección será el metro cúbico de material aceptablemente colocado según se prescribe en esta Sección.

El volumen a ser pagado será el número de metros cúbicos, computado por el método del promedio de las áreas geométricas extremas.

Las áreas geométricas son las calculadas de secciones transversales tomadas a partir de las dimensiones y cotas del terreno que fueron medidas por la Fiscalización en ocasión del relevamiento del actual terreno camino, las cuales serán consideradas como "datos actuales del terreno", incrementadas en las áreas correspondientes debidas al asentamiento registrado en las placas asentimétricas de fondo.

Las cantidades determinadas conforme al Método de Medición descripto más arriba, serán pagadas al precio unitario Contractual correspondiente al ítem 3 "Pedraplén". Este precio y pago constituirá compensaciones completas por suministro de toda la planta de trabajo, mano de obra, equipos, excavación de suelos y su transporte, servicios, supervisión, imprevistos y otros incidentales necesarios para, e inherentes a, dar por completado el ítem. **Asunción, 13 de Agosto de 2.014**

Ing. Felipe Ramírez Cantero **Ing. César López Bosio**