

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“CONSTRUCCIÓN DEL RE- CRECIMIENTO DEL
DEPÓSITO DE RELAVES N.- 4”**



INFORME TÉCNICO POR EXPERIENCIA PROFESIONAL
CALIFICADA PARA OBTENER TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
PRESENTADO POR: Bachiller: FABRICIO JESUS HUERTA LUZA

LIMA – PERÚ

2013

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS, TUBERÍAS Y CONCRETO	5
1.INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 Definición de términos	5
2. Descripción del Trabajo.....	8
2.1 Aspectos generales	8
2.2 Materiales	9
2.3 Presentación de documentos.....	9
3. Movimiento de Tierras	10
3.1 Área de estacionamiento y servicio de equipos.....	10
3.2 Construcción de los caminos de acceso.....	10
3.3 Levantamiento topográfico y control de construcción	11
3.4 Control de erosión y sedimentos	11
3.5 Limpieza y preparación del emplazamiento.....	12
3.6 Botaderos y áreas de apilamiento	12
3.7 Excavación.....	13
3.8 Materiales de relleno	15
3.9 Colocación del relleno	20
4. Áreas de Préstamo	30
4.1 Aspectos generales	30
4.2 Fuentes de materiales de relleno.....	31
4.3 Producción de materiales de relleno.....	33
5.0 Tuberías y Accesorios	33
5.1 Especificaciones y normas aplicables.....	34
5.2 Propiedades de los materiales.....	34
5.3 Presentación.....	38
5.4 Entrega, manipulación y almacenamiento de tubería.....	38
5.5 Instalación de tubería.....	39
6. Concreto	40
6.1 Aspectos generales	40

6.2	Composición del concreto	41
6.3	Materiales	43
6.4	Encofrado	44
6.5	Mezclado, transporte y colocación	44
6.6	Preparación para el vaciado de concreto	44
6.7	Refuerzo.....	45
6.8	Vaciado del concreto	45
6.9	Vaciado de grout.....	46
6.10	Acabado	47
6.11	Curado y protección.....	47
6.12	Reparaciones del concreto	47
7	Control de Calidad y Tolerancias de Construcción	48
7.1	Aspectos generales	48
7.2	Muestreo y pruebas de movimiento de tierras.....	48
7.3	Frecuencias de ensayos.....	49
7.4	Tablas	49
7.5	Tolerancias de construcción	53
CAPÍTULO 2 : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA GEOSINTÉTICOS Y GAVIONES.....		54
1.	Introducción.....	54
1.1	Definición de términos	54
1.2	Documentos o Información por entregar.....	57
1.3	Coordinación entre CMB, contratistas e ingeniero	59
2	HDPE.....	60
2.1	Control de calidad del fabricante de geosintéticos	60
2.2	Propiedades del material de HDPE liso.....	61
2.3	Control de calidad de la instalación.....	63
3	Geotextiles	75
3.1	Transporte.....	76
3.2	Instalación.....	77
4	Revestimiento Geosintético de Arcilla (GCL)	78

4.1	Generalidades	78
4.2	Transporte, manipulación y almacenamiento.....	78
4.3	Propiedades del material.....	79
4.4	Superficie de terreno nivelado preparada de GCL	81
4.5	Instalación del GCL.....	83
4.6	Costura.....	84
4.7	Parchado y reparaciones	85
4.8	Instalación de geomembrana sobre el GCL.....	86
5	Geomalla.....	86
5.1	Generalidades	86
5.2	Transporte.....	86
5.3	Manipulación	87
5.4	Almacenamiento.....	87
5.5	Propiedades del material.....	87
5.6	Instalación.....	88
6	Gaviones (Sistema Terramesh).....	89
6.1	Propiedades del material.....	89
6.2	Instalación y colocación	93
6.3	Medición y certificación.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		95
PROCESO CONSTRUCTIVO FOTOGRÁFICO		97

CAPÍTULO 1 : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS, TUBERÍAS Y CONCRETO

1.INTRODUCCIÓN

Los requerimientos técnicos contenidos en el presente documento tratan sobre la calidad de materiales y mano de obra para movimiento de tierras, diseñados por Knight Piésold para la construcción del re-crecimiento del depósito de relaves N° 4, propiedad de cía. de minas buenaventura S.A.A. – unidad Orcopampa

1.1 Definición de términos

A “CMB” se le denomino como el propietario, cía. de minas buenaventura S.A.A., o cualquiera de sus representantes autorizados.

Al “administrador de la construcción” se le denomino a CMB.

Al “ingeniero” se le denomino a Knight Piésold consultores S.A. y Buenaventura Ingenieros S.A. o cualquiera de sus representantes autorizados.

Por “contratista” se entendió la parte que ha celebrado un contrato con CMB y que llevo a cabo el movimiento de tierras descrito en el contrato, tal como se describió en las especificaciones y modificaciones y tal como se detalló en los planos.

Por “instalador” se entendió la parte que ha celebrado un contrato con CMB para la instalación de geosintéticos descrito en las especificaciones y detallado en los planos.

Por “contrato” se entendió el contrato celebrado por CMB con el contratista que llevo a cabo la obra mostrada en los planos y especificada en el presente.

Por “especificaciones” se entendió a las “especificaciones técnicas para movimiento de tierras de compañía de minas buenaventura S.A.A.” y “especificaciones técnicas para geosintéticos de compañía de minas buenaventura S.A.A.”; en nivel de revisión cero y cualquier otra especificación y modificación que fue proporcionada por el ingeniero y CMB aplicables a la obra. La última revisión numerada de cualquier especificación se consideró documento aplicable a la construcción de la obra.

Por “planos” se entendió a los planos de construcción en nivel de revisión 0 que fueron elaborados para el proyecto del recrecimiento del

depósito de relaves N° 4 y cualquier otro plano que fue proporcionado por CMB, el ingeniero o terceros aplicables, a la Obra.

Por “modificaciones” se entendió a los cambios realizados en las especificaciones o en los planos aprobados por el ingeniero y CMB por escrito, después de haber expedido para la construcción.

También se refirió a los cambios en los elementos de diseño en el campo para explicar las condiciones imprevistas.

Por “Obra” se entendió a la construcción finalizada tal como se muestra en los planos, los caminos de acceso a la construcción que conectan las áreas de la obra y tal como se describe en las especificaciones y el contrato.

Por “emplazamiento” se entendió al área donde se ubicó la obra, de propiedad de CMB y en donde se construyó la obra, tal como se describe en las especificaciones y se detalla en los planos.

Por “planta” se entendió a todos los equipos, materiales, suministros, alojamientos temporales, oficinas temporales u otros objetos llevados por el contratista al emplazamiento para realizar la obra.

Por “aseguramiento de la calidad” se entendió a la responsabilidad de la dirección técnica de la obra que garantizo la conformidad de la Obra con el diseño propuesto. Aseguramiento de Calidad (QA) fue responsabilidad del contratista de QA (Quality Assurance) y fue realizada a satisfacción del ingeniero y CMB.

Por “contratista de QA” se entendió a la parte independiente, que fue responsable de observar y documentar las actividades relacionadas con el aseguramiento de calidad (QA) durante la construcción de la obra e instalación de geosintéticos.

Por “Control de Calidad” se entendió a las pruebas e inspecciones necesarias que garantizaron que la Obra se haya realizado conforme a las especificaciones. El Control de calidad fue responsabilidad del contratista, instalador y fue realizado a satisfacción de CMB y el ingeniero.

Por “fabricante de geosintéticos” se entendió a las partes que fabricaron el material geosintético.

Por “HDPE” se entendió al polietileno de alta densidad.

Por “PAG” se entendió al material “con potencial para generar ácido” que incluyo suelos argílicos o rocas y otro material que afectaron la química de las aguas superficiales o subterráneas que fueron identificadas y definidas por CMB.

En general, las especificaciones y los planos se refirieron a unidades métricas para tamaños de malla, diámetros de tuberías, espesor de geomembranas, pesos de geosintéticos, etc. Sin embargo, en varios casos, el material adquirido y/o los equipos de prueba y resultados se expresaron en unidades inglesas, lo cual fue aceptable y fueron equivalentes a las unidades métricas especificadas.

El sistema métrico equivalente a la norma inglesa para los tamaños de malla es el siguiente:

CUADRO 1.1

Conversión de unidades Sistema Métrico Norma Inglesa
152,4 mm 6 pulgadas
101,6 mm 4 pulgadas
76,2 mm 3 pulgadas
50,8 mm 2 pulgadas
37,5 mm 1½ pulgadas
25,4 mm 1 pulgadas
19,1 mm ¾ pulgadas
12,7 mm ½ pulgadas
9,52 mm 3/8 pulgadas
4,75 mm N° 4
2,36 mm N° 8
1,18 mm N° 16
0,60 mm N° 30
0,43 mm N° 40
0,30 mm N° 50
0,15 mm N° 100
0,07 mm N° 200

2. Descripción del Trabajo

2.1 Aspectos generales

La obra se llevó a cabo en conformidad con el contrato y consistió en el suministro de toda la mano de obra, planta y materiales (salvo aquellos materiales suministrados por CMB y anotados en el presente documento) necesarios para construir la obra, tal como se describió en las especificaciones. Asimismo esto se muestra en los planos o como lo haya determinado CMB. Por otro lado, antes de iniciar el trabajo de construcción, el contratista preparó un Plan de Manejo Ambiental (PAMA), el cual fue aprobado por CMB. En él se detallaron la manera de abordar el trabajo y los temas ambientales tales como el control de sedimentos y erosión, así como el cuidado y derivación de las aguas de escorrentía.

El alcance de la obra contemplado en esta especificación incluye, sin sentido limitativo, la construcción del recrecimiento del depósito de relaves, pozas de sedimentación, canales, carreteras de servicio y acceso, explotación de áreas de préstamo y desmonte así como todos los accesorios relacionados y conectados con estos temas. La ubicación específica de las partes de la obra aparece en los planos.

El contratista considero necesario hacer cambios en los planos o especificaciones y dichos detalles fueron presentados al ingeniero para su revisión correspondiente.

2.2 Materiales

Todos los materiales que fueron requeridos para la realización de la obra que no se identificaron específicamente como “suministrados por terceros” fueron proporcionados por el contratista.

Todos los materiales, fueron nuevos, de primera calidad, libres de defectos y adecuados para el uso previsto. La utilización del nombre del fabricante en las especificaciones, fue con el propósito de establecer la norma para la calidad y configuración general. Se consideraron productos de otros fabricantes, y éstos cumplieron con las mismas normas y se presentaron al ingeniero con el nombre del fabricante y las especificaciones del producto para su aprobación.

Un representante de CMB inspecciono los materiales suministrados por terceros a fin de evitar daños durante el embarque y se dejó constancia de ello.

2.3 Presentación de documentos

La siguiente lista identifica la presentación de documentos que el contratista presento al ingeniero o CMB o ambos, antes de y durante la construcción.

Presentación de documentos de movimiento de tierras:

- a. Estudio de las condiciones existentes del emplazamiento del contratista (véase Sección 3.3).
- b. Plan de manejo ambiental (PMA) del contratista (véase Sección 3.4).

- c. Solicitud del contratista para utilizar equipo de compactación alternativo (véase Sección 3.9.2).
- d. Solicitud del contratista para utilizar áreas de préstamo alternas (véase Sección 4.2)

3. Movimiento de Tierras

3.1 Área de estacionamiento y servicio de equipos

El contratista estableció un área de estacionamiento y servicio de equipos previamente consultado y con la aprobación de CMB. El contratista fue responsable de la implementación del área, de su mantenimiento y seguridad, durante la vigencia del contrato.

El área se mantuvo libre de desechos y sedimentos y fue implementada de manera similar a las condiciones originales o tal como lo aprobó CMB luego de la expiración del contrato.

3.2 Construcción de los caminos de acceso

El contratista fue responsable de la construcción y mantenimiento de todos los caminos de acarreo/acceso requeridos para la ejecución del proyecto. En algunos casos, CMB dispuso al contratista caminos existentes, en cuyo caso el contratista fue responsable del mantenimiento continuo de los mismos para garantizar una superficie vial adecuada. El riego de rutina de todos los caminos para el control de polvo, incluyendo los caminos de CMB que utilizó el contratista, fueron de responsabilidad del contratista. Los caminos de acarreo/acceso construidos por el contratista no fueron para su uso exclusivo.

Otros contratistas que trabajaron en el emplazamiento, junto con CMB, el ingeniero, y el público, necesitaron usar los caminos por lo que se les permitió el acceso sin costo alguno.

El contratista fue responsable del control de tránsito en todos los caminos que estuvieron a su cargo, así hayan estado construidos por el contratista o proporcionados por CMB. El contratista tuvo la aprobación para usar los caminos de CMB, tales como los caminos principales de acceso al emplazamiento, entonces no pudo interrumpir considerablemente el flujo normal del tránsito. La paralización o interrupción de tránsito fue mínima.

3.3 Levantamiento topográfico y control de construcción

El contratista fue el responsable de comenzar la obra y mantuvo el control constante de nivelación y alineación para garantizar el cumplimiento de las tolerancias de construcción.

CMB proporciono puntos topográficos de control y referencia. La precisión de los planos topográficos requirieron ajustes en las líneas y elevaciones que aparecen en los planos que representaron las condiciones reales de campo. Asimismo, CMB proporciono un estudio topográfico con curvas de nivel a una precisión de 1 m de las condiciones existentes en el área de la obra, antes de que el contratista comenzara la obra.

El contratista optó por realizar su propio levantamiento topográfico para determinar las condiciones existentes del emplazamiento a su propio costo. Dicho levantamiento fue entregado al ingeniero y a CMB para su revisión y aprobación. El ingeniero tuvo tiempo para revisar el estudio de construcción y realizó las modificaciones necesarias.

CMB dirigió estudios para la medición de cantidades antes del inicio y durante el avance de la obra. El contratista, realizo su propio estudio dando previo aviso a CMB.

El contratista, en su cronograma de obra, concedió suficiente tiempo para llevar a cabo tales estudios y conciliar las discrepancias, antes de la autorización para continuar con la obra en el emplazamiento.

El contratista no continuo excavando o colocando material antes de llegar a un acuerdo y aprobación de CMB.

3.4 Control de erosión y sedimentos

Las medidas de control de erosión y sedimentos se implementaron cuando fue necesario minimizar la erosión de la superficie del terreno y el arrastre de sedimentos durante la construcción. El trabajo de construcción no inicio hasta que el contratista preparo un plan de manejo ambiental (PAMA) con CMB. Dicho plan fue preparado e implementado.

3.5 Limpieza y preparación del emplazamiento

El contratista limpio y desbrozo la superficie existente del terreno hasta los límites señalados en los planos o como lo indico el ingeniero. La limpieza y el desbroce incluyeron , sin sentido limitativo, la remoción de árboles y troncos, vegetación (por ejemplo, pasto, pequeños arbustos, raíces, etc.); la remoción de la capa superficial del suelo (definida como el suelo de cualquier clasificación o grado de plasticidad que contiene cantidades significativas de materia vegetal, grama, raíces, humus, etc. visualmente identificables); el transporte y apilamiento de árboles y troncos, vegetación y capa superficial del suelo a un área mostrada en los planos y que designo CMB.

Los árboles y troncos se retiraron antes de desbrozar la vegetación y la capa superficial del suelo. La remoción de la vegetación y capa superficial del suelo se pudo realizar simultáneamente. El contratista tuvo permiso para realizar la limpieza, desbroce y apilamiento de material que el mismo dirigió. Asimismo, la obtención de un resultado final aceptable fue determinada por él ingeniero. El contratista fue el único responsable de la seguridad e idoneidad de los métodos empleados. Después de limpiar y desbrozar el área, antes de realizar cualquier trabajo adicional, el ingeniero inspecciono el área para determinar si la limpieza y desbroce del material fueron realizados de forma satisfactoria.

El emplazamiento fue limpiado satisfactoriamente, el ingeniero determino el tipo de tratamiento de la superficie a seguir, para el área en particular. Asimismo, se realizó un levantamiento topográfico del área que determino cantidades y se verifico el espesor de pisos/capas.

3.6 Botaderos y áreas de apilamiento

Los árboles, troncos, capa superficial del suelo material vegetal producto de las operaciones de desbroce y los materiales inadecuados encontrados en las excavaciones se eliminaron en pilas de acopio en los lugares señalados en los Planos o designados por el ingeniero ya probados por CMB. La capa superficial del suelo y los materiales inadecuados se apilaron por separado. Los árboles y troncos se eliminaron según las instrucciones de CMB.

Todas las pilas de acopio temporales estuvieron limitadas a una altura de 20 m con taludes laterales finales estables (talud máximo de 2,5H:1V), y se moldearon y nivelaron para lograr una apariencia y un drenaje adecuado. Asimismo, se tomaron las medidas pertinentes para minimizar la erosión y arrastre de sedimentos a satisfacción de CMB. Los cambios en la configuración de las pilas de acopio antes mencionadas, contaron con la aprobación del ingeniero, por escrito, antes de su implementación.

Las pilas de material orgánico (top soil) se construyeron con taludes máximos de 4.5H:1V y contaron con diques de contención al pie del talud. Las pilas de acopio del material inadecuado que constan de materiales saturados y/o turba se construyeron con taludes máximos de 10H:1V y contaron con diques de contención al pie del talud. Ante ello fue necesario taludes más tendidos que los indicados anteriormente en las pilas de suelo orgánico y en las pilas de materiales inadecuados, en caso que el material este saturado. Los taludes se ajustaron encampo hasta alcanzar un talud seguro. Asimismo, se tomaron las medidas pertinentes para prevenir la erosión y arrastre de sedimentos a satisfacción de CMB.

3.7 Excavación

3.7.1 Aspectos generales

El contratista desarrollo métodos, técnicas y procedimientos de excavación con la debida consideración de la naturaleza de los materiales que se excavaron y, se tomaron las precauciones necesarias para preservar en condición estable todos los materiales fuera de las líneas y rasantes que aparecen en los planos o que requiriera el ingeniero. El contratista llevo a cabo la excavación, perfilado, etc., mediante un método adecuado. El contratista fue el único responsable de la seguridad e idoneidad de los métodos empleados.

El contratista no excavo más allá de las líneas y rasantes que aparecen en los planos o que requiriera el ingeniero.

Los bolsones de materiales inadecuados dentro de los límites de una excavación, definidos por el ingeniero, se retiraron y acarrearón a las áreas de apilamiento designadas por el ingeniero y CMB. Estos materiales incluyeron, sin sentido limitativo, zonas húmedas,

blandas, PAG, materiales altamente orgánicos u otros deletéreos, así como zonas de guijarros y cantos rodados expuestos.

El contratista protegió y mantuvo todas las excavaciones hasta que fueron aprobadas.

3.7.2 Colocación de material excavado

El material excavado fue utilizado como relleno y se apilo en varios lugares dependiendo de su naturaleza, de las cantidades excavadas y de las cantidades requeridas, con la aprobación del ingeniero.

Los materiales excavados, se colocaron como relleno común para bermas, caminos de acceso, terraplenes o como relleno dentro del cuerpo del dique, material de baja permeabilidad, relleno para zanjas de anclaje, o como capa final de rodadura para caminos.

Se anticipó que el contratista utilizara los materiales disponibles para construir la obra de manera que satisfizo los requerimientos técnicos del diseño y optimizo los costos de construcción. Asimismo, fue responsabilidad del contratista programar varias actividades que optimicen el uso de los materiales excavados, las cuales se dieron.

3.7.3 Apuntalamiento/entibado de excavaciones

El contratista fue responsable de la protección y estabilidad de todas las excavaciones. El contratista eligió métodos para evitar el colapso de los taludes laterales de la excavación, por ejemplo, considero el apuntalamiento de taludes laterales o declive de taludes mediante la disminución de la inclinación de la pendiente del talud hasta alcanzar un talud estable. CMB aprobó el método empleado por el contratista.

3.7.4 Aprobación de superficies excavadas

Cuando una sección de la excavación se terminó según las líneas y rasantes requeridas, el contratista notifico al ingeniero, quien luego de la notificación inspecciono la Obra.

Las superficies excavadas no fueron cubiertas con material alguno hasta que el ingeniero aprobó la superficie y CMB termino los estudios requeridos para medición y pago.

El contratista descubrió, por cuenta propia, cualquier superficie excavada que haya sido cubierta antes de la inspección y aprobación del ingeniero.

3.7.5 Cuidado y derivación del agua

El contratista proporciono, mantuvo y opero instalaciones temporales de drenaje y/o bombeo requeridas para controlar aguas subterráneas y superficiales con el fin de mantenerlas excavaciones secas y en condiciones estables. Las operaciones de desagüe del contratista se realizaron de manera que no afectaron negativamente la estabilidad de los taludes excavados y a su vez, no causaran erosión y ablandamiento de los materiales adyacentes. Las aguas superficiales acumuladas en una excavación fueron drenadas o bombeadas hacia una estructura de retención de sedimentos aprobada por CMB antes de ser liberadas al medioambiente. Los métodos de derivación y desagüe del contratista fueron revisados y aprobados por CMB.

3.8 Materiales de relleno

3.8.1 Aspectos generales

Los materiales para construcción se obtuvieron de las áreas de préstamo designadas y de las excavaciones realizadas. Todos los materiales de relleno estuvieron libres de sustancias como basura, materia orgánica, productos

perecibles, blandos, saturados o inadecuados y contaron con la aprobación del ingeniero. El ingeniero desplegó todos sus esfuerzos para determinar la conveniencia de un material al momento de la excavación; no obstante, fue responsabilidad exclusiva del contratista, mediante el uso de pruebas de control, determinar las fuentes de relleno que cumplirán con las especificaciones, las cuales se dieron para las diversas partes de la obra. Asimismo fue aceptable cierta desviación de las propiedades características especificadas en esta sección siempre y cuando el material haya tal como estuvo previsto en el diseño y este fuera aprobado por escrito por el ingeniero, lo cual se dio.

No se colocó ningún relleno, por el cual el contratista espero recibir un pago hasta que CMB termino los estudios requeridos para determinar las cantidades de pago y que posteriormente, el contratista estuvo de acuerdo.

Los materiales a utilizar en la conformación del cuerpo dique del depósito de relaves N° 4 y conformación de bermas, son descritos en los ítems 3.8.3 relleno común, 3.8.4 material de baja permeabilidad y 3.8.5 material de desmonte de chipmo.

Para el caso de rellenos en zanjas de anclaje, la descripción de los materiales son detallados en el ítem 3.8.7.

Finalmente la calidad de los agregados utilizados para las obras de subdrenaje son mostrados en el ítem 3.8.8.

El material para asiento de tuberías es descrito en el ítem 3.8.9. Otros aspectos que se desarrollaron en la obra como los referidos a los materiales de relleno selecto y relleno estructural son detallados en los ítems 3.8.10 y 3.8.11.

3.8.2 Superficie de terreno nivelado

La superficie de terreno nivelado se refirió a la superficie más baja sobre la cual se colocaron material de relleno importado. Por lo general, ésta fue una superficie de excavación, pero también fue una parte superior del relleno re nivelado, por ejemplo, la superficie de nivelación del emplazamiento sobre la cual se colocó el revestimiento de suelo.

3.8.3 Relleno común

El material para relleno común consistió de un material que fue compactado y que luego del proceso de compactación se presentó estable y sin excesivos vacíos. El material para relleno común tuvo una amplia gama de clasificaciones de suelo en el sistema unificado y registró variaciones significativas en las propiedades de nivelación luego de la compactación.

El relleno común se colocó en áreas donde no se requirió que el material tenga características uniformes y propiedades técnicas específicas.

El relleno común se obtuvo de varias fuentes incluyendo procesos de excavación o nivelación requerida durante la construcción del recrecimiento del depósito de relaves N° 4, pozas, canales y caminos de acceso, botaderos y áreas de préstamo de la mina.

La roca blanda intemperizada que se quiebra por el proceso de compactación y forma básicamente un suelo, fue usada para relleno común. Asimismo, se utilizaron los materiales que registraban roca sólida o guijarros y gravas de excavaciones realizadas, contando con la aprobación del ingeniero y siempre que la roca haya estado razonablemente nivelada de modo que no resulten grandes espacios vacíos, como se dio. Además, el tamaño máximo de la roca no fue mayor que dos tercios del espesor de la capa.

3.8.4 Material de baja permeabilidad

El material de baja permeabilidad consistió de un material fabricado, producto de la mezcla de material de relleno común y material fino (arcillas), el cual fue importado de las áreas de préstamo mostradas en los planos y designadas por el ingeniero.

Por lo general, el material de baja permeabilidad tiene una clasificación SUCS uniforme.

La idoneidad de los suelos en esta categoría dependió de las propiedades de permeabilidad, plasticidad y resistencia. Todo el material de baja permeabilidad tuvo un índice de plasticidad (IP) mínimo de 15, determinado por la Norma ASTM D 4318. Asimismo, la conductividad hidráulica del material no fue mayor de 1×10^{-7} m/s determinada por la Norma ASTM D5084, compactado al 98% de la máxima densidad seca, determinada por la Norma ASTM D 1557. El ingeniero determinó la conveniencia de los materiales para su uso como material de baja permeabilidad basándose en los resultados de las pruebas de control realizadas por el contratista.

Los materiales estuvieron libres de materia orgánica en cantidades objetables por el ingeniero. El contratista estuvo encargado de la dosificación de la mezcla del relleno común y del material fino para la fabricación del material de baja permeabilidad, el cual se ajustó a los requerimientos de gradación mostrados en la Cuadro 3.1.

CUADRO 3.1

Límites de gradación del material de baja permeabilidad	
Tamaño de Malla Porcentaje que pasa	
152,4 mm	100
4,75 mm	50 - 75
0,07 mm	20 - 35

3.8.5 Material de desmote de mina

Se utilizó el material de desmote de Mina (PAG) como parte del relleno para conformar el cuerpo del dique, Knight Piésold recomendó realizar una revisión al diseño utilizando los parámetros de suelo para este tipo de materiales, lo cual se realizó. El material de desmote de mina se importó de los actuales botaderos de desmote de mina ubicados en prometida, chipmo y layo. Previo a la importación, el sobre tamaño del desmote fue separado en el área de explotación, asimismo, el material fue explotado sistemáticamente en los botaderos para que el material se presente homogéneo antes de ser colocado como material de relleno en el dique de ser requerido por CMB.

Luego del proceso de compactación el material se presentó sin excesivos vacíos. El desmote de mina se colocó en los sectores indicados en los planos o en las áreas designadas por el ingeniero. Los materiales estuvieron libres de material orgánico en cantidades objetables por el ingeniero.

El contratista estuvo encargado del proceso de homogenización del material de desmote previo a la colocación en el cuerpo del dique.

3.8.6 Capa final de rodadura

La capa final de rodadura consistió de una grava de buena gradación, bastante arenosa con algunos finos. El contratista obtuvo el material de las operaciones de chancado y zarandeo, pila de acopio o áreas de préstamo indicadas en los planos o designadas por el ingeniero y aprobadas por CMB. El material de la capa final de rodadura tuvo una gradación tal como se especifica en el Cuadro 3.2.

CUADRO 3.2

Límites de gradación de la capa final de rodadura
Tamaño de Malla Porcentaje que Pasa
76,2 mm 100
19,0 mm 60-100
9,52 mm 40-83
4,75 mm 30-65
2,36 mm 20-50
0,43 mm 12-30

0,07 mm 5-15

Además, el material de la capa final de rodadura tuvo un límite líquido no mayor a 35 y un índice de plasticidad entre 4 y 12, determinado por la Norma ASTM D 4318.

3.8.7 Relleno para zanjas de anclaje

El material utilizado para rellenar las zanjas de anclaje consistió de un material similar al material de baja permeabilidad o según lo aprobado por el ingeniero. El material no registro partículas mayores de 75 mm.

3.8.8 Agregado para drenaje

El material de agregado para drenaje se obtuvo de las operaciones de chancado y zarandeo y consistió en una grava gruesa pobremente gradada.

El material de agregado para drenaje estuvo libre de toda materia orgánica y partículas blandas deleznales. El agregado para drenaje se colocó sobre la tubería de drenaje subterráneo registrando un tamaño de partícula máximo de 150 mm y contuvo no más del 5% de material que paso el tamiz N° 200 (0,07 mm) determinado por la Norma ASTM D 422, asimismo, cumplió con los requisitos de abrasión y durabilidad determinados por las Normas ASTM C131/535 y ASTM C 88.

3.8.9 Relleno para asiento y cimentación de tuberías

El relleno para asiento y cimentación de tuberías consistió en una arena natural o una mezcla de arena y grava, grava o piedra chancada u otro material quebrado o fragmentado. El material para relleno para asiento y cimentación de tuberías se ajustó a los siguientes requerimientos de gradación determinados por la norma ASTM D 422 ó aprobados por el ingeniero.

CUADRO 3.3

Límites de gradación de relleno para asiento y cimentación de tuberías
Tamaño de Malla Porcentaje que pasa
101,6 mm 100
76,2 mm 95-100
50,8 mm 85-100
9,52 mm 65-100
4,75 mm 35-100
0,07 mm 0-15

3.8.10 Relleno selecto

El material utilizado para relleno selecto fue de una calidad aceptable para el ingeniero y fue de material de relleno común fácilmente compactable, con baja plasticidad a no plástico. Además, el tamaño de partícula máximo fue de 75 mm en su máxima dimensión, razonablemente clasificado y estuvo libre de toda materia orgánica y partículas deleznable suaves, o cualquier material que, por descomposición o de otro modo, podría producir vacíos formados en el relleno.

El material de mayor tamaño, se retiró antes o durante la colocación del relleno, según las instrucciones del ingeniero.

3.8.11 Relleno estructural

Este material fue utilizado como relleno alrededor de los muros de las estructuras de contención y alcantarillas, y fue de material granular de buena gradación con bajo índice de plasticidad (índice de plasticidad menor de 12) a no plástico con un tamaño de partícula máximo de 75 mm y menos de 15% del material pasará el tamiz N° 200 (0,07 mm), determinado por la Norma ASTM D 422,

3.9 Colocación del relleno

3.9.1 Aspectos generales

Todo el material utilizado para relleno se cargó al área de colocación, se volteo, esparciendo y nivelando según el espesor de la capa, se humedeció y se compacto a la densidad

especificada para formar un relleno denso, homogéneo y estable tal como exigieron estas especificaciones. En todo momento el contratista tuvo cuidado de evitarla segregación del material que se estuvo colocando, retirando todos los bolsones de material segregado o indeseable y reemplazado con material que sea igual al material adyacente. Todo material de mayor tamaño fue removido del material de relleno o bien después de la escarificación, antes de ser colocado o después de ser vertido y esparcido, pero siempre se realizaron antes de comenzar las operaciones de compactación.

Las capas de relleno se construyeron en capas casi horizontales terminándose cada capa sobre la longitud y ancho total de la zona antes de colocar las capas posteriores. cada área se construyó sólo con materiales que cumplieron con los requerimientos de las especificaciones. Bajo ninguna circunstancia se colocaron el relleno sobre agua estancada o empozada. Durante la construcción, la superficie del relleno se mantuvo con una corona o talud transversal para garantizar un drenaje eficaz y el contratista realizo lo necesario para impedir que la precipitación directa y el agua de escorrentía superficial causen erosión o sature los materiales de relleno.

Salvo en las áreas que fueron aprobadas por el ingeniero o donde el espacio fue limitado, el relleno se colocó conduciendo las unidades acarreadoras y esparcidoras aproximadamente en paralelo al eje del relleno dentro de los límites factibles y se mantuvo así de modo que siguieron los mismos trayectos provocando dispersen sus trayectos recorridos en forma uniforme sobre la superficie del relleno.

El patrón de aplanamiento en todos los límites de la zona o juntas de construcción será tal que la compactación requerida en una de las zonas adyacentes o en un lado de las juntas de construcción se extenderá por completo a través del límite o la junta.

3.9.2 Equipo de compactación

El contratista proporciono suficientes equipos de compactación de los tipos y tamaños especificados en el presente documento y estos fueron utilizados para compactar los diversos materiales de relleno.

La compactación de cada capa de relleno o revestimiento de suelo se realizó en forma sistemática, ordenada y continua con la aprobación del ingeniero garantizando que cada capa recibiera la compactación especificada. La compactación se llevó a cabo conduciendo el equipo de compactación en paralelo al eje del relleno, salvo en áreas que no fueron factibles, como en áreas de viraje de rodillos, en áreas adyacentes a estructuras, en las elevaciones más bajas del relleno, en áreas adyacentes a la tubería y cuando lo requiera el ingeniero, el equipo de compactación fue conducido en cualquier dirección que tuvo la aprobación del ingeniero.

Para la compactación mediante el rodillo vibratorio, una cobertura consistió en una pasada de un extremo de la capa al otro extremo del rodillo. Un traslape mínimo de 300 mm se mantuvo entre las superficies atravesadas por las pasadas adyacentes del tambor del rodillo. Durante la compactación, el rodillo fue impulsado a 4 km por hora o a una velocidad menor que fue determinada por el Ingeniero. La potencia del motor que acciona el vibrador fue suficiente para mantener la frecuencia especificada y fuerza centrífuga bajo las condiciones más adversas que se pudieran encontrar durante la compactación del relleno.

En todo momento el equipo de compactación se mantuvo en buenas condiciones operativas para garantizar que la cantidad de compactación obtenida sea la máxima para el equipo. El contratista estuvo obligado a mantener barras de limpieza en los rodillos pata de cabra y de tambor liso para impedir la acumulación de material entre la pata de cabra y el tambor. Inmediatamente el contratista hizo los ajustes pertinentes al equipo para lograr este fin cuando esto sea necesario

Antes de comenzar la Obra con el equipo de compactación propuesto, el contratista de movimiento de tierras proporcionó al ingeniero una lista de cada pieza de equipo que se usó, junto con la especificación del fabricante del compactador.

3.9.2.1 Rodillo vibratorio de tambor liso

Los rodillos vibratorios de tambor liso tuvieron un peso estático total no menor de 8 000 kg en el tambor cuando el rodillo se encuentre sobre suelo nivelado. El tambor no tuvo menos de 1,5 m de diámetro y 2 m de ancho. La frecuencia de vibración del tambor del rodillo durante la operación osciló entre 1,100 y 1,500 vibraciones por minuto y la fuerza centrífuga generada por el rodillo a 1,250 vibraciones por minuto no fue menor de 8 000 kg.

3.9.2.2 Rodillo pata de cabra

En suelos cohesivos de granos finos, material de baja permeabilidad y posiblemente algún relleno común, el contratista estuvo obligado a compactar el relleno con un rodillo pata de cabra.

El rodillo pata de cabra fue de un diseño pata de cabra estándar totalmente con lastre y auto impulsado, desarrollando 4 100 kg de peso por metro lineal de ancho en estado de reposo sobre suelo nivelado, o equivalente según fue aprobado por del ingeniero.

3.9.2.3 Compactadores especiales

Se utilizaron compactadores especiales para materiales que en opinión del ingeniero no pudieron ser compactados según los requerimientos especificados por los rodillos pata de cabra o vibratorios debido a la ubicación o accesibilidad.

El contratista adopto medidas especiales de compactación como rodillos de impacto o vibratorios portátiles u otros métodos aprobados por el ingeniero para compactar el relleno en zanjas, alrededor de estructuras y en otras áreas cerradas que no son accesibles al equipo de compactación de mayor tamaño. Dicha compactación consistió en no menos de cuatro pasadas del equipo de compactación.

3.9.3 Relleno en áreas restringidas

Este requerimiento se aplicó en áreas donde el espacio no permitió el uso de equipos grandes para la compactación. El relleno que fue ubicado en áreas restringidas se colocó en capas para no exceder un espesor máximo de la capa compactada de 150 mm, Se usó el equipo de compactación más pequeño para obtener la densidad requerida. Todos los guijarros y cantos rodados que excedieron dos tercios de este espesor de capa fueron retirados.

3.9.4 Superficie de terreno nivelado

La superficie de terreno nivelado se compacto con un rodillo apropiado por un número específico de pasadas, tal como lo determino el ingeniero, con el fin de producir una superficie firme, seca, estable, razonablemente lisa y adecuada para la colocación posterior del relleno.

3.9.5 Superficie de terreno nivelado preparada para GCL

La instalación de revestimiento geosintético de arcilla (GCL) no comenzó hasta que estuvo lista la preparación de superficie apropiada para recibir el revestimiento. La superficie preparada consistió de un material con suficiente material de grano fino para rellenar los alrededores del material más grueso, de modo tal, que los espacios vacíos no fueron evidentes ni hubiera segregación del material grueso. La superficie se aplanó con un rodillo vibratorio de tambor liso para incrustar los guijarros y partículas de grava en la matriz de suelo.

La superficie de los taludes terminada se compactó a un mínimo del 98% de la máxima densidad seca determinada por la Norma ASTM D1557. Todas las rocas afiladas, materiales extraños y protuberancias que pudieron dañar el GCL se retiraron de la parte superior de la superficie que estuvo en contacto con el geosintético. Además, todas las grietas y vacíos se rellenaron y la superficie se niveló en forma uniforme. La superficie de los taludes que recibieron al GCL registró una superficie lisa, limpia, firme y seca para la instalación del GCL.

El instalador, el ingeniero, el contratista de QA (si fuera pertinente) y CMB inspeccionaron y aprobaron la superficie de los taludes terminada sobre el cual se instaló el GCL, antes de la colocación del mismo.

Fue de responsabilidad del instalador indicar al ingeniero los cambios en la condición del subsuelo que pudieron ocasionar que éste no cumpliera con alguno de los requerimientos establecidos en estas especificaciones.

3.9.6 Relleno común

El material se colocó y se esparció formando capas que no excedieron 300 mm de espesor después de la compactación. Los guijarros y cantos rodados que fueron suficientemente grandes para interferir con la construcción del espesor designado de la capa, fueron retirados y se eliminaron en las áreas que designó el ingeniero.

La superficie acabada del relleno común que estuvo en contacto con el recubrimiento geosintético de arcilla (GCL) y la geomembrana se aplanaron con un rodillo vibratorio de tambor liso para incrustar las partículas de grava en la matriz del suelo. En algunos casos no

fue posible utilizar procedimientos de compactación en los taludes del dique y las partículas que sobresalían de la superficie del relleno común y que fueron perjudiciales para el rendimiento de los geosintéticos bajo carga, se retiraron rastrillando, barriendo o recogiendo a mano y dejando la superficie a satisfacción del ingeniero e instalador. Los agujeros producidos por la remoción de partículas de mayor tamaño o protuberantes se rellenarán con material que se ha zarandeado en un tamiz de 25 mm.

Después del esparcido, el material se humedeció, mediante aspersion y escarificación con discos hasta que se obtuvo una distribución uniforme de la humedad. El material con exceso de humedad se esparció sobre el área del relleno utilizando discos, si fuera necesario, con lo que se logró secar hasta reducir la humedad a una cantidad dentro de los límites especificados.

El contratista adopto todas las medidas necesarias para lograr un contenido de humedad para el relleno común dentro de más o menos cuatro (+/- 4) % respecto del optimo contenido de humedad determinado por ASTM D 1557, distribuido en forma uniforme por toda la capa del material justo antes de la compactación. El contratista adopto las medidas que fueron necesarias para garantizar que el contenido de humedad designado se conservara después de la compactación, hasta que se coloque la siguiente capa. El ingeniero permitió una pequeña variación en los límites de humedad.

El relleno común se compacto a un mínimo de 95% de la máxima densidad seca determinada por la Norma ASTM D 1557. Cuando existió material adecuado in-situ, la superficie superior se escarifico a la profundidad necesaria para lograr el espesor de compactación requerido que se señala en los Planos mediante escarificación con discos u otros métodos aprobados, y se humedeció y compacto posteriormente. El material se compacto a un mínimo de 95% de la máxima densidad seca determinada por la Norma ASTM D 1557.

3.9.7 Material de baja permeabilidad

El material de baja permeabilidad se escarifico, mezclo y humedeció, mediante aspersion y escarificación con discos hasta que se obtuvo una distribución uniforme de la humedad.

El material de baja permeabilidad importado, luego del acondicionamiento y compactación, no tuvo más de 300 mm de espesor después de la compactación.

La superficie acabada del material de baja permeabilidad se encuentre en contacto con el recubrimiento geosintético de arcilla (GCL) y la geomembrana,

Esta superficie se aplano con un rodillo vibratorio de tambor liso para incrustar las partículas de grava en la matriz del suelo.

El contratista adopto todas las medidas necesarias para alcanzar un contenido de humedad después de la compactación de más o menos dos por ciento (+/- 2%) del óptimo contenido de humedad , distribuido en forma uniforme por toda la capa del material de baja permeabilidad y alcanzando una compactación mínima de 98% de la máxima densidad seca determinada por la Norma ASTM D 1557.

El contratista adopto las medida necesarias que garantizaron que se conserve el contenido de humedad designado después de la compactación hasta que el material de baja permeabilidad fue cubierto con la capa siguiente.

El contratista tuvo que acarrear, mezclar, colocar, esparcir, acondicionar y compactar el material de baja permeabilidad importado para alisar la superficie en áreas que, en opinión del ingeniero, producían bolsones blandos o material segregado.

3.9.8 Material de desmonte de Chipmo

El material de desmonte de Chipmo, se escarifico, mezclo y humedeció, también fue necesario utilizar aspersión y escarificación con discos hasta que se obtuvo una distribución uniforme de la humedad. El material con exceso de humedad se pudo extender sobre el área del relleno y se dejó secar mediante la escarificación con discos hasta que el contenido de humedad se redujo a los límites especificados.

El material de desmonte de Chipmo, luego del acondicionamiento y compactación, no tuvo más de 300 mm de espesor después de la compactación.

El contratista adopto todas las medidas necesarias para alcanzar un contenido de humedad después de la compactación de más o menos dos (+/- 2) % del optimo contenido de humedad , distribuido en forma uniforme por toda la capa del material de baja permeabilidad y alcanzando una compactación mínima de 98% de la máxima densidad seca determinada por la Norma ASTM D 1557. El contratista adopto las medida necesarias para garantizaron se conserve el contenido de humedad designado después de la compactación hasta que el material de desmonte de Chipmo fue cubierto con la capa siguiente.

3.9.9 Mantenimiento de superficies preparadas

Después de que el contratista termino de preparar la superficie que estuvo directamente debajo de los geosintéticos, el Instalador, el Ingeniero, el contratista de QA y CMB verificaron su aceptación firmando un formulario que describía la extensión del área. En esa oportunidad, el instalador asumió la responsabilidad de proteger la superficie aprobada mediante el uso de barreras u otros medios para eliminar el tránsito vehicular en las superficies aprobadas hasta que fueron cubiertas con los geosintéticos.

Cualquier daño de las áreas aprobadas en contacto con los geosintéticos que fueron de resultado de medios mecánicos u otros, como agua que ingresa a través de paneles no soldados o parches incompletos, reparaciones, etc., como resultado de las operaciones del Instalador o bajo su responsabilidad, fueron reparados a satisfacción del ingeniero por cuenta del instalador. El daño que causo el clima a las áreas aprobadas que no es imputable al Instalador fueron reparados a satisfacción del Ingeniero, el contratista de QA y CMB por cuenta del contratista. Cualquier daño a las áreas aprobadas debido al control deficiente de escorrentías superficiales (por ejemplo, permitir escorrentía superficial en las áreas aprobadas) o como resultado de las operaciones del contratista, fueron reparados a satisfacción del ingeniero, el contratista de QA y CMB por cuenta del contratista.

Después de la instalación de la geomembrana y el control de calidad final por parte del instalador con la aprobación del ingeniero o contratista de QA se identificaron claramente las áreas y se notificaron al ingeniero, Contratista de QA y a CMB para la inspección de la geomembrana.

Cualquier daño a la geomembrana aceptada como resultado de la operación del contratista fue reparado a satisfacción del ingeniero, contratista de QA y CMB por cuenta del contratista.

3.9.10 Capa final de rodadura

El contratista acarreo el material desde la pila de acopio o área de préstamo y lo esparció según las líneas y rasantes que aparecen en los Planos. La capa final de rodadura se niveló para formar una superficie lisa, libre de bolsones de gravas o protuberancias de fragmentos rocosos y proporcionando el drenaje transversal adecuado.

El material se humedeció dentro de más o menos dos (+/- 2) % del óptimo contenido de humedad, y se compactó a un mínimo de 95% de la máxima densidad seca, determinada por la Norma ASTM D 1557.

3.9.11 Relleno para zanjas de anclaje

El relleno se colocó con sumo cuidado para no dañar la geomembrana y se compactó en capas que no excedieron 200 mm después de la compactación. El relleno se humedeció dentro de más o menos (+/- 2) % del contenido de humedad óptimo y se compactó usando compactadores de impacto portátiles a un mínimo de 95% de la máxima densidad seca, determinada por la Norma ASTM D 698. Se utilizaron compactadores con ruedas en vez de compactadores de impacto portátiles que no hicieron daño a la geomembrana/geosintéticos.

3.9.12 Agregado para drenaje

El material utilizado como agregado para drenaje alrededor de las tuberías de drenaje subterráneo se colocaron mediante métodos mecánicos o de uso intensivo de mano de obra, garantizando que la tubería estuviese intacta y fija después de ser colocada. Se tuvo sumo cuidado durante las operaciones de relleno alrededor de todas las conexiones y accesorios, asegurando que éstas permanecieran intactas después de la colocación del agregado.

3.9.13 Relleno para asiento y cimentación de tuberías

El material granular, húmedo, bien compactado cumplió con los requerimientos de la especificación para el material de asiento y se colocó como cimiento debajo de las tuberías y alcantarillas con un espesor mínimo de 150 mm y según las dimensiones mostradas en los planos. Después de la colocación de la tubería/alcantarilla, el material de asiento se colocó

en capas sueltas máximas de 200 mm hasta la altura media de la tubería/alcantarilla. Cada capa, incluyendo el cimientado de 150 mm de espesor, se humedeció según las indicaciones del Ingeniero y se compactó mediante el uso de apisonadoras mecánicas portátiles u otros compactadores pequeños de tipo vibratorio o de impacto aprobados, a un mínimo de 95% de la máxima densidad seca determinada por la Norma ASTM D 1557. Se tuvo especial cuidado para rellenar por completo el espacio alrededor de la tubería.

El material de asiento se colocó longitudinalmente sobre la tubería/alcantarilla de modo que la elevación del material de relleno en cada lado de la tubería fue la misma.

3.9.14 Relleno selecto

Las tuberías y alcantarillas se rellenaron con material selecto o material de asiento desde la altura media de la tubería/alcantarilla hasta un mínimo de 300 mm sobre la parte superior de la tubería/alcantarilla. El material se colocó en capas sueltas que no excedieron 200 mm de espesor, se humedeció a más o menos (+/- 2) % del óptimo contenido de humedad, y se compactó a un mínimo de 95% de la máxima densidad seca, determinada por la Norma ASTM D 1557. La compactación se obtuvo mediante el uso de apisonadoras mecánicas portátiles o de pequeños compactadores vibratorios o de impacto aprobados. El relleno se mantuvo aproximadamente en la misma elevación en cada lado de la tubería.

3.9.15 Relleno estructural

El material utilizado para el relleno alrededor de las estructuras de concreto se ajustó a los requerimientos del relleno estructural tal como se especifica en la Sección 3.8.11. La compactación del relleno alrededor de todas las estructuras de concreto se realizó utilizando apisonadoras mecánicas o pequeños compactadores vibratorios o de impacto.

El material de relleno se colocó en capas sueltas horizontales y uniformes que no excedieron los 200 mm de espesor. Cada capa de relleno se humedeció cuando fue necesario (+/- 2% del óptimo contenido de humedad) y se compactó en forma uniforme a un mínimo de 95% de la

máxima densidad seca, determinada por la Norma ASTM D 1557. Cuando el relleno se colocó únicamente en un lado de una estructura, se tuvo mucho cuidado, de manera de

impedir el desplazamiento de la línea o declive o ambos durante la construcción. El equipo de compactación grande autopropulsado se mantuvo a una distancia mínima de 4 m del frente de los muros de cabecera, muros de contención, estructuras o muros estructurales verticales similares que se estuvieron rellenando. No se operó el equipo de acarreo y equipo de colocación de gran tamaño directamente adyacente a las estructuras.

El relleno estructural no se colocó hasta que el ingeniero inspecciono la estructura o las instalaciones y hayan contado con la aprobación respectiva para el relleno. El material de relleno no se depositó contra la parte posterior de los muros de cabecera, muros de contención o los muros de concreto de las estructuras de drenaje hasta que el concreto alcanzo una antigüedad de diez días o haya desarrollado una resistencia del 70% de la resistencia de diseño especificada.

4. Áreas de Préstamo

4.1 Aspectos generales

El contratista exploto áreas de préstamo en los lugares indicados en los Planos. Las operaciones del contratista en las áreas de préstamo estuvieron sujetas a la aprobación de CMB y evitaron el derroche de cualquier material de construcción adecuado presente en ellas. Para explotar el área de préstamo, se retiró la capa superficial del suelo, en algunos casos, hasta varios metros de material de recubrimiento. La capa superficial del suelo adecuado se apilo en las áreas designadas por CMB y el resto del material desbrozado se utilizó como relleno .. De lo contrario, se consideró inadecuado y se acarreo en un apila de acopio reservada para material inadecuado. CMB requería zanjas abiertas y otras instalaciones de drenaje para derivar agua alrededor de cualquier área de préstamo y drenar agua de dicha área para proteger los posibles materiales de relleno de la saturación.

Las áreas de préstamo se explotaron con la debida consideración para que el drenaje y escorrentía de las superficies excavadas no erosionen el terreno adyacente. El área de préstamo se excavo de tal modo que el agua no se estancó dentro del área de explotación. La capa superficial del suelo producto del desbroce del área de préstamo se apiló temporalmente cerca del área de préstamo, la cual fue utilizada en trabajos de reclamación, una vez que el

área de préstamo se agotó. Se realizaron trabajos de drenaje alrededor del área de préstamo y de la pila de acopio temporal para derivar la escorrentía superficial y así evitar la erosión de la pila. Antes de ser abandonada, el contratista volvió a contornear los taludes del área de préstamo a una configuración estable (talud máximo de 2H:1V, o como determine el Ingeniero), con intersecciones de talud redondeadas y moldeadas para ofrecer una apariencia natural. Todas las áreas de préstamo se nivelaron para proporcionar un drenaje natural. Después de ser perfiladas, la capa superficial del suelo se volvió a colocar sobre todas las superficies, solo cuando

ello fue factible, a la profundidad aproximada que tenía la capa superficial del suelo antes de la explotación del área de préstamo.

El contratista programó sus operaciones para minimizar la doble manipulación de materiales excavados designados incorporándolos a la obra. El apilamiento temporal y posterior remanipulación de los materiales de relleno se volvieron necesarios, la ubicación y los métodos de apilamiento estuvieron sujetos a la aprobación del Ingeniero. El contratista protegió y mantuvo pilas de acopio para minimizar los cambios deletéreos en el contenido de humedad y clasificación de los materiales apilados.

La excavación excedente (por ejemplo, corte excesivo) se acarrió a las áreas de apilamiento designadas, tal como se muestra en los planos o a los lugares que designó el ingeniero.

El material inadecuado de una excavación para la Obra o de una operación de procesamiento en un área de préstamo se eliminó en una pila de acopio para material inadecuado. No se abandonó ningún área de préstamo sin contar con la aprobación previa de CMB.

4.2 Fuentes de materiales de relleno

El contratista obtuvo los materiales de relleno necesarios para la construcción de la obra de las áreas de préstamo potenciales que aparecen en los Planos, o de otras fuentes que fueron aprobadas por el Ingeniero y CMB.

Se previó que las áreas de préstamo principales para la construcción del re-crecimiento fueran las canteras de Misahuanca, Tintaymarca, Capilla y desmonte de Chipmo.

Las potenciales áreas de préstamo que se muestran en los planos generalmente son áreas donde el Ingeniero realizó investigaciones. Los resultados de estas investigaciones indicaron que las áreas contienen suficientes cantidades de material que fueron adecuadas para usarse como diversos tipos de relleno para llevar a cabo la Obra.

El contratista tuvo que seleccionar el material y direccionar las operaciones en las áreas de préstamo para así obtener los diversos tipos y clasificaciones de materiales requeridos para llevar a cabo la obra.

Fue obligación del contratista determinar la homogeneidad de cualquier área de préstamo, la cual se dio a efectos de realizar sus pruebas de control de calidad de las muestras extraídas del área de préstamo y aplicar la información de las pruebas para anticipar el volumen del material que fue removido del área de préstamo, estableciendo estos materiales de manera que el contratista pueda planear adecuadamente la obra relacionada con las áreas de préstamo y minimizar el desperdicio de materiales prestados. El contratista demostró a CMB que su evaluación del área de préstamo se dirigió a establecer si los materiales del área de préstamo cumplían con los requerimientos de diseño y que la información que se recolectó representó el contenido del área de préstamo con respecto a la profundidad y a la extensión del área de suelos dentro del área de préstamo.

El contratista propuso utilizar materiales de relleno provenientes de cualquier área de préstamo no mostrada en los planos o designada por el ingeniero, la aprobación escrita de CMB procedió a todas las investigaciones. El contratista, por cuenta propia, llevó a cabo investigaciones en las áreas de préstamo sólo después de obtener dicha aprobación. El contratista obtuvo y propuso las muestras, que requirió el Ingeniero, de las trincheras y calicatas que efectuó con el propósito de investigar áreas de préstamo alternativas luego determinada la investigación del área de préstamo. Las muestras recuperadas de las trincheras y calicatas de exploración; todas las hojas de los resultados de las pruebas de laboratorio; registros de las trincheras, calicatas, etc. Fueron presentados al ingeniero para su aprobación y las muestras analizadas por el ingeniero. Todas las trincheras y calicatas definidas en los

planos o concluidos durante la investigación del área de préstamo alterna se rellenaron y reclamaron de acuerdo con los requerimientos de CMB.

4.3 Producción de materiales de relleno

El contratista evito la contaminación y derroche de cualquier material que se podría usar como relleno.

La aprobación de las operaciones del contratista no eximio al contratista de la plena responsabilidad de la idoneidad y seguridad de dichas operaciones.

El contratista limpio y desbrozo todas las áreas de préstamo de acuerdo con las disposiciones de la Sección 3.5. Al término de la construcción, las áreas de préstamo se nivelaron para proporcionar un drenaje positivo y se reclamaron con materiales previamente apilados y desbrozados, de acuerdo con las disposiciones de la Sección 4.1 anteriormente mencionada.

Los métodos y equipos utilizados para la excavación de los materiales de relleno del área de préstamo fueron tales que permitieron se logre una selección y combinación satisfactoria que proporcione un adecuado material de relleno.

Los materiales que no fueron aceptables como relleno se encuentran en un área de préstamo, se dejarán en su sitio o se excavarán por separado y se eliminarán a los botaderos designados. Cuando los métodos de excavación y las operaciones de préstamo no son satisfactorios, en opinión del ingeniero, porque producen material que no cumple con esta especificación, se dejarán de emplearse. El contratista revisará las técnicas y los procedimientos requeridos y aprobados por el ingeniero para obtener un material que cumpla con los requerimientos descritos en estas especificaciones.

5.0 Tuberías y Accesorios

Los requisitos de trabajo esbozados en el presente documento y tal como se muestran en los planos, incluyeron el suministro de toda la mano de obra, materiales, equipo de construcción y servicios para la ejecución de la Obra conforme se indicó en las especificaciones y se muestran en los planos.

5.1 Especificaciones y normas aplicables

Todas las tuberías fueron de la mejor calidad disponible y cumplió con las normas más recientes de:

- Instituto Americano de Normas Nacionales (ANSI)
- Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM)
- Asociación Americana de Obras Hídricas (AWWA)
- Asociación Americana Estatal de Autopistas y Transportes (AASHTO)
- Sociedad de la Industria del Plástico, Inc. (SPI)
- Instituto de Tubería Plástica (PPI).

5.2 Propiedades de los materiales

5.2.1 Tubería corrugada de polietileno (CPT) con interior liso

La tubería y accesorios se fabricaron con compuestos de polietileno virgen, que tuvieron una clasificación de celda mínima de 324420C para diámetros entre 100 mm y 250 mm inclusive, ó 335420C para diámetros entre 300 mm y 1,500 mm inclusive, conforme a ASTM D 3350.

Todos los certificados de calidad (pruebas de control de calidad durante la fabricación de la tubería y accesorios; así como de la resina) fueron proporcionados a través de CMB al Ingeniero, y las tuberías y accesorios fueron claramente identificados y relacionados con los respectivos certificados de calidad.

La tubería y accesorios se fabricaron y cumplieron con las especificaciones estándar M 252 y M 294 de AASHTO en su revisión más actualizada. Todas las dimensiones se ciñeron a la clasificación “Tipo S” de AASHTO para tuberías sólidas de pared interior lisa y “Tipo SP” para tuberías perforadas de pared interior lisa. Los acopladores sellados cumplieron con

ASTM D3212. La tubería tuvo una rigidez de tubo mínima al 5% de deflexión cuando se ensayó, conforme a ASTM D 2412, como se indica a continuación

CUADRO 5.1

Requerimientos de rigidez de tubería CPT Mínima @ 5% de deflexión Diámetro Interno (mm) Rigidez de Tubería
100-300 345 kPa
375 290 kPa
450 275 kPa
600 235 kPa
750 195 kPa
900 150 kPa
1 050 140 kPa
1 200 125 kPa
1 500 95 kPa

Cuando se especificaron perforaciones, se cumplió con los siguientes requerimientos:

- AASHTO M252 “Clase 2” para CPT de 100 a 250 mm diámetro.
- AASHTO M294 “Clase 2” para CPT de 300 a 1 500 mm diámetro.

Las ranuras se cortaron en forma de circunferencia. Las coplas fueron corrugadas para coincidir con las corrugaciones de las tuberías y proporcionar resistencia longitudinal suficiente para conservar el alineamiento de la tubería y evitar la separación de las juntas. Las coplas, fueron de collar partido y engancharon al menos dos corrugaciones completas en cada sección de tubería.

5.2.2 Tuberías de HDPE

La tubería de HDPE fue de fabricación con resina BP Solvay K44-08-1232. Los materiales utilizados para fabricar tubería y accesorios de polietileno no contuvieron compuestos reciclados salvo aquellos generados, en la planta de los fabricantes, con la resina de la misma especificación y a través del mismo proveedor de la materia prima.

Las resinas no fueron mezcladas durante el proceso de fabricación y no se les añadió ningún polímero recuperado. El proceso de fabricación no uso más del 10% de la regeneración.

Durante la fabricación de las tuberías, se tomó todas las precauciones para asegurar que el contenido de humedad de la resina fuera minimizado. El material fue de resina de copolímero de etileno/hexeno polietileno de alta densidad y alto peso molecular, con una designación de material de PE 3408. La clasificación del material fue de Tipo III; PE 34 y la clasificación de celda Mínima fue de 345464C, según ASTM D3350. Las propiedades del material asociado con la clasificación de la celda mencionada anteriormente fueron las siguientes:

CUADRO 5.2

Cuadro 5.2	
Clasificación de celda según ASTM D3350	
Clasificación de Celda	Propiedad Método de Ensayo ASTM Valor
3	Densidad D1258 0,941 – 0,955 g/cc
4	Índice de Flujo D1238 <0,15 ...
5	Módulo Flexional, 2%secante D790 758 – 1103 MPa
4	Esfuerzo de Tracción a la Cedencia D638 21 – 24 psi
6	Resistencia al desarrollo tardío de grietas F1473 100 hrs (min)
4	Clasificación de Resistencia Hidrostática D2837 11,03 MPaC
	Color y Estabilizador UV Negro y carbón negro mínimo 2%

El fabricante tuvo certificación ISO 9000 así como también una tercera parte independiente en planta como programa de aseguramiento de calidad. La tercera parte propuesta a CMB y aprobada por CMB previo a la fabricación de la tubería y/o accesorios. La tercera parte informo al fabricante de la tubería, CMB y al ingeniero. El material producido por el fabricante de tuberías que no estuvo conforme a los requerimientos de la tercera parte ni tampoco alcance los estándares aquí especificados no fue enviado a la zona de trabajo.

Las dimensiones y calidad de la tubería de HDPE fue conforme a lo especificado en ASTM F 714, D 2513, D 3035 y los diámetros de tubería fueron aquéllos especificados en los planos. Cada lote de material fue ensayado para determinación del contenido de humedad, índice de flujo, densidad y porcentaje de carbón. Adicionalmente a lo requerido el fabricante proporcionó información de ensayos.

Los accesorios de polietileno fueron fabricados del mismo tipo de resina, grado y clasificación de celda de la tubería a la que fueron unidos. Asimismo se fabricaron a partir de la tubería de polietileno, laminas de reserva o accesorios moldeados. Todos los accesorios tuvieron el mismo valor de presión interna que el de la tubería a la que se acopló. En el punto de fusión, el espesor de pared y el diámetro exterior del accesorio, fue de acuerdo con la norma ASTM F714 O D3035 para el mismo diámetro de tubería.

La tubería fue permanentemente marcada en concordancia con todos los estándares aplicables. Las marcas fueron estampadas en caliente impresas identificadas y permanecieron legibles bajo condiciones normales de manipuleo y prácticas de instalación. Los accesorios fueron marcados en el cuerpo o en el centro. Las marcas fueron de acuerdo al estándar aplicable dependiendo del tipo de accesorio. Los accesorios mecánicos fueron marcados con el tamaño, código de designación, valor de presión y nombre del fabricante. Las secciones de tubo de HDPE se unieron mediante fusión térmica a tope en estricto cumplimiento de las recomendaciones del fabricante.

El equipo de fusión a tope usado en los procedimientos de unión, satisfizo todas las condiciones recomendadas por el fabricante de tuberías.

La fusión a tope realizada entre los extremos de la tubería o los extremos de la tubería y los accesorios de las conexiones de salida estuvieron dentro de los siguientes rangos de espesor de pared a) 2 grados de SDR de diferencia para tuberías de diámetro menor o igual a 6", b) 1 grado de SDR de diferencia para tuberías de diámetro entre 6" y 18" y c) ninguna diferencia de SDR para tuberías mayores a 18". La fusión térmica a tope del HDPE fue efectuada por técnicos calificados.

Los aros de refuerzo para uniones bridadas fueron del tipo trenzado de hierro dúctil (los grados fluctúan entre 60/40/18 y 64/45/12, ASTM 536-80), perforados con plantillas ANSI de pernos para aros, y tuvo una capacidad de presión de 150 psi . Las bridas y pernos de refuerzo fueron aprobados o suministrados por el fabricante de tuberías. Las ranuras de tuberías de HDPE fueron utilizadas como agujeros de drenaje del canal de derivación y espaciadas equitativamente alrededor de la circunferencia de la tubería y espaciadas en centros de 10 mm debajo del eje de la tubería. Cada ranura tuvo una longitud nominal de 30 mm y un ancho nominal de 0,5 mm.

5.2.3 Pernos y empaquetaduras

Las empaquetaduras de brida cumplieron con la norma ANSI B16.21 y se usaron en todas las uniones con bridas.

5.3 Presentación

El contratista presento, a pedido del ingeniero, el documento del fabricante que certifico que toda la tubería y accesorios suministrados por el mismo cumplieron con las secciones aplicables de las especificaciones.

5.4 Entrega, manipulación y almacenamiento de tubería

La tubería, conexiones, válvulas y otros accesorios se cargaron y se descargaron izándolos con teclés, de modo que se evitaron daños o peligros. Por ningún motivo se dejó caer tuberías o conexiones al suelo o dentro de zanjas. Las tuberías se manipularon en patines. El interior de toda la tubería y conexiones de tubería siempre se mantuvieron libres de basura y materias extrañas.

El contratista fue el responsable de todo el material que se le fue proporcionado y reparo por su cuenta todo ese material que se dañó en la manipulación después de su entrega por parte de CMB. Esto incluyo el suministro de todos los materiales y mano de obra requeridos para reemplazar el material instalado que fue descubierto dañado, lo cual no sucedió.

5.5 Instalación de tubería

5.5.1 Aspectos generales

Las tuberías se instalaron según las líneas y rasantes en la forma mostrada en los planos. Cuando los planos no indicaron las líneas o rasantes específicas, éstas fueron determinadas por el ingeniero en campo para adaptarse a las condiciones existentes del terreno. El contratista uso equipo y métodos aceptables para el ingeniero, y conforme a las recomendaciones del fabricante de tuberías, para la manipulación y colocación de las tuberías y conexiones.

El contratista instalo toda la tubería requerida para concluir la instalación de acuerdo con las buenas prácticas de instalación de tuberías. Asimismo se debió mantener la distribución general indicada en los planos. Cuando haya una interferencia durante la instalación o se considere necesario reubicar tuberías, se consultó al ingeniero antes de efectuar algún cambio.

Todas las tuberías fueron instaladas para conservar la alineación exacta. Se tuvo mucho cuidado al instalar tramos de tubería donde se requirió drenaje, para garantizar que la tubería tenga una pendiente continua hasta el punto de drenaje.

Antes de la instalación, se inspecciono cada segmento de la tubería y todas las conexiones para determinar si tuvieron defectos y/o daños. Asimismo se tuvo cuidado de prevenir el ingreso de materias extrañas en las tuberías mientras están siendo instaladas. Los extremos abiertos de las tuberías fueron cubiertos con tapones temporales u otros medios aprobados.

El doblado de tuberías para formar curvas en el plano horizontal o vertical, no excedió lo recomendado por el fabricante o lo aprobado por el ingeniero. El corte de tuberías para insertar accesorios o piezas de cierre se realizó de forma prolija y esmerada sin dañar las tuberías, en forma tal que dejo un extremo liso en ángulo recto al eje de la tubería.

5.5.2 Tubería corrugada de polietileno (CPT) con interior liso

El método del contratista para la instalación de la tubería CPT fue revisado por el ingeniero antes de empezar la instalación. El contratista desarrollo métodos que aseguren que la tubería CPT no se dañe durante la instalación o el relleno. El contratista coloco la tubería CPT de modo tal que se minimizo el tráfico de vehículos y equipo sobre las zonas terminadas.

Los materiales para el relleno fueron los indicados en los planos y descritos en estas especificaciones.

5.5.3 Tubería de HDPE

En general, las secciones de tubería se unieron para formar longitudes continuas en el lugar de su instalación. La modalidad de arrastrar las tuberías hasta su lugar se aplicó al mínimo detalle y sólo se permitió si es que las tuberías no hubieran sufrido daño a causa de rocas afiladas o por la excesiva abrasión originada al arrastrarlas por distancias excesivas, lo cual no sucedió. Todas las tuberías y conexiones se bajaron cuidadosamente en las zanjas. En ningún caso se les dejo caer en las zanjas. Los materiales para relleno debieron ser los indicados en los planos y en las especificaciones para movimiento de tierras.

6. Concreto

6.1 Aspectos generales

El concreto estructural se colocó en diversos lugares, incluyendo construcciones de pozas, vertederos, canales de derivación y muros de sostenimiento, conforme aparece en los planos. Además, Se requirió concreto pobre en varios lugares especificados por el Ingeniero durante la construcción. También se usó concreto para estabilizar el asiento del empedrado en el trabajo de canales y mantas para evitar la erosión de taludes, según se muestra en los planos.

Todo el concreto colocado se procesó de una planta de pre-mezclado o de una planta de mezcla por volumen en obra y este uso materiales aprobados. Por lo general, el concreto cumplió con las normas de la industria más recientes, así como las normas y pautas aplicables delineadas en ACI 304, “Pautas para la Medición, Mezcla, Transporte y Colocación de Concreto,” y en ACI 347, “Práctica Recomendada para el Encofrado de Concreto.” Si la

temperatura ambiente descendió menos de 5°C, debieron seguirse las normas y pautas de ACI 306, “Colocación de Concreto en Clima Frío”.

Asimismo, fueron necesarios los certificados de inspección del ingeniero para armar encofrados, colocar fierro de refuerzo y piezas empotradas, vaciar el concreto, retirar el encofrado, rellenar y obtener la aceptación final. Estos certificados describieron en detalle el trabajo efectuado y fueron firmados por el contratista de concreto y el ingeniero. No se colocó relleno junto a o sobre ningún concreto que no haya alcanzado el 70% de la resistencia mínima de diseño a la compresión, medida a los 28 días.

6.2 Composición del concreto

6.2.1 Aspectos generales

El concreto estuvo conformado por cemento Portland, agua, agregado fino y grueso y una gente reductor de agua. El concreto debió diseñarse para dar una combinación práctica de materiales que produjeron la durabilidad y resistencia requeridas en el concreto endurecido.

Los requisitos de resistencia de todo el concreto que fue utilizado en la obra, fueron conforme se indicó en los planos.

6.2.2 Concreto Pobre

Se requirió concreto pobre en las sobre excavaciones como base para el concreto estructural. El concreto pobre consistió en cemento, arena y agregado mezclados en proporciones adecuadas con agua y aditivos para producir un concreto que tuvo un mínimo de 15 MPa de resistencia a la compresión a los 28 días. El contratista de concreto presento diseños de mezcla al Ingeniero para su aprobación, acompañados con los resultados de pruebas apropiadas, antes de colocar el concreto.

6.2.3 Concreto estructural

El concreto estructural consistió en cemento, arena y agregado mezclados en proporciones adecuadas con agua y aditivos para producir un concreto que tuvo un mínimo de 20 a 28 MPa de resistencia a la compresión a los 28 días, conforme se indica en los planos.

El contratista de concreto presento diseños de mezclas al ingeniero para su aprobación, acompañados con los resultados de pruebas apropiadas, antes de colocar el concreto.

6.2.4 Grout

El grout se colocó junto con el empedrado para algunos canales de derivación. El grout consistió en cemento y arena mezclados en proporciones adecuadas con agua y aditivos para producir un grout que tuvo un mínimo de 20 MPa de resistencia a la compresión a los 28 días. El contratista de concreto presento diseños de mezclas al ingeniero para su aprobación, acompañados con los resultados de pruebas apropiadas, antes de colocar el grout.

6.2.5 Trabajabilidad del concreto y del grout

El concreto estructural entregado para colocación tuvo un “slump” entre 50 mm y 150mm.

El rango del “slump” del grout fluctuo entre 125 mm y 200 mm.

6.2.6 Diseño de mezcla

El contratista de concreto fue el único responsable del diseño de todas las mezclas de concreto que se utilizaron en la Obra. El concreto suministrado cumplió con ASTM C94, especificaciones estándar para concreto pre-mezclado. El contratista de concreto presento al ingeniero los detalles de diseño de mezclas de concreto, así como evidencia razonable que demuestro que las proporciones de mezcla escogidas produjeron un concreto que cumplió con los requerimientos establecidos, tales como resultados de pruebas de compresión de probetas para mezclas experimentales. El contratista de concreto no altero tales diseños de mezcla sin la aprobación escrita del ingeniero.

El contratista de concreto coopero con el ingeniero y dio asistencia para obtener muestras de agregado y de concreto, y para mantener el control de calidad en todos los aspectos de la producción en la planta de mezcla y en el punto de colocación.

6.3 Materiales

6.3.1 Agua

El agua se utilizó para la mezcla de concreto deberá ser agua potable, la cual debe contar con la aprobación del ingeniero antes de la mezcla. El contratista de concreto debe presentar información de la calidad del agua al Ingeniero para la revisión previa a la aprobación de la fuente, salvo que CMB suministre el agua.

El agua utilizada en la mezcla, limpieza y curado del concreto, así como el agua utilizada para rociar los agregados de concreto, fue fresca, limpia y estuvo libre de cantidades nocivas de sedimentos, materia orgánica, álcali, ácidos, sales u otras impurezas.

6.3.2 Cemento

El cemento Portland fue del Tipo I ó II, de conformidad con ASTM C 150.

6.3.3 Agregados

El agregado fino fue de arena natural procesada. El agregado grueso fue de grava natural o una mezcla de grava natural y grava chancada. Todos los agregados para concreto fueron sólidos, libres de materias extrañas y no reaccionaron al álcali que pueda haber estado contenido en el cemento. Los agregados se clasificaron debidamente de acuerdo con la especificación C 33, C 131 y C 136 de ASTM. El contratista de concreto fue responsable de la calidad de todos estos materiales usados en la Obra. El agregado propuesto para concreto estuvo sujeto a la inspección y aprobación del ingeniero.

El contenido de polvo, medido como porcentaje del material que pasa la malla de 0,07 mm, no excedió el 5% en el caso del agregado fino y 1,5% en el caso del agregado grueso. El módulo de fineza debió estar en el rango de 1,6 a 3,5 (inclusive). El contenido de cloruro de los agregados no excedió el 0,03% por masa y el agregado estuvo libre de material orgánico. Los requisitos de integridad y durabilidad se realizaron conforme a las especificaciones estándar de ACI para el concreto estructural.

6.3.4 Aditivos

Se usó aditivos reductores de agua con el fin de bajar la proporción agua/cemento.

6.4 Encofrado

Todo el diseño, instalación y empleo del encofrado se refirió a la última edición de ACI347 “Práctica Recomendada para el Encofrado de Concreto” (Instituto Americano del Concreto). Cuando fue posible, el concreto se vació pegado a los costados de una excavación. En todos los encofrados se usaron un compuesto antiadherente.

Los huecos causados por las varillas de amarre en el concreto, fueron sellados con un compuesto de grout, la cual, no se contrajo según las recomendaciones y especificaciones del fabricante.

6.5 Mezclado, transporte y colocación

El trabajo de concreto se efectuó de acuerdo con el ACI 212.2, “Guía para el uso de aditivos en concreto,” ACI 211.1, “Práctica recomendada para seleccionar proporciones para el concreto normal y pesado,” y ACI 304, “Práctica recomendada para medir, mezclar, transportar y colocar el concreto.”

El concreto fue vaciado al ras de la excavación o en superficies preparadas, o del encofrado. Esto se realizó especialmente cuando hubo tuberías u otras piezas empotradas. El concreto pobre se vació pegado al piso y en paredes de una excavación. El grout se preparó en una mezcladora mecánica durante un mínimo de dos minutos y se colocó después de 1 hora de haberse mezclado.

6.6 Preparación para el vaciado de concreto

Antes de vaciar el concreto, el contratista de concreto preparó el área de colocación de acuerdo con todos los requisitos aquí especificados y obtuvo autorización por escrito del ingeniero para vaciar el concreto.

Las fundaciones de tierra o granulares fueron meticulosamente compactadas y humedecidas antes del vaciado de concreto estructural, concreto pobre o grout.

Todas las superficies de roca sobre las cuales se vació el concreto estructural, concreto pobre, o grout, estuvieron limpias y sólidas. La limpieza final incluyó la remoción de todo el barro, grasa, agua, desmonte y otras materias extrañas de las superficies sobre las cuales va a colocarse concreto fresco, por medio de chorros de aire o agua y/u otros métodos aprobados por el ingeniero. La limpieza y preparación finales deberán culminarse antes de que el ingeniero realice su inspección para autorizar el vaciado de concreto.

6.7 Refuerzo

Todo el refuerzo cumplió con ASTM A 615, A 616, o A 617.

La resistencia a la fluencia característica para todo el refuerzo es un mínimo de $f_y = 400$ MPa. La malla de alambre soldado (WWF) cumplió con la norma ASTM A 185.

La cobertura mínima para cualquier refuerzo fue de 75 mm

El alambre de amarre del refuerzo fue de recocado negro y no menor de 1,5 mm de diámetro. Al momento de vaciar el concreto, el refuerzo estuvo libre de óxido, costra, aceite, u otros recubrimientos que hubiesen disminuido la capacidad del concreto para adherirse con el refuerzo.

6.8 Vaciado del concreto

El contratista y el contratista de concreto dieron aviso al ingeniero con 24 horas de anticipación, indicando el momento y el lugar en que se iba a vaciar el concreto. El ingeniero efectuó la inspección final para la aprobación del vaciado de concreto.

No se vació el concreto antes de la inspección del ingeniero a las piezas empotradas y el encofrado y haya certificado por escrito que están listos para la colocación del concreto. Dicha inspección y certificación no eximio en modo alguno al contratista de concreto de cualquier responsabilidad debido a errores y/u omisiones de cualquier parte de la construcción que no se dieron.

El vaciado del concreto sólo comenzó en presencia del ingeniero y después de que el Contratista de Concreto obtuvo la aprobación por escrito del referido Ingeniero con respecto al área de vaciado. El concreto fue depositado tan próximo a su posición final como fue posible, en capas horizontales o en forma de cuñas con no más de 450 mm de profundidad. No se permitió el movimiento lateral del concreto mediante vibradores.

El concreto fue vaciado verticalmente dentro del encofrado, sin movimiento lateral o interferencia. La caída libre sin confinar fue de 1,5 m. y los métodos de colocación requieren una caída libre de más de 1,5 m, en donde fue necesario utilizar el método de vaciado con tolva de embudo.

Los métodos y equipo propuestos para la consolidación del concreto estuvieron de acuerdo con el informe del comité 609 del ACI (Instituto Americano del Concreto), “Consolidación del concreto”.

6.9 Vaciado de grout

El grout se vació después de que el ingeniero aprobó una superficie de empedrado. El vaciado del grout involucro una tolva de embudo o canalón hacia la superficie sobre la que el grout se distribuyó con el espesor indicado en los Planos. Asimismo, la profundidad mínima del concreto para el empedrado relleno, fue del 70% del tamaño nominal del mismo (relleno).

Se insertaron tuberías ranuradas de drenaje en la base del empedrado, dentro de la sub-base conforme se muestra en los Planos. El extremo de la tubería que penetra la sub-base debió estar taponado. La finalidad de las ranuras de drenaje fue aliviar la presión del agua subterránea debajo del empedrado.

Las superficies del empedrado fueron humedecidas ligeramente antes de colocar el concreto de relleno. El concreto de relleno fue aplicado a la superficie mediante embudo, badilejo, vaciado, varillado, y escobillado a efectos de asegurar que se llenen todos los vacíos dentro de la capa de empedrado y con ello , se logró la cobertura adecuada en todo el espesor del empedrado que necesito rellenar. A medida que se registró avance en el vaciado, los vacíos

que aparecieron debido al asentamiento del grout, fueron rellenados una y otra vez para asegurar el control de calidad.

Se requirió que el grout penetre desde la sub-base hasta el 30% superior del empedrado colocado.

El contratista de concreto empapo y cubrió las zonas donde se vació grout con polietileno, membrana impermeable por un período de 7 días después del vaciado.

6.10 Acabado

Todas las superficies de concreto fueron nivelados y a su vez tuvieron un acabado áspero.

6.11 Curado y protección

Durante el período en que el concreto estuvo protegido por el encofrado, las superficies expuestas de todo el concreto colocado en capas fueron curadas inicialmente con agua.

Después de culminadas las operaciones de acabado, se continuo con el curado con agua. El tiempo de remoción del encofrado fue de acuerdo con la norma ACI 347. Toda la superficie expuesta del concreto se mantuvo continuamente mojada. El curado con agua debió efectuarse por un período no menor de 7 días.

Se usaron aditivos de curado para acelerar el curado del concreto. El uso de agentes de fraguado sólo se realizó con la aprobación previa del Ingeniero

6.12 Reparaciones del concreto

La reparación de imperfecciones en el concreto se efectuaron tan pronto fue posible después del desencofrado. El contratista de Concreto mantuvo informado al Ingeniero sobre el momento en que se realizaron las reparaciones del concreto, y las reparaciones se realizaron en presencia del ingeniero.

En todas las superficies de concreto, todos los huecos, zonas de panal, esquinas o bordes rotos y todos los demás defectos, no se repararon hasta que el ingeniero los inspecciono. Después de la inspección, a menos que se ordene otro tratamiento, se repararon todos los

defectos recortando los materiales malogrados a satisfacción del ingeniero y colocando concreto nuevo que fue fijado con cuñas, colas de milano o anclajes.

7 Control de Calidad y Tolerancias de Construcción

7.1 Aspectos generales

Las pruebas de control de calidad (QC) de suelos fueron de responsabilidad del contratista y las pruebas de control de calidad (QC) de geomembrana fueron responsabilidad del instalador. El ingeniero realizó pruebas e inspecciones de aseguramiento de calidad (QA) en un laboratorio aparte, para confirmar los resultados de las pruebas de QC efectuadas por el contratista e instalador. El ingeniero presenció también cierta cantidad de pruebas realizadas por el contratista e instalador con fines de QC. El contratista e instalador colaboró plenamente con el ingeniero en el muestreo y las pruebas y prestaron la asistencia debida a fin de que el muestreo y las pruebas se realicen con prontitud. El contratista e instalador le dieron al Ingeniero el tiempo suficiente para realizar las pruebas requeridas a fin de determinar la aceptabilidad del material.

Todas las pruebas de laboratorio y campo se efectuaron de conformidad con los principios y métodos prescritos por la sociedad americana de Ensayos de Materiales (ASTM) y otras instituciones reconocidas.

La presente especificación detalla las pruebas de QC que efectuaron el contratista e Instalador durante la construcción.

7.2 Muestreo y pruebas de movimiento de tierras

Todos los materiales fueron compactados, de modo tal que cumplieron los requisitos mínimos especificados en las secciones 3.8 y 3.9.

Las pruebas requeridas antes de la compactación consistieron en relaciones de contenido de humedad y densidad, análisis granulométricos y límites de Atterberg. Se tomaron las muestras después del nivelado y esparcido de los materiales de relleno y antes de la compactación, con las frecuencias que confirmaron el cumplimiento del material con estas especificaciones y con las frecuencias señaladas en la Sección 5.4 “Cuadros”. El tamaño de

la muestra de las pruebas de registro y control conforman los requerimientos de la Norma ASTM D 2487 y D 422, el cual provee los requerimientos de tamaño basado en el tamaño máximo de la partícula.

Las pruebas del material de relleno después de la compactación, consistieron en la determinación del contenido de humedad y la densidad en campo. Las pruebas no son destructivas y confirmaron el cumplimiento del material. se extrajo muestras adicionales de materiales de baja permeabilidad, las cuales se ensayaron en otro lugar para determinar su permeabilidad.

7.3 Frecuencias de ensayos

Las cuadros que aparecen en la Sección 5.4 especifican el número mínimo de ensayos de Registro de QC que el contratista efectuó durante la Obra. El ingeniero requirió pruebas adicionales cuando, en su opinión, tales pruebas fueron necesarias debido a la variabilidad de los materiales o propiedades de suelo que puedan afectar la Obra.

7.4 Tablas

El contratista efectuó las pruebas de control de materiales que fueron necesarias para determinar la idoneidad de las áreas de préstamo. Estas pruebas de control fueron presentadas al Ingeniero para su aprobación, antes de retirar el material de las áreas de préstamo para la colocación de relleno. El contratista demostró que los resultados de las pruebas de control de los materiales de préstamo estuvieron de acuerdo a las Especificaciones y que el número de pruebas de control satisfizo el registro mínimo de frecuencia en las pruebas y a su vez estuvieron conforme al volumen del material que fue removido. Esto implicó realizar suficientes pruebas para desarrollar “grupos” de suelos de áreas de préstamo, clasificadas por la relación de gradación y humedad-densidad. Las pruebas de control conducidas en el área de préstamo fueron esenciales para el contratista. Luego de revisar los datos de las pruebas de control del contratista, el ingeniero requirió se hagan pruebas adicionales antes de aprobar un área de préstamo.

El contratista realizo pruebas de laboratorio y de campo de acuerdo con las frecuencias de pruebas mínimas para materiales especificados en las siguientes tablas.

Las pruebas de relleno común, material de baja permeabilidad y desmonte de Chipmo incluyen, sin sentido limitativo, las requeridas para terraplenes, renivelación, bermas, rellenos de caminos de acceso y servicio, etc.

CUADRO 5.1

<u>Métodos de prueba</u> <u>Tipo de Prueba Método de Prueba (ASTM)</u> <u>Movimiento de Tierras</u>
Límites de Atterberg D 4318 Contenido de Humedad a. Laboratorio b. En campo D 2216 D 3017
Análisis de Tamaño de Partículas de Suelos D 422 Relación Humedad-Densidad a. Proctor Estándar b. Proctor Modificado D 698 D 1557
Densidad de Campo a. Método Nuclear b. Método del Cono de Arena c. Método del Reemplazo de Agua D 2922 D 1556 D 5030 Permeabilidad – Pared Flexible D 5084

CUADRO 5.2

<u>Frecuencia mínima de pruebas</u> <u>Material de baja permeabilidad, desmonte de Chipmo y relleno común</u> Tipo de Prueba Frecuencia (una vez cada)
Límites de Atterberg 1 000 m ³ Contenido de Humedad – Laboratorio 1 000 m ³ Contenido de Humedad – Campo 1 000 m ³ Análisis de Tamaño de Partículas 1 000 m ³ Relación Humedad-Densidad 1 por tipo de material o cada 10 000 m ³ Densidad de Campo – Método Nuclear 2 500 m ² Densidad de Campo – Método del Cono de Arena/Reemplazo de Agua 8 000 m ² Permeabilidad – Pared Flexible Opción

A las pruebas de permeabilidad se efectuaron para verificar si el material cumplía con los requisitos máximos de permeabilidad, sólo si los materiales variaron significativamente de aquéllos aprobados durante la investigación geotécnica. El número de pruebas fue determinado por el Ingeniero en el campo. Cuando fue posible, debieron usarse muestras del material de baja permeabilidad colocado. Las pruebas de permeabilidad fueron efectuadas por el Ingeniero por cuenta de CMB.

CUADRO N 5.3

<u>Frecuencia de mínima de pruebas</u> Relleno para asiento y cimentación de tuberías Tipo de Prueba Frecuencia (una vez cada) ^b
Límites de Atterberg 1 por estructura o cada 2 000 m ³ Contenido de Humedad – Laboratorio 1 por estructura o cada 2 000 m ³ Contenido de Humedad – Campo 4 por estructura o cada 1 000 m ³ Análisis de Tamaño de Partículas 1 por estructura o cada 2 000 m ³ Relación Humedad-Densidad 1 por tipo de material Densidad de Campo – Método Nuclear por estructura o cada 1 000 m ³ b Se deberá utilizar la frecuencia que requiera mayor número de pruebas.

CUADRO 5.4

<p>Frecuencia mínima de pruebas Relleno selecto/Relleno estructural Tipo de Prueba Frecuencia (una vez cada)</p>
<p>Límites de Atterberg 1 por estructura o cada 2 000 m³ Contenido de Humedad – Laboratorio 1 por estructura o cada 2 000 m³ Contenido de Humedad – Campo 4 por estructura o cada 1 000 m³ Análisis de Tamaño de Partículas 1 por estructura o cada 2 000 m³ Relación Humedad-Densidad 1 por tipo de material Densidad de Campo – Método Nuclear 4 por estructura o cada 1 000 m³ c Deberá usarse la frecuencia que requiera el mayor número de pruebas.</p>

CUADRO 5.5

<p>Frecuencia mínima de pruebas Capa final de rodadura Tipo de Prueba Frecuencia (una vez cada)</p>
<p>Contenido de Humedad – Laboratorio 1 000 m³ Contenido de Humedad – Campo 500 m³ Análisis de Tamaño de Partículas 1 000 m³ Relación Humedad-Densidad 1 por tipo de material o cada 2 000 m³ Densidad de Campo – Método Nuclear 500 m³</p>

CUADRO 5.6

<p>Frecuencia mínima de pruebas Agregado para drenaje Tipo de Prueba Frecuencia (una vez cada)</p>
<p>Análisis de Tamaño de Partículas 1 por estructura o cada 500 m³ Límites de Atterberg Según lo requiera el Ingeniero Abrasión de Los Ángeles Según lo requiera el Ingeniero Durabilidad Según lo requiera el Ingeniero</p>

7.5 Tolerancias de construcción

7.5.1 Movimiento de tierras

En general, el contratista debió realizar la obra según las líneas y rasantes indicadas en los planos, dentro de las tolerancias siguientes:

CUADRO 5.7

Tolerancias de construcción para movimiento de tierras Lugar Desviación Máxima Admisible Alineamiento Rasante
Taludes de Dique de Contención $m \pm 150$ mm Carretera (tope de capa final de rodadura) $m \pm 300$ mm – 0 mm Material de baja permeabilidad, desmonte de Chipmo y relleno común $m \pm 150$ mm – 0 mm Canales y Zanjas $m \pm 100$ mm k Ningún trabajo será aceptado si la rasante es distinta a lo especificado. m No puede variar del trazo mostrado en los Planos por más de 300 mm, salvo aprobación del Ingeniero

CAPÍTULO 2 : ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA GEOSINTÉTICOS Y GAVIONES

1. Introducción

Los requerimientos técnicos contenidos en el presente documento tratan sobre la calidad de los materiales geosintéticos que fueron elaborados e instalados por la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. para el proyecto diseño final del recrecimiento del depósito de relaves N° 4. En general, esta especificación fue aplicable a la construcción del recrecimiento del depósito de relaves N° 4 en la unidad Orcopampa.

En el emplazamiento se dispuso de diversos tipos de productos geosintéticos que fueron utilizados siempre que fue necesario. El instalador fue responsable de cuantificar y garantizar la instalación de estos productos de la misma manera descrita para los materiales nuevos.

1.1 Definición de términos

A “CMB” se le denomino como el propietario, Cía. de Minas Buenaventura S.A.A., o cualquiera de sus representantes autorizados.

Al “administrador de la construcción” se le denomino a CMB.

Al “Ingeniero” se le denomino a Knight Piésold Consultores S.A. y Buenaventura Ingenieros S.A. o cualquiera de sus representantes autorizados.

Por “contratista” se entendió la parte que ha celebrado un contrato con CMB y que llevo a cabo el movimiento de tierras descrito en el Contrato, tal como se describió en las especificaciones y modificaciones y tal como se detalló en los planos.

Por “Instalador” se entendió la parte que ha celebrado un contrato con CMB para la instalación de geosintéticos descrito en las especificaciones y detallado en los planos.

Por “contrato” se entendió el contrato celebrado por CMB con el contratista que llevo a cabo la obra mostrada en los planos y especificada en el presente.

Por “especificaciones” se entendió a las “especificaciones técnicas para movimiento de tierras de compañía de minas buenaventura S.A.A.” y “especificaciones técnicas para geosintéticos de compañía de minas buenaventura S.A.A.”; en nivel de revisión cero y cualquier otra especificación y modificación que fue proporcionada por el ingeniero y CMB aplicables a la Obra. La última revisión numerada de cualquier especificación se consideró documento aplicable a la construcción de la Obra.

Por “Planos” se entendió a los planos de construcción en nivel de revisión 0 que fueron elaborados para el proyecto del recrecimiento del depósito de relaves N° 4 y cualquier otro plano que fue proporcionado por CMB, el ingeniero o terceros aplicables, a la obra.

Por “modificaciones” se entendió a los cambios realizados en las Especificaciones o en los planos aprobados por el ingeniero y CMB por escrito, después de haber expedido para la construcción. También se refirió a los cambios en los elementos de diseño en el campo para explicar las condiciones imprevistas.

Por “obra” se entendió a la construcción finalizada tal como se muestra en los planos, los caminos de acceso a la construcción que conectan las áreas de la obra y tal como se describe en las especificaciones y el contrato.

Por “emplazamiento” se entendió al área donde se ubicó la obra, de propiedad de CMB y en donde se construyó la obra, tal como se describe en las especificaciones y se detalla en los planos.

Por planta” se entendió a todos los equipos, materiales, suministros, alojamientos temporales, oficinas temporales u otros objetos llevados por el contratista al emplazamiento para realizar la obra .

Por “aseguramiento de la calidad” se entendió a la responsabilidad de la dirección técnica de la obra que garantizo la conformidad de la obra con el diseño propuesto. Aseguramiento de

Calidad (QA) fue responsabilidad del contratista de QA (Quality Assurance) y fue realizada a satisfacción del ingeniero y CMB.

Por “contratista de QA” se entendió a la parte independiente, que fue responsable de observar y documentar las actividades relacionadas con el aseguramiento de calidad (QA) durante la construcción de la obra e instalación de geosintéticos.

Por “control de calidad” se entendió a las pruebas e inspecciones necesarias que garantizaron que la obra se haya realizado conforme a las especificaciones. El control de calidad fue responsabilidad del contratista, Instalador y fue realizado a satisfacción de CMB y el ingeniero.

Por “fabricante de geosintéticos” se entendió a las partes que fabricaron el material geosintético.

Por “HDPE” se entendió al polietileno de alta densidad.

Por “Terramesh” se entendió a la conformación de elementos estructurales, los cuales conformaron el paramento frontal y el elemento de refuerzo a ser anclado en el suelo.

Por “Geomallas” se entendió a los elementos elaborados con resinas selectas de propileno opoliéster, las cuales son químicas y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos; fueron inertes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento. “Panel” fue definido como la unidad de área de geomembrana que fue soldada en campo y que estuvo conformada por un rollo o porción de rollo de geomembrana.

“Unidades” en general, las especificaciones y los planos se refirieron a unidades métricas para tamaño de malla, diámetros de tuberías, espesor de geomembranas, pesos de geosintéticos, etc. Sin embargo, en varios casos, el material adquirido y/o los equipos de prueba y resultados se expresaron en unidades inglesas, lo cual fue aceptable ya que , estas fueron equivalentes a las unidades métricas especificadas. El sistema métrico equivalente a la norma inglesa para los tamaños de malla es el siguiente:

CUADRO N° 1.1

Conversión de Unidades Sistema Métrico Norma Inglesa	
152,4 mm	6 pulgadas
101,6 mm	4 pulgadas
76,2 mm	3 pulgadas
50,8 mm	2 pulgadas
37,5 mm	1½ pulgadas
25,4 mm	1 pulgadas
19,1 mm	¾ pulgadas
12,7 mm	½ pulgadas
9,52 mm	3/8 pulgadas
4,75 mm	N° 4
2,36 mm	N° 8
1,18 mm	N° 16
0,60 mm	N° 30
0,43 mm	N° 40
0,30 mm	N° 50
0,15 mm	N° 100
0,07 mm	N° 200

1.2 Documentos o Información por entregar

1.2.1 Aspectos generales

El fabricante de geosintéticos y/o el instalador presento la siguiente información por escrito a CMB antes de proceder a la instalación del material de geomembrana y GCL

El fabricante de geosintéticos confirmo por escrito que las garantías que cubren los materiales y toda la mano de obra, así como la degradación como consecuencia de los rayos ultravioletas, que aparecen en la lista de las especificaciones contenidas en el presente documento .

Certificación mediante la cual se declara que toda la resina procedió del mismo fabricante.

Copia de los certificados de aseguramiento de la calidad/control de calidad emitidos por el fabricante de geomembrana, el proveedor de resina y de una tercera empresa independiente que fue encargada del aseguramiento de la calidad.

Certificación mediante la cual se confirmó que las resinas y/o varillas de extrusión procedían de un solo fabricante y que fueron del mismo tipo de resina y obtenidas del mismo proveedor de resinas y también de aquellas utilizadas para fabricar los rollos de geomembrana.

Se presentó una copia del manual de control de calidad del instalador, a CMB, el cual fue aprobado por el ingeniero antes de la adjudicación de la licitación.

Datos sobre los ensayos de soldadura para las soldaduras de HDPE (por extrusión y tipo cuña) se proporcionaron a pedido del ingeniero, antes de la adjudicación de la licitación.

El instalador de geosintéticos le proporciono a CMB la distribución de paneles para que a su vez fuera aprobado por el ingeniero. La revisión se llevó a cabo sólo con fines conceptuales y la colocación real de paneles se determinó según las condiciones del emplazamiento.

1.2.2 Presentaciones diarias durante la instalación

El instalador presento lo que se indica a continuación:

Formularios de aceptación de la rasante y superficie de los taludes.

Toda la documentación de QC y los resultados de los ensayos en campo (resultados de los ensayos destructivos y no destructivos).

1.2.3 Presentaciones una vez concluida la instalación

El instalador presento lo que se indica a continuación:

Certificado en el cual se declaró que la geomembrana se ha instalado de conformidad con los planos y las especificaciones.

Planos de acuerdo a lo construido que mostraron la disposición real del panel de geomembrana, las costuras, ubicación de las muestras de los ensayos destructivos y todas las reparaciones claramente marcadas. La distribución de paneles de acuerdo a lo construido

incluyo el depósito de relaves N° 4, y todas las estructuras que requirieron geomembrana para concluir la Obra. La distribución de paneles de acuerdo a lo construido debió ser presentado en planos en tamaño natural y en formato digital.

1.3 Coordinación entre CMB, contratistas e ingeniero

Después de que el contratista finalizó la preparación de la superficie que estuvo situada directamente debajo de los geosintéticos, el instalador, el ingeniero y CMB confirmaron su aceptación suscribiendo un formulario en el que se describe la extensión del área. En ese momento, el instalador asumió la responsabilidad de proteger la superficie aprobada utilizando barreras u otros medios a fin de eliminar el tránsito vehicular sobre dichas superficies hasta que éstas quedaron cubiertas por el GCL y la geomembrana. Cualquier daño causado por medios mecánicos u otros a las áreas aprobadas de revestimiento de suelos, tales como la filtración de agua a través de paneles no soldados o parches incompletos, reparaciones, etc. y provocado por el instalador o que forme parte de su responsabilidad, fue reparado a satisfacción del ingeniero y el instalador asumió el costo. Los daños provocados por el clima en las áreas aprobadas, que no estén dentro de la responsabilidad del instalador, fueron reparados a satisfacción del ingeniero y CMB por el contratista, a expensas de este último. Cualquier daño causado en las áreas aprobadas como consecuencia de un control ineficiente de escorrentía superficial (por ejemplo, permitir que el agua de escorrentía superficial llegue a las áreas aprobadas) como resultado de las operaciones del contratista fue reparado a satisfacción del ingeniero y CMB, a expensas del contratista. Todo procedimiento de instalación inadecuado que involucre desperdicio o pérdida de materiales o daños a la geomembrana aún no aprobada por el Ingeniero o CMB fue asumido por el instalador.

Cualquier daño provocado a la geomembrana aprobada como resultado de las operaciones realizadas por el contratista fue reparado a satisfacción del ingeniero y CMB, a expensas del contratista.

Cualquier daño causado a la geomembrana que guardo relación con las actividades de CMB fueron responsabilidad de CMB.

2 HDPE

La presente especificación define los requerimientos de control de calidad durante la fabricación e instalación de los materiales de revestimiento de polietileno de alta densidad (HDPE).

2.1 Control de calidad del fabricante de geosintéticos

El revestimiento de la geomembrana tuvo una formulación de alta calidad, la cual estuvo compuesta aproximadamente por 97% de polímeros y 3% de carbón negro con antioxidantes y termo estabilizadores y fue resistente a los rayos ultravioleta.

Todas las resinas fueron con base de hexeno, de material virgen procedente del mismo fabricante, no se entremezclaron y no se les añadió ningún polímero recuperado. El proceso de fabricación no utilizó más del 10% de la regeneración. En caso de utilizarse, debió ser un HDPE similar al material original.

La geomembrana fue de material HDPE fabricado con productos nuevos, de primera calidad, diseñados y elaborados específicamente para contener líquidos en estructuras hidráulicas. El material terminado no tuvo agujeros, burbujas, materia prima no dispersa, o cualquier signo de contaminación con algún material extraño.

El material de geomembrana se suministró en forma de rollos. Cada rollo debió estar identificado con etiquetas que indicaron el nombre del fabricante, la identificación del producto, el espesor, la longitud, el ancho y el número del rollo.

El fabricante de geosintéticos registró la certificación ISO 9000, el laboratorio del fabricante estuvo certificado por GAI/LAP para los ensayos que se realizaron y tuvo en fábrica un programa de aseguramiento de calidad independiente en la fábrica de un tercero.

Para el caso específico de la geomembrana fabricada en Tailandia, GSE Houston fue la encargada del MQA cada 20 rollos. Sin embargo un laboratorio en Estados Unidos debidamente certificado por GAI/LAP realizó los ensayos requeridos en el plazo estipulado, conforme a esta especificación. Todos los resultados de los ensayos (del Fabricante de geosintéticos y la tercera parte) fueron entregados a través de CMB al ingeniero. Asimismo,

los rollos de material fueron claramente identificados y correlacionados con los resultados de los ensayos proporcionados. El ingeniero no aprobó el material recibido en el emplazamiento antes de revisar los resultados de los ensayos realizados por el fabricante de geosintéticos , asimismo informo de los resultados de cada laboratorio (es decir, cumplir con los valores mínimos establecidos en la presente Especificación).

Las resinas y/o varillas de extrusión procedieron del mismo fabricante, tal como los rollos de geomembrana y también tuvieron que ser elaboradas con el mismo tipo de resina.

2.2 Propiedades del material de HDPE liso

El material suministrado para construir el depósito de relaves, y otros revestimientos de los componentes del proceso, tales como la geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE)lisa, cumplió con los siguientes estándares:

CUADRO 2.1

<p>Propiedades del Material de la Geomembrana Lisa de HDPE</p> <p>Propiedad Método de Ensayo Valor</p> <p>1,0/1,5/2,0/2,5(40/60/80/100)</p> <p>Unidades mm(mil)</p> <p>Frecuencia de Ensayo(mínima)</p> <p>a. Espesor</p> <p><input type="checkbox"/> Promedio</p> <p>ASTM D 5199</p> <p>1,0/1,5/2,0/2,5</p> <p>(40/60/80/100) mm</p> <p>(mil) Por rollo <input type="checkbox"/> Menor de 10 valores 0,90/1,35/1,80/2,25</p> <p>(36/54/72/90)</p> <p>b. Densidad (mínima) ASTM D 1505 0,94/0,94/0,94/0,94 g/cc 20 000 lb</p> <p>(9 000 kg)</p> <p>c. Propiedades de tracción (mínima) ASTM D 66931</p> <p>Tipo IVDumbbell, 2 ipm</p> <p>G.L.=1,3 pulg (33mm)</p> <p>G.L.=2,0 pulg (51mm)</p> <p>20 000 lb(9 000 kg)</p> <p>Límite de Fluencia 15/22/29/37</p> <p>(84/126/168/210)</p> <p>N/mm(lbs/pulg de ancho)</p> <p>Esfuerzo de rotura 27/40/53/67</p> <p>(152/228/304/380)</p> <p>N/mm(lbs/pulg de ancho)</p> <p>Alargamiento de cedencia 12/12/12/12 %</p> <p>Alargamiento de ruptura 700/700/700/700 %</p> <p>d. Resistencia al desgarro (mínima) ASTM D 1004 125/187/249/311</p>

(28/42/56/70)N(lbs)
20 000 lb (9 000 kg)

e. Resistencia al punzonamiento (mínima) ASTM D 4833 320/480/640/800
(72/108/144/180)N(lbs)
20,000 lb(9 000 kg)

f. Resistencia al agrietamiento por esfuerzos ASTM D 5397,
Apéndice
Punto Único2
(30% cedencia, 20%resistencia)
400/400/400/400 HorasPor lote

g. Rango de Negro Humo ASTM D 1603 2.0-3.0 % 20 ,000 lb
(9 000 kg)

h. Dispersión de Negro Humo ASTM D 5596 Véase nota 3 - 20 000 lb
(9 000 kg)

i. Resistencia de las costuras5
ASTM D 6392-99
Véase sección2.3
Desgarramiento 1. $\geq 80\%$ de resistencia a la cedencia del
PM42. FTB4
3. $\leq 10\%$ de longitud lineal de pelado
Cizallamiento 1. $\geq 90\%$ de resistencia a la cedencia del
PM42. FTB4
3. $\geq 50\%$ de deformación en caso de rotura
j. Tiempo de Inducción de Oxidación

a. OIT estándar, mínimo, u ASTM D 3895 $>100/>100/>100/>100$ Minutos Por lote

b. OIT Alta Presión, mínimo ASTM D5885 $>400/>400/>400/>400$

k. Curación del horno a 85°C 6 ASTM D 5721 %

a. OIT estándar, mínimo (% retenido
Después de 90 días), u ASTM D 3895 55/55/55/55 % Por cadaformulación

b. OIT a Alta Presión, mínimo (% retenidodespués de 90 días) ASTM D 5885 80/80/80/80
%

Notas:

1. Los valores promedio de la dirección de la máquina (MD) y la dirección transversal de la máquina (XMD) fueron la base de 5 muestras de prueba respectivamente. La elongación de cedencia se calculó utilizando una distancia entre señales de 33 mm. El alargamiento de ruptura se calculó empleando una distancia entre señales de 50,8 mm (2,0 pulgadas).

2. Curva de trazo lleno con respecto a la calidad de la nueva resina.

3. Dispersión del Carbón Negro para 10 vistas diferentes (sólo se aplicó a aglomerados esféricos cercanos):

Mínimo 9 de 10 en las Categorías 1 ó 2

No más de 1 vista en la Categoría 3

4. Unión del Desgarramiento de Película = FTB; Material Original = PM.

5. La prueba de resistencia a la tracción de la costura se llevó a cabo con el mismo grado de deformación que el trabajo de la prueba de resistencia a la tracción del material original (2 ipm).

6. También fue recomendable evaluar las muestras cada 30 y 60 días para compararlas con la respuesta a los 90 días, Así se dio .

El material debió estar asegurado contra defectos de fabricación; así mismo, contra la degradación debido a la exposición a los rayos ultravioleta de las áreas expuestas por un periodo mínimo de 20 años, contados a partir de la fecha de instalación o según lo acordado mutuamente antes de la adjudicación del Contrato para el suministro de geosintéticos entre CMB y el Fabricante de geosintéticos. Esta garantía cubrió y cubrirá, salvo que CMB o el Fabricante de geosintéticos acuerden lo contrario, el costo del material, el transporte y la manipulación, la mano de obra y el equipo de reemplazo del material defectuoso o averiado.

2.3 Control de calidad de la instalación

2.3.1 Aspectos generales

La geomembrana se instaló en el área indicada en los Planos o según lo indique el ingeniero. Antes de desplegar la geomembrana, el Instalador inspecciono, certifico y aprobó, junto con el ingeniero y CMB todas las superficies sobre las cuales se colocó la geomembrana, con el fin de asegurar el cumplimiento de las Especificaciones. El contratista rectificó las superficies que no cumplieron con las Especificaciones.

La cantidad de geomembrana a desplegarse, que no contó con el control de calidad final y cuya reparación definitiva se fue realizando, no debió exceder los 30 000 m² si no se contó con la aprobación escrita del Ingeniero y CMB. Asimismo, no debió dejar ninguna costura sin soldar, ni tampoco ninguna abertura en el revestimiento al final de un turno de trabajo sin el conocimiento y aprobación del ingeniero.

El instalador tuvo la precaución de contar con el personal adecuado de instalación y control de calidad suficiente en todos los frentes de trabajo.

La geomembrana se colocó sobre la superficie preparada utilizando métodos y procedimientos que aseguraron una manipulación mínima y que no dañaron la geomembrana o la superficie subyacente. El instalador debió proporcionar recursos temporales de sujeción y lastre (generalmente sacos de arena) que no deterioraron la geomembrana, con el fin de prevenir levantamientos y daños a causa del viento. El lastraje se realizó colocando pilas sueltas decapa protectora u otro material fácilmente erosionable. El instalador fue el único responsable de garantizar la seguridad de sus operaciones y de tomar las decisiones relacionadas con el despliegue de la geomembrana durante condiciones atmosféricas adversas y con la cantidad requerida de recursos temporales de sujeción y lastre.

La manipulación y el almacenamiento del material de revestimiento se llevo a cabo de conformidad con las instrucciones impresas del fabricante de geosintéticos. El personal que camino o trabajo sobre la geomembrana no realizo actividades ni uso zapatos que pudieron haberla dañado. Fue prohibido fumar cuando se trabaja con la geomembrana o en las áreas de almacenamiento de la misma.

La geomembrana se instaló en condición relajada y estuvo libre de tensión o esfuerzo hasta que la instalación estuvo terminada. Asimismo se tomaron todas las precauciones necesarias, incluyendo disposiciones para instalar material adicional, a fin de no pasar por alto la geomembrana que permaneció expuesta (es decir, espacios vacíos y esquinas del talud del depósito de relaves).

Cuando se formaron arrugas excesivamente altas en la geomembrana y no desaparecieron con las horas más frías del día, fue necesario retirar parte de la geomembrana excedente. Antes de llevar a cabo cualquier medida correctiva, se monitoreo las áreas con problemas por dos o tres días, durante las horas más frías y más calientes del día para determinar si las arrugas constituyeron un problema.

Las costuras horizontales en campo ubicadas en los taludes fueron mínimas. Las costuras se realizaron colocando el material ascendente sobre el material descendente con suficiente traslape. Se dejó un metro desde la parte inferior o superior del talud hasta cualquier costura horizontal ubicada en las áreas planas. De igual modo, las costuras horizontales de los paneles adyacentes tuvieron generalmente una separación mínima de 1 m. En pendientes empinadas (más de 4H: 1V), las costuras se inclinaron 45° respecto de la línea de máxima pendiente, previa coordinación con el Ingeniero y CMB. Asimismo y para identificar las costuras se empleó un sistema de numeración secuencial de costuras que fue compatible con el sistema de numeración de paneles.

La instalación se llevó a cabo bajo la dirección de un superintendente que registro un mínimo de 1 000 000 m² de material de revestimiento flexible de HDPE. El instalador designó al superintendente quien estuvo a cargo de la instalación.

El instalador tuvo extremo cuidado al preparar las áreas que fueron soldadas. Se limpió y preparo el área de la costura de acuerdo con los procedimientos aprobados en el manual de QC del instalador y todo el laminado se soldó junto y mediante métodos térmicos.

El equipo de soldar tuvo la capacidad de monitorear y controlar continuamente la velocidad y las temperaturas en la zona de contacto donde la máquina estuvo realmente fundiendo el material de revestimiento, a fin de asegurar que los cambios en las condiciones atmosféricas no afectaran la integridad de la soldadura. Se siguieron los datos publicados por el fabricante de la máquina de soldar con respecto a los rangos de la temperatura y la velocidad, en concordancia a las recomendaciones del Fabricante de Geosintéticos, y las expectativas de calidad de CMB.

Se mantuvo en el emplazamiento un número adecuado de equipo de manipulación, soldadoras y equipo de prueba para evitar demoras a causa de averías de los equipos. Al inicio del proyecto y periódicamente durante el desarrollo del mismo, el ingeniero reviso el equipo con el que conto el instalador así como su rendimiento y hará las recomendaciones del caso a CMB si considera que el equipo no es apropiado para llevar a cabo el trabajo sin demoras de ningún tipo.

No se permitieron arrugas tipo “boca de pescado” dentro del área de la costura. Donde hubo arrugas tipo “boca de pescado”, el material fue cortado, superpuesto y soldado por extrusión. Al finalizar la Obra, todas las soldaduras estuvieron unidas herméticamente. Las áreas de la membrana que presentaron deformaciones debido a desgastes superficiales o perforaciones excesivas provocadas por algún motivo fueron reemplazadas o reparadas.

El instalador tuvo en cuenta los cambios atmosféricos repentinos, los cuales provocaron retrasos en la construcción de las costuras encampo. El instalador realizo las soldaduras cuando la temperatura se encuentre sobre los 0° C (geomembrana) y evitando el punto de rocío o cualquier humedad residual presente en las zonas de soldadura de las láminas; Asimismo tuvo presente la Norma GRI GM 9 (“Soldadura de geomembranas en clima frío”). El empalme de los paneles y las reparaciones sólo se terminaron bajo condiciones atmosféricas que permitieron llevar a cabo dicho trabajo dentro de los límites de garantía impuestos por el Fabricante de geosintéticos.

2.3.2 Soldaduras de prueba

Las soldaduras de prueba se llevaron a cabo en la geomembrana con el fin de verificar el rendimiento del equipo de soldar y del soldador antes de efectuar soldaduras de producción.

Las siguientes condiciones se aplicaron a las soldaduras de prueba:

1. Ningún equipo de soldar o soldador estuvo autorizado para realizar soldaduras de Producción hasta que dicho equipo y operador concluyeron satisfactoriamente una soldadura de prueba.
2. Se debió realizar un mínimo de dos soldaduras de prueba al día por equipo de soldar: una antes de empezar el trabajo y otra al mediodía. No obstante lo mencionado anteriormente,

las soldaduras de prueba se efectuaron, como mínimo, cada 5 horas durante las operaciones de costura o según lo requirió el Ingeniero.

3. Las soldaduras de prueba se llevaron a cabo después de haber reparado el equipo.
4. Cada técnico que utilice un equipo debió realizar una soldadura de prueba.
5. Las soldaduras de prueba se efectuaron bajo la misma superficie y condiciones ambientales que las soldaduras de producción, es decir, en contacto con la rasante y bajo temperaturas ambientales similares. Asimismo, se utilizaron los mismos materiales y técnicas de precostura y costura que se emplearon para las soldaduras de producción.
6. Las muestras de la soldadura de prueba midieron como mínimo 1 m de largo por 300 mm de ancho e indicaron la fecha, nombre del técnico, temperatura ambiente y el número y temperatura de la soldadora.
7. Se cortó seis especímenes de prueba (cupones) de 25,4 mm de ancho por 150mm de largo de la soldadura de prueba. Cuatro cupones se sometieron a ensayos de adherencia y 2 a ensayos de resistencia de la costura a la adherencia (cizallamiento).
8. Se consideró que un cupón de la soldadura de prueba ha pasado el ensayo cuando los ensayos de desgarro y cizallamiento alcancen los valores contenidos en estas especificaciones.
9. La soldadura de prueba se repitió en su totalidad cuando cualquiera de los cupones de la soldadura de prueba no cumplió con los requerimientos de desgarro o cizallamiento, lo cual se dio en algunos casos.

2.3.3 Inspección y prueba de la costura en campo

Se realizaron todos los esfuerzos necesarios para instalar una geomembrana perfecta, lo cual significó que todas las costuras realizadas en campo, parches y extrusiones, se inspeccionaron y se sometieron a pruebas y a su vez se registraron.

Un técnico de control de calidad inspecciono cada costura y coloco sus iniciales y la fecha de la inspección al final de cada panel. Asimismo se marcó y reparo las áreas que presentaron defectos de conformidad con los procedimientos de reparación de HDPE.

El instalador llevo a cabo toda inspección, muestreo y prueba en campo de conformidad con estas Especificaciones y bajo la dirección del ingeniero.

El programa de pruebas de la instalación en campo consistió en inspecciones oculares periódicas, así como pruebas de continuidad y resistencia. Estas inspecciones y pruebas se realizaron de manera continua y automática, independientemente de otro tipo de pruebas necesarias. El programa incluyo las siguientes inspecciones de pruebas destructivas y no destructivas y los procedimientos de reparación:

2.3.3.1 Prueba no destructiva e inspección

Las costuras se probaron e inspeccionaron en toda su longitud sin destruirlas, tal como se indica a continuación:

1. Se llevó a cabo inspecciones oculares de rutina, las cuales incluyeron lo siguiente:
 - a. Revisión ocular de las costuras en campo para determinar estrechamientos, huellas de pisadas, fusiones y traslapes.
 - b. Revisión de las máquinas que garantizaron su limpieza, temperatura, etc.
 - c. Se examinaron todas las áreas con y sin costura de la geomembrana para detectar defectos, agujeros, burbujas, materias primas no dispersas y cualquier signo de contaminación por material extraño.
2. Fue necesario realizar pruebas de continuidad en todas las costuras en campo y en áreas reparadas. La presión entre costuras o “prueba con aire interior a presión”, así como el ensayo utilizando una caja al vacío, considerados métodos aceptables para pruebas de continuidad. El procedimiento de la prueba para determinar la presión entre costuras o prueba con aire interior a presión es el siguiente:

- a. Se selló ambos extremos de la costura que se sometió a prueba aplicando calor en el extremo de la costura hasta lograr una temperatura de flujo. Asimismo se liberó los extremos y se dejó enfriar.
- b. Se inserte un manómetro/dispositivo de aguja indicadora en el extremo de la costura y luego se sello .
- c. Se aplicó presión de aire en el espacio vacío entre las dos costuras, de acuerdo con el siguiente cronograma.

CUADRO 2.2

Cronograma de Presión Inicial de HDPE para Pruebas de Aire	
Espesor del Material	
Rango de Presión Fuga permitida después de	
Mínimo	Máximo 5 minutos
HDPE kPa (psi)	kPa (psi) KPa (psi)
1/1.5/2/2.5mm	
(40/60/80/100mil)	193 (28) 241 (35) 21 (3)

- d. Se leyó la presión de arranque inicial después de un periodo de relajación de 2 minutos, lo cual permitió que el aire alcance la temperatura ambiente del revestimiento; y la presión final, después de 5 minutos.
- e. Se marcó los resultados de la prueba de fuga de aire en el lugar de la prueba. El instalador se encargó de registrarlos. Si la prueba arrojaba un resultado negativo. Se buscó la fuga y se reparó de inmediato

f. Una vez finalizada la prueba, se liberó el aire del extremo opuesto de la costura desde el cual éste fue aplicado.

g. Se reparó el área donde se instaló el manómetro/ dispositivo de aguja indicadora y libere el aire.

El procedimiento para el ensayo de caja al vacío es el siguiente:

a. Se mezcló una solución de detergente líquido y agua y se aplicó una gran cantidad al área que fue sometida a prueba.

b. Se colocó una caja al vacío translúcida sobre el área y se aplicó una pequeña cantidad de presión descendente a la caja para fijar la franja de sellado en el revestimiento.

c. Se aplique un vacío (de 28 a 55 kPa, ASTM D 5641) sobre el área. Las fugas se hicieron visibles mediante burbujas grandes.

3. Se realizó una prueba de fusión o quemado en todas las soldaduras tipo cuña, además de la prueba de presión de aire en la costura. Esta prueba se llevó a cabo utilizando el método de “limpieza con chorro de aire” o el método de “selección o esfuerzo de punto mecánico” con la finalidad de verificar que no hayan agujeros fusionados o quemados, los cuales no pueden ser detectados por la prueba de presión de aire ni observados debido a la lengüeta del traslape de la soldadura tipo cuña.

a. Método de limpieza con chorro de aire. Un chorro de aire mantenido continuamente aproximadamente a 350 kPa (50 lbs/pulg²) de presión pasa a través de una lanza con un orificio de 5 mm (3/16 pulg) de diámetro. Éste se dirige por debajo de la lengüeta del traslape para detectar agujeros o áreas fusionadas o quemadas con un considerable adelgazamiento de la geomembrana causado por la soldadura tipo cuña. Cuando se ubica un área como esa, el aire pasa a través del revestimiento provocando una ligera hinchazón y/o vibración en el área localizada.

b. Método de esfuerzo del punto mecánico o “Prueba de Picado”. Se introduce una herramienta sin filo (como por ejemplo un destornillador de punta roma) debajo de la lengüeta del traslape para detectar agujeros o áreas fusionadas o quemadas con un considerable adelgazamiento de la geomembrana causado por la soldadura tipo cuña.

4. Todos los parches, winchas, etc. soldados por extrusión, además de haber sido probados mediante la caja al vacío, fueron sometidos a la prueba de “chispa”. El concepto básico de esta prueba es el siguiente:

a. Se preparó la costura para ser sometida a soldadura por extrusión de conformidad con los procedimientos del instalador.

b. Antes de aplicar el cordón de extrusión, se colocó un cable de cobre de bajo calibre dentro de la costura. Generalmente, un cable de cobre desnudo de calibre 18 es el adecuado. El cable se conectó a tierra en uno de sus extremos y se colocó al borde de la lámina superior de la costura de traslape. La inserción del cable por debajo del borde de la lámina superior ayudará a mantener el cable en su lugar durante la soldadura. Cabe mencionar que este procedimiento se realizó antes del esmerilado para evitar el riesgo de contaminar el área de la soldadura.

c. Se aplicó el cordón de extrusión en la forma usual y se dejó que la soldadura se enfríe.

d. Se activó el dispositivo probador de chispa y se movió el detector óptico de electrodos cerca de una fuente de conexión a tierra a fin de determinar la longitud máxima de la chispa que se hubiera podido generar. Regule el voltaje de salida hasta que la longitud de la chispa exceda la distancia potencial máxima de la Línea de fuga. Normalmente, ésta es la distancia diagonal desde el cable incrustado hasta el borde del cordón de soldadura en una junta tipo “T”.

e. Una vez fijado el voltaje de salida, se inició la prueba. La prueba se llevó a cabo pasando el electrodo sobre las costuras casi en contacto con la membrana y/o el cordón de soldadura extruido de acuerdo a la norma ASTM D 6365. La indicación sonora y visual de una chispa determinó la existencia de una línea de fuga potencial.

f. Si se hubiera detectado una fuga potencial, se repararía el área mediante esmerilado y resoldadura. No se consideró una técnica de reparación aceptable el colocar cordones de soldadura adicionales junto a la soldadura que tuvo fuga. Este procedimiento se realizó prolongando la línea de fuga hasta el punto que el aparato probador de chispa no pudo generar una chispa lo suficientemente larga para abrir una brecha en la abertura prolongada.

2.3.3.2 Prueba destructiva de costuras en campo

Los siguientes procedimientos se utilizaron para las pruebas destructivas de costuras encampo:

1. Las muestras destructivas se obtuvieron de costuras o áreas reparadas en campo haciendo cortes perpendiculares a las costuras. La muestra medio aprox. 1 000 mm de largo por 300 mm de ancho. Esta muestra se cortó y a su vez, en tres muestras de 300 mm por 300 mm y se rotularon con el número de ensayo, número de máquina, parámetros de soldadura usados, temperatura ambiente, la identificación del soldador, fecha/hora de soldado y ubicación. CMB conservo dos de las muestras y el instalador probó la otra empleando un tensiómetro calibrado, de acuerdo con las normas ASTM 6392 ó NSF 54 aplicables, según corresponda.

2. La frecuencia para la obtención de muestras de prueba destructiva no fue inferior a una muestra por cada 100 m de costura en campo. Los cupones (cinco por serie de pruebas 25,4 × 203,2 mm) procedentes de la muestra destructiva serán sometidas a ensayos para determinar la resistencia al desgarramiento y la resistencia de la costura a la adherencia, así como el espesor de conformidad con las normas ASTM D 5199 (para láminas lisas o como lo indica la presente especificación en sus cuadros 2.1 y 2.2). Los resultados de todos los ensayos de cizallamiento y desgarro cumplieron los requerimientos del proyecto.

3. Cuando los resultados de los ensayos no cumplieran con las especificaciones, se aplicó el siguiente procedimiento:

a. El instalador siguió una de estas dos opciones:

- Reconstrucción de la costura ubicada entre dos lugares que pasaron la prueba, o

- La ubicación de la soldadura en un lugar intermedio por lo menos a 3 m o al final de la costura en ambas direcciones, desde el lugar que no pasó la prueba.

b. Cuando una muestra no paso el ensayo, el proceso se repitió hasta que los ensayos fueron aprobados para establecer la zona en la que la costura fue reconstruida o cubierta. Las costuras aceptables fueron acotadas por dos lugares cuyas muestras pasaron las pruebas destructivas.

c. Una vez aislados los límites defectuosos de la costura, dicha parte de la costura fue reconstruida y cubierta.

d. Se debió someter a prueba las costuras soldadas antes y después de la costura defectuosa utilizando el mismo dispositivo de soldadura.

4. Generalmente, no son prácticas ni serán necesarias las pruebas destructivas realizadas en reparaciones o parches pequeños soldados por extrusión. Sin embargo, como una alternativa para someter a pruebas destructivas a estas soldaduras por extrusión de la producción, el Instalador realizo periódicamente pruebas destructivas (como mínimo una vez cada 100 m de costuras soldadas por extrusión) en una soldadura de muestra al mismo tiempo realizo la reparación o soldadura de un parche. Asimismo, la soldadura de prueba se efectuó en un material proveniente del mismo lote o rollo utilizado para la reparación o parche. Cuando la soldadura nuestro falla, se tomó una muestra de la soldadura de reparación o parche y se sometió a prueba.

2.3.4 Procedimientos de reparación

La geomembrana o costura dañada o defectuosa que no pasaron las pruebas destructivas o no destructivas fueron reparadas. El instalador fue responsable de reparar las áreas dañadas o defectuosas.

El instalador y el ingeniero acordaron la elección del método de reparación apropiado. Los procedimientos disponibles fueron los siguientes:

1. *Reemplazo:* Se retiró la geomembrana dañada o costura inaceptable y se reemplazó con materiales de geomembrana aceptables si el daño no se hubiese podido reparar de manera

satisfactoria. Este procedimiento también se usó para la reparación de arrugas altas y trampolines en la geomembrana instalada.

2. *Parchado*: Se usó para reparar agujeros grandes, desgarramientos, materia prima no dispersa y contaminación por materias extrañas.
3. *Abrasión y Resoldadura*: Se utilizó para reparar secciones de costura pequeñas.
4. *Recubrimiento*: Se empleó para reparar grandes longitudes de costuras averiadas.
5. *Aporte de extruído directamente sobre la geomembrana*: Se usó en puntos o extensiones de la geomembrana que se han deformado por objetos punzantes, raspaduras, quebraduras, impactos, etc.; sólo se usó cuando no existió perforación y se probó por ensayo No destructivo

Asimismo, se observaron los siguientes procedimientos:

1. Las superficies del polietileno que fueron reparadas mediante soldadura por extrusión se debieron raspar ligeramente para garantizar su limpieza.
2. Toda geomembrana debió estar limpia y seca al momento de la reparación.
3. Los parches se extendieron por lo menos 150 mm más allá del borde del defecto y todos sus lados fueron biselados y sus esquinas redondeadas. Si los defectos fueron perforaciones u orificios, sus aristas y esquinas también fueron redondeados previamente. Las formas más adecuadas de los parches son rectangulares, circulares y elípticas.
4. En el caso de winchas, la soldadura de fusión fue la recomendada y usada y su ancho (distancia libre entre las soldaduras) no fue menor de 600 mm, para evitar el recalentamiento de la geomembrana circundante. La distancia mínima de los lados de la wincha a cualquier otra soldadura larga no fue menor a 600 mm. Para centrar la wincha, sus lados fueron separados previamente no menos de 100 mm del defecto a reparar.

5. Todos los parches y winchas se examinaron y presentaron en los Planos de acuerdo a lo construido (as-built). Asimismo, la verificación de la reparación se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se enumeró y registro cada reparación de parches.
2. Se sometió a prueba no destructiva cada reparación utilizando los métodos indicados en esta Especificación.

3 Geotextiles

Los materiales suministrados como geotextiles no tejidos fueron fabricados de polímeros nuevos y de primera calidad (perforados con aguja, unidos o hilados por calor o engrapados) de polietileno al 100%, polipropileno (polipropileno al 97% y carbón negro al 3% con antioxidantes y termo estabilizadores), o una mezcla de poliéster/polipropileno diseñados y confeccionados específicamente para llevar a cabo el proceso de separación, refuerzo de tracción, flujo planar y filtración y se emplearon según lo indicado en los planos. Los fabricantes de geotextiles deberían tener una certificación ISO 9001-2000, que especifique claramente que está certificado para la fabricación de geotextiles no tejidos, y tejidos, con una antigüedad mínima de un año. Esto aseguro que su Manual de QA/QC fue auditado y proporciono las mínimas evaluaciones/inspecciones necesarias (equipos completos, calibraciones periódicas, procedimientos de Gestión de Calidad apropiados para geotextiles, etc.).

Los geotextiles no debieron tener agujeros, materia prima no dispersa, agujas rotas o cualquier signo de contaminación por materia extraña.

Cada tipo de geotextil fue uniforme en cuanto a su color, espesor, tamaño y textura y todos los rollos debieron estar rotulados e identificados adecuadamente por el fabricante de geosintéticos, con el nombre del fabricante, referencia (nombre comercial), largo de rollo, ancho de rollo, número de lote, y numero de rollo.

Los geotextiles cumplieron con los siguientes valores promedio mínimos para rollos (MARV). Todos los ensayos reportados se realizados en el laboratorio del fabricante, o por un laboratorio que posea certificación GAI/LAP.

CUADRO 3.1

Propiedades del Geotextil Propiedad del Tejido Método de EnsayoASTM
Valor1 200gram/m2(4 oz/sy) 270gram/m2(8 oz/sy) 335gram/m2(10 oz/sy) 500 gram/m2 (12 oz/sy)
FrecuenciaMínima deEnsayos Peso de la Unidad (g/m2) D 5261 200 270 335 500 1 cada 8 000 m2 Resistencia a la Tracción (N) D 4632 705 975 1 155 1 565 1 cada 8 000 m2 Elongación de Tracción (%) D 4632 50 50 50 50 1 cada 8 000 m2 Resistencia al Punzonamiento (N) D 4833 445 525 725 1215 1 cada 8 000 m2
Resistencia al desgarre trapezoidal (N) D 4533 305 420 445 810 1 cada 8 000 m2 Permeabilidad (cm/seg) D 4491 0,23 0,30 0,30 0,46 1 cada 50 000 m2
Tamaño Aparente de Abertura (mm) D 4751 0,210 0,180 0,150 0,150 1 cada 50 000 m2 Resistencia UV2 (%) D 4355 70 70 70 70 70 Por formulación 1. Todos los valores son MARV, excepto el TAA que es el valor máximo promedio por rollo y la resistencia UV que es un valor mínimo. 2. La evaluación debe realizarse en muestras de tracción en tiras de 50 mm luego de una exposición de 500 hrs. Porcentaje retenido después de 500 horas.

3.1 Transporte

Durante el transporte, el geotextil fue protegido de la exposición a los rayos ultravioleta, precipitación, lodo, impurezas, polvo, pinchazos u otras condiciones nocivas o perjudiciales.

Luego de la entrega en el emplazamiento, el contratista se aseguró que los rollos de geotextil se manipularan y almacenaran de acuerdo con las instrucciones del Fabricante para prevenir daños.

3.2 Instalación

El geotextil se manipulo de tal manera que se garantizó su integridad total. Cuando se dañó el geotextil hasta el punto que éste ya no fue utilizado según lo determinen estas especificaciones o el Ingeniero, el contratista reemplazo el geotextil asumiendo su costo.

El geotextil fue enrollado talud abajo de tal manera que se mantuvo en tensión constante por su peso propio.

En presencia de viento, a todos los geotextiles se les añadió peso utilizando sacos de arena o su equivalente aprobado. Dichos anclajes se instalaron durante la colocación y permanecieron en su lugar hasta que se reemplazó con material de recubrimiento.

El contratista tomo las precauciones necesarias para evitar dañar los materiales adyacentes o subyacentes durante la colocación del geotextil.

El geotextil no fue expuesto a la precipitación antes de ser instalado y no fue expuesto a la luz solar directa por más de 15 días después de su instalación.

El geotextil fue cosido mediante métodos de costura o punteado térmico, según las recomendaciones del fabricante de geosintéticos y aprobación del ingeniero. Las costuras cosidas se realizaron utilizando hilos poliméricos con resistencia química equivalente a la del geotextil o superior. Todas las costuras cosidas fueron continuas.

Las costuras se orientaron talud abajo de manera perpendicular a los contornos de nivelación. Para la costura térmica se emplearon técnicas de soldadura por fusión recomendadas por el fabricante de geosintéticos.

Todas las juntas tuvieron un traslape mínimo de 150 mm y fueron unidas por fusión térmica de manera continua.

Si la adhesión por calor o cosido no fue posible cuando el geotextil fue colocado alrededor de tuberías y/o material drenante (subdrenajes), debieron ser traslapados en un mínimo de 600 mm amenos

El contratista no utilizó equipo pesado para transitar encima del geotextil instalado sin protección aprobada. El material que recubre el geotextil fue colocado cuidadosamente para evitar el arrugamiento o daño del geotextil.

Los agujeros en el material del geotextil fueron reparados utilizando un parche de material idéntico extendido en un mínimo de 150 mm sobre todos los lados del agujero y unido por fusión térmica. Cuando no fue posible la unión por fusión térmica, el parche será extendido un mínimo de 600 mm sobre todos los lados del agujero.

Cuando se realizaron pruebas o cualquier otra labor en las capas de geosintéticos sobre el geotextil desplegado y que lo hubieran podido dañar (por ejemplo, uso de cuchillas y de sopladores de aire caliente, cuando se realizan parchados y pruebas de aire, respectivamente, en la geomembrana), el instalador no dañó el geotextil y realizó reparaciones en los casos en los que fue dañado.

4 Revestimiento Geosintético de Arcilla (GCL)

4.1 Generalidades

La presente especificación define los requerimientos técnicos del transporte, manipulación, almacenamiento, propiedades e instalación del revestimiento geosintético de arcilla (GCL). Todos los materiales utilizados cumplieron con esta especificación.

4.2 Transporte, manipulación y almacenamiento

4.2.1 Transporte

El fabricante de geosintéticos fue responsable de realizar la carga inicial y transporte del GCL. El instalador se encargó de la descarga in-situ, manipulación y almacenamiento.

Cada rollo de GCL fue uniforme en cuanto a su color, espesor y tamaño. Todos los rollos fueron rotulados e identificados adecuadamente por el fabricante de geosintéticos, incluyendo información acerca de la identificación del producto, número de lote, número de rollo, longitud del rollo, ancho y peso.

4.2.2 Manipulación

El instalador descargo con mucho cuidado los rollos de GCL una vez que llegaron al emplazamiento. Asimismo, se llevó a cabo una inspección ocular de cada rollo durante la descarga a fin de identificar si algún embalaje había sufrido daños.

En el caso de los rollos estándar (aproximadamente 100 pies \times 13,5 pies), se insertó una tubería de soporte de acero (grado 120) de 3 pulgadas a través del centro del rollo de cartón o PVC, de manera tal que el rollo de GCL estuvo sostenido en toda su extensión. Asimismo, se debió acoplar estrobos o cadenas de suspensión desde ambos extremos de la tubería de soporte hacia el cucharón de un cargador frontal o mecanismo de izaje similar. Se utilizó una barra separadora para apoyar y separar los estrobos. La barra separadora y la tubería de soporte fueron lo suficientemente largas como para evitar que se produzcan daños en los extremos del GCL durante el izaje.

Asimismo, se pudo modificar un montacargas de horquilla para izar los rollos con una barra de acero de 13 pies a 16 pies de largo y 3 pulgadas, acoplada, de manera segura, al montacargas de horquilla e insertada en el centro del rollo.

4.2.3 Almacenamiento

Los rollos de GCL se almacenaron en su envoltura original de plástico cerrado, en un lugar limpio y seco. El material se almaceno a cierta distancia del suelo sobre parihuelas o mediante cualquier otra técnica adecuada que proporcione un soporte continuo a toda la longitud del rollo. El material se cubrió con una lona protectora pesada y se almaceno bajo techo. Se tuvo mucho cuidado a fin de mantener el GCL limpio, seco y libre de materiales extraños antes de su instalación.

Los rollos que entraron en contacto con la humedad durante su almacenamiento fueron examinados antes de su instalación para garantizar que no se hayan producido daños físicos posteriormente. Los rollos con daños físicos fueron separados a fin de ser examinados posteriormente a fin de determinar la posibilidad la reparación.

4.3 Propiedades del material

El material cumplió con los siguientes estándares:

CUADRO 4.1

Propiedades de la Bentonita
Propiedades del Material
Parámetro Método de Ensayo Valor
Requerido ¹
Frecuencia Mínima de Ensayos
Bentonita Pérdida de Líquido ASTM D 5891
18 mL máximo
1 cada
50 000 kg
Contenido de Humedad ASTM D 4643 12% (máximo)
1 cada
50 000 kg
Índice de Hinchazón ASTM D 5890
24 mL/2gmínimo
1 cada
50 000 kg

1: Todos los valores corresponden a valores mínimos promedio de los rollos, salvo que se indique lo contrario.

CUADRO 4.2

Propiedades del Geotextil
Propiedades del Material
Parámetro ASTM

Método de Ensayo	Valor
Requerido	1
Frecuencia Mínima de Ensayos	
Geotextil	
Masa/Unidad de Área	
Superior No Tejido	
Inferior Tejido	
D 5261	
200 g/m ²	
105 g/m ²	
1 cada	
10 000 m ²	

1: Todos los valores corresponden a valores mínimos promedio de los rollos, salvo que se indique lo contrario.

El fabricante de geosintéticos proporcione la certificación del material al momento de la entrega del mismo o antes de ésta y se verifiquen que el material suministrado cumpla con estas especificaciones.

4.4 Superficie de terreno nivelado preparada de GCL

La instalación del GCL no se inicio hasta que se preparó una capa de cimentación apropiada que acepte el revestimiento. Por lo general, el material de subrasante preparada estuvo compuesto de un material con suficiente contenido de grano fino para rellenar los espacios circundantes del material más grueso, de tal manera que no fue evidente los espacios vacíos ni que se a su vez se hayan producido segregación de material grueso. La superficie se aplano con un rodillo vibratorio de tambor liso, a fin de incrustar piedras y partículas gruesas en la matriz del suelo.

CUADRO 4.3

Propiedades del GCL
Propiedades del Material
Parámetro Método de Ensayo Valor Requerido
Frecuencia Mínima de Ensayos

GCL Terminado(Con Geotextil Tejido / No-Tejido)
Masa de Bentonita/Área
(m)² ASTM D 5993 3,66 kg/m² 1 cada 4 000 m²
Resistencia a la Peladura de
la unión⁵ ASTM D 6496 438 N/m (min) 1 cada 4 000 m²
Propiedades de Tracción ³ ASTM D 6768 7 kN/m 1 cada 20 000 m²
Flujo Indicador (máx.)⁴ ASTM D 5887 1×10^{-8} m³/m²/seg 1 cada 20 000 m²
Permeabilidad (máx.)⁴ ASTM D 5887 5×10^{-11} m/seg 1 cada 20 000 m²
Resistencia de Corte interna ASTM D 6243 500 psf (típica) 3 cada proyecto
Estabilidad Dimensional Ver Nota 6 - 1 cada proyecto y cada tipo de GCL

- 1: Todos los valores corresponden a valores mínimos promedio de los rollos, salvo que se indique lo contrario.
2. Todas las pruebas a la tracción fueron realizados en la dirección de la máquina.
3. Los ensayos de flujo indicador y permeabilidad con agua desionizada /destilada de aireada a una presión de celda de 551 kPa, presión regresiva de 531 kPa y a una presión de descarga de 517 kPa.
4. 4 pulgadas (100 mm) de ancho simple, promedio de 5 especímenes
5. Los ensayos incluyeron un ensayo de laboratorio y/o una demostración en campo que fue enviada a CMB para su aprobación escrita, basada en las siguientes instrucciones básicas:

Ensayo de laboratorio: 10 muestras de GCL de 600 mm x 600 mm se cortaron en forma aleatoria basadas en los números de rollos de GCL (número de rollos a ser propuestos por el fabricante) y estuvieron condicionados tal que la bentonita alcance 30 por ciento de humedad. Una vez que en la muestra se ha acondicionado la humedad, 5 de las muestras se colocaron en una bolsa con un mínimo de aire, y luego introducidas en una cámara ambiental a 30° C y 30% de humedad relativa. Los especímenes fueron colocados en la cámara ambiental por un período de 7 días y luego retirados y son tomaron las dimensiones de los especímenes. Los resultados a reportar fueron: dimensiones de la muestra vs. tiempo transcurrido desde la primera vez que se puso dentro del horno.

Demostración en Campo: Se desplegaron paneles adyacentes traslapados sobre un suelo de subrasante y bajo condiciones ambientales representativas de las condiciones del proyecto durante la instalación según lo establecido por CMB. Dos paneles adyacentes con un tamaño mínimo de 4,5 m x4,5 m se colocó contra el suelo de la subrasante preparada y traslapados 150 mm como mínimo. Se colocó una muestra representativa de geomembrana en la parte superior de los paneles, sin ningún otro lastre sobre los paneles de GCL. La zona del terreno donde se realizó la demostración de los paneles de GCL fue marcada y documentada. Los paneles estuvieron sujetos a mínimo 7 días de exposición al ambiente.

Los resultados del ensayo se usaron para verificar los traslape especificados en la Sección 4.6.

La superficie terminada se compacto a un mínimo de 95% de la densidad máxima seca, tal como lo determino la norma ASTM D 1557. Todas las rocas afiladas, materiales extraños y protuberancias que pudieron dañar el GCL se retiraron desde la parte superior de la capa de cimentación. Asimismo, todas las rajaduras y espacios vacíos fueron llenados y la superficie estuvo nivelada o inclinada de manera uniforme. La capa de cimentación fue de una superficie seca, firme, limpia y lisa para proceder a la instalación del GCL.

La superficie de cimentación terminada, sobre la cual se desplego el GCL, fue inspeccionada y aprobada por el Instalador, el ingeniero y CMB antes de la instalación del GCL.

El instalador fue el responsable de comunicar al ingeniero cualquier cambio surgido en la condición de la subrasante que provocaría que éste no cumpla con los requerimientos contenidos en estas especificaciones, este evento no sucedió durante la construcción.

4.5 Instalación del GCL

Los rollos de GCL se transportaron al área de instalación que fue revestida y se colocaron en su posición usando el equipo de izaje descrito en la Sección 4.2.2.

Se evitó arrastrar el GCL sobre las superficies de instalación.

El GCL se colocó sobre la superficie preparada de tal manera que aseguro un mínimo de manipulación. El GCL debió ser desplegado con la cara del geotextil no tejido adyacente a la geomembrana.

Todos los paneles del GCL debieron tenderse planos sobre la superficie subyacente sin presentar arrugas ni dobleces, especialmente los bordes expuestos de los paneles. El GCL se instaló en condición relajada, y debió estar libre de tensión o esfuerzos hasta que la instalación fue culminada. No se permitió estirar el GCL a fin de que alcance límites. Se rectificó el GCL para alisar los pliegues o irregularidades.

La instalación del GCL debió empezar en las partes más altas y continuar en las partes más bajas a fin de permitir que la acumulación de precipitaciones drene rápidamente sin afectar de manera negativa al GCL.

No se instálalo el GCL sobre aguas estancadas o durante precipitaciones. El GCL estuvo seco durante su instalación y recubrimiento. Jamás el contenido de humedad del GCL instalado fue mayor al 30%. Si hay mucho viento, la instalación del GCL empezó del lado que está contra el viento y continuo en la dirección del mismo. El borde delantero del GCL debió estar asegurado entodo momento con sacos de arena u otros medios que sean suficientes para sujetarlo durante vientos fuertes.

Se cubrió el GCL con la geomembrana tan pronto como fue posible después de su instalación para protegerlo de los factores climáticos.

Cualquier borde expuesto o paneles del GCL que se dejaron sin protección fueron cubiertos con una lona de alta impermeabilización asegurada adecuadamente con sacos de arena u otros lastres. Asimismo, se debieron tomar medidas de derivación de agua de esorrentía para evitar el ingreso de agua a estas áreas y el daño del GCL.

4.6 Costura

Una vez que se colocó un primer tramo, los tramos adyacentes se instalaron con un traslape mínimo de 250 mm (basado en el análisis previos de estabilidad dimensional realizado sobre los productos de GCL no tejido/tejido). Este traslape fue confirmado basado en el ensayo de

estabilidad dimensional descrito en la Sección 4.3. Una vez desplegado, el GCL pudo encogerse debido al desecamiento de la bentonita expuesta al sol o al calor proveniente de la geomembrana sobre yacente los materiales tuvieron un traslape mínimo de 150 mm. Los paneles se colocaron en forma vertical sobre el talud para producir costuras verticales. No se permitió costuras horizontales.

Los traslapes transversales en los extremos de los rollos fueron como mínimo de 500mm (basado en el análisis previos de estabilidad dimensional realizado sobre los productos de GCL no tejido/tejido). Este traslape fue confirmado basado en el ensayo de estabilidad dimensional descrito en la Sección 4.3. Una vez desplegado, el GCL puede encogerse debido al desecamiento de la bentonita expuesta al sol o al calor proveniente de la geomembrana sobre yacente.

Se debió retirar toda suciedad, grava u otros sedimentos del área de traslape del revestimiento. Asimismo , se pudo aplicar una tira o cinta de material adhesivo no tóxico e hidrosoluble entre los paneles superpuestos para asegurar que las uniones no fueron desplazadas durante la instalación de la geomembrana de recubrimiento..

4.7 Parchado y reparaciones

Los perfiles, cortes o desgarramientos irregulares en el GCL instalados debieron ser reparados colocando un parche por debajo del revestimiento defectuoso. El parche se extendió un mínimo de 500 mm más allá del borde del desgarro o daño y debió obtenerse de un nuevo rollo de GCL (basado en el análisis previo de estabilidad dimensional realizado sobre los productos de GCL no tejido/tejido). Este traslape debió ser confirmado basado en el ensayo de estabilidad dimensional descrito en la Sección 4.3. Una vez desplegado, el GCL pudo encogerse debido al desecamiento de la bentonita expuesta al sol o al calor proveniente de la geomembrana sobre yacente. El traslape recomendado debió considerar un encogimiento previsto y seguro que después de ocurrido el encogimiento, los materiales tuvieran un traslape mínimo de 150 mm. Se aplicó bentonita seca o masilla de bentonita alrededor del área dañada antes de colocar el parche. Se proporcionó un mínimo de 1 libra de masilla de bentonita seca por cada 1,000 m² de GCL suministrado.

Las áreas que estuvieron involuntariamente expuestas a agua estancada o precipitación en exceso y que se dejaron hidratar antes de ser cubiertas con la geomembrana, fueron examinadas para determinar si se habían producido daños.

Todo material del GCL expuesto a combustibles hidrocarbonados, productos químicos, pesticidas, lixiviados no compatibles u otros líquidos peligrosos durante la instalación fueron retirados y reubicados o cubiertos con material que no fue afectado.

4.8 Instalación de geomembrana sobre el GCL

Simultáneamente con la instalación del GCL, se instaló la geomembrana tal como se detalla en los planos. La geomembrana se desplego empleando un equipo con llantas de caucho a presión para terreno, bajo ningún motivo , ningún vehículo, salvo el equipo aprobado por CMB para instalación de la geomembrana, circulo sobre el GCL hasta que se colocó el espesor apropiado del material de la capa protectora sobre la geomembrana superpuesta. Asimismo se tuvo cuidado de no dañar el GCL al dar vueltas o giros bruscos con el equipo.

Cuando se cubrió la geomembrana y se instaló el GCL en taludes superiores a 4H:1V, la capa protectora del material se extendió y compacto talud arriba a fin de reducir al mínimo la tensión sobre el GCL.

5 Geomalla

5.1 Generalidades

La presente especificación definió los requerimientos técnicos del transporte, manipulación, almacenamiento, propiedades e instalación de la geomalla uni axial de refuerzo. Todos los materiales utilizados cumplieron con esta especificación.

5.2 Transporte

Las geomallas fueron provistas en rollos embalados. Dicho embalaje fue removido hasta el momento de la instalación. El fabricante de las geomallas fue el responsable de realizar la carga inicial y su transporte. El instalador se encargó de la descarga in-situ, manipulación y almacenamiento.

5.3 Manipulación

Debido a su peso, los rollos se izaron mecánicamente para su traslado; en este caso se realizó el movimiento con sumo cuidado, previniendo daños en el material. El instalador se encargó de la descarga con mucho cuidado los rollos una vez que llegaron al emplazamiento. Asimismo se llevó a cabo una inspección ocular de cada rollo durante la descarga a fin de identificar si algún embalaje había sufrido daños. Los rollos cuyo embalaje se dañó fueron marcados y separados para someterlos a una inspección posterior; el embalaje se reparó antes de almacenar el rollo.

5.4 Almacenamiento

Los rollos de geomalla fueron almacenados en ambientes cubiertos, limpios y secos, en pilas no superiores a 3,0 metros de altura, y encima de ellos no se colocó ninguna sobrecarga. Los rollos con daños físicos fueron separados para ser examinados posteriormente a fin de determinar su reemplazo.

5.5 Propiedades del material

5.5.1 Generalidades

Las geomallas fueron elementos elaborados con resinas selectas de propileno o poliéster, las cuales son químicas y biológicamente inertes y muy resistentes a procesos degenerativos de los suelos; Asimismo fueron inertes al desgaste, rasgaduras y punzonamiento.

5.5.2 Geomalla uniaxial

La geomalla uniaxial fue de una estructura integral fabricada a base de polietileno de alta densidad o tejida de poliéster, resistente a la tracción y de alto peso molecular con las siguientes características:

- a) Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural, cuando la geomalla se sometió a esfuerzos mecánicos en la instalación.
- b) Alta resistencia a la deformación, cuando la geomalla se sometió a esfuerzos aplicados durante su uso.

c) Alta resistencia a la pérdida de capacidad de carga o integridad estructural, cuando la geomalla se sometió a esfuerzos ambientales a largo plazo.

La geomalla uniaxial cumplió las características indicadas en la tabla siguiente:

CUADRO 5.1

Propiedades requeridas para las geomallas
Refuerzo Tensión ultima Tul (kN/m)
ASTM D 4595(1) oGRI:GG1
Tensión a largo plazo(2)
Tal (KN/m)
Para ser utilizado con estos rellenos
R1 200 100 GW-GM-SM
R2 120 60 GW-GM-SM
R3 90 45 GW-GM-SM

Notas:

1. Basado sobre el mínimo valor promedio del rollo (MARV) (kN/m). Estos valores fueron utilizados para la definición de los factores de reducción.
2. Tensión a largo plazo (Tallow) es basada a partir de la siguiente relación:

CR ID Dultal FR FR FRT

Donde FRCR es el obtenido a partir de ensayos de fluencia realizados de acuerdo a la norma de ASTM D-5262, FRID es obtenido a partir de ensayos de daños de instalación in-situ y FRD a partir de ensayos de degradación por hidrólisis y oxidación, todos extrapolados a 100 años de periodo de vida útil.

5.6 Instalación

Los rollos de geomallas se transportaron al área de instalación y fueron desenrolladas por partes y en la dirección de instalación como se indica en los planos. La parte libre de la geomalla fue fijada por estacas o pesos en la posición exacta prevista en el diseño. Asimismo, se desenrollaron entonces cuidadosamente la parte restante asegurándose que no se formen

ondulaciones. Cuando el material estuvo totalmente desenrollado, el final del rollo fue estirado y fijado por estacas o pesos. Asimismo, las geomallas adyacentes no necesitaron de traslapes laterales. Se evitó en todo momento el contacto directo de los equipos mecánicos con las geomallas .

6 Gaviones (Sistema Terramesh)

6.1 Propiedades del material

El sistema “Terramesh” cuenta en su conformación con elementos estructurales, los cuales forman a su vez el paramento frontal y el elemento de refuerzo a ser anclado en el suelo. Estos elementos denominados elementos “Terramesh System” son fabricados a partir de un único paño de malla hexagonal a doble torsión.

El elemento es constituido por un paño base que formará la cara superior, la frontal, la base del paramento externo y la cola que cumplirá la función de anclaje.

Las características indispensables que tuvo el tipo de paño de acero a utilizar para fabricar el elemento Terramesh fueron las siguientes:

- No fue fácil de destejer o desmallar.
- Registro una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

6.1.1 Paño de malla hexagonal

El paño que conforma el elemento terramesh fue de malla hexagonal a doble torsión, las torsiones y fueron obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. De esta manera se impidió que la malla se destejera por rotura accidental de los alambres que la conforman. La abertura de la malla será de 10 x 12 cm.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, fue de acero dulce recocido con carga de rotura media superior a 3 800 Kg/cm² y un estiramiento no inferior al 12%.

El alambre tuvo un recubrimiento de Zinc 95% / Aluminio 5% + Tierras Raras de acuerdo a la Norma ASTM 856 Mismatch Alloy Coated Carbon Steel, cuyo espesor y adherencia garantizaron la durabilidad del revestimiento.

Adicionalmente al recubrimiento con Zinc 95% / Aluminio 5% + Tierras Raras, el alambre usado para la fabricación de la malla tuvo un revestimiento por extrusión con PVC (polivinilcloruro), de manera que garantizo su durabilidad en el tiempo, y que no fue afectado por sustancias químicamente agresivas y corrosiones extremas.

El revestimiento por extrusión con PVC (polivinil cloruro) del alambre fue de un espesor mayor o igual a 0.40 mm., de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Peso específico entre 1 300 y 1 350 Kg/m³, de acuerdo con la ASTM D 792-66 (79).

Dureza entre 50 y 60 shore D, de acuerdo con la ASTM D 2240-75 (ISO 868-1978).

Pérdida de peso por volatilidad a 105°C por 24 horas no mayor a 2% y a 105°C por 240 horas no mayor a 6%, de acuerdo con la ASTM D 1203-67 (74) (ISO 176-1976) y la ASTM D 2287-78.

Carga de rotura mayor a 210 Kg/cm², de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Estiramiento mayor que 200% y menor que 280%, de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Módulo de elasticidad al 100% de estiramiento mayor que 190 Kg/cm², de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Pérdida de peso por abrasión menor que 190 mg, según la ASTM D 1242-56 (75).

Temperatura de fragilidad, cold bend temperature, menor que -30°C, de acuerdo con la BS 2782-104 A (1970), y Cold Flex Temperature menor que +15°C, de acuerdo con la BS 2782-150 B (1976).

La máxima penetración de la corrosión desde una extremidad del hilo cortado, fue menor de 25 mm cuando la muestra fuera sumergida por 2,000 horas en una solución con 5% de HCl (ácido clorhídrico 12 Be).

El diámetro del alambre de la malla fue de 3,70 mm. para el elemento terramesh. El diámetro del alambre de amarre y atirantamiento será de 3,20 mm.

La especificación final para el elemento terramesh fue la siguiente

Abertura de la malla : 10 x 12 cm.

Diámetro del alambre de la malla : 3,70 mm. (PVC)

Diámetro del alambre de borde : 4,40 mm. (PVC)

Recubrimiento del alambre : Zn - 5Al - MM (ASTM 856)

Recubrimiento adicional : PVC

El alambre para amarre y atirantamiento fue proveído en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los elementos, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre, en relación al peso del gavión, es de 9% para los elementos Terramesh de 1,0 m de altura y de 7% para los de 0,5 m.

6.1.2 Geotextil

Se colocó un geotextil en la interfase entre el paramento externo y el macizo de suelo reforzado, que evito que el material fino del relleno se escapara a través de las mallas.

El geotextil utilizado fue del tipo no tejido y agujado, fabricado con polipropileno estabilizado Las especificaciones del geotextil a utilizar, fueron las siguientes:

Propiedad	Método de Ensayo	Unidad	Valor
Gramaje	ASTM D 5261	g/m ²	200 (1)
Resistencia a la Tracción	ASTM D 4632	N	705
Elongación a la Tracción	ASTM D 4632	%	>50
Resistencia al Punzonamiento	ASTM D 4833	N	445
Resistencia al Reventado	ASTM D 3786	KPa	2 180
Desgarre Trapezoidal	ASTM D 4533	N	305
Aber. Apar. de Poros (AOS)	ASTM D 4751	mm	0,21
Permisividad	ASTM D 4491	seg	-1 2,10
Estabilidad Rayos Ultravioleta	ASTM D 4355	%	50 @ 500 hrs.

Se recomendó la utilización de filtro geotextil no tejido, para así evitar el pasaje de las partículas del suelo a través de las piedras y garantizar que el agua percole por los elementos estructurales eliminando el empuje hidrostático, este procedimiento se dio con de la mejor forma .

El geotextil se colocó de manera que quedo sobre los paños de red de refuerzo (en una longitud de 0,50 m) y adyacente a la cara interna del paramento en contacto con el relleno, tal como se indica en los croquis respectivos. Asimismo y para cubrir toda la longitud de los muros, fue necesario unir los diversos paños de geotextil mediante traslapes de 30 cm, en la dirección transversal al eje de los muros.

El corte de los paños de geotextil se realizó empleando indistintamente tijeras o cuchillos. Las rasgaduras o agujeros que pudieron haberse producido por el manipuleo o la colocación fueron recubiertas con un pedazo de geotextil con dimensiones de 50 cm mayores que el contorno dela rasgadura o agujero, el cual fue pegado con cola o cosido manualmente con hilo denylon. Asimismo y una vez concluida la instalación del geotextil, se procedió a la ejecución del relleno seleccionado.

6.1.3 Material de relleno seleccionado (Piedra de canto rodado)

La piedra para el llenado del paramento del Sistema TERRAMESH fue de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afectaron su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudieran haber afectado la estabilidad de la obra. El tamaño de la piedra fue de lo más regular posible, tal que sus medidas estuvieron comprendidas entre la medida mayor de la malla y el doble de

ésta. Asimismo se aceptó, como máximo, el 5% del volumen de la celda del paramento con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estuvo entre 6" y 10" para el Terramesh System. Antes de su colocación en obra, la piedra fue aprobada por el Ingeniero Inspector.

6.2 Instalación y colocación

Para la instalación y colocación del Sistema Terramesh La fundación de la estructura tuvo un ancho mínimo igual a la longitud de la malla de refuerzo del Sistema TERRAMESH más 0,50 m. Asimismo, se debió nivelar y compactar por los medios apropiados hasta obtener un terreno con la pendiente prevista.

Los niveles de excavación fueron verificados por el ingeniero Inspector y se constató que el material de asiento fue el adecuado para soportar las cargas a la que estuvieron sometidas. Asimismo, las cotas fueron cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas y así se dio.

El relleno fue ejecutado en capas cuyo espesor no excedió los 0,30 m. Asimismo, fue necesario asegurar que los equipos pesados de compactación no tuvieran contacto con los refuerzos y no haya quedado a una distancia menor de 1,0,m de la cara de la estructura.

La compactación próxima al paramento frontal fue obtenida usándose equipos manuales, placas o rollos vibradores. Generalmente el grado de compactación estuvo dentro de las especificaciones y normas de construcción para este tipo de estructura, se sugirió una compactación que confiera al suelo un peso específico mínimo de 1,80 a 2,0 Ton/m³ con grado de compactación mínimo de 95%.

6.3 Medición y certificación

Las obras con Elementos Terramesh se midieron por unidad de elemento terramesh ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

Para asegurar la calidad de la materia prima, los procesos del fabricante y el producto final, se exigió al proveedor, así como el fabricante de los elementos terramesh a instalar, posean

la certificación ISO 9001:2000. Los materiales despachados a obra fueron acompañados por un certificado de calidad original del fabricante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Concluida la construcción del recrecimiento del depósito de relaves 4, fueron propuestas las siguientes conclusiones y recomendaciones, que se desprenden de la experiencia profesional y participación del bachiller en las actividades de construcción:

El recrecimiento del depósito de relaves 4 fue construido de acuerdo al diseño, especificaciones técnicas y planos propuestos por Knight Piésold (diseñador del proyecto)

Los documentos asociados al aseguramiento de la calidad de la construcción, fueron firmados y aprobados oportunamente por los representantes de Knight Piésold en la obra, los cuales son incluidos en el presente informe.

El uso de desmonte de mina como material de relleno ha sido utilizado con éxito en las últimas dos etapas de construcción y por lo tanto Buenaventura (cliente) está considerando utilizarlo en la construcción de sus futuros depósitos de relaves. Al respecto y basado en la experiencia profesional y personal del bachiller en el desarrollo de la construcción se sugirió controlar y disminuir la cantidad de desechos en el desmonte, lo cual se registro en el uso de menores costos y tiempo de construcción.

Buenaventura implementó la formación de playas de relaves (formación de relaves consolidados a un porcentaje de sólidos determinados) adyacentes al dique de contención a fin de que la operación del depósito de relaves 4 sea consistente con los criterios del diseño.

Se recomienda establecer la visita de un ingeniero civil o geotécnico, a fin de evaluar en campo la estabilidad del dique de contención y las condiciones de la operación.

Se propuso y sugirió al cliente respetar las frecuencias de monitoreo de la instrumentación geotécnica asociada a los depósitos de relaves, 2,3 y 4.

Asimismo, se recomendó implementar mejoras en los reportes de los monitoreos de la instrumentación geotécnica, para lo cual y en conjunto con Knight Piésold se revisó el manual

de operación y monitoreo del depósito de relave 4, que incluye la frecuencia de las mediciones, frecuencia de mantenimiento; ruta de envío de datos para los análisis e interpretación de la información y ruta.

PROCESO CONSTRUCTIVO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: Vista panorámica del depósito de relaves (26 de setiembre del 2009).



Fotografía 2: Preparación de la fundación en la zona noroeste.



Fotografía 3: Muestreo de material de desmonte de mina.



Fotografía 4: Conformación del material de desmonte de mina en la zona oeste.



Fotografía 5: Verificación de los controles de compactación en el material de desmonte de mina. Se aprecia las 4 capas colocadas a la fecha (8 de octubre del 2009)



Fotografía 6: Compactación del material de desmonte de mina de Chipmo



Fotografía 7: Ensayo de reemplazo de agua ejecutado en el material de desmonte de mina compactado en la zona oeste. Control de cantidad de agua para obtener el volumen del material excavado.



Fotografía 8: Batido y conformación de la cuarta capa de material de baja permeabilidad en la zona suroeste.



Fotografía 9: Reconformación de la cuarta capa de material de baja permeabilidad en la zona noroeste luego de retirar material de sobre tamaño.



Fotografía 10: Vaciado de concreto para tapa del buzón del sistema de subdrenaje existente



Fotografía 11: Obtención de probetas de concreto para su posterior ensayo de resistencia a la compresión



Fotografía 12: Zona de nuevo buzón de concreto para el subdrenaje, se observa el “puente” de geomembrana que deriva el agua del sistema al medio ambiente



Fotografía 13: Medición del revestimiento o slump para el concreto utilizado en el vaciado del buzón, se logro 6”



Fotografía 14: Vista del buzón para el sistema de subdrenaje luego de desencofrar, se puede ver que ha dejado embebida la tubería HDPE de 6" para el retorno del agua al depósito de relaves.



Fotografía 15: Vista de la zona Norte donde se verifica fundación para la construcción del relleno reforzado.



Fotografía 16: Vista de la zona Norte donde se instalaron los paneles de geomalla.



Fotografía 17: Vista panorámica de la zona Norte, se puede observar la colocación de la geomalla de refuerzo de este a oeste



Fotografía 18: Trabajo de limpieza e instalación de geotextil y geomalla en relleno reforzado de la zona norte..



Fotografía 19: Puesta en obra del rollo de geosintético



Fotografía 20: Trabajo de perfilado de taludes en la zona Este sobre la relavera N° 2. Se utilizan dos excavadoras respetando el trazo del hombro del depósito.



Fotografía 21: Vista de los trabajos de corte en roca en la zona Noreste. Se colocó una protección de geomembrana para evitar daños en el revestimiento del depósito.



Fotografía 22: Conformación de material de baja permeabilidad en la esquina norte/noroeste.



Fotografía 23: Armado, colocación y relleno de gaviones.



Fotografía 24: Llenado de gaviones.



Fotografía 25: Armado de gaviones



Fotografía 26: Colocación y llenado de gaviones en la zona suroeste, luego se continuara con la conformación de relleno en la parte posterior.



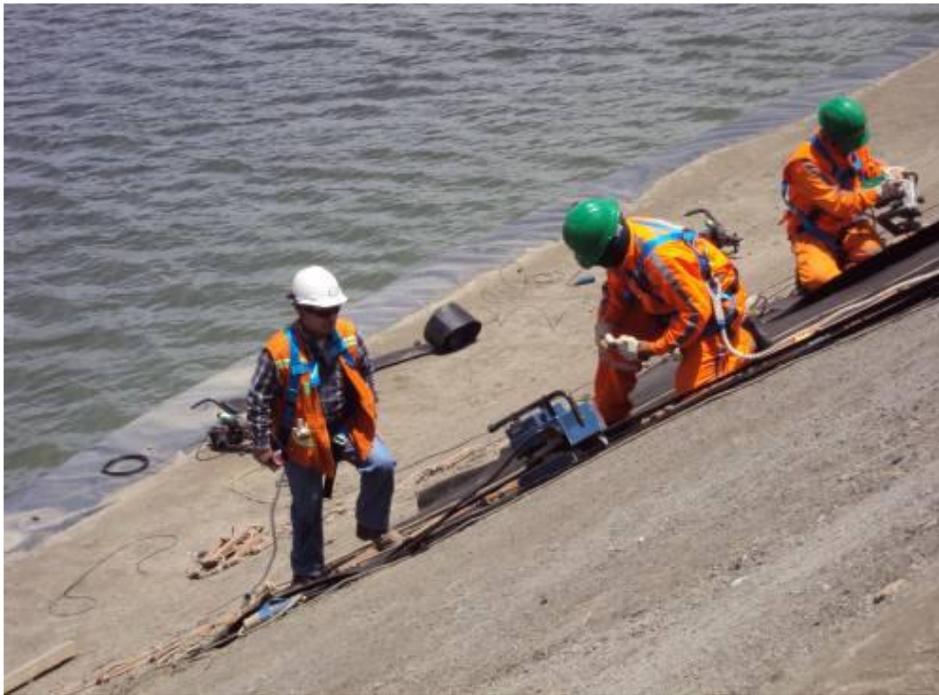
Fotografía 27: Vista panorámica de la zona noreste donde aún falta colocar los gaviones.



Fotografía 28: Preparación del talud en la zona este, personal de piso mejora la superficie retirando material de sobre tamaño y utilizan pisones para compactar.



Fotografía 29. Evaluación de soldadura por cuña en talud de zona Este



Fotografía 30: Evaluación de soldadura por extrusión en talud de zona Este.



Fotografía 31: técnico QC Amanco durante evaluación de prueba de vacío.



Fotografía 32. Inicio del despliegue de GCL en el talud Este.



Fotografía 33: Cordón de bentonita colocado en las juntas del GCL.



Fotografía 34: Despliegue geomembrana luego de la aprobación del GCL.



Fotografía 35: Conformación de la capa de relleno común en la zona Sur.



Fotografía 36: Talud en la zona Sureste, queda listo para su entrega a Amanco.



Fotografía 37: Despliegue de geomembrana en la zona Sureste. Se puede notar la cantidad de sacos de lastre utilizados para asegurar el área.



Fotografía 38: Vista general de la zona Sur, se puede observar el nivel de avance más cerca de la corona del Dique.



Fotografía 39: Despliegue de geotextil y geomembrana en zona Sur sobre gaviones.



Fotografía 40: Colocación de encofrado en el muro reforzado – dique norte.



Fotografía 41: Realización de prueba de soldado por extrusión sobre superficie de gaviones



Fotografía 42: Vista panorámica de la zona de relleno noreste , adyacente al parque ecológico



Fotografía 43: Vista general de los trabajos de despliegue de geomembrana en las zonas Norte y Noreste.



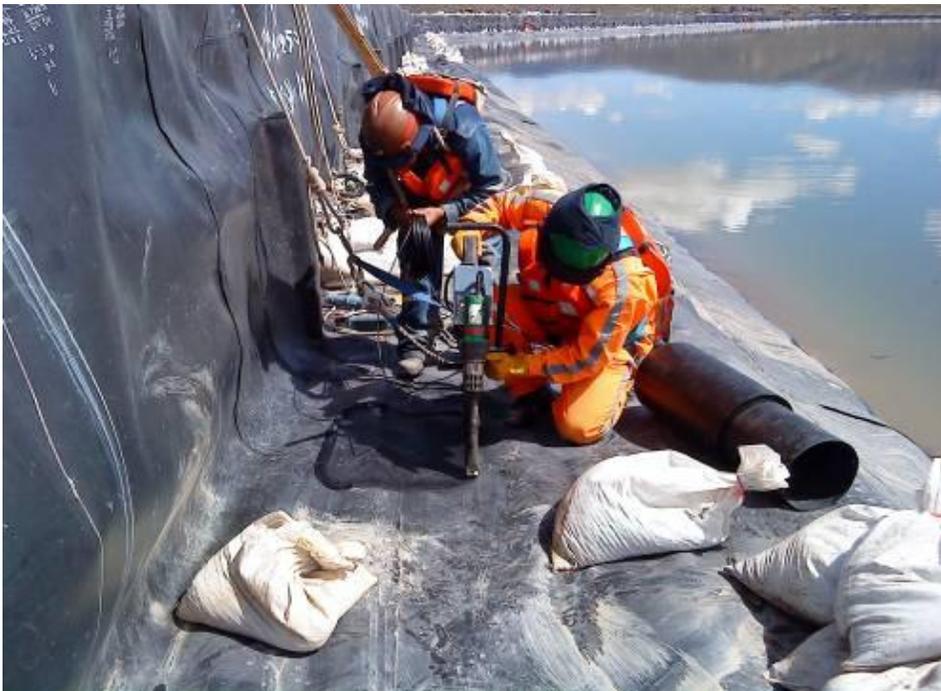
Fotografía 44: Compactación de los rellenos en la zona este, zona de roca, se puede observar que se utiliza un rodillo de 10 toneladas



Fotografía 45: Compactación del borde del relleno reforzado en la zona Norte, se utilizan planchas compactadoras.



Fotografía 46: Ejecución de parche en geomembrana secundaria instalada en la zona suroeste.



Fotografía 47: Caminata de entrega de área de geomembrana primaria en el N° 17, dique de contención noroeste R4.



Fotografía 48: Llenado de gaviones en la zona sur, se indica verificar la cara interna pues será la superficie para el despliegue de la geomembrana.



Fotografía 49: Despliegue de geotextil y geomembrana en el lado sur por parte del instalador de geosintéticos Amanco.



Fotografía 50: Caminata de entrega en zona Sur por parte de QA KP



Fotografía 51: Labores en zona oeste para entrega de área en progresiva 0+720



Fotografía 52: Labores de perfiles en la zona sur con equipo pesado



Fotografía 53: Colocación de relave en zona oeste (progresiva 0+720) de acuerdo al estudio de resistividad.



Fotografía 54: Despliegue de GCL y geomembrana en la zona Este bajo el talud de roca.



Fotografía 55: Vaciado de concreto en el buzón - zona suroeste.



Fotografía 56: Despliegue de geomembrana en la zona Noreste..



Fotografía 57: Compactación en rellenos de zanja de anclaje - zona oeste.



Fotografía 58: Ensayos de densidad con cono de arena en relleno de zanjas de anclaje.



Fotografía 59 : Conformación de taludes con topsoil en la zona Norte



Fotografía 60: Se realiza las labores de conformación del relleno en la parte interna de la zona Sureste..



Fotografía 61: Colocación de material de relleno en la zanja de anclaje en la zona Norte y Noroeste.



Fotografía 62 : Caminata de entrega en la zona interior del vaso del depósito de relaves

