

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA
LA MINA DE FOSFATOS BAYÓVAR**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JOE RENZO VILLANUEVA QUINTANILLA

Lima - Perú

2015

Con todo mi cariño, respeto y amor a mis padres, quienes hicieron todo en la vida para que pudiera lograr mis objetivos; por sus consejos y palabras de aliento, por sus reprimendas y felicitaciones que siempre me motivan. A ellos por siempre mi agradecimiento.

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	11
1.1.1. Caminos de Acarreo Zona Sur	11
1.1.2. Caminos de Acarreo Zona Norte	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. CONCEPTOS GENERALES	16
2.1.1. Distancia de Parada	16
2.1.2. Distancia de Visibilidad	22
2.2. ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACARREO	24
2.2.1. Tasa de Peralte y Radios Mínimos	24
2.2.2. Transición del Peralte	26
2.2.3. Diseño de Curvas Cerradas y Sobreancho en Curvas	27
2.3. PERFIL LONGITUDINAL	30
2.3.1. Pendientes Máximas y Sostenidas	30
2.3.2. Curvas Verticales	33
2.3.3. Combinación de Alineamiento y Perfil Longitudinal	38
2.4. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAMINO DE ACARREO	39
2.4.1. Ancho del Camino	39
2.4.2. Pendiente Transversal o Bombeo	41
2.4.3. Diques laterales convencionales	43
2.4.4. Secciones Típicas	44
2.5. PROVISIONES DE SEGURIDAD	45
2.5.1. Diques Centrales de Seguridad o Diques de Colisión	46
2.5.2. Rampa de Escape o Carretera de Alivio	49
CAPÍTULO III: CRITERIOS DE DISEÑO	55

CAPÍTULO IV: DISEÑO CIVIL Y GEOMÉTRICO DE LOS CAMINOS DE ACARREO	57
4.1. GENERALIDADES.....	57
4.2. ALINEAMIENTO EN PLANTA.....	57
4.2.1. Velocidad Directriz	57
4.2.2. Radios mínimos para curvas horizontales.	58
4.2.3. Longitud de Transición	59
4.2.4. Sobreancho.....	59
4.3. PERFIL LONGITUDINAL	59
4.3.1. Pendiente de Diseño	59
4.3.2. Distancia de Parada	60
4.3.3. Curvas Verticales	61
4.4. SECCIÓN TRANSVERSAL.....	64
4.5. PROVISIONES DE SEGURIDAD.....	65
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. CONCLUSIONES.....	66
5.2. RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	72

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia tiene por objetivo desarrollar el diseño geométrico de los caminos de acarreo en la zona de la Mina de Fosfatos Bayóvar, considerando la optimización del mismo. Este informe está constituido por el respectivo reporte y por los anexos que respaldan los análisis y criterios empleados.

El planteamiento de este informe tuvo como alcance la revisión de la información existente, definición de los criterios de diseño, diseño geométrico de las vías de acceso y acarreo, diseño de las rampas de acceso a los tajos y pilas estériles, y diseño de contra rampas para que puedan ser usadas ante cualquier falla mecánica que pudiese ocurrir en las rampas de acceso.

El diseño geométrico de las vías de acceso y acarreo consideran radios mínimos de diseño de 75 m sobre el eje de las vías, pendientes máximas de 7%, bombeo en los tramos tangentes de 2% y peralte en las curvas de 4%. Estos valores han sido calculados en función a la velocidad de diseño y al coeficiente de fricción entre el suelo y los neumáticos. En las rampas de acceso se han considerado pendientes máximas de 7% y banquetas intermedias para el acceso a los tanques. Asimismo para un mejor desempeño de las vías de acceso se ha considerado sobreanchos en los radios de curvatura donde sea necesario. Las vistas en planta y los detalles se muestran en el Anexo B del presente informe.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Tiempo de reacción de los frenos	18
Cuadro 2: Peraltes recomendados	26
Cuadro 3: Tasas recomendadas para la transición del peralte	27
Cuadro 4: Ancho del camino en curvas	28
Cuadro 5: Pendientes máximas (%)	32
Cuadro 6: Anchos recomendados para tramos tangentes	40
Cuadro 7: Distancia entre provisiones de seguridad (falla de frenos a 30 km/h)	46
Cuadro 8: Distancia entre provisiones de seguridad (falla de frenos a 15 km/h)	46
Cuadro 9: Curvas horizontales en carriles de escape	50
Cuadro 10: Anchos recomendados para carriles de escape	50
Cuadro 11: Longitud del carril de escape	51
Cuadro 12: Criterios de Diseño Geométrico de los Caminos de Acarreo	55
Cuadro 13: Velocidad de diseño de acuerdo al tipo de operación	58
Cuadro 14: Distancias de parada	61
Cuadro 15: Longitud de las curvas verticales	63
Cuadro 16: Ancho de las componentes según el tipo de vía	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distancia de parada para $GVW < 45\text{ t}$	19
Figura 2: Distancia de parada para $45\text{ t} < GVW < 90\text{ t}$	19
Figura 3: Distancia de parada para $90\text{ t} < GVW < 180\text{ t}$	20
Figura 4: Distancia de parada para $GVW > 180\text{ t}$	20
Figura 5: Distancia de visibilidad en curvas horizontales y verticales	23
Figura 6: Ancho del camino en curvas	29
Figura 7: Gráfica del desempeño de un vehículo.....	31
Figura 8: Longitud de curva vertical ($h_1 = 1,80\text{ m}$)	35
Figura 9: Longitud de curva vertical ($h_1 = 2,30\text{ m}$)	35
Figura 10: Longitud de curva vertical ($h_1 = 3\text{ m}$)	36
Figura 11: Longitud de curva vertical ($h_1 = 4\text{ m}$)	36
Figura 12: Longitud de curva vertical ($h_1 = 5\text{ m}$)	37
Figura 13: Longitud de curva vertical ($h_1 = 6\text{ m}$)	37
Figura 14: Anchos típicos para varios carriles	41
Figura 15: Secciones típicas de caminos.....	44
Figura 16: Dique de colisión	48
Figura 17: Vista en planta del carril de escape	53
Figura 18: Perfil del carril de escape	53
Figura 19: Sección transversal del carril de escape.....	54

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

A	:	Diferencia algebraica de pendientes longitudinales.
AASHTO:		American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).
B	:	Distancia del borde de la calzada de un camino al eje de giro del peralte.
b	:	Coeficiente de resistencia a la rodadura.
C	:	Holgura lateral total necesaria entre camiones en tramos curvos de un camino.
D_p	:	Distancia de parada.
$e_{máx}$:	Peralte máximo de un camino.
f	:	Coeficiente de fricción transversal.
F_A	:	Ancho del sobresaliente delantero de un camión.
F_B	:	Ancho del sobresaliente posterior de un camión.
g	:	Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$).
GVW	:	Gross Vehicle Weight (Peso Bruto del Vehículo).
h_1	:	Altura del ojo del conductor de un vehículo.
h_2	:	Altura del objeto obstáculo encima de la superficie del camino.
IMD	:	Índice medio diario.
$i_{p_{máx}}$:	Inclinación máxima de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía.
L	:	Longitud de desarrollo del sobreebanco.
L	:	Longitud de la curva vertical o distancia entre el eje posterior y la parte frontal de un camión (para el cálculo del sobreebanco).

- L_{min} : Longitud mínima del tramo en transición del peralte.
- L_n : Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen.
- n : Número de carriles de un camino.
- P_f : Peralte final de un tramo en transición de peralte.
- P_i : Peralte inicial de un tramo en transición de peralte.
- R : Radio de curvatura del camino.
- R_{min} : Radio mínimo.
- S : Distancia de parada alcanzable para el cálculo de curvas verticales.
- S : Distancia de frenado real de la SAE (para el cálculo del coeficiente de fricción u_{min}) o longitud requerida del carril de escape para una desaceleración de la velocidad de ingreso hasta la completa detención (para el diseño de rampas de escape).
- S_a : Sobreechanco total de un camino.
- S_{a_n} : Sobreechanco correspondiente al punto distante L_n metros desde el origen.
- SAE : Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices).
- θ : Pendiente del camino o ángulo de ascenso (para el caso de rampas de escape).
- t : Tiempo transcurrido desde la percepción de la necesidad de parar al ver un obstáculo, hasta la ocurrencia del contacto friccionante entre las ruedas y la superficie de un camino.
- t_1 : Retraso que se le atribuye a la percepción y reacción del

conductor, o el tiempo perdido desde el instante en el que el operador identifica un peligro hasta que su pie realmente comienza a presionar el pedal del freno.

- t_2 : Tiempo necesario para que la presión accione los componentes de los frenos después de presionar el pedal en la cabina del conductor.
- U : Ancho del camión o vehículo de diseño (de centro a centro de las ruedas).
- u_{min} : Coeficiente de fricción en la interface llanta-capa de rodadura de un camino.
- V : Velocidad del vehículo/velocidad de diseño o velocidad de prueba de la SAE (8,94 m/s para el cálculo del coeficiente de fricción u_{min}).
- V_0 : Velocidad del vehículo al momento de la percepción de un obstáculo.
- W : *Ancho efectivo del camino.*
- X : *Ancho de la tolva del camión.*
- Z : Ancho del camino adicional debido a la dificultad de manipular en curvas.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de petróleo en el desierto de Sechura realizada entre los años 1918 y 1968 por la International Petroleum Company sirvió para identificar por primera vez en sus registros de perforaciones la presencia de minerales fosfatados en la zona de Bayóvar. Estudios posteriores confirmaron que esta zona contaba con dichos recursos en demanda, y que la explotación de los mismos resultaba viable. Así entonces se desarrolló el proyecto, y su posterior ejecución.

La mina Bayóvar cuenta con distintas instalaciones y vías de acceso entre las mismas. Debido a los altos niveles freáticos y al mal comportamiento del suelo frente al agua, la operación de los camiones mineros resultaba poco eficiente, acrecentando este problema el hecho que varios tramos de las vías existentes presentaban errores de diseño geométrico. Resultó necesario realizar un diseño geométrico correctivo para conseguir un rendimiento óptimo de los camiones mineros.

El presente informe tiene como objetivo el diseño geométrico de los caminos de acceso y acarreo para la operación minera, basándose la adaptación de los criterios establecidos en el manual de diseño geométrico de carreteras vigente en el Perú y manuales internacionales de diseño de caminos de mina que resulten aplicables a la realidad de los proyectos mineros desarrollados en el Perú. Para ello, se han desarrollado cinco capítulos que se describen a continuación.

En el capítulo I se describe el proyecto en términos generales, para el mejor entendimiento del caso desarrollado en el presente informe.

En el capítulo II se describen los fundamentos para la realización del diseño geométrico de los caminos de acceso y acarreo, y los conceptos aplicables al objetivo principal del presente informe. En este capítulo se presenta la base teórica para el desarrollo adecuado de la metodología.

En el capítulo III se presentan los criterios de diseño a emplear para el desarrollo del diseño geométrico de las vías de acceso y acarreo, así como la fuente de donde se obtuvo esta información.

En el capítulo IV se desarrolla el diseño geométrico de las vías de acceso y acarreo propiamente dicho, empleando los criterios de diseño presentados en el capítulo III.

En el capítulo V se muestran las conclusiones del estudio, así como las recomendaciones para lograr un diseño seguro y eficiente.

En síntesis, la metodología propuesta para realizar el diseño geométrico de los caminos de acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar, consiste en determinar, en primer lugar, los criterios de diseño necesarios a emplear, tales como distancia de visibilidad y parada, radios de giro, peraltes, bombeo, sobre ancho y pendientes máximas; para luego aplicarlos sobre el trazo planimétrico y altimétrico de los caminos. Estos caminos deben ser diseñados para que los camiones mineros realicen un correcto desempeño de su trabajo, de esta forma se obtiene la continuidad del sistema de transporte.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El diseño geométrico de los caminos de acceso y acarreo ha sido desarrollado para los 12 km de vías. Para un mejor entendimiento del diseño, los caminos se han dividido en dos zonas debidamente identificadas como zona sur y zona norte. Todos los caminos a ser diseñados pueden ser localizados en el arreglo general presentado en el plano 100-02.

Los caminos de la zona sur se encuentran ubicados en la zona de los tanques de relaves del 1 al 5 y la zona del Dique de Protección Sur. En el plano 200-01 se muestra la disposición de los caminos de la zona sur.

Los caminos de la zona norte se encuentran ubicados en las cercanías a las pilas estériles y el Módulo 04, llegando también hasta la zona donde se encuentra ubicado el Botadero Norte. El arreglo general de estos caminos se muestra en el plano 300-01.

El diseño de los caminos también incluye el diseño de las rampas de acceso hacia los botaderos, pilas estériles, rampas de acceso hacia los tanques, y vías de acceso para la operación y conexión de las estructuras. Finalmente, incluye también el diseño de contra rampas a mitad de las rampas de acceso como medida de seguridad.

1.1.1. Caminos de Acarreo Zona Sur

Los caminos de acarreo diseñados en la zona sur son los siguientes:

A) Vía de Acceso 12

Este tramo de los caminos de acceso y acarreo recorre una distancia de 2,80 km desde el empalme del camino de acceso existente proveniente del Botadero Norte hacia la cresta del Dique de Protección Sur. Aproximadamente, en la progresiva Km 0+100 se encuentra la intersección con la Vía de Acceso a TKS que recorre el lado norte de los tanques de relaves 2, 3 y 5. A la altura del Km 0+800 se encuentra la intersección con la rampa TK1 que va hacia el Tanque de Relaves 1. Desde el Km 1+650 hasta el Km 2+050 la rasante final de la vía de acceso coincide con el nivel de rasante del Dique de Protección

Interno 1, esto con la finalidad de que el camino sirva también como protección ante posibles inundaciones.

La pendiente máxima sobre esta vía es 2,5%, ubicada entre las progresivas Km 1+530 y Km 1+640, y la pendiente mínima es 0%, la cual se encuentra entre las progresivas Km 1+650 y Km 2+050 y que coincide con los niveles de rasante del Dique de Protección Interno 1. La planta y perfil de la Vía de Acceso 12 se muestra en los planos 200-02, 200-03 y 200-04.

El ancho efectivo de este camino es 27,20 m, considerando una vía de doble carril para camiones Komatsu 730E. El ancho total de la plataforma es 40,80 m considerando diques laterales de seguridad de 2,40 m de alto, con taludes 1H:1V. Las secciones típicas se muestran en el plano 200-27.

B) Vía de Acceso a TKS

Este camino recorre el lado norte de los tanques de relaves 3 y 5, y recorre una distancia aproximada de 2,29 km desde la salida de la Rampa TK2 del Tanque de Relaves 2 hacia el empalme con la Vía de Acceso 12 descrita en el ítem anterior. A la altura del Km 1+700 se encuentra la intersección con la Rampa de Acceso TK3 proveniente del Tanque de Relaves 3.

La pendiente máxima en esta vía es 2,8%, ubicada entre las progresivas Km 1+550 y Km 1+680, y la pendiente mínima es 0,4%, la cual se encuentra entre las progresivas Km 0+610 y Km 1+550. La planta y perfil longitudinal de la Vía de Acceso a TKS son mostrados en los planos 200-05 y 200-06.

El ancho efectivo de este camino es 27,20 m, considerando una vía de doble carril para camiones Komatsu 730E. El ancho total de la plataforma es 40,80 m considerando diques laterales de seguridad de 2,40 m de alto, con taludes 1H:1V. Las secciones típicas son mostradas en el plano 200-27.

C) Rampas de Acceso y Contra Rampas

Se ha considerado el diseño de tres rampas de acceso en la zona sur sobre los tanques de relaves 1, 2 y 3, denominadas rampas TK1, TK2 y TK3 respectivamente. La pendiente máxima de las rampas de acceso es 7% con la finalidad de dar un mejor desempeño a la operación de los camiones mineros.

En la Rampa TK1, entre las progresivas Km 0+280 y Km 0+330, se ha considerado una plataforma de 2% de pendiente con la finalidad de dar acceso a la banqueta intermedia del Tanque de Relaves 1 y como descanso para los camiones mineros. De la misma forma, se ha considerado una plataforma de descanso en la Rampa TK2, entre las progresivas Km 0+210 y Km 0+260. En la Rampa TK3 se ha considerado dos zonas de descanso, la primera desde la progresiva Km 0+280 hasta la progresiva Km 0+330, y la segunda desde Km 0+450 hasta Km 0+520.

Sobre la zona de descanso de las rampas TK1 y TK2 se ha considerado la construcción de contra rampas como medida de seguridad, de 13,10 m de ancho efectivo. Igualmente, sobre el primer descanso de la rampa TK3 también se ha proyectado la construcción de una contra rampa.

Todas las contra rampas empiezan sobre un descanso de la rampa y terminan sobre la banqueta superior de cada tanque de relaves. La construcción de estas contra rampas tiene por finalidad dar seguridad a los vehículos ante eventuales fallas mecánicas que pudieran ocurrir durante la operación de los mismos.

El ancho efectivo de las rampas de acceso es 26,20 m y el ancho total de la plataforma es 35 m considerando el dique lateral de seguridad de 4,80 m de base y 2,40 m de altura, con taludes 1H:1V y un canal de colección de aguas superficiales adyacente al talud de cada tanque.

En los planos 200-07, 200-08 y 200-09 se muestran las plantas y perfiles de las rampas de acceso, mientras que el plano 200-10 muestra la planta y perfil de cada una de las contra rampas.

1.1.2. Caminos de Acarreo Zona Norte

Los caminos de acarreo diseñados en la zona norte son los siguientes:

A) Vía de Acceso 4

Este tramo de los caminos diseñados recorre una distancia de 1,94 km desde el empalme con la vía de acceso existente del Botadero Norte hasta el empalme con la Rampa M4B del Módulo 04. En el Km 0+100 se intersecta con la vía de acceso del Botadero Norte, posteriormente recorre de norte a sur cruzando por

el margen derecho la zona del apilamiento del mineral en la progresiva Km 0+500. Seguidamente, sobre el Km 1+750, se encuentra la intersección con la Rampa de Acceso P2, que servirá para operar la Pila de Estériles 2. Finalmente se empalme con la Rampa M4B en la progresiva Km 1+940.

La pendiente máxima en esta vía es 7%, ubicada entre las progresivas Km 0+260 y Km 0+340, y que coincide con la conexión a la vía de acceso del Botadero Norte. La pendiente mínima es 0,4%, la cual se encuentra entre las progresivas Km 1+650 y Km 2+050, y que coincide con el cruce de la zona del apilamiento del mineral. La planta y perfil longitudinal de esta vía mostrado en los planos 300-02 y 300-03.

El ancho efectivo de este camino es 27,20 m, considerando una vía de doble carril para camiones Komatsu 730E, el ancho total de la plataforma es 40,80 m considerando alturas de diques de seguridad de 2,40 m con taludes 1H:1V. Las secciones típicas se muestran en el plano 300-21.

B) Vía de Acceso Botadero Norte

Este camino recorre el lado sur del Botadero Norte y recorre una distancia aproximada de 1,22 km desde la zona este del Botadero Norte hacia el empalme con la Vía de Acceso 4 descrita en el ítem anterior. Cabe resaltar que esta vía recorre una plataforma existente de botadero donde se ha tratado de respetar los niveles de rasante actual para no generar mayores movimientos de tierra.

La pendiente máxima en esta vía es 2,2%, ubicada entre las progresivas Km 0+000 y Km 0+280, y la pendiente mínima es 0,5%, la cual se encuentra entre las progresivas Km 0+280 y Km 1+050. La planta y perfil longitudinal de esta vía se muestra en el plano 300-04.

El ancho efectivo de esta vía es 26,20 m y el ancho total de la plataforma es 35 m, considerando el dique de seguridad de 4,80 m de base y 2,40 m de altura, con taludes 1H:1V, y un canal de colección de aguas superficiales adyacente al talud del botadero. Las secciones típicas son mostradas en el plano 300-21.

C) Rampas de Acceso y Contra Rampas

En la zona norte se ha considerado el diseño de dos rampas de acceso; la primera rampa, denominada Rampa P2, inicia en la progresiva Km 1+750 de la Vía de Acceso 4 y termina en la cresta de la Pila de Estériles 2, con una longitud total de 0,73 km. La segunda rampa, llamada Rampa M4B, inicia en la progresiva Km 1+940 (progresiva final de la Vía de Acceso 4) y termina en el último banco del tanque Módulo 04, con una longitud total de 0,88 km. La pendiente máxima de las rampas de acceso es 7% con la finalidad de dar un mejor desempeño a la operación de los camiones mineros.

En la rampa P2, entre las progresivas Km 0+470 y km 0+620, se ha considerado una plataforma de 2% de pendiente con la finalidad de dar acceso hacia la banqueta intermedia de la Pila de Estériles 2 y como descanso para los camiones mineros. De la misma forma, se ha considerado una plataforma de descanso en la rampa M4B, entre las progresivas Km 2+270 y Km 0+320.

Sobre la zona de descanso de la rampa M4B se ha considerado la construcción de una contra rampa como medida de seguridad, de 13,10 m de ancho efectivo. Todas las contra rampas empiezan sobre un descanso de la rampa y terminan sobre la banqueta superior de cada instalación. La construcción de estas contra rampas tiene por finalidad dar seguridad a los vehículos ante eventuales fallas mecánicas que pudieran ocurrir durante la operación de los mismos.

El ancho efectivo de las rampas de acceso es 26,20 m y el ancho total de la plataforma es 35 m, considerando el dique de seguridad de 4,80 m de base y 2,40 m de altura, con taludes 1H:1V, y un canal de colección de aguas superficiales adyacente al talud de cada instalación.

En los planos 300-05 y 300-06 se muestran las plantas y perfiles de las rampas de acceso mientras que en el plano 300-07 se muestran las plantas y los perfiles de las contra rampas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS GENERALES

Tanto como sea económicamente factible, todos los elementos geométricos de un camino de acarreo deben ser diseñados para proporcionar un transporte eficiente a velocidades de operación normales. La capacidad del operador del vehículo para ver a una distancia igual o mayor que la distancia de parada es el requerimiento de principal cuidado. Esta sección del estudio se refiere al efecto de la velocidad, pendiente, y peso del vehículo sobre la distancia de parada, así como los criterios de diseño para el alineamiento vertical y horizontal.

2.1.1. Distancia de Parada

Desde el punto de vista de la seguridad, las pendientes de los caminos de acarreo deben ser diseñadas para acomodarse a las capacidades de frenado de los vehículos que tengan el menor potencial de frenado y que mayormente recorrerán el camino. Usualmente son los camiones de carguío, debido a la operación minera, los que se encuentran en esta situación. Debido a su elevado peso y a su relativa alta velocidad de operación en relación a algunos otros equipos, su capacidad para desacelerar mediante el frenado es la más baja de los usuarios regulares de un camino de acarreo, por lo que el tratamiento de la distancia de parada requerida para un camino de acarreo en minería debe hacerse de forma particular.

La mayor cantidad de especificaciones de fabricantes de camiones, respecto al desempeño de los frenos, están limitadas a una gráfica de la velocidad que puede ser sostenida en una pendiente de bajada mediante el uso del retardo hidráulico o dinámico. A pesar que el retardo mediante los componentes de la transmisión es un método eficiente para el control de la velocidad de descenso, no reemplaza al buen desempeño que deben tener los frenos. En el caso de falla del sistema de retardo, el frenado de las ruedas se convierte en el factor decisivo para evitar perder el control del vehículo.

Desafortunadamente, muy pocos, si existen, fabricantes de camiones definen las capacidades de sus sistemas de frenado en servicio y emergencia, en términos de desempeño. Usualmente son descritas por su área revestida, tamaño del disco o tambor, método de accionamiento y presión del sistema. Así pues, un

operador no sabe si los frenos del vehículo podrán soportar una pendiente de descenso en caso de alguna falla del sistema de retardo. Debido a la posible necesidad de utilizar los frenos como la única forma para detener o desacelerar el camión, su desempeño debe ser definido y tomado en consideración en el diseño de pendientes seguras de un camino de acarreo.

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE por sus siglas del Inglés "Society of Automotive Engineers"), tomando en consideración la necesidad de estándares para un desempeño efectivo de los frenos, desarrolló procedimientos de ensayo y criterios de diseño de distancias de parada mínimas para varios rangos de peso de camiones de carguío.

Las curvas de distancia de parada (Figura 1 - Figura 4, que se presentan más adelante) representan las distancias de parada calculadas para distintas pendientes y velocidades en cada una de las categorías de las pruebas desarrolladas por la SAE. Los puntos para cada una de las curvas han sido conseguidos usando la siguiente fórmula:

(1)

$$D_p = \frac{1}{2} g t^2 \sin \theta + V_o t + \left[\frac{(g t \sin \theta + V_o)^2}{2g(u_{min} - \sin \theta)} \right]$$

Donde:

- D_p = Distancia de parada, (m)
- g = Aceleración de la gravedad, (m/s²)
- t = Tiempo transcurrido desde la percepción de la necesidad de parar hasta la ocurrencia del contacto friccionante del frenado de ruedas, (s)
- θ = Pendiente del camino, (grados)
- u_{min} = Coeficiente de fricción en la interface llanta - capa de rodadura (adimensional)
- V_o = Velocidad del vehículo al momento de la percepción (m/s), considerada igual a la velocidad de diseño.

La importancia de las distancias de frenados de la SAE no es evidente en la ecuación (1), sino más bien en los medios para llegar a los valores u_{min} y t .

El valor t está realmente compuesto por dos intervalos de tiempo separados; t_1 y t_2 .

Un primer componente de t , designado t_1 , es el retraso que se le atribuye a la percepción y reacción del conductor, o el tiempo perdido desde el instante en el que el operador identifica un peligro hasta que su pie realmente comienza a presionar el pedal del freno. Un tiempo de 1,5 segundos fue asignado como t_2 para todos los casos.

Adicionalmente, el tiempo necesario para que la presión accione los componentes de los frenos después de presionar el pedal en la cabina del conductor es designado como t_2 . La información suministrada por la SAE dieron los siguientes valores para t_2 :

Cuadro 1: Tiempo de reacción de los frenos

Peso del vehículo (t)	Tiempo de reacción de los frenos (s)
< 45	0,5
> 45, < 90	1,5
> 90, < 180	2,75
> 180	4,5

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Un valor para u_{min} , el coeficiente de fricción alcanzado en la interface entre la llanta y el terreno, es encontrado usando la fórmula:

(2)

$$u_{min} = \frac{V^2}{2gS}$$

Donde:

- V = Velocidad de prueba de la SAE: 29,33 ft/s (8,94 m/s)
- g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²), y
- S = Distancia de frenado real de la SAE (calculada restando $t_1 \times 8,94$ a la distancia de parada recomendada por la SAE para cada clasificación de peso bruto del vehículo).

En todos los casos, le ecuación arroja un coeficiente de fricción u_{min} promedio de 0,30 y una desaceleración vehicular aproximada a $2,94 \text{ m/s}^2$.

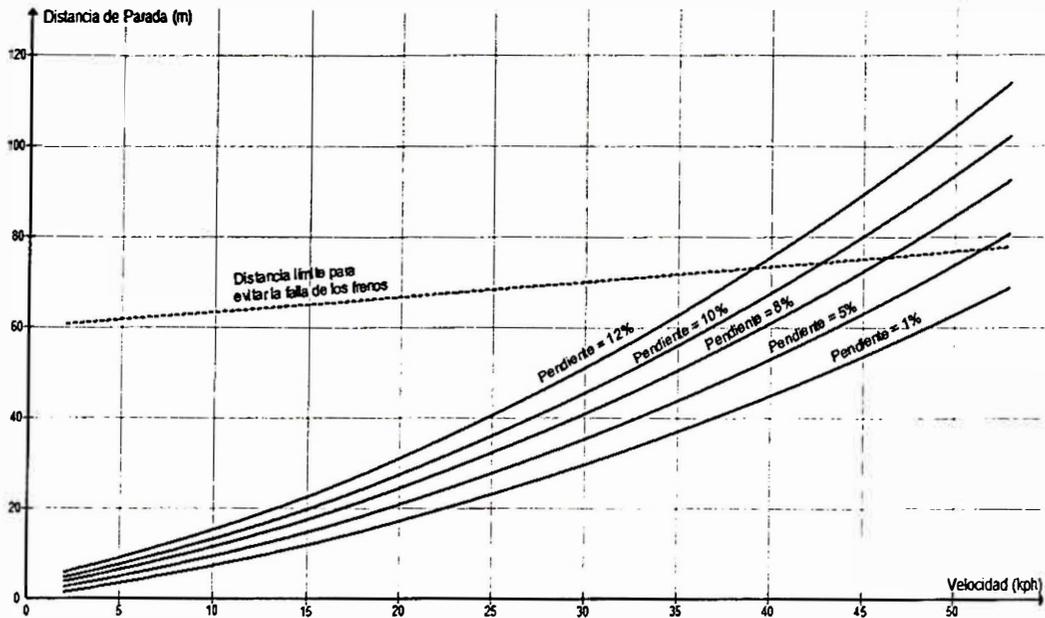


Figura 1: Distancia de parada para GVW < 45 t
 (Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
 Transformación de unidades por el autor)

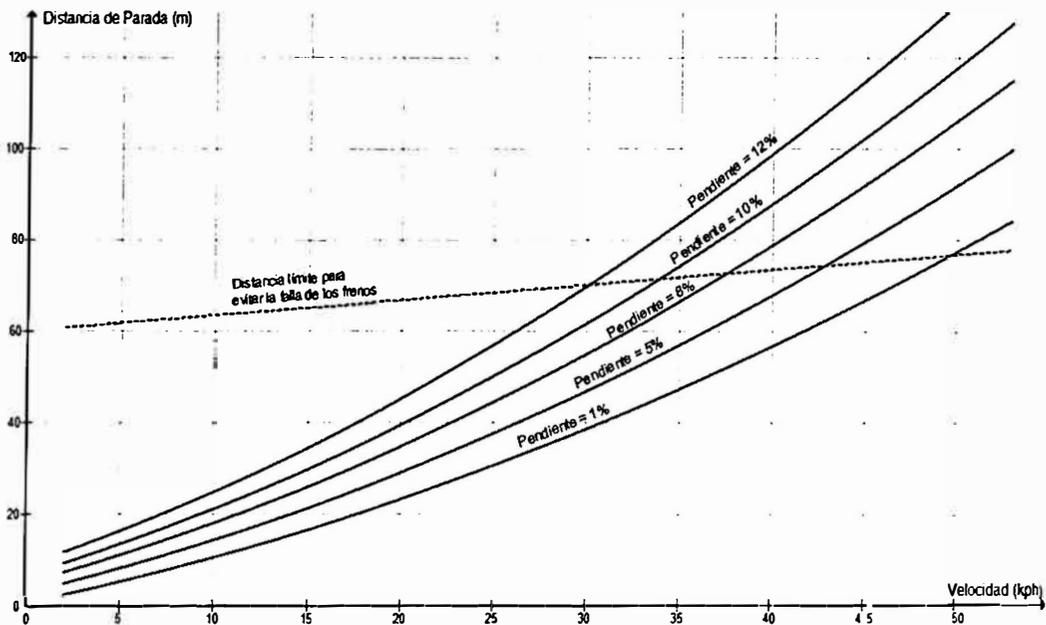


Figura 2: Distancia de parada para 45 t < GVW < 90 t
 (Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
 Transformación de unidades por el autor)

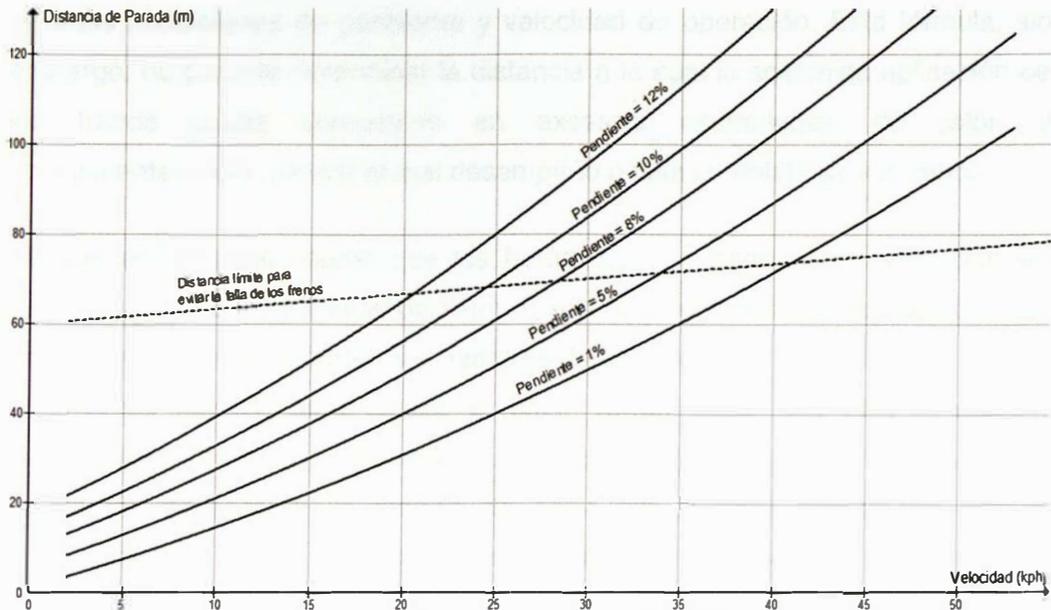


Figura 3: Distancia de parada para $90\text{ t} < \text{GVW} < 180\text{ t}$
(Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
Transformación de unidades por el autor)

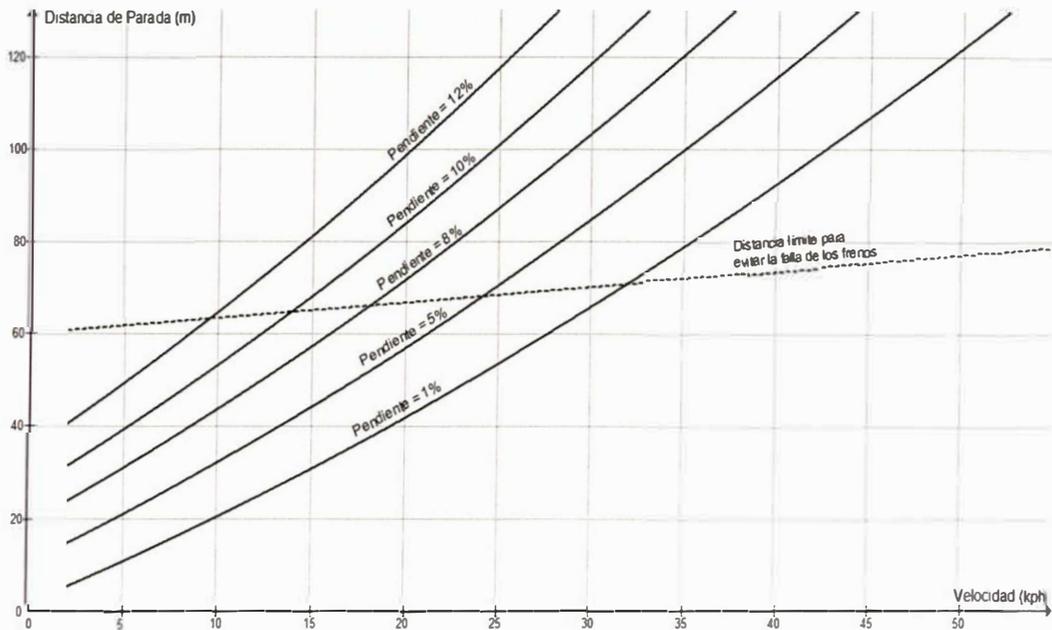


Figura 4: Distancia de parada para $\text{GVW} > 180\text{ t}$
(Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
Transformación de unidades por el autor)

Con los valores " t " y " u_{min} " identificados, es posible usar la ecuación (1) e ingresar a los valores graficados en las curvas de distancia de parada para distintas condiciones de pendiente y velocidad de operación. Esta fórmula, sin embargo, no permite determinar la distancia a la cual la sostenida aplicación de los frenos pueda convertirse en excesiva acumulación de calor, y consecuentemente, causar el mal desempeño o falla completa de los frenos.

Ya que es irrealista asumir que los frenos pueden permanecer aplicados sin fallar por períodos excesivos de tiempo, se debe considerar la acumulación de calor. Desafortunadamente, los factores influyentes en la capacidad de un sistema de frenado para disipar el calor varían tanto, que una simulación matemática certera sería imposible. La clara necesidad de limitar las distancias de parada para evitar el exceso de calor por frenado, combinada con la incapacidad de simulación realística de propiedades térmicas, representan una dificultad.

La resolución de esta dificultad fue alcanzada a través de la aceptación de la información de pruebas empíricas del Departamento de Minas y Recursos Petrolíferos de Colombia Británica (Canadá). Esta organización llevó a cabo más de 1 000 pruebas de distancia de parada con camiones de acarreo en minas activas en Colombia Británica. La información recopilada de estas pruebas indica que para prevenir fallas, una distancia de frenado de 60 m debe ser considerada como máxima permisible. Cada gráfica de distancia de parada indica esta distancia máxima de 60 m que incrementa ligeramente al aumentar la velocidad. Estos incrementos representan el retraso desde la percepción del conductor hasta el momento de reacción, factores que no fueron considerados durante las pruebas realizadas.

La inclusión de esta restricción para la distancia de parada completa los gráficos de distancia de parada. Las máximas velocidades de operación y pendientes de descenso pueden ser encontradas para un camión cuyo peso es conocido leyendo a lo largo de la línea límite de la distancia de parada máxima permisible.

Las figuras de la 1 a la 4 mostradas anteriormente, han sido realizadas principalmente a partir de cálculos matemáticos, no representan resultados de pruebas de campo reales, pero son presentadas para ofrecer un indicio de los

límites de velocidad y pendiente que deben considerarse en el diseño de los caminos de acarreo.

2.1.2. Distancia de Visibilidad

La distancia de visibilidad es definida como “la medida del área periférica visible para el operador del vehículo”. La distancia de visibilidad debe ser suficiente para permitir que un vehículo transitando a una velocidad dada pueda parar antes de alcanzar algún peligro. La distancia medida desde el ojo del conductor hasta el peligro divisado debe ser siempre igual o mayor que la distancia de parada requerida.

En las crestas de curvas verticales, la distancia de visibilidad está limitada por la superficie del camino. La Figura 5, caso A, muestra una condición insegura: La distancia de visibilidad está restringida por la curva vertical demasiado corta y el vehículo no podrá parar a tiempo para evitar el peligro. El caso B muestra una alternativa de solución para esa condición insegura; la curva vertical ha sido alargada, creando así una distancia de visibilidad igual a la distancia de parada requerida. Suele darse el caso, especialmente para los vehículos más pesados y de grandes dimensiones, que la distancia de visibilidad en tramos rectos, definida por la capacidad de ver en las crestas de las curvas verticales, no resulta ser un mayor inconveniente debido a la elevada altura del conductor.

En curvas horizontales, la distancia de visibilidad está limitada por los diques de seguridad adyacentes al camino, cortes empinados en roca, árboles, estructuras, etc. El caso C muestra una curva horizontal con la distancia de visibilidad restringida por árboles y un corte lateral empinado. El caso D muestra que si se remueve los árboles y se abate el talud de corte, la distancia de visibilidad puede ser aumentada para que por lo menos sea igual a la distancia de parada requerida.

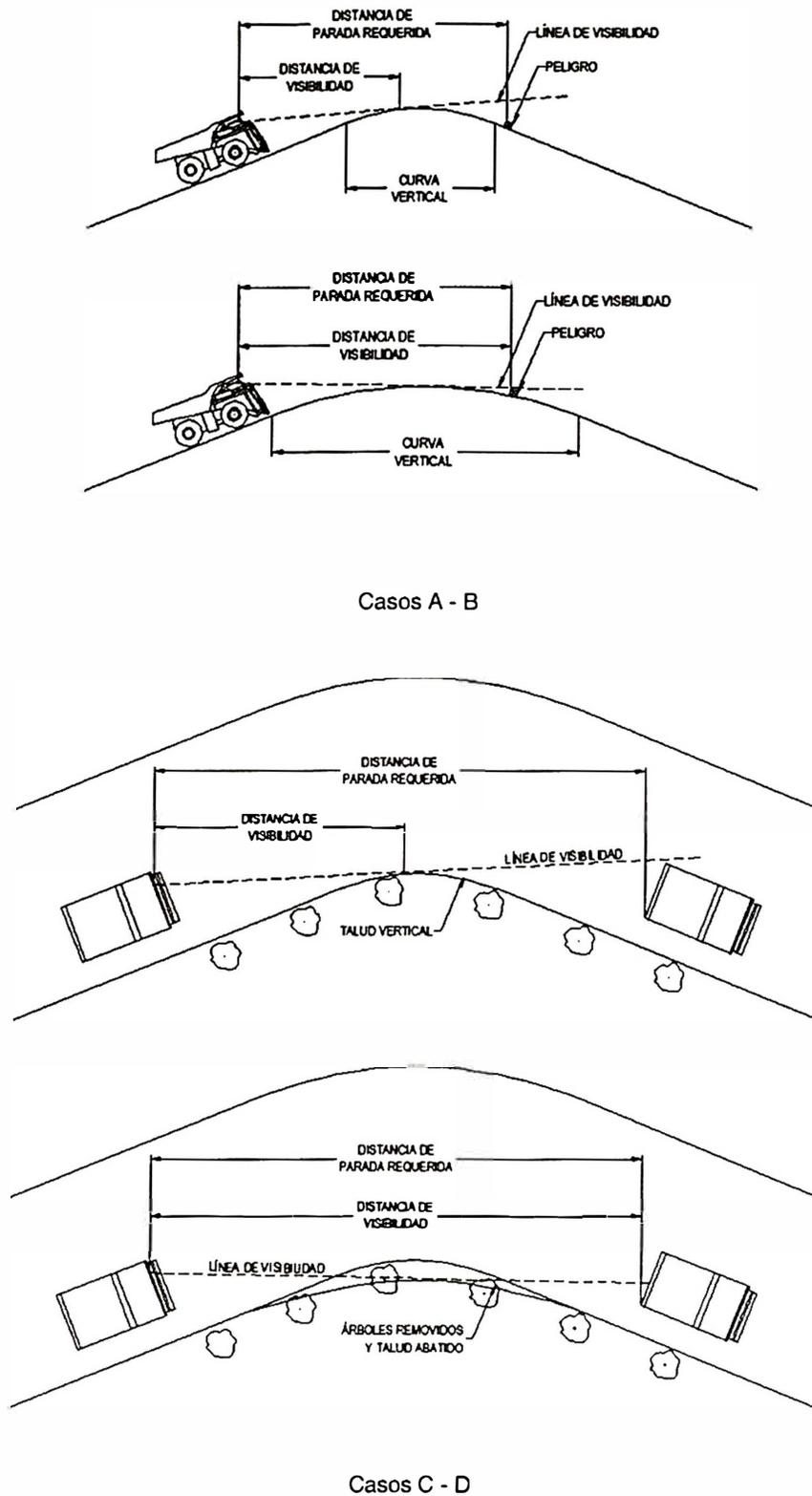


Figura 5: Distancia de visibilidad en curvas horizontales y verticales
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

2.2. ALINEAMIENTO DEL CAMINO DE ACARREO

El alineamiento horizontal, dentro del diseño y construcción de los caminos de acarreo, trata principalmente de los elementos necesarios para una operación segura de los vehículos al transitar por curvas. Con demasiada frecuencia las curvas son diseñadas sin considerar un ancho apropiado, peraltes, radio de giro, o distancia de visibilidad. Un correcto alineamiento horizontal es esencial para tener seguridad y eficiencia a lo largo del ciclo de acarreo.

Las siguientes subsecciones tratan sobre los parámetros prerrequisito para un correcto alineamiento horizontal y como ellos afectan al diseño del camino. Se debe enfatizar que las recomendaciones están basadas en la premisa de proveer máxima seguridad sin tomar en cuenta los costos que impliquen. Debido a las restricciones particulares físicas en muchas minas, el costo de construcción podría incrementarse significativamente. La seguridad, sin embargo, no debería permitir ningún tipo de compensaciones, ni ninguna alteración a los criterios de diseños debe ir acompañada por una reducción compensatoria de la velocidad de operación.

2.2.1. Tasa de Peralte y Radios Mínimos

Cuando los vehículos atraviesan curvas de radio pequeño, son forzados radialmente hacia fuera por la fuerza centrífuga. Las fuerzas que contrarrestan son la fricción entre las llantas y la superficie del camino, y la componente del peso del vehículo debido al peralte. La fórmula básica es:

$$(3) \quad e_{m\acute{a}x} + f = \frac{V^2}{127R_{m\acute{i}n}}$$

Donde:

- $e_{m\acute{a}x}$ = Peralte máximo (tanto por uno),
- f = Coeficiente de fricción transversal (adimensional),
- V = Velocidad del vehículo (km/h), y
- $R_{m\acute{i}n}$ = Radio mínimo (m)

Hay un límite práctico para la tasa del peralte. En regiones afectadas por la nieve y el hielo, los vehículos que circulan lento podrían deslizarse por la pendiente transversal. Las regiones no afectadas por condiciones adversas de clima generalmente pueden tener tasas de peralte ligeramente más altas. Sin embargo, aún en estas regiones, el conductor de un vehículo atravesando una curva a una velocidad más lenta que la velocidad de diseño podría encontrar cierta dificultad para mantenerse por la ruta adecuada, tendría que hacer una maniobra anormal, direccionando hacia arriba de la pendiente transversal, en contra de la dirección de la curva.

Otra consideración para establecer la tasa de la pendiente transversal es el alto porcentaje de carga soportada por las ruedas interiores de un camión detenido o moviéndose lentamente en la curva.

Tal como lo muestra la fórmula, hay dos factores contrarrestando la fuerza centrífuga: La tasa de peralte y el factor de fricción transversal. Se ha realizado varias pruebas empíricas para determinar el factor de fricción transversal. Muchas autoridades recomiendan un factor de 0,20 para velocidades menores o iguales a 30 km/h. La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) ha trazado los resultados de varios estudios en velocidades de vehículos en curvas de radio pequeño. Lógicamente, la velocidad de operación promedio disminuía conforme el radio decrecía; y, como la velocidad disminuía, el factor de fricción transversal se incrementaba, arrojando un valor de 0,27 a 30 km/h en una curva de radio 30 m, y a 0,32 a 25 km/h en una curva de radio 15 m.

Esta información, además del hecho reconocido que curvas cerradas son más cortas en longitud y permiten menos oportunidad para proveer el peralte y transición, conducen a la elaboración del Cuadro 2.

Cuadro 2: Peraltes recomendados

Radio de curva (m)	Velocidad del vehículo (Km/h)					
	15	25	30	40	50	60 a más
15	0,04	0,04				
30	0,04	0,04	0,04			
45	0,04	0,04	0,04	0,05		
75	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	
90	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
180	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
300	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Este cuadro sirve para dos propósitos; no solo para sugerir valores para el peralte, sino también para relacionar correctamente los radios mínimos con la velocidad del vehículo. Por ejemplo, se proyecta el recorrido de un vehículo, para que viaje a 40 km/h, al aproximarse a una curva donde se estima proporcionarle un peralte de 4%, el radio mínimo de esta curva debe 75 m. Por otro lado, si por condiciones del terreno se determina que la curva no podrá desarrollar un radio mayor a 45 m, el vehículo se vería en la necesidad de reducir su velocidad a 30 km/h para transitar con seguridad por ese sector.

2.2.2. Transición del Peralte

La porción del camino de acarreo usado para transformar una sección de pendiente transversal normal (con bombeo) en una sección con peralte es considerada la longitud de transición. Las normalmente velocidades bajas en minas hacen que la ubicación de la transición sea menos crítica, pero la finalidad sigue siendo la misma: ayudar al conductor a maniobrar el vehículo a través de una curva. Las entidades varían en la forma de aplicar la transición de peralte, algunas la aplican enteramente en el tramo en tangente del camino de acarreo y así el peralte en su totalidad es alcanzado justo antes de entrar en la curva. Sin embargo, la mayoría aplica parte en la tangente y parte en la curva.

Las longitudes de la transición varían con la velocidad de diseño y el cambio total de la pendiente transversal. Las tasas recomendadas de cambio de pendiente transversal son mostradas en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Tasas recomendadas para la transición del peralte

Velocidad del vehículo (Km/h)	30 a menos	40	50	60 a más
Transición del peralte en 100 m de camino (m/m)	0,08	0,07	0,06	0,05

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

La fórmula para el cálculo de la longitud de transición es la siguiente:

$$(4)$$

$$L_{\min} = \frac{P_f - P_i}{i_{p_{\max}}} \times B$$

Donde:

L_{\min} = Longitud mínima del tramo en transición del peralte (m),

P_f = Peralte final con su signo (%),

P_i = Peralte inicial con su signo (%),

$i_{p_{\max}}$ = Inclinación máxima del borde de la calzada respecto al eje de la vía (%), y

B = Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

A su vez, la inclinación máxima " $i_{p_{\max}}$ " es calculada según la siguiente ecuación:

$$(5)$$

$$i_{p_{\max}} = 1,8 - 0,01V$$

Donde:

V = Velocidad de diseño (km/h).

2.2.3. Diseño de Curvas Cerradas y Sobreancho en Curvas

Las áreas en zigzag (con curvas de volteo) o algunas otras similares en un camino de acarreo que requieren curvas cerradas deben ser diseñadas tomando en consideración el radio mínimo de volteo que pueden realizar los vehículos. La Figura 6 muestra los radios de volteo de los vehículos para cada clasificación según su peso. Los radios mostrados en la tabla que acompaña a esa figura son los mínimos realizados por todos los vehículos para cada categoría. La Figura 6 también muestra el ancho de calzada adicional necesario para que un camión

realice un giro. Los anchos requeridos por los vehículos en cada categoría varían con el grado de la curva. El Cuadro 4 recomienda anchos de camino de acarreo para curvas en calzadas de hasta dos carriles, para cada categoría de peso bruto del camión.

Cuadro 4: Ancho del camino en curvas

Radio de curva en el borde interno del camino (m)	Ancho del camino en curvas (m)							
	Camino de un carril				Camino de dos carriles			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínimo	8,80	10,30	13,70	21,30	15,50	18,30	24,10	37,50
7,50	8,20	10,30	13,40	20,70	14,60	18,30	23,20	36,30
15	7,60	9,50	12,50	19,20	13,40	16,50	21,90	33,50
30	7,30	8,80	11,90	18,00	12,80	15,50	21,00	31,40
45	7,30	8,80	11,90	17,70	12,50	15,20	20,70	30,80
60	7,00	8,80	11,60	17,40	12,50	15,20	20,40	30,80
Tangente	7,00	8,50	11,30	17,00	12,20	14,60	19,80	29,90

Nota:

1 indica categoría 1 del vehículo: GVW < 45 t

2 indica categoría 2 del vehículo: 45 t < GVW < 90 t

3 indica categoría 3 del vehículo: 90 t < GVW < 180 t

4 indica categoría 4 del vehículo: GVW > 180 t

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

También, el Manual de Diseño Geométrico DG-2013, para la determinación del desarrollo del sobreebanco utiliza la siguiente fórmula:

(6)

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} \times L_n$$

Donde:

Sa_n = Sobreebanco correspondiente al punto distante L_n metros desde el origen (m),

Sa = Sobreebanco total (m),

L = Longitud de desarrollo del sobreebanco (m), y

L_n = Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

El valor del sobreebanco variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño, y se calcula con la siguiente fórmula:

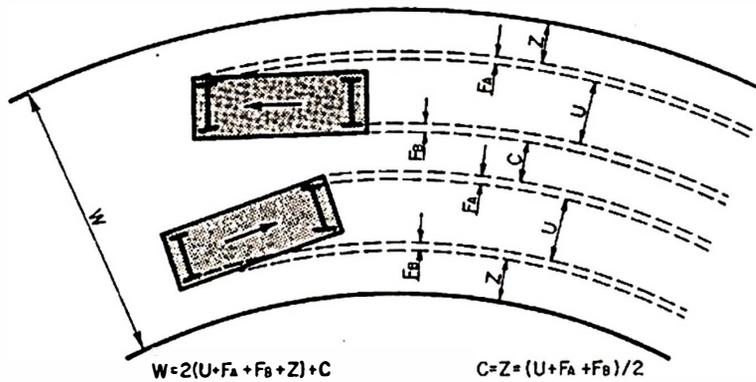
(7)

$$S_a = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

- S_a = Sobreebanco total (m),
 n = Número de carriles,
 R = Radio (m),
 L = Distancia entre el eje posterior y la parte frontal (m), y
 V = Velocidad de diseño (km/h).

El primer término depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad en calcular distancias transversales en curvas. El diseñador debe evaluar y determinar ese valor adicional para aquellas velocidades que este considere bajas para el tramo de diseño.



Nota:

- U = Ancho del camión o vehículo de diseño (de centro a centro de las ruedas)
 F_A = Ancho del sobreesaliente delantero
 F_B = Ancho del sobreesaliente posterior
 C = Holgura lateral total
 Z = Ancho adicional debido a la dificultad de manipular en curvas

Figura 6: Ancho del camino en curvas

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

2.3. PERFIL LONGITUDINAL

El alineamiento vertical consiste en el establecimiento de pendientes longitudinales y curvas verticales que permitan adecuadas distancias de visibilidad en todos los sectores de un camino de acarreo. No se puede conseguir un ambiente de acarreo seguro si las pendientes son diseñadas sin considerar las limitaciones de frenado del equipo a ser empleado. Lo mismo aplica para situaciones donde las crestas en el camino impiden o dificultan la visibilidad del conductor a tal punto que la distancia de parada del vehículo excede la longitud de visibilidad sobre la calzada. Las consideraciones de diseño relevantes para los parámetros antes mencionados son presentadas en las siguientes subsecciones.

2.3.1. Pendientes Máximas y Sostenidas

Las pendientes máximas permisibles teóricas para distintos rangos de peso de camiones en términos de situaciones de parada de emergencia han sido definidas en las curvas de distancia de parada (Figura 1 – Figura 4, mostradas anteriormente). Definir las pendientes máximas permisibles en términos de solamente capacidad de frenado, sin embargo, es algo engañoso en tanto que no se toma en consideración la economía de producción. Si por ejemplo, un camino fue diseñado para incluir la máxima pendiente donde pueda transitar un vehículo de un peso dado, para que el vehículo pueda descender de manera segura, la velocidad al inicio de esa pendiente debe ser reducida y mantenida así durante el descenso. Del mismo modo, si el vehículo está ascendiendo, requerirá de una frecuente disminución de la velocidad. Estos cambios de velocidad se traducen en pérdida de tiempos de producción, consumo adicional de combustible, desgaste de componentes del vehículo, y finalmente, mayor mantenimiento.

La Figura 7 muestra un ábaco de desempeño similar a los que proporcionan la mayoría de fabricantes de maquinarias. A pesar que el gráfico refleja las características de desempeño para una específica marca y modelo de un vehículo de acarreo, muestra representativamente como impacta la pendiente en el desempeño. Se ha delineado las velocidades alcanzables para los casos de un vehículo operando en una pendiente de 5% y 10% en condiciones tanto cargado como descargado.

Se puede apreciar del gráfico, que una reducción en la pendiente aumenta significativamente la velocidad alcanzable por el vehículo. Así, el tiempo del ciclo de acarreo, consumo de combustible, y el desgaste de componentes mecánicos, lo cual resulta en incremento del mantenimiento, puede ser minimizado en cierta medida si se limita la severidad de la pendiente.

En la mayoría de los casos, el movimiento de tierras necesario para construir pendientes más abatidas incurriría en incremento del costo. Más aún, la flexibilidad para el diseño en muchos casos es reducida por los límites de propiedad y restricciones físicas como geología adversa y condiciones topográficas. Recomendar una óptima pendiente máxima para satisfacer todas las operaciones, por lo tanto, no sería factible. Debe ser responsabilidad de cada operador o diseñador evaluar las capacidades de frenado y desempeño de un sistema de transporte en particular, basado en esta información, para determinar si es más recomendable elevar el costo de capital bajo la premisa de conseguir pendientes menos severas, o si se trabajará con pendientes más empinadas incrementando el tiempo del ciclo de acarreo.

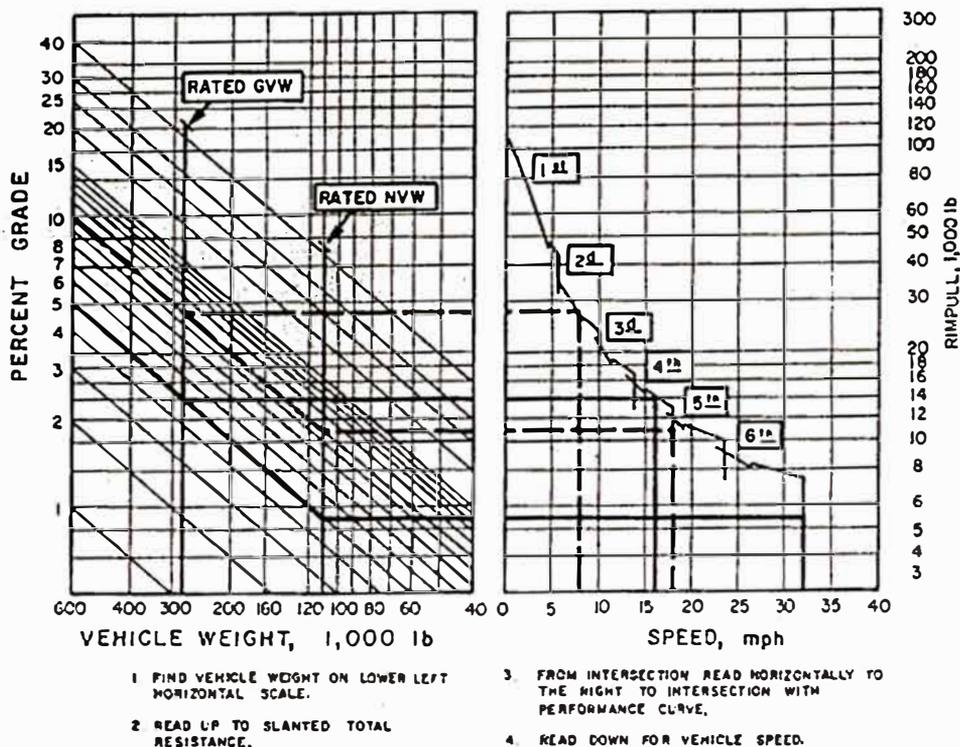


Figura 7: Gráfica del desempeño de un vehículo
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Las únicas directrices que sin duda pueden ser puestas como criterios de máxima pendiente son las leyes y/o reglamentos actualmente exigidos por los estados mineros más importantes. Anteriormente, en algunos estados de los Estados Unidos se permiten hasta pendientes máximas del 20%, con el paso del tiempo se ha ido reduciendo este límite máximo y actualmente la mayoría de estados han establecido que 15% es la máxima pendiente admisible.

En el Perú, el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013, en la tabla 303.01, incluye valores que pueden ser tomados como referencia para el diseño de un camino de transporte y acarreo de un proyecto de minería superficial, posiblemente ubicado como una carretera con un IMD < 400, de tercera clase, y de orografía tipo 3 y 4 mayormente. El manual también indica, en su apartado 303.03.02 "Pendiente máxima", que para zonas de altitud superior a los 3 000 msnm, las pendientes máximas de la tabla 303.01 del manual, deben ser reducidas en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

Adicionalmente, en la sección 303.03.03 "Pendientes excepcionales" se señala también, que el valor de la pendiente máxima puede incrementarse hasta en un 1% para todos los casos, de manera excepcional, siempre y cuando exista un fundamento técnico y económico.

Cuadro 5: Pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Características	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 20 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
30 km/h																	8,00	9,00	10,00	12,00
40 km/h																	9,00	8,00	9,00	10,00
50 km/h											7,00	7,00					8,00	9,00	8,00	8,00
60 km/h							6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	6,00	6,00	7,00	7,00	8,00	8,00
70 km/h							5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
80 km/h	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00			7,00	7,00	7,00	7,00
90km/h	4,50	5,00	5,00		5,00	5,00	6,00		5,00	5,00							6,00			
100km/h	4,50	4,50	4,50		5,00	5,00	6,00		5,00								6,00			
110 km/h	4,00	4,00			4,00															
120 km/h	4,00	4,00			4,00															
130 km/h	3,50																			

Notas:

- 1) En caso que se desee pasar de carreteras de Primera o Segunda Clase, a una autopista, las características de estas se deberán adecuar al orden superior inmediato.
- 2) De presentarse casos no contemplados en la presente tabla, su utilización previo sustento técnico, será autorizada por el órgano competente del MTC.

(Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013)

Las longitudes de pendientes sostenidas en tramos de caminos de transporte son otro factor que debe ser considerado en el alineamiento vertical. Muchos operadores de mina han encontrado las óptimas condiciones de operación en

pendientes máximas sostenidas no mayores de 7% a 9%. Por otro lado, algunos reglamentos establecen 10% como máxima pendiente sostenida permisible. Sin embargo, eso no significa que los vehículos no puedan operar sin peligro en pendientes de bajada más severas.

Se han conseguido significantes mejoras en cuanto al control de la velocidad en una pendiente de bajada mediante el retardo hidráulico y dinámico de los componentes de la transmisión. Todos los sistemas de retardo funcionan mediante la disipación de energía en forma de calor al momento que se desarrolla el descenso. Es posible sobrecalentar cualquiera de los sistemas, hidráulico o dinámico, si la combinación de la pendiente y longitud es excesiva.

Considerando los factores anteriores, es razonable aceptar el valor de 10% como límite para una pendiente máxima sostenida segura.

2.3.2. Curvas Verticales

Las curvas verticales son usadas para proveer transiciones suaves de una pendiente a otra. Sus longitudes deben ser las adecuadas para conducir cómodamente y proveer amplias distancias de visibilidad a una velocidad de diseño dada. Generalmente es deseado que las longitudes de las curvas verticales sean mayores a las mínimas, para que así se tenga largas distancias de visibilidad. Sin embargo, longitudes excesivas pueden resultar en secciones planas relativamente largas, una característica que impide el buen drenaje y frecuentemente conduce a puntos débiles y baches en el camino.

Las longitudes de curva necesarias para proveer de una adecuada distancia de visibilidad son calculadas según:

(8)

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

(Cuando S es mayor que L)

(9)

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

(Cuando S es menor que L)

Donde:

L = Longitud de la curva vertical (m),

A = Diferencia algebraica (%),

S = Distancia de parada alcanzable (m),

h_1 = Altura del ojo del conductor sobre la rasante del camino (m), y

h_2 = Altura del objeto obstáculo sobre la rasante del camino (m).

Se suele tomar como altura del objeto (h_2) una altura igual a 15 cm, que es el caso más común, y representa bien a una figura postrada, un animal, o un objeto depositado sobre la superficie del camino.

Las figuras de la 8 a la 13 mostradas a continuación, presentan las longitudes mínimas recomendadas de curvas verticales versus distancias de parada para distintas diferencias algebraicas en porcentajes. Cada figura representa a una distinta altura del ojo del conductor, en un rango desde 1,8 m hasta 6 m, que son alturas representativas de diferentes unidades que trabajan en minería. En todos los casos se ha considerado una altura del objeto igual a 15 cm.

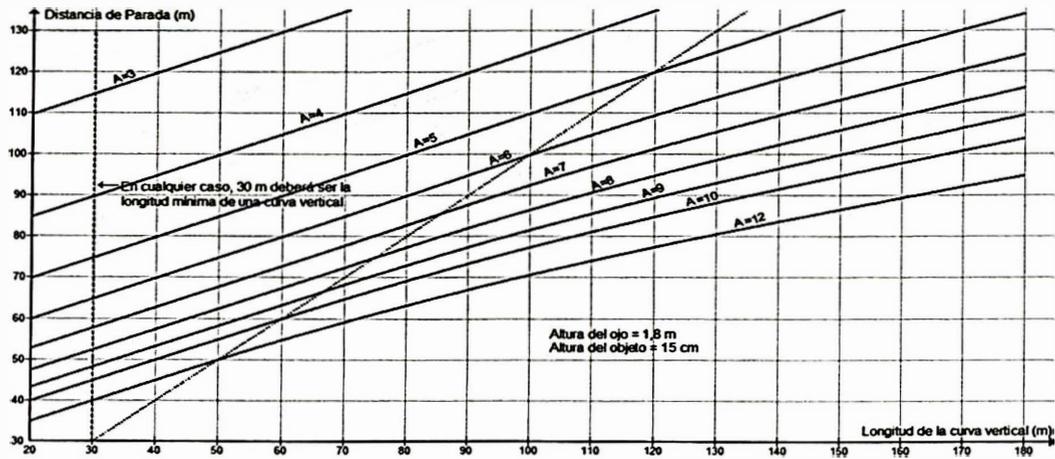


Figura 8: Longitud de curva vertical ($h_1 = 1,80 \text{ m}$)
(Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
Transformación de unidades por el autor)

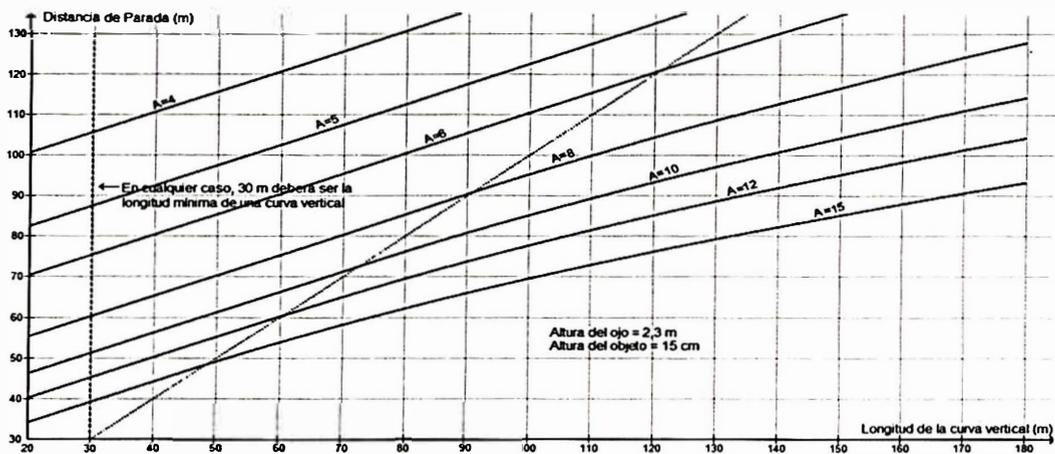


Figura 9: Longitud de curva vertical ($h_1 = 2,30 \text{ m}$)
(Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
Transformación de unidades por el autor)

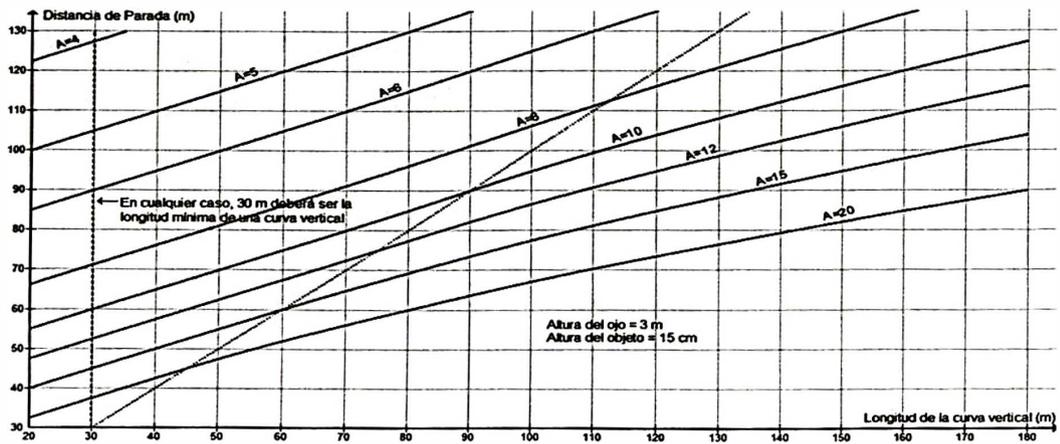


Figura 10: Longitud de curva vertical ($h_1 = 3 \text{ m}$)
(Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
Transformación de unidades por el autor)

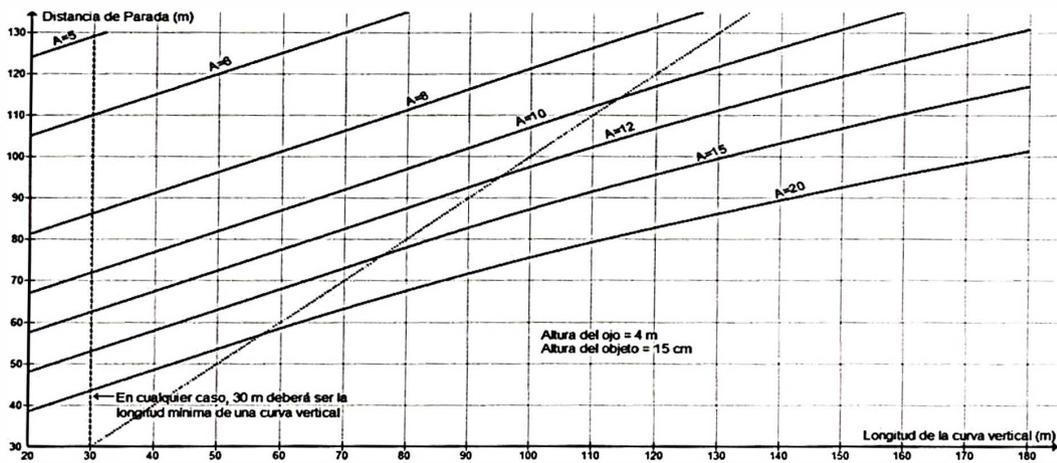


Figura 11: Longitud de curva vertical ($h_1 = 4 \text{ m}$)
(Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
Transformación de unidades por el autor)

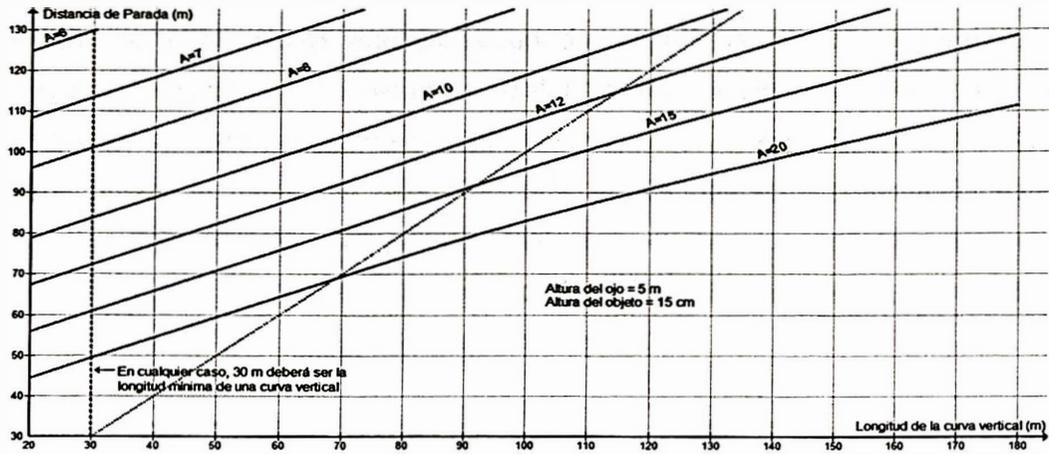


Figura 12: Longitud de curva vertical ($h_1 = 5$ m)
 (Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
 Transformación de unidades por el autor)

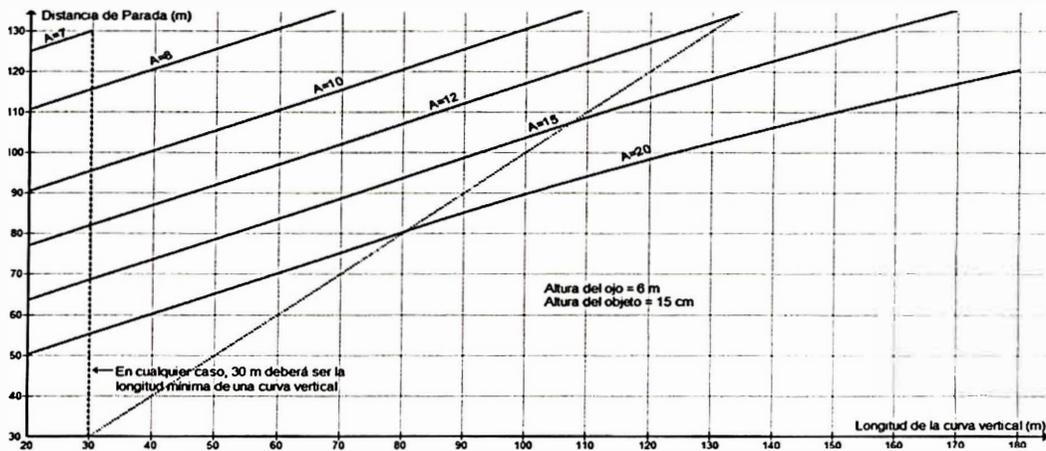


Figura 13: Longitud de curva vertical ($h_1 = 6$ m)
 (Fuente original: Design of Surface Mine Haulage Roads
 Transformación de unidades por el autor)

Para utilizar las gráficas de las curvas verticales se debe seleccionar la que corresponda a la altura del ojo del conductor más baja para todos los vehículos a circular por el camino de acarreo. Luego, de las gráficas de distancia de parada (Figuras 1 – Figura 4) encontrar la distancia de parada requerida para la velocidad de operación apropiada, peso del vehículo y pendiente del camino (se debe utilizar la pendiente más empinada de las dos en consideración para ubicarse en la situación más crítica). Finalmente, el valor obtenido de la distancia de parada debe intersectar a la curva con la diferencia algebraica de pendientes apropiada y así leer la longitud de la curva vertical.

2.3.3. Combinación de Alineamiento y Perfil Longitudinal

En el diseño de caminos de acarreo, es importante que el alineamiento en planta y el perfil longitudinal se complementen el uno al otro. Un complemento de diseño realizado pobremente puede resultar en deficiencias y producir peligros no esperados.

A pesar que las alternativas disponibles para un diseñador de un camino de acarreo son limitadas, es prudente considerar las potenciales condiciones de peligro que aquí se mencionan.

Se debe evitar introducir una curva horizontal cerrada en la cresta de una curva vertical convexa, o muy cerca a esta. El conductor tendría dificultad para percibir la curva horizontal, especialmente de noche cuando las luces del vehículo se dirijan hacia el vacío. Si una curva es absolutamente necesaria, se debe empezar a desarrollar con anterioridad suficiente a la curva vertical.

Se debe evitar curvas horizontales cerradas cerca al fondo de colinas o después de una pendiente de bajada larga. Los camiones llegan normalmente a su más alta velocidad en esas ubicaciones.

Si se ha considerado adelantamientos, se debe diseñar secciones del camino de acarreo con tramos tangentes largos y con pendiente constante. Esto es especialmente importante en operaciones de dos carriles.

Se debe evitar intersecciones cerca a crestas de curvas verticales y curvas horizontales cerradas. Las intersecciones deben ser realizadas en zonas tan

planas como sea posible, y se debe considerar el criterio de la distancia de parada en los cuatro cuadrantes formados.

2.4. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAMINO DE ACARREO

2.4.1. Ancho del Camino

El diseñador de un camino de acarreo debe considerar con la debida importancia el ancho del camino. Se debe proporcionar suficiente espacio para maniobras en todo momento, para garantizar la seguridad y continuidad del ciclo de transporte. A diferencia de los vehículos de pasajeros y comerciales, los cuales tiene en cierta forma dimensiones estándar, las maquinarias en minería varían en tamaño drásticamente de una tasa de producción a otra, por lo cual, el ancho del camino debe ser definido en función al tamaño del vehículo en cada caso particular.

Debido a la gran cantidad de variables que pueden influir en la estimación del ancho del camino, las recomendaciones que se presentan están separadas en categorías individuales. Estas recomendaciones son valores destinados al ancho del carril a ser transitado, sin considerar el ancho necesario para estructuras de drenaje, diques laterales, etc.

Los criterios para establecer el ancho del carril de tránsito en un sector de tramo recto deben considerar al vehículo más ancho que transitará por el camino. Realizar el diseño para cualquier dimensión menor creará una condición insegura debido a la falta de espacio necesario para vehículos más grandes. Más aún, los carriles angostos usualmente generan un ambiente de manejo incómodo, lo que a su vez genera una disminución de la velocidad de tránsito, lo que resulta en la obstaculización de la producción.

Las reglas generales para determinar las dimensiones del carril de un camino de acarreo varían considerablemente de una fuente a otra. Muchos de los manuales de diseño especifican un ancho constante a ser agregado al ancho del vehículo de acarreo. Este método es suficiente para vehículos pequeños, pero no es recomendable para el cálculo de carriles donde transitarán vehículos más grandes. Para compensar el incremento de la distancia percibida por los grandes anchos del vehículo, el espacio proporcionado para tener la holgura lateral suficiente debe variar de acuerdo al ancho del vehículo.

Un criterio de diseño práctico para establecer el ancho del carril de un camino está contenido en el Manual para el Diseño de Carreteras Rurales de la AASHTO. Este manual recomienda que cada carril de tránsito debe proveer una distancia de holgura, a izquierda y derecha del vehículo más ancho que transitará la vía, que sea equivalente a la mitad del ancho de este vehículo. Al incorporar este criterio se asegurará tanto la seguridad como la eficiencia.

Según lo comentado, la ecuación utilizada para el cálculo del ancho efectivo del camino será la siguiente:

(10)

$$W = (1,5n + 0,5) \times X$$

Donde:

- W = Ancho efectivo del camino (m),
 n = Número de carriles (adimensional), y
 X = Ancho de la tolva (m)

El Cuadro 6 y la Figura 14 muestran los anchos recomendados que deben ser proporcionados para distintas configuraciones de carriles, basados en las dimensiones del vehículo de diseño, junto con una sección típica que indica las dimensiones para el caso de un camino de múltiples carriles.

Cuadro 6: Anchos recomendados para tramos tangentes

Ancho del vehículo (m)	Ancho del camino en tramo tangente (m)			
	1 carril	2 carriles	3 carriles	4 carriles
3,00	6,00	10,50	15,00	19,50
3,50	7,00	12,25	17,50	22,75
4,00	8,00	14,00	20,00	26,00
4,50	9,00	15,75	22,50	29,25
5,00	10,00	17,50	25,00	32,50
5,50	11,00	19,25	27,50	35,75
6,00	12,00	21,00	30,00	39,00
6,50	13,00	22,75	32,50	42,25
7,00	14,00	24,50	35,00	45,50
7,50	15,00	26,25	37,50	48,75
8,00	16,00	28,00	40,00	52,00

(Fuente: Elaboración propia)

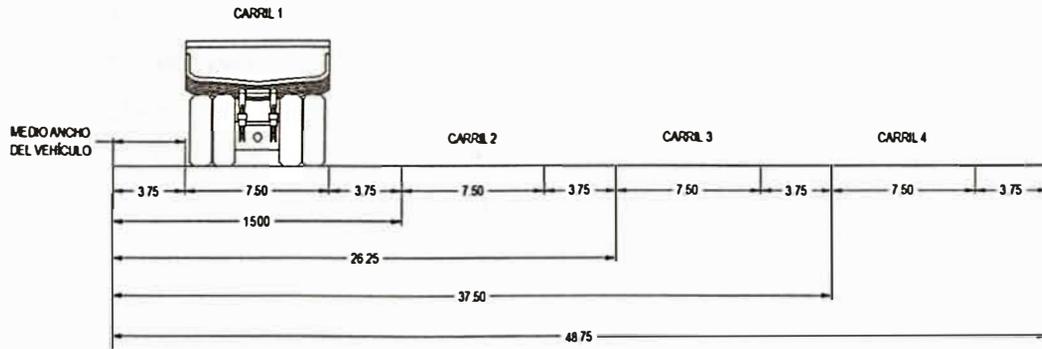


Figura 14: Anchos típicos para varios carriles
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

La información presentada en el cuadro y la figura tiene la intención de servir como una guía para el diseño de caminos de acarreo. Se debe tener una consideración especial para aquellos tramos de la vía donde pueda entrar maquinaria más grande, como palas mecánicas, perforadoras, etc. Si el ancho de diseño del camino es menor que el necesario para el movimiento de este tipo de maquinarias se generaría una condición insegura.

Antes de seleccionar el ancho de diseño final, se debe evaluar los puntos mencionados a continuación, y establecer un suficiente ancho para todos los posibles usuarios:

- Definir el ancho de todos los equipos que podrían transitar por el camino,
- Solicitar la información de las dimensiones de cualquier maquinaria nueva que pudiera transitar por el camino a diseñar,
- Determinar el ancho general de cualquier combinación de equipos que pueda darse en una situación de adelantamiento (en caso aplique), y
- Identificar aquellos sectores del camino donde sería necesario un mayor ancho que el normal.

2.4.2. Pendiente Transversal o Bombeo

La pendiente transversal, conocida como bombeo, es la diferencia en elevación entre los bordes del camino. El bombeo debe considerarse durante el diseño y construcción de los caminos de acarreo.

Desde el punto de vista de minimizar los esfuerzos para la conducción del vehículo, resultaría mucho más conveniente una superficie plana, sin embargo, para obtener un adecuado drenaje superficial se requiere que exista una pendiente transversal. Con la finalidad satisfacer ambos criterios, de drenaje superficial y de maniobrabilidad, se debe establecer un balance entre cuan plana o cuan inclinada debe ser la sección transversal del camino para permitir un rápido escurrimiento del agua superficial sin afectar negativamente el control del vehículo.

Tanto los aspectos teóricos como los prácticos relativos a proveer de una caída transversal constante en los caminos han sido estudiados y documentados por varios años. A pesar de que la mayor parte de este trabajo ha sido conducido al diseño de carreteras rurales y urbanas, los criterios desarrollados son igual de aplicables para caminos de transporte en minería. En casi toda referencia, la tasa de bombeo recomendada para superficies de caminos de acarreo en mina es de 2% a 4%. Se debe tener un cuidado especial para determinar cuándo usar la tasa menor y cuándo la mayor, dado que la aplicabilidad de cada uno depende de la textura de la superficie.

Un bombeo de 2% es aplicable para superficies de camino relativamente suaves y que fácilmente pueden disipar el agua superficial. Mayormente, el bombeo mínimo está destinado a superficies como concreto asfáltico, sin embargo, hay condiciones las cuales justifican el uso del criterio del 2% de bombeo para superficies de menor calidad. Cuando el hielo o barro son problemas recurrentes en una superficie de camino de mina, un bombeo excesivo puede causar el deslizamiento de los vehículos. Esta posibilidad de deslizamiento es especialmente pronunciada cuando las velocidades de operación son menores, en pendientes mayores a 5%. Por lo tanto, cuando el problema del hielo o barro no puede ser eliminado fácilmente, el bombeo debe ser limitado al mínimo valor. El mantenimiento del camino debe asegurar que la superficie del camino se conserva suave y drena correctamente.

En situaciones donde la superficie es relativamente rugosa, o donde el hielo o barro no representan un problema, un bombeo de 4% es recomendable. Esta inclinación transversal mayor permite un rápido drenaje y reduce la ocurrencia de charcos y saturación de la sub-base, lo cual debilita la estabilidad del camino.

Sobre caminos de grava bien gradada o piedra chancada es preferible el uso de un bombeo de 4%.

De igual importancia que el grado de la pendiente transversal, es la dirección que esta debe tomar en relación a distintas configuraciones del camino. Es necesario definir las circunstancias donde el borde izquierdo debe estar más alto que el derecho o viceversa. En el caso de una construcción con múltiples carriles, ambos lados del camino pueden estar a la misma altura, con un punto alto o “corona” en uno de los bordes de los carriles intermedios.

La dirección del bombeo para un camino con un solo carril está determinada por las características del terreno adyacente. En los casos donde el camino de acarreo está cortando al terreno existente, el borde más alto del carril debe estar ubicado al lado opuesto del talud de corte. Por otro lado, en secciones en relleno, el borde más alto del carril debe estar cerca al talud de relleno más severo.

En caso de tener dos, tres, o cuatro carriles, es recomendable plantear una corona. En caminos de dos o cuatro carriles, el bombeo debe ser construido para proveer una caída constante a la tasa recomendada, desde el punto central del camino. La ubicación de la corona en un camino de tres carriles debe asegurar una caída continua a través de dos carriles en una dirección y la misma pendiente a través del otro carril en la dirección contraria. Los dos carriles con sección transversal en caída hacia el mismo borde del camino deben ser carriles para vehículos circulando en la misma dirección.

2.4.3. Diques laterales convencionales

El criterio más importante a definir para los diques laterales o diques de seguridad convencionales, es la altura que esta debe tener, de manera que pueda servir como un dispositivo de seguridad o alerta al conductor de un vehículo, para que, si en algún momento este se acerca demasiado al dique de seguridad, experimente la sensación de empuje hacia el centro de su carril debido al “rebote” que le ejerza el dique.

Los criterios para definir la altura de un dique convencional varían respecto a la fuente, pero se suele recomendar mayormente que esta no deba ser menor a la

mitad de la altura de la llanta del vehículo más grande a transitar por la vía. Se prefiere que la altura del dique lateral sea igual a las dos terceras partes de la llanta del vehículo de diseño.

2.4.4. Secciones Típicas

Todos los criterios para una correcta sección transversal de un camino de acarreo están representados en la Figura 15: Las consideraciones de diseño para una sección típica en corte, una sección típica en relleno, y una sección típica en corte y relleno. El tipo de sección aplicable a un camino de acarreo particular es obviamente dependiente del perfil de la superficie de terreno original. Sin embargo, la Figura 15 y las recomendaciones dadas a lo largo de esta sección del informe, cubren los parámetros que son considerados como los más importantes para el diseño de secciones transversales de caminos.

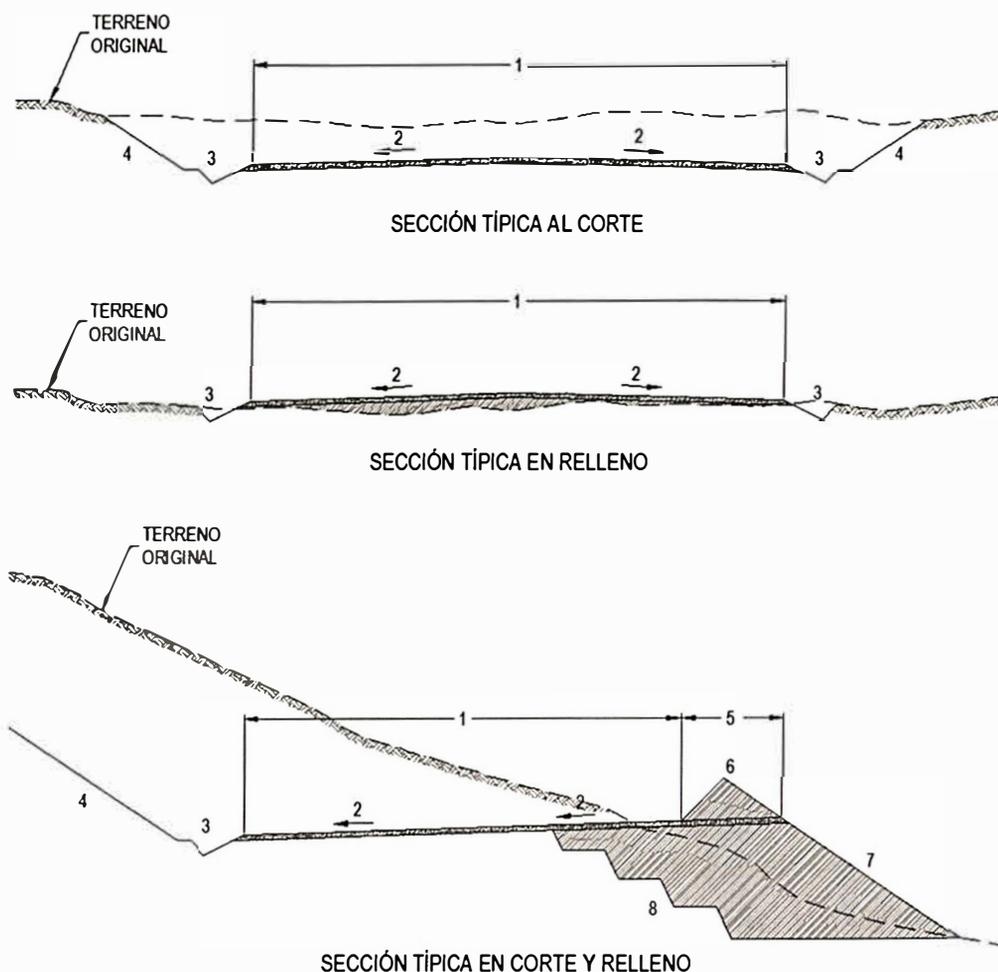


Figura 15: Secciones típicas de caminos
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

2.5. PROVISIONES DE SEGURIDAD

El gran tamaño de los caminos de acarreo se opone al uso de dispositivos convencionales de atenuación de impacto para evitar un descarrilamiento o pérdida del control de vehículos. En operaciones de carguío con pendientes severas, la falla del sistema de retardo ha resultado en la pérdida de vidas y daño importante a la propiedad. Algunas provisiones de seguridad deben ser incorporadas en el diseño de caminos de acarreo para protegerse de las consecuencias de una posible pérdida del control del vehículo.

La primera consideración de diseño para la protección de los vehículos es el espacio requerido entre provisiones protectoras. Si ocurre una situación de pérdida de control del vehículo, el conductor debe encontrar una provisión de seguridad antes que el vehículo se encuentre andando demasiado rápido como para maniobrarlo. La velocidad límite a la cual el conductor puede mantener el control de un vehículo en particular es llamada "velocidad máxima permisible del vehículo". Una velocidad puede ser identificada como la máxima recomendada para toda entrada a una provisión de seguridad, sin embargo, la velocidad última a la cual el conductor puede aún mantener la maniobrabilidad de su vehículo varía de acuerdo al diseño del fabricante, condiciones del camino, y experiencia del operador.

En los cuadros 7 y 8, las distancias (expresadas en metros) entre las provisiones de seguridad son dadas para diferentes pendientes de camino y velocidades máximas permisibles del vehículo (velocidad terminal). Estos valores aplican para todo tipo de mecanismo de protección, y delinea la distancia requerida entre entradas a algún mecanismo de seguridad para evitar que un camión exceda la velocidad máxima permisible.

Los cuadros muestran diferencias en requerimientos de distancias a medida que estas son afectadas por la velocidad inicial a la cual el sistema de frenado falla en su totalidad. La velocidad del camión a la pérdida de la capacidad de frenado fue asumida como 30 km/h para el Cuadro 7, y 15 km/h para el Cuadro 8. A pesar que las velocidades de operación pueden variar considerablemente dependiendo de las políticas de cada mina, 15 y 30 km/h constituyen un rango suficiente para las pendientes dadas.

Cuadro 7: Distancia entre provisiones de seguridad (falla de frenos a 30 km/h)

Pendiente de bajada (%)	Velocidad máxima permisible a la entrada de la provisión de seguridad (km/h)							
	40	48	56	64	72	80	89	97
1	229	509	840	1 222	1 655	2 139	2 674	3 259
3	77	170	280	408	552	713	891	1 087
5	46	102	168	244	331	428	535	652
7	33	73	120	175	237	306	382	466
9	26	57	94	136	184	238	297	362
11	21	46	77	111	151	194	243	297
13	18	39	65	94	127	165	206	251

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Cuadro 8: Distancia entre provisiones de seguridad (falla de frenos a 15 km/h)

Pendiente de bajada (%)	Velocidad máxima permisible a la entrada de la provisión de seguridad (km/h)							
	24	32	40	48	56	64	72	80
1	127	306	535	815	1146	1528	1961	2445
3	43	102	178	272	382	509	654	815
5	26	61	107	163	229	306	392	489
7	18	44	77	116	164	218	280	349
9	14	34	59	91	12	170	218	272
11	12	28	49	74	104	139	178	223
13	10	24	41	63	88	118	151	188

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Las siguientes secciones tratan sobre dos tipos de provisiones de seguridad. Su espaciamiento debe ser establecido en concordancia con las recomendaciones descritas anteriormente.

2.5.1. Diques Centrales de Seguridad o Diques de Colisión

Años atrás no se contemplaban ningún tipo de diques centrales en los caminos de acarreo. Fue en Australia en donde se empezaron a construir diques triangulares de manera intermitente en los caminos de acarreo, resultando que en las minas donde se aplicó esta nueva técnica de seguridad en los caminos, se habían prácticamente eliminado los problemas con el descarrilamiento de los vehículos.

Estos diques centrales, también conocidos como diques de colisión, son construidos con material seleccionado no compactado, y son colocados en puntos cruciales en la operación de carguío. Si los frenos de un vehículo fallan durante la operación, el conductor debe alinear el vehículo para que este pase sobre el dique, que, debido a su altura, entrará en contacto con el tren de cargas vehículo y lo frenará hasta detenerlo. Este tipo de medida en el diseño es realmente una forma simplificada de un mecanismo de retención. Los aspectos de diseño más críticos para este tipo de diques son el espaciamiento longitudinal entre la sección final de un dique e inicial del siguiente, y la altura del mismo en relación al tren de carga del vehículo.

El espaciamiento entre los diques debe ser suficiente para permitir que un camión fuera de control pueda alinearse con el dique antes de impactar. Si el vehículo se alinea correctamente con el dique, cortará la porción del dique que se encuentre por encima del tren de carga, disipando energía a través de la transferencia de momento, resistencia a la rodadura, y fricción hasta que se detenga. Si no se alinea correctamente, el vehículo podría volcarse; en consecuencia, se debe mantener un adecuado espaciamiento entre diques para darle al conductor el tiempo de posicionar su vehículo correctamente frente al dique de colisión.

Las secciones típicas de estos diques y los criterios para su dimensionamiento y espaciamiento son mostrados en la Figura 16.

Un cuadro es proporcionado con la Figura 16 para mostrar las dimensiones recomendadas para distintos tonelajes de vehículos. Se indican rangos en vez de dimensiones específicas debido a que el diseño de cada dique debe ser determinado principalmente por la altura del tren de carga y ancho de vía del vehículo para el cual el dique es diseñado. El dique debe ser dimensionado considerando el ancho de vía del vehículo más grande. Los vehículos más pequeños conseguirían detenerse en la “rampa de ingreso” al dique.

La simplicidad y el atractivo económico de este diseño lo vuelve ideal para prácticamente cualquier parte de la operación de carguío en el camino. Para caminos de acarreo con pendientes menos severas y asociadas menormente con problemas de pérdida de control en vehículos, los diques de colisión pueden ser situadas solamente en aquellas zonas críticas. Un prerrequisito para usar

estos diques es la capacidad para construir económicamente un camino con el ancho suficiente para ubicarlas.

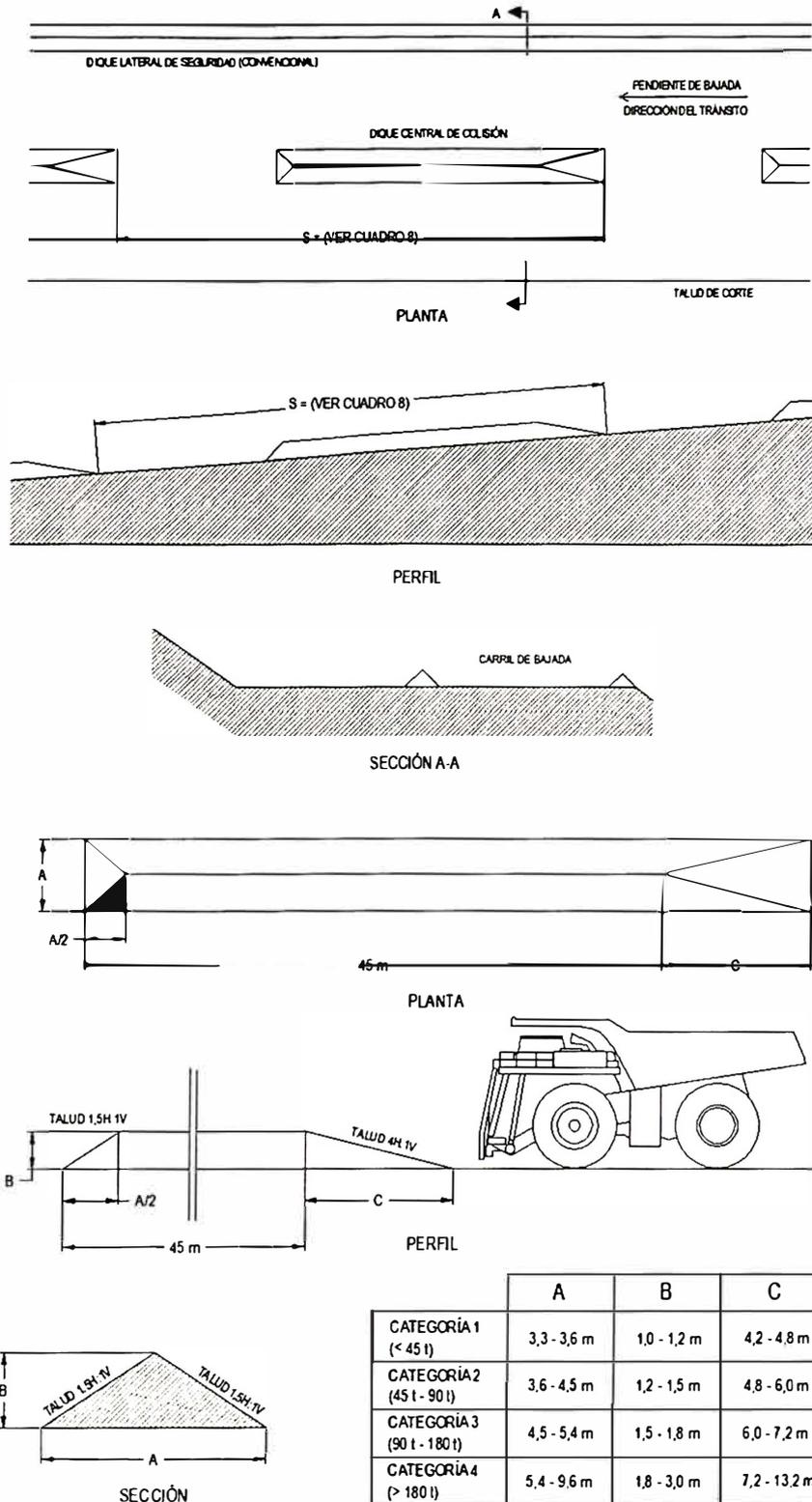


Figura 16: Dique de colisión

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Los diques centrales son las más efectivos para reducir la velocidad de los vehículos. Los conductores de los camiones de carguío deben ser instruidos en el uso apropiado de los diques centrales e inducidos a confiar en ellos como una primera maniobra de emergencia, antes que el vehículo haya acelerado más allá de una velocidad razonable.

2.5.2. Rampa de Escape o Carretera de Alivio

Las vías de escape para prevenir la pérdida de control de los vehículos han sido usadas extensamente en carreteras en los Estados Unidos. Debido a su diseño relativamente simple y a su exitosa aplicación, las vías de escape se han convertido en una herramienta bastante útil y de confianza para los diseñadores de carreteras, a ser usadas en pendientes sostenidas.

Actualmente en el Perú, el Decreto Supremo N° 055-2010-EM aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería, donde se define a la carretera de alivio como la vía con pendiente mayor a 5%, en posición diagonal a la vía principal, que servirá para ayudar a la reducción de la velocidad del equipo o vehículo de transporte y al control de dicha velocidad hasta detenerlo.

Las vías de escape tienen un gran potencial para interceptar y detener a los vehículos de acarreo fuera de control, sin embargo, pueden ser caras de construir y mantener, dependiendo de las condiciones de campo. Los costos de construcción son principalmente atribuidos a la excavación de banquetas y preparación de la subrasante del camino.

2.5.2.1. Ingreso

El ingreso desde la vía principal es quizá la consideración de diseño y construcción más importante de una vía de escape. Las áreas de ingreso deben ser espaciadas de acuerdo a la velocidad máxima permisible del vehículo y a la pendiente del camino de acarreo principal. Dentro del área de ingreso están incluidos la curva vertical, el desarrollo de la curva horizontal (incluido el peralte), y el desarrollo del carril. Se debe tener cuidado en que cualquier curva horizontal debe poder ser realizada por el vehículo fuera de control. El Cuadro 9 lista las curvas horizontales máximas en relación a la velocidad de ingreso del vehículo y

el peralte. Los peraltes menores a 6% o mayores a 10% no son recomendadas debido a las dificultades con el desarrollo de la curva y el drenaje.

Cuadro 9: Curvas horizontales en carriles de escape

Peralte	Velocidad del vehículo al ingresar al carril de escape (km/h)									
	64		72		80		89		97	
	Grado	Radio (m)	Grado	Radio (m)	Grado	Radio (m)	Grado	Radio (m)	Grado	Radio (m)
0,06/1	12	145	10	182	8	218	6	283	5	349
0,08/1	13	134	10	176	8	218	7	255	6	291
0,10/1	14	124	11	163	9	194	7	243	6	291

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Otro elemento importante para el diseño apropiado del ingreso es el ancho del carril. El carril debe ser lo suficientemente amplio para alojar al vehículo pero no tanto como para necesitar esfuerzos excesivos para su construcción. En el Cuadro 10 se presentan valores mínimos recomendados para los anchos de carril en vías de escape para distintas categorías de vehículos según su peso.

Cuadro 10: Anchos recomendados para carriles de escape

Peso del Vehículo (t)	Ancho mínimo (m)
< 45	4,50
45 a 90	5,40
90 a 180	6,60
> 180	8,70

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

2.5.2.2. Desaceleración

El mayor aporte de una vía de escape para desacelerar un vehículo fuera de control es su pendiente inversa. Mientras mayor sea la pendiente en la rampa de escape, menor longitud será necesaria. El Cuadro 11 relaciona longitudes de la vía de escape con las velocidades de ingreso del vehículo y el porcentaje de pendiente de la vía de escape. La fórmula usada para calcular la longitud de la vía de escape es:

(11)

$$S = \frac{V}{2g(\text{sen}\theta + b)}$$

Donde:

- S = Longitud requerida del carril de escape para una desaceleración de la velocidad de ingreso hasta la completa detención (m),
- V = Velocidad de entrada de los cuadros 7 y 8 (km/h),
- g = Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²,
- b = Coeficiente de resistencia a la rodadura (adimensional), y
- θ = Ángulo de ascenso (grados).

Cuadro 11: Longitud del carril de escape

Pendiente del carril de escape (%)	Velocidad del vehículo al ingresar al carril de escape (km/h)				
	24	40	56	72	88
20	5,80	16,20	31,40	51,80	77,10
15	6,70	18,30	35,70	59,10	88,10
10	7,60	21,30	41,80	68,60	102,70
5	9,20	25,60	50,00	82,60	123,40

(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

Es importante notar que se ha usado un coeficiente de resistencia a la rodadura de 0,2. Este valor es la resistencia que ofrece una superficie de material no consolidado como la arena o tierra suelta. Las rampas de escape no deben ser una continuación de la vía principal de acarreo, y todo tipo de mantenimiento normal al camino debe cubrir solo hasta el final del área de ingreso. Las vías de escape tienen un mejor desempeño cuando la resistencia a la rodadura es alta. Los materiales pobremente compactados, espesos, sueltos y granulares son los más recomendables para usarlos en la subrasante en las áreas de desaceleración ya que estos materiales tienden a retardar el movimiento del vehículo. Debe notarse que las distancias dadas en el Cuadro 11 se miden desde el final del área de ingreso, es decir, desde el final de la curva horizontal o vertical (la que desarrolle mayor longitud). Además, el material usado en la vía principal de acarreo debe utilizarse solo hasta el final de dichas curvas. De esta forma se puede obtener una transición segura de una superficie dura a una superficie suelta.

2.5.2.3. Detenimiento

Después de haber disminuido la velocidad del vehículo a través de la pendiente de desaceleración y la subrasante de alta resistencia a la rodadura, resulta necesario detener el vehículo y evitar que regrese cuesta abajo por la rampa de escape. Aproximadamente a los tres cuartos de la longitud total de la rampa de escape, deben iniciar las provisiones para el detenimiento total del vehículo. Las técnicas de frenado incluyen lo siguiente:

- Una sección plana al final de la rampa de escape.
- Un dique central: Un dique central construido en el carril de escape es una de las más eficientes formas de detener un vehículo. Usando el mismo criterio que en la sección anterior, los diques centrales resultan ideales para usarlas en conjunto con las rampas de escape.
- Un área rellena de arena, grava o barro: Después de que se ha disminuido la velocidad del vehículo a lo largo de la vía de escape, un área rellena con arena, grava o barro, ocasionaría que las ruedas se atasquen, evitando así mayor movimiento hasta que este sea asistido por otro vehículo. Este concepto es muy efectivo si se lleva a cabo un mantenimiento adecuado.
- Baches: Baches en el camino, construidos mediante la excavación de trincheras, o disponiendo montículos a través de la rampa, retrasa el movimiento del vehículo por atrapamiento. Los montículos o los baches deben ser bien compactados para asegurar la integridad bajo el peso de un camión de acarreo.
- Dirección manual: Si no resultase posible realizar lo indicado anteriormente, o si no se alcanzase el área de detenimiento cuando el camión empieza a detenerse, el conductor debe ser capaz de activar los frenos de emergencia (de existir), o colocar la transmisión en el cambio más bajo posible y voltear las ruedas fuera del dique del carril de escape.

Las figuras de la 17 a la 19 representan las vistas de planta típica, perfil, y sección de un carril de emergencia o carril de escape.

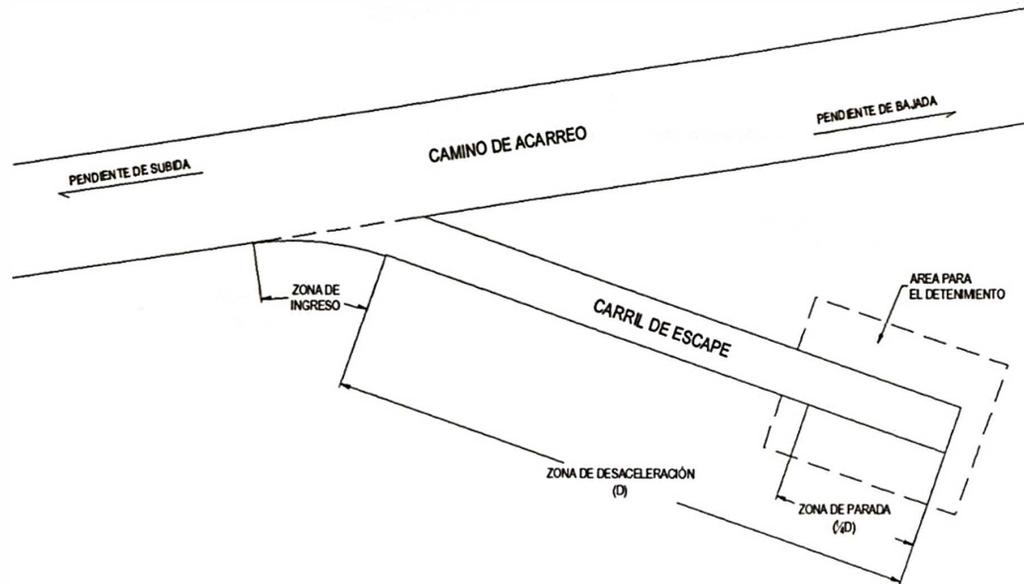


Figura 17: Vista en planta del carril de escape
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

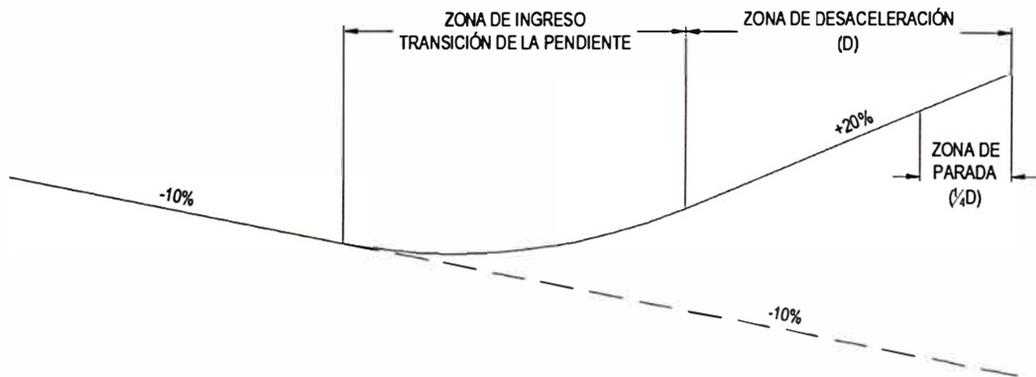


Figura 18: Perfil del carril de escape
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

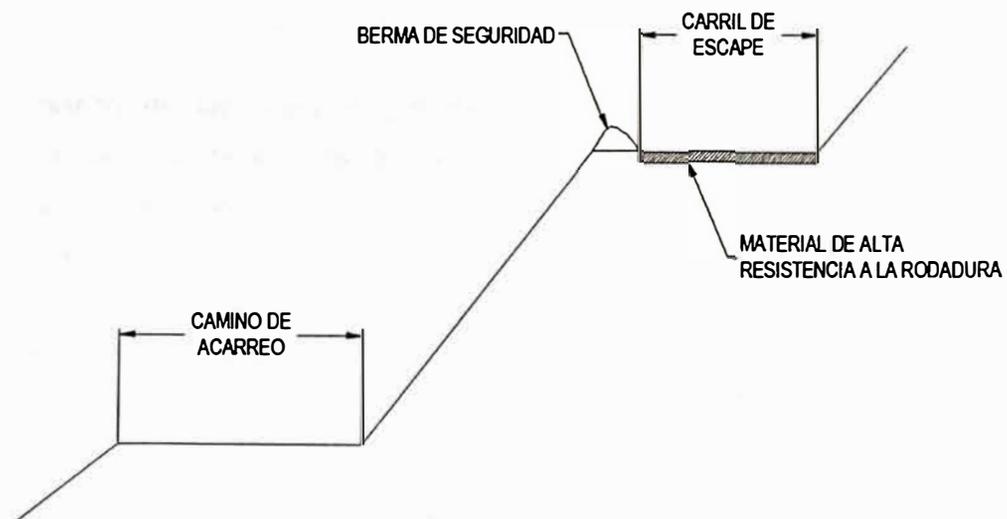


Figura 19: Sección transversal del carril de escape
(Fuente: Design of Surface Mine Haulage Roads – A Manual)

CAPÍTULO III: CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño de los caminos contemplados en el presente estudio ha sido desarrollado sobre la base de los criterios de diseño más relevantes que se establecieron al inicio del proyecto y que han sido actualizados por el cliente durante el desarrollo del mismo. Esta información presenta la descripción del criterio, la unidad de medida, el criterio utilizado en este estudio y la fuente que proporcionó el criterio. Los criterios utilizados en el diseño de los caminos de acarreo se listan a continuación:

Cuadro 12: Criterios de Diseño Geométrico de los Caminos de Acarreo

	Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente
1	Sistema de transporte y tipo de vehículo			
1.1	Método de transporte		Camiones	A
1.2	Tipo de camión		Komatsu 730E	A
1.3	Capacidad de los camiones	t	190	A
1.4	Ancho total de la tolva	m	7,54	A
1.5	Longitud total del camión (sin tolva levantada)	m	12,83	A
1.6	Peso total del camión vacío	t	140,6	A
2	Diseño Geométrico de las Vías			
2.1	Velocidad Directriz y otros parámetros generales			
2.1.1	Saliendo cargado (los primeros 200 m)	km/h	15	A
2.1.2	Bajando y subiendo cargado	km/h	15 / 12	A
2.1.3	Horizontal cargado	km/h	40	A
2.1.4	Saliendo vacío (los primeros 200 m)	km/h	24	A
2.1.5	Bajando y subiendo vacío	km/h	30 / 18	A
2.1.6	Horizontal vacío	km/h	45	A
2.1.7	Distancia de parada requerida < 30 km/h	m	40	C
2.1.8	Distancia de parada requerida > 30 km/h	m	70	C
2.1.9	Coefficiente de fricción	-	0,18	B/A
2.2	Alineamiento en Planta			
2.2.1	Tipo de curvas horizontales	-	Circulares	B/A
2.2.2	Radios mínimos para velocidades > 30 km/h	m	75	C
2.2.3	Radios mínimos para velocidades < 30 km/h	m	60	C
2.2.4	Longitud de transición	Si/No	Si	B
2.2.5	Sobreechanco en curvas horizontales	Si/No	Si	B
2.3	Perfil Longitudinal			
2.3.1	Curva vertical	Si/No	Si	B
2.3.2	Longitud mínima de curvas convexas	m	30	B/A
2.3.3	Longitud mínima de curvas cóncavas	m	30	B/A
2.3.4	Pendiente longitudinal mínima	%	0	A
2.3.5	Pendiente longitudinal máxima	%	7	A
2.4	Sección Transversal			

	Descripción	Unidad	Criterio Usado	Fuente
2.4.1	Número de carriles	und.	2	A
2.4.2	Ancho efectivo mínimo de la vía	m	26,2	B
2.4.3	Sobreancho máximo	m	12 m	
2.4.4	Bombeo	%	2	B/A
2.4.5	Peraltes máximos	%	4	A
2.4.6	Altura del dique de seguridad	m	2,4	B
2.4.7	Ancho del dique de seguridad	m	4,8	B
2.4.8	Talud del dique de seguridad	H:V	1:1	B
2.5	Provisiones de seguridad			
2.5.1	Dique de colisión o dique central	Si/No	No	A
2.5.2	Rampa de escape	Si/No	Si	B/A

Fuente: Descripción:

A Información o Criterio proporcionado por el cliente

B Recomendaciones del diseñador

C Dato estimado o calculado por el diseñador

Notas:

1. A solicitud del cliente, los valores indicados corresponden al el paso de camiones mineros Komatsu 730E.
2. Ningún daño significativo deberá producirse en las instalaciones de procesos debido a la ocurrencia de fenómenos naturales.

(Fuente: Estudio de Suelos y Diseño Geométrico de Vías en el Área de Mina Fosfatos Bayóvar – Ausenco, 2011)

CAPÍTULO IV: DISEÑO CIVIL Y GEOMÉTRICO DE LOS CAMINOS DE ACARREO

4.1. GENERALIDADES

El diseño geométrico ha sido realizado usando los criterios descritos en el capítulo anterior, los cuales han sido proporcionados por el cliente u obtenidos mediante cálculos (ver anexo A), basados en los fundamentos del capítulo II del presente informe, los mismos que a su vez han sido recopilados de manuales internacionales de diseño de caminos de mina y complementados con el Manual de Diseño Geométrico DG-2013 de las normas Peruanas. El diseño geométrico desarrollado en el presente informe tiene por finalidad garantizar un mejor desempeño y operatividad de los camiones Komatsu 730E que operan sobre las vías de acceso y acarreo de la mina de fosfatos Bayóvar.

El diseño de las vías de acceso y acarreo ha considerado también el tipo de capa de rodadura por donde circularán los vehículos, esto con la finalidad de definir el peralte máximo en las curvas y las distancias de visibilidad y de parada. El diseño geométrico también ha considerado el empleo de sobreancho en aquellas curvas donde resultaba necesario, para poder mantener la velocidad de diseño y el correcto desempeño de los camiones que operan sobre las vías.

4.2. ALINEAMIENTO EN PLANTA

Los criterios aplicables al diseño en planta de los caminos de acarreo han sido utilizados tanto para la zona sur como para la zona norte; a continuación se describe cada uno de ellos:

4.2.1. Velocidad Directriz

La velocidad de diseño, también denominada velocidad directriz, ha sido proporcionada por el cliente, teniendo en cuenta los rendimientos de los camiones mineros y las velocidades límite para cumplir las exigencias de seguridad en las vías por las cuales transitan los camiones de operación de mina. Se ha definido más de una velocidad directriz, dependiendo de cuál sea la operación que realiza el camión de diseño. Estas velocidades han servido como dato de entrada para el cálculo de los elementos geométricos de los caminos de acceso y acarreo a lo largo de los 12 km de vías.

En el Cuadro 13 se muestran las velocidades de diseño en función de la horizontalidad de la vía y el tipo de operación que realice el camión de diseño.

Cuadro 13: Velocidad de diseño de acuerdo al tipo de operación

Caso	Velocidad (Km/h)
Saliendo Cargado (primeros 200 m)	15
Bajando Cargado	15
Subiendo Cargado	12
Horizontal Cargado	40
Saliendo Vacío (primeros 200 m)	24
Bajando Vacío	30
Subiendo Vacío	18
Horizontal Vacío	45

(Fuente: Estudio de Suelos y Diseño Geométrico de Vías en el Área de Mina Fosfatos Bayóvar – Ausenco, 2011)

4.2.2. Radios mínimos para curvas horizontales.

Para el cálculo de los radios mínimos en las vías de acceso y acarreo se tomaron como criterios principales la velocidad directriz que se muestra en el Cuadro 13, y un peralte de 4% para las curvas horizontales. Este valor de peralte fue tomado del Cuadro 3 del capítulo II del presente informe. Dado que el valor de la velocidad de diseño aumenta con el incremento del radio de curvatura en las curvas horizontales, y se asume que el mismo tipo de vehículo transitará por toda la vía; se ha considerado 45 km/h como velocidad directriz para el cálculo de los radios mínimos.

Para estimar el coeficiente de fricción, los valores convencionales varían entre 0,16 y 0,20 para camiones mineros que transiten por vías no asfaltadas. El diseñador, en coordinación con el cliente, recomienda usar como coeficiente de fricción el valor intermedio de 0,18.

En resumen, con los valores indicados en los párrafos anteriores se ha calculado el radio mínimo de diseño para las vías de acceso y acarreo en zonas donde no exista intersección de vías; el resultado obtenido es 75 m. Este valor se encuentra debidamente sustentado en el anexo A del presente informe.

4.2.3. Longitud de Transición

La longitud de transición es la longitud necesaria para que, en las curvas horizontales donde sea necesario, se pueda desarrollar el cambio de la pendiente transversal del camino, del bombeo (en tramos tangentes) al peralte (en tramos curvos). La longitud de transición para este proyecto es 65 m, según lo calculado e indicado en el anexo A del presente informe. Se ha considerado que el 70% del desarrollo del peralte se alcanzará en el tramo tangente, y el 30% restante en el tramo curvo.

4.2.4. Sobreancho

El sobreancho en las curvas horizontales será necesario para poder brindar seguridad a los camiones mineros durante su operación, y no tengan que disminuir su velocidad al desarrollar las curvas. Se ha considerado sobreancho en las curvas que tengan radios iguales a 75 m. Este criterio es sustentado en el anexo A del presente informe.

El sobreancho estimado es de 12 m adicionales a los 27 m de ancho afectivo de las vías de acceso y acarreo. Se ha considerado, según se muestra en el anexo A, dos curvas horizontales con sobreancho, las cuales son la curva R1 de la Vía de Acceso TKS y la curva R1 del Acceso Botadero Norte.

4.3. PERFIL LONGITUDINAL

Para el diseño de la rasante de las vías de acceso y acarreo se ha tomado en cuenta los criterios de diseño: pendientes de diseño, distancia de parada, y curvas verticales. A continuación se detalla los valores usados para cada uno de estos criterios.

4.3.1. Pendiente de Diseño

El grado o pendiente de los caminos de acarreo cumple un rol específicamente desde el punto de vista de la seguridad, economía y principalmente, eficiencia en los equipos que operan dentro de ellos. En la mayoría de los casos para la operación minera, la pendiente puede variar entre 0 y 12%; sin embargo, las pendientes en las operaciones mineras con un alto grado de seguridad suelen tener un valor máximo entre 6 y 10%.

Con este criterio, y en estricta coordinación con el cliente, considerando el tipo de vehículo y la capa de rodadura de la estructura del pavimento, se ha visto por conveniente usar pendientes máximas de diseño de 7%.

4.3.2. Distancia de Parada

La mayor cantidad de especificaciones de fabricantes de los camiones, respecto al desempeño de los frenos, están limitadas a una gráfica de la velocidad que puede ser sostenida en una pendiente de bajada. Como se comentó en el capítulo II del informe, la SAE tomo consciencia de la necesidad de tener un mayor sustento respecto al desempeño de los frenos como única opción para el detenimiento de un vehículo y desarrolló procedimientos de ensayo para determinar las distancias de paradas para cada rango de peso de vehículos.

Se debe de tener claro que el rendimiento del frenado puede variar con los cambios de la pendiente, las condiciones de la superficie de rodadura, la velocidad inicial, o con el desgaste del sistema de frenos debido a la contaminación con polvo, aceite o agua.

Para evaluar las distancias de parada para las distintas pendientes y velocidades, se utilizó la ecuación (1):

$$D_p = \frac{1}{2}gt^2\sin\theta + V_0t + \left[\frac{(gt\sin\theta + V_0)^2}{2g(u_{min} - \sin\theta)} \right]$$

Donde:

- D_p = Distancia de parada, (m)
- g = Aceleración de la gravedad, (m/s²)
- t = Tiempo transcurrido desde la percepción de la necesidad de parar hasta la ocurrencia del contacto friccionante del frenado de ruedas, (s)
- θ = Pendiente del camino, (grados)
- u_{min} = Coeficiente de fricción en la interface llanta - capa de rodadura (adimensional)
- V_0 = Velocidad del vehículo al momento de la percepción (m/s)

De este modo, reemplazando los valores de los criterios de diseño del capítulo III, y considerando la pendiente más desfavorable (7%), se obtiene los valores mostrados en el Cuadro 14.

Cuadro 14: Distancias de parada

Velocidad (Km/h)	Distancia de parada (m)
15	10
35	40
45	75

(Fuente: Estudio de Suelos y Diseño Geométrico de Vías en el Área de Mina Fosfatos Bayóvar – Ausenco, 2011)

Según lo indicado en el Cuadro 14, la distancia de parada más desfavorable considerada para el diseño de las vías de acceso y acarreo será 75 m.

4.3.3. Curvas Verticales

El alineamiento vertical en el diseño de los caminos de acarreo requiere una selección juiciosa de las pendientes y las curvas verticales que permitan una adecuada distancia de visibilidad entre el conductor y cualquier objeto frente al vehículo.

Las curvas verticales se utilizan para proporcionar una transición suave entre pendientes diferentes. La longitud de una curva vertical debe ser adecuada para conducir cómodamente y ofrecer una amplia visión al conductor de objetos que pudiera haber delante de él.

Para calcular las longitudes mínimas de curvas verticales usamos las ecuaciones (8) y (9) del capítulo II:

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

(Cuando S es mayor que L)

$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

(Cuando S es menor que L)

Donde:

L = Longitud de la curva vertical (m),

A = Diferencia algebraica (%),

S = Distancia de parada alcanzable (m),

h_1 = Altura del ojo del conductor sobre la rasante del camino (m), y

h_2 = Altura del objeto obstáculo sobre la rasante del camino (m).

Se ha considerado como altura del objeto por encima de la superficie de la vía 0,15 m, para cubrir la posibilidad de una persona postrada sobre el camino, un animal, o un equipo que pudiera estar parado sobre la superficie de la vía.

La longitud mínima para las curvas verticales es 30 m. En general, en ningún caso se debe diseñar una curva vertical con una longitud menor a 30 m, y en lo posible, se debe tratar de emplear valores mayores a ese mínimo.

En el Cuadro 15 se muestra la longitud de las curvas verticales calculadas con las fórmulas antes indicadas, en función a la distancia de parada de 75 m (más desfavorable), y para un rango de distintas diferencias algebraicas de pendientes que podrían darse.

Cuadro 15: Longitud de las curvas verticales

S(m)	h_1 (m)	h_2 (m)	A (%)	S>L	S<L
75	5,30	0,15	12	29,45	46,66
75	5,30	0,15	11	18,49	42,77
75	5,30	0,15	10	5,33	38,88
75	5,30	0,15	9	-10,74	34,99
75	5,30	0,15	8	-30,83	31,11
75	5,30	0,15	7	-56,66	27,22
75	5,30	0,15	6	-91,11	23,33
75	5,30	0,15	5	-139,33	19,44
75	5,30	0,15	4	-211,66	15,55
75	5,30	0,15	3	-332,22	11,66

. (Fuente: Estudio de Suelos y Diseño Geométrico de Vías en el Área de Mina Fosfatos Bayóvar – Ausenco, 2011)

Según se muestra en el Cuadro 15, las longitudes de las curvas verticales que arroja el cálculo solo son coherentes para diferencias algebraicas de 10% a más, en el caso que la distancia de parada sea mayor a la longitud de curva vertical, y no son coherentes para ningún caso cuando la distancia de parada es menor a la longitud de la curva vertical (todos los valores calculados son menores a 75 m).

La diferencia algebraica máxima encontrada en este estudio es 6,4%, lo cual implica que se puede utilizar el valor mínimo de longitud de curva vertical. Tal como se indicó anteriormente, es recomendable usar para este mínimo el valor de 30 m.

También se puede hacer uso de las gráficas mostradas en el capítulo II. La Figura 12 contiene la gráfica que más se aproxima al caso. Allí se puede ver que para la distancia de parada 75 m, se encuentran valores para la longitud de la curva vertical por encima de una diferencia algebraica de pendientes del 10%.

4.4. SECCIÓN TRANSVERSAL

El ancho efectivo de la vía de acceso dependerá de los carriles de diseño requeridos, como también de la separación entre vehículos que se quiera asegurar, de acuerdo a los niveles de seguridad para la operación de camiones dentro de la mina; y desde luego, del ancho del camión de diseño. Según se muestra en las especificaciones técnicas del Komatsu 730E (camión de diseño), el ancho de la tolva es de 7,54 m. Por otro lado, el cliente definió que el número de carriles en las vías de acceso y acarreo será de 2 durante toda la operación de la mina.

Para el cálculo del ancho efectivo de la vía se ha usado la ecuación (10) del capítulo II:

$$W = (1,5L + 0,5) \times X$$

Donde:

- W = Ancho efectivo del acceso (m),
L = Número de carriles (adimensional), y
X = Ancho de la tolva (m)

Con la fórmula empleada y con los datos descritos en el párrafo anterior se obtiene un ancho efectivo calculado de 26,39 m. Con la finalidad de usar valores más prácticos, y tomando ciertas consideraciones especiales para cada tipo de vía a solicitud del cliente, se ha estimado el ancho para cada componente de la sección transversal del camino. El Cuadro 16 muestra estos valores.

Cuadro 16: Ancho de las componentes según el tipo de vía

Dimension	Tanques	Botaderos	Vías de Acceso
Ancho de operación del camión	7,60	7,60	7,60
Margen externo	3,50	3,50	3,50
Separación entre vías	4,00	5,00	5,00
Dique lateral	4,80	4,80	4,80
Cunetas laterales	2,00	2,00	2,00
Ancho efectivo de doble carril	26,20	27,20	27,20
Ancho total	35,00	36,00	40,80

(Fuente: Estudio de Suelos y Diseño Geométrico de Vías en el Área de Mina Fosfatos Bayóvar – Ausenco, 2011)

4.5. PROVISIONES DE SEGURIDAD

Para el estudio desarrollado en el presente informe, y en continua coordinación con el cliente, se determinó las provisiones de seguridad con que se debían incorporar los caminos de acceso y acarreo para la mina.

Adicionalmente a los diques laterales convencionales, que también cumplen una condición de seguridad evitando cualquier descarrilamiento de los vehículos hacia los acantilados y que van a lo largo de toda la longitud de los accesos hacia el borde donde exista el peligro de volcamiento, se debía dotar de provisiones de seguridad a los tramos donde existe mayor pendiente, que son las rampas para ingreso a los tanques y pilas de material estéril.

Se diferenciaron dos opciones, incluir bermas centrales de colisión o en su defecto rampas de escape. Luego de hacer un análisis de movimiento de tierras de corte y relleno para cada caso, además de cuantificar en cuanto volumen y capacidad afecta la implementación de estas provisiones a las instalaciones sobre las cuales están proyectados los caminos, el cliente optó por las rampas de escape.

Las rampas de escape, denominadas en el presente informe y en los planos de diseño como contra-rampas, serán tramos de camino en dirección diagonal al alineamiento principal, tal como se define en el capítulo II, con una pendiente de 20% en el tramo de desaceleración y una plataforma en el tramo final para concretar el detenimiento. Los planos 200-10 y 300-07 del anexo B muestran la geometría de estas contra-rampas.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. En sistemas de transportes basados en camiones, la red de caminos de una mina es un componente crítico y vital dentro del proceso de producción; por lo tanto, un camino con bajo rendimiento impactará inmediatamente en la productividad y los costos de producción en una mina. La seguridad de las operaciones, la productividad y extensión del ciclo de vida de los equipos y componentes, son todos dependientes de caminos de transporte bien diseñados, bien construidos y bien mantenidos. Los caminos de transporte son un activo, que debe ser en conjunto con los camiones de mina que usarán estos, diseñados para proporcionar un nivel específico de desempeño y contar con una rutina de mantenimiento administrada como corresponde. Un camino de transporte bien construido permitirá que los camiones de carguío operen de manera segura y eficaz. Caminos en malas condiciones pueden presentar problemas de seguridad no solo para los camiones de transporte sino también para todos los usuarios de estos caminos. Un camino de acarreo bien diseñado, bien construido y bien mantenido tiene ventajas significativas para una operación minera.

2. La minería a tajo abierto, independientemente de cuál sea el mineral que se busca obtener, es un negocio altamente competitivo, y, como cualquier otro negocio, se debe mantener una relación entre el costo y el beneficio. Es importante asegurar que el hecho de buscar la eficiencia en los costos no debe incidir en los aspectos intangibles, como por ejemplo, seguridad del operador y utilización apropiada de los equipos. En muchos casos, la construcción de los caminos de transporte de material no considera la seguridad del operador, no por indiferencia a este, sino más bien por una falta de conocimiento de los principios para realizar un correcto diseño. Las diferencias más evidentes entre los caminos de acarreo existentes y los criterios recomendados por seguridad recaen en el diseño del alineamiento y el drenaje.

3. Muchos caminos de minas han sido diseñados empíricamente, basándose en la experiencia local. Esta experiencia, que localmente es muy relevante y que a menudo realiza caminos eventualmente adecuados para el transporte, no tiene un entendimiento de los procesos de diseño de caminos, y más importante aún, si el rendimiento es de mala calidad, esta falta de entendimiento no permite que sean identificadas las causas raíz de los problemas que causan un pobre desempeño de los camiones sobre los caminos. Hay minas en operación en el que se han construido caminos de acarreo con pendientes sostenidas mayores al 10% máximo estipulado por la mayoría de entidades, y así presentado en este informe; en la mayoría de los casos, la razón para construir mayores pendientes es obviamente para mantener distancias de acarreo tan cortas como sea posible a través de territorio relativamente empinado. El peralte en las curvas, bombeo en los tramos tangentes y curvas verticales en las “crestas” son otros factores de diseño raramente aplicados.

4. El punto más relevante en lo que se refiere a la consideración de la seguridad en el diseño de caminos de acarreo, es que, sin importar las condiciones del sitio o la economía del proyecto, las provisiones de seguridad pueden y deben ser incorporadas. Por ejemplo, en pendientes excesivas que no pueden ser fácilmente alteradas, se pueden proyectar diques centrales de colisión o rampas de escape, realizando un menor movimiento de tierras, y así evitar que los vehículos puedan perder el control. La incorporación del peralte en las curvas y del bombeo en los tramos tangentes siempre es posible a un costo mínimo.

5. Los criterios de diseño establecidos en el presente informe fueron definidos en comunicación continua con el cliente, muchos de ellos proporcionados directamente por el mismo, y en la mayoría de los casos se aprecia una notable diferencia con los valores típicos para el diseño de carreteras convencionales. Es evidente que esta gran diferencia radica en la diferencia escalar en dimensiones del vehículo de diseño. Se debe tomar en cuenta que muchas de las recomendaciones del manual para diseño de carreteras DG-2013 no son aplicables para el diseño de caminos de acarreo, sino mas bien deben ser adaptadas con criterio, y de ser necesario sometidas a pruebas o comparación con información de minas existentes que se pueda tener.

6. En el presente informe se determinó que es posible usar un valor mínimo de 30 m como longitud de curva vertical. Esto se debe a la altura bastante considerable que tiene el conductor del vehículo. Para un vehículo donde la altura del observador sea mucho menor se hubiera tenido una restricción mayor para la determinación de la longitud de las curvas verticales.

7. En el diseño realizado se determinó que no se incluirían diques centrales de colisión debido a que esto involucraba incrementar considerablemente el ancho de los caminos, realizando un movimiento de tierras mayor a que si solo puntualmente se proyectara la construcción de rampas de escape, que es finalmente por lo que el cliente optó, a sugerencia del diseñador. El movimiento de tierras suele ser un factor muy influyente para definir los criterios de diseño.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que las limitaciones de operación presentadas en las gráficas de distancia de parada sean usadas para hacer determinaciones generales en la fase de planeamiento preliminar del diseño. Antes de iniciar el verdadero trazo del camino, los fabricantes de los vehículos que recorrerán los caminos a diseñar deben ser contactados para verificar las capacidades del desempeño del frenado de sus productos. En todos los casos, la verificación debe reflejar las capacidades de las componentes del frenado de las ruedas, sin considerar el aporte del sistema del retardo dinámico o hidráulico.
2. La discontinuidad entre los resultados teóricos y empíricos en cuanto al desempeño de los frenos corrobora la necesidad de desarrollar programas intensivos e integrales de evaluación del frenado. A excepción de las pruebas realizadas en Colombia Británica, y posiblemente las realizadas por algunos pocos fabricantes, las pruebas han sido restringidas a los procedimientos algo idealistas de la SAE. Se prevé que las continuas demandas por equipos más grandes y el incremento de la consciencia por la seguridad de los operadores de mina y empleados, con el pasar el tiempo, harán de la actual necesidad de programas de pruebas intensivos, una realidad.
3. En el diseño de caminos de acarreo, es importante que los alineamientos horizontal y vertical se complementen el uno al otro, ya que de no ser así, se puede generar deficiencias que produzcan peligros no esperados. Se debe evitar, por ejemplo, introducir una curva horizontal cerrada en la cresta de una curva vertical convexa, o muy cerca a esta; el conductor tendría dificultad para percibir la curva horizontal. Si una curva es absolutamente necesaria, se debe empezar a desarrollar con anterioridad suficiente a la curva vertical. Se recomienda evitar curvas horizontales cerradas cerca al fondo de colinas o después de una pendiente de bajada larga ya que los camiones llegan normalmente a su más alta velocidad en esas ubicaciones. Se recomienda también evitar intersecciones cerca a crestas de curvas verticales y curvas horizontales cerradas. Las intersecciones deben ser realizadas en zonas tan planas como sea posible, y se debe considerar el criterio de la distancia de parada en los cuatro cuadrantes formados.

4. Si se va a considerar adelantamientos en el diseño de un camino de transporte de material, se deben proyectar en secciones del camino con tramos tangentes largos y con pendiente constante. Esto es especialmente importante en operaciones de dos carriles.

5. Se recomienda un incremento relativamente pequeño de la longitud de la curva vertical obtenida en cálculos. Este pequeño incremento garantiza cubrir tantas posibilidades de obstáculos o peligros que puedan aparecer sobre la superficie del camino de acarreo, generando una ventaja de visibilidad sobre la distancia de parada requerida.

6. Para el caso de la utilización de diques de colisión, se debe considerar el hecho de que se puede requerir mantenimiento permanente a los mismos debido a condiciones de heladas durante los meses de invierno que usualmente atraviesan las minas. Si los diques de colisión no están protegidos de la solidificación en estos períodos, un vehículo podría resultar seriamente dañado en caso de buscar ser retenido por estos diques. Los diques de colisión deben ser revisados constantemente si se teme pueda ocurrir un congelamiento; en estos casos, los diques deben ser reparados para alcanzar su anterior estado no consolidado. En casos donde la lluvia sea un constante problema, se recomienda usar una cobertura de protección que podría ser polietileno.

BIBLIOGRAFÍA

Ausenco Vector, Departamento de Medio Ambiente y Sustentabilidad. "Estudio de Suelos y Diseño Geométrico de Vías en el Área de Mina Fosfatos Bayóvar". Perú, 2011.

Kaufman, Walter and Ault, James. "Design of Surface Mine Haulage Roads" (Diseño de Caminos de Acarreo para Minería de Tajo Abierto). United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Estados Unidos, 2001.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones "Manual de Diseño Geométrico para Carreteras DG-2013". Perú, 2013.

Regensburg, Bruce & Tannant, Dwayne. "Guidelines for Mine Haul Road Design" (Directrices para el Diseño de Caminos de Acarreo de Mina). School of Mining and Petroleum Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Alberta. Canadá, 2001.

Thompson, RJ. PrEng, MEAust. "El Diseño, Construcción y Mantenimiento de los Caminos de la Mina", versión traducida por Luis Machuca. Chile, 2012.

ANEXOS

ANEXO A – CÁLCULOS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

ANEXO A.1 – ANCHO TÍPICO DEL CAMINO DE ACARREO

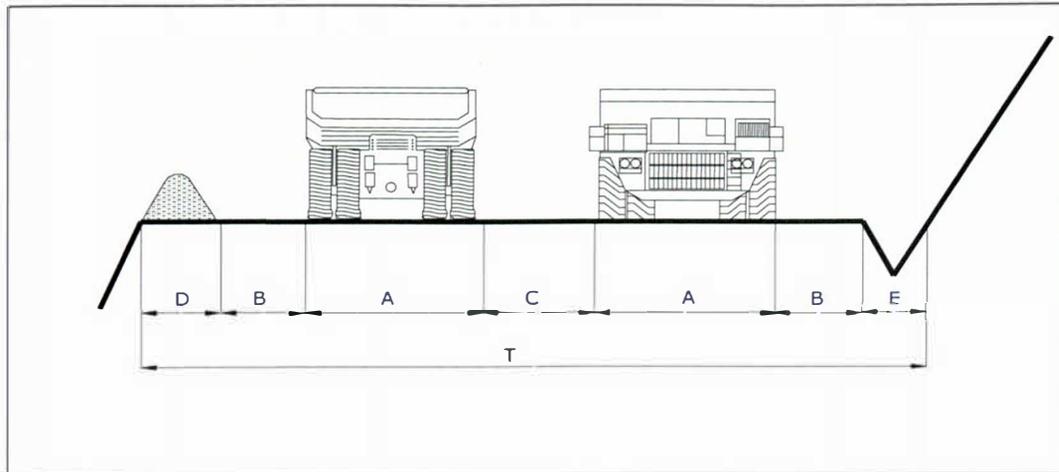


Figura: Sección Típica del Camino de Acarreo

Descripción		Acceso a Tanques	Acceso a Botaderos	Caminos de Acarreo
Ancho de operación del camión	(A)	7.60	7.60	7.60
Margen externo	(B)	3.50	3.50	3.50
Separación entre vías	(C)	4.00	5.00	5.00
Dique de protección lateral	(D)	4.80	4.80	4.80
Cunetas laterales	(E)	2.00	2.00	2.00
Ancho efectivo de doble carril		26.20	27.20	27.20
Ancho de Total		35.00	36.00	40.80

ANEXO A.2 – ANCHO DEL CAMINO EN CURVAS HORIZONTALES



Del "Guidelines for Mine Haul Road Design"

Guidelines for Mine Haul Road Design

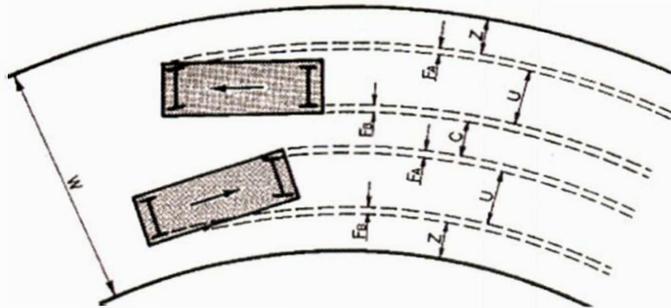
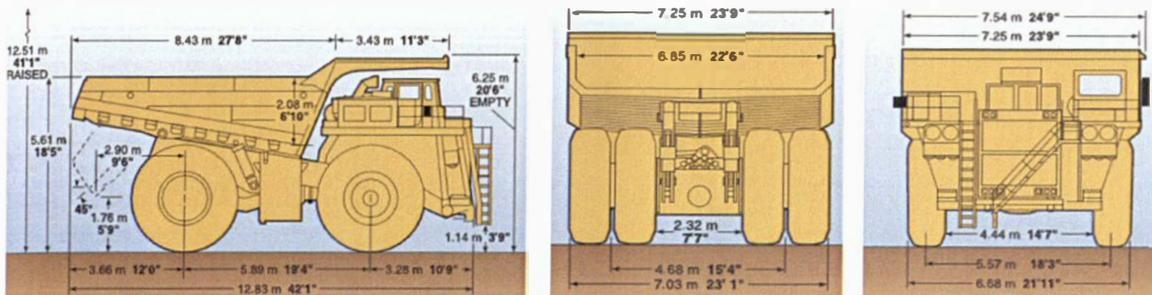


Figura: Ancho del camino en curvas horizontales

$$C=Z= (U+F_A+F_B)/2$$

- W : Ancho de la vía en una curva horizontal
- U : Ancho interior del vehículo (sin contar el ancho de las llantas)
- F_A : Ancho de voladizo delantero
- F_B : Ancho de voladizo trasero
- C : Separación entre vehículos
- Z : Holgura debido a la dificultad de conducción en las curvas

Tipo: 730 E



- U = 7.60 m
- F_A = 3.28 m
- F_B = 0.23 m
- C = 5.55 m
- Z = 5.55 m

W = 39 m

ANEXO A.3 – CÁLCULO DEL PERALTE EN CURVAS HORIZONTALES



Del "Guidelines for Mine Haul Road Design"

Para el calculo del peralte se hará uso de la siguiente ecuación:

$$p_{m\acute{a}x} + f = \frac{V^2}{127R_{m\acute{i}n}}$$

Donde

$R_{m\acute{i}n}$ = Radio mínimo (m)

V = Velocidad del vehiculo (km/h)

$p_{m\acute{a}x}$ = Peralte máximo (m/m)

f = Coeficiente de fricción entre los neumáticos y la superficie de rodadura (adimensional)

Zona Norte							
Vías de acceso	N	R	V	V^2	f	p	p (%)
Vía de acceso BN	R1	75	45	2025	0.18	0.033	4
	R2	100	45	2025	0.18	-0.021	no
	R3	400	45	2025	0.18	-0.140	no
	R4	300	45	2025	0.18	-0.127	no
	R5	300	45	2025	0.18	-0.127	no
	R6	75	45	2025	0.18	0.033	no
Vía de acceso 4	R1	75	45	2025	0.18	0.033	no
	R2	100	45	2025	0.18	-0.021	no
	R3	100	45	2025	0.18	-0.021	no
	R4	420	45	2025	0.18	-0.142	no
	R5	200	45	2025	0.18	-0.100	no
	R6	200	45	2025	0.18	-0.100	no
Rampa P2	R1	75	45	2025	0.18	0.033	no

Zona Sur							
Vías de acceso	N	R	V	V^2	f	p	p (%)
Vía de acceso TKS	R1	75	45	2025	0.18	0.033	4
	R2	75	45	2025	0.18	0.033	no
Vía de acceso TK3	R1	75	45	2025	0.18	0.033	no
Vía de acceso 12	R1	200	45	2025	0.18	-0.100	no
	R2	300	45	2025	0.18	-0.127	no
Vía de acceso TK1	R1	75	30	900	0.18	-0.086	no
	R2	90	45	2025	0.18	-0.003	no
	R3	80	45	2025	0.18	0.019	no

(1) Intersección de vías de acceso

ANEXO A.4 – TRANSICIÓN DEL PERALTE Y SOBREALCHO EN LA CURVA TKS-R1



Datos:

Velocidad de Diseño	:	V =	45 Km/h
Radio de Curvatura	:	R =	75 m
Bombeo	:	b =	2 %
Peralte	:	p =	4 %
Ancho de Calzada	:	A =	27.2 m

Longitud mínima de transición de peralte

La inclinación de la calzada se limitará a un valor máximo definido por :

$$i_{p(máx)} = 1,8 - 0,01 V \quad (1)$$

Donde:

$i_{p(máx)}$:	Máxima inclinación del borde de la calzada al eje de la misma (%)
V	:	Velocidad de diseño (km/h)

Reemplazando en la ecuación (1)

$$i_{p(máx)} = 1.35 \%$$

La longitud mínima del tramo de transición viene dada por :

$$L_{min} = \frac{Pf - Pi}{i_{p_{max}}} \times B \quad (2)$$

Donde

L_{min}	=	Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m)
Pf	=	Peralte final con su signo (%)
Pi	=	Peralte inicial con su signo (%)
B	=	Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m), (Mitad del ancho de calzada)

Reemplazando en la ecuación (2)

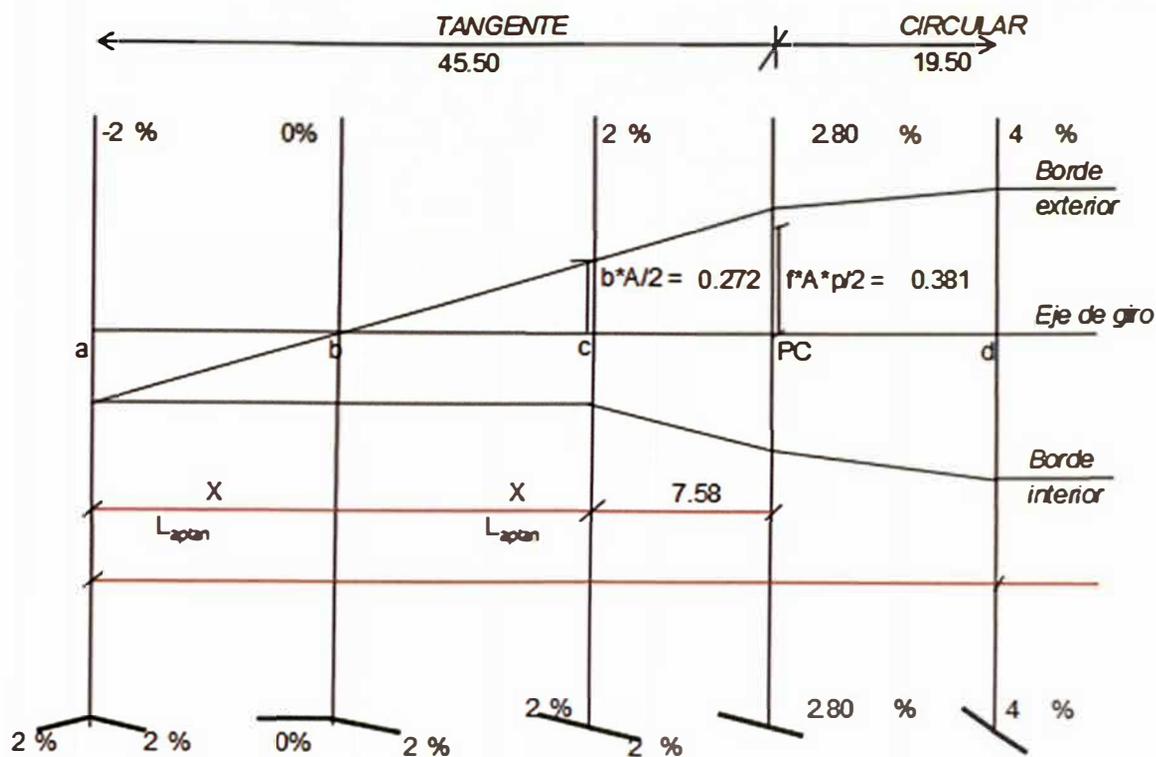
$$L_{min} = 60.44 \text{ m}$$

Redondeando a valores trabajables en campo

$$L = 65 \text{ m}$$

Se considerará que el 70% del peralte se desarrollará en el tramo tangente.

$$f = 0.7$$



Cálculo de la longitud del aplanamiento (L_{aplan})

Por semejanza:

$$\frac{45.50}{0.381} = \frac{L_{aplan}}{0.272}$$

$$L_{aplan} = 18.96 \text{ m}$$

Cálculo de la inclinación en PC

$$\frac{18.96}{7.58} = \frac{2}{X} \quad X = 0.80$$

$$\text{Inclinación} = 2.80 \%$$

Cotas de la subrasante en el eje de la calzada

Datos de la subrasante en el eje de la progresiva

Progresiva	=	610.00 m		
Progresiva PCI	=	675.70 m	Cota	= -1.34 msnm
Progresiva PTI	=	781.64 m	Pendiente	= -0.40 %

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil

Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la
Mina de Fosfatos Bayóvar

Informe de Suficiencia

Transición de Peralte sin
Curva de Transición TKS-R1



	PROGRESIVA	COTA SUBRASANTE EN EL EJE
	610.00	-1.340
a	630.20	-1.421
	640.00	-1.460
	650.00	-1.500
b	649.16	-1.497
	660.00	-1.540
c	668.12	-1.572
	670.00	-1.580
PCI	675.70	-1.603
	680.00	-1.620
	690.00	-1.660
d	695.20	-1.681
	700.00	-1.700
	710.00	-1.740
	720.00	-1.780
	730.00	-1.820
	740.00	-1.860
	750.00	-1.900
	760.00	-1.940
d'	762.14	-1.949
	770.00	-1.980
	780.00	-2.020
PTI	781.64	-2.027
c'	789.22	-2.057
	790.00	-2.060
	800.00	-2.100
b'	808.18	-2.133
	810.00	-2.140
	820.00	-2.180
a'	827.14	-2.209



De "Guidelines for Mine Haul Road Design"

$$\begin{aligned} \text{Ancho total} &= 39 \text{ m} \\ \text{Sa} &= 12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Longitud de transición de peralte} \\ L &= 65 \text{ m} \end{aligned}$$

Reemplazando en la expresión:

$$S_n = \frac{S}{L} \times L_n$$

$$S_n = \frac{12}{65} \times L_n$$

$$S_n = 0.182 \times L_n$$

Cálculo del sobreancho al iniciar al curva

	PROGRESIVA	L_n (m)	S_n (m)
a	630.20	0.00	0.00
b	649.16	18.96	3.44
c	668.12	37.92	6.88
PCI	675.70	45.50	8.26
d	695.20	65.00	11.80

(Valor Total)

Cálculo de sobreancho al finalizar la curva

	PROGRESIVA	L_n (m)	S_n (m)
d'	762.14	65.00	11.80
PTI	781.64	45.50	8.26
c'	789.22	37.92	6.88
b'	808.18	18.96	3.44
a'	827.14	0.00	0.00

(Valor Total)

ANEXO A.5 – TRANSICIÓN DEL PERALTE Y SOBREALCHO EN LA CURVA BN-R1



Datos:

Velocidad de Diseño	:	V =	45 Km/h
Radio de Curvatura	:	R =	75 m
Bombeo	:	b =	2 %
Peralte	:	p =	4 %
Ancho de Calzada	:	A =	27.2 m

Longitud mínima de transición de peralte

La inclinación de la calzada se limitará a un valor máximo definido por :

$$i_{p(máx)} = 1,8 - 0,01 V \quad (1)$$

Donde:

$i_{p(máx)}$:	Máxima inclinación del borde de la calzada respecto al eje de la misma (%)
V	:	Velocidad de diseño (km/h)

Reemplazando en la ecuación (1)

$$i_{p(máx)} = 1.35 \%$$

La longitud mínima del tramo de transición viene dada por :

$$L_{min} = \frac{P_f - P_i}{i_{p_{max}}} \times B \quad (2)$$

Donde

L_{min}	=	Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m)
P_f	=	Peralte final con su signo (%)
P_i	=	Peralte inicial con su signo (%)
B	=	Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m), (Mitad del ancho de calzada)

Reemplazando en la ecuación (2)

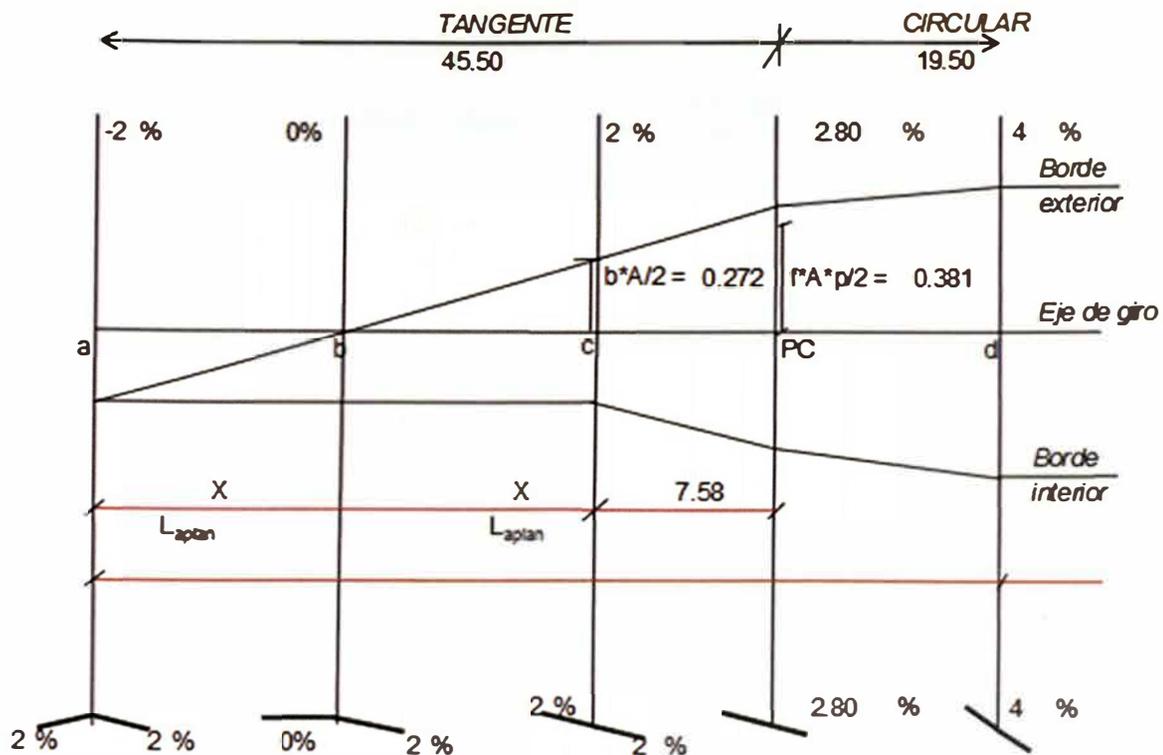
$$L_{min} = 60.44 \text{ m}$$

Redondeando a valores trabajables en campo

$$L = 65 \text{ m}$$

Se considerará que el 70% del peralte se desarrollará en el tramo tangente.

$$f = 0.7$$



Cálculo de la longitud del aplanamiento (L_{aplan})

Por semejanza:
$$\frac{45.50}{0.381} = \frac{L_{aplan}}{0.272}$$

$$L_{aplan} = 18.96 \text{ m}$$

Cálculo de la inclinación en PC

$$\frac{18.96}{7.58} = \frac{2}{X} \quad X = 0.80$$

Inclinación = 2.80 %

Cotas de la subrasante en el eje de la calzada

Datos de la subrasante en el eje de la progresiva

Progresiva	=	0.00 m	Cota	=	9.457 msnm
Progresiva PCI	=	82.82 m	Pendiente	=	2.20 %
Progresiva PTI	=	203.95 m			



PROGRESIVA

**COTA SUBRASANTE
EN EL EJE**

	0.00	9.457
a	37.32	10.278
	40.00	10.337
	50.00	10.557
b	56.28	10.695
	60.00	10.777
	70.00	10.997
c	75.24	11.112
	80.00	11.217
PCI	82.82	11.279
	90.00	11.437
	100.00	11.657
d	102.32	11.708
	110.00	11.877
	120.00	12.097
	130.00	12.317
	140.00	12.537
	150.00	12.757
	160.00	12.977
	170.00	13.197
	180.00	13.417
d'	184.45	13.515
	190.00	13.637
	200.00	13.857
PTI	203.95	13.944
	210.00	14.077
c'	211.53	14.111
	220.00	14.297
	230.00	14.517
b'	230.49	14.528
	240.00	14.737
a'	249.45	14.945



De "Guidelines for Mine Haul Road Design"

Ancho total = 39 m

Sa = 12 m

Longitud de transición de peralte

L = 65 m

Reemplazando en la expresión:

$$S_n = \frac{S}{L} \times L_n$$

$$S_n = \frac{12}{65} \times L_n$$

$$S_n = 0.182 \times L_n$$

Cálculo del sobreancho al iniciar al curva

	PROGRESIVA	L_n (m)	S_n (m)
a	37.32	0.00	0.00
b	56.28	18.96	3.44
c	75.24	37.92	6.88
PCI	82.82	45.50	8.26
d	102.32	65.00	11.80

(Valor Total)

Cálculo de sobreancho al finalizar la curva

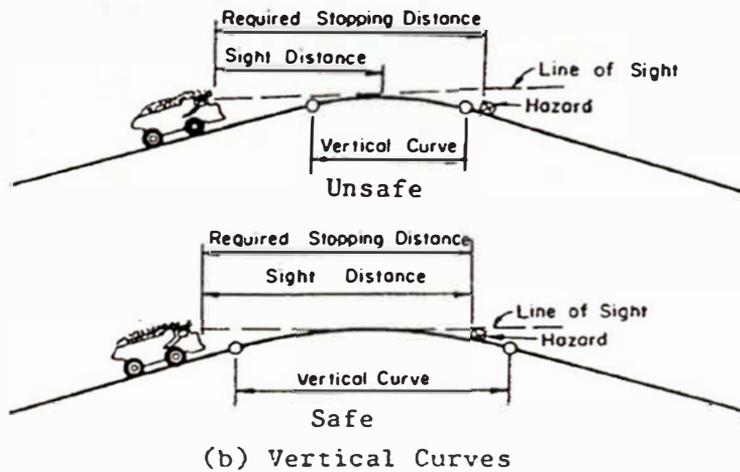
	PROGRESIVA	L_n (m)	S_n (m)
d'	184.45	65.00	11.80
PTI	203.95	45.50	8.26
c'	211.53	37.92	6.88
b'	230.49	18.96	3.44
a'	249.45	0.00	0.00

(Valor Total)

ANEXO A.6 – CURVAS VERTICALES



Del "Guidelines for Mine Haul Road Design"



Para S mayor que L:
$$L = \frac{2S - 200 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Para L mayor que S:
$$L = \frac{AS^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Donde:

- L = Longitud de la curva vertical (m)
- S = Distancia de parada (m)
- A = Diferencia algebraica de las pendientes (%)
- h_1 = Altura de los ojos del conductor sobre el nivel de la rasante (m)
- h_2 = Altura del objeto sobre el nivel de la rasante (m)



Zona Norte										
Vías de acceso	N	S(m)	p ₁ (%)	p ₂ (%)	A	h ₁	h ₂	S>L	L>S	R _v (m)
Vía de acceso BN	C _{v1}	75	2.20	0.50	1.7	5.30	0.15	-763	7	50
	C _{v2}	75	0.50	0.90	-0.4	5.30	0.15	-3242	2	-
	C _{v3}	75	0.90	0.40	0.5	5.30	0.15	-2593	2	-
Vía de Acceso 4	C _{v1}	75	-0.40	-7.00	6.6	5.30	0.15	-196	26	30
	C _{v2}	75	-7.00	-0.60	-6.4	5.30	0.15	-203	25	40
	C _{v3}	75	-0.60	-2.00	1.4	5.30	0.15	-926	5	50
	C _{v4}	75	-2.00	-0.50	-1.5	5.30	0.15	-864	6	50
	C _{v5}	75	-0.50	-1.00	0.5	5.30	0.15	-2593	2	-
	C _{v6}	75	-1.00	-6.10	5.1	5.30	0.15	-254	20	50
	C _{v7}	75	-6.10	-2.00	-4.1	5.30	0.15	-316	16	30
	C _{v8}	75	-2.00	-6.90	4.9	5.30	0.15	-265	19	30
Rampa P2	C _{v1}	75	1.00	6.10	-5.1	5.30	0.15	-254	20	50
	C _{v2}	75	6.10	2.20	3.9	5.30	0.15	-332	15	50
	C _{v3}	75	2.20	4.30	-2.1	5.30	0.15	-617	8	50
	C _{v4}	75	4.30	0.00	4.3	5.30	0.15	-302	17	40

A≤0.5

A≤0.5

R_{min}

A≤0.5

R_{min}

R_{min}

Zona Sur										
Vías de acceso	N	S(m)	p ₁ (%)	p ₂ (%)	A	h ₁	h ₂	S>L	L>S	R
Vía de acceso TK2-TKS	C _{v1}	75	6.20	2.00	4.2	5.30	0.15	-309	16	30
	C _{v2}	75	2.00	6.90	-4.9	5.30	0.15	-265	19	30
	C _{v3}	75	6.90	2.20	4.7	5.30	0.15	-276	18	50
	C _{v4}	75	2.20	-0.40	2.6	5.30	0.15	-499	10	50
	C _{v5}	75	-0.40	-2.80	2.4	5.30	0.15	-540	9	50
	C _{v6}	75	-2.80	-0.70	-2.1	5.30	0.15	-617	8	50
	C _{v7}	75	-0.70	3.40	-4.1	5.30	0.15	-316	16	50
	C _{v8}	75	3.40	0.50	2.9	5.30	0.15	-447	11	50
Vía de acceso TK1	C _{v1}	75	6.00	2.00	4	5.30	0.15	-324	16	30
	C _{v2}	75	2.00	6.80	-4.8	5.30	0.15	-270	19	30
	C _{v3}	75	6.80	2.30	4.5	5.30	0.15	-288	17	40
	C _{v4}	75	2.30	0.30	2	5.30	0.15	-648	8	40
Vía de acceso TK3	C _{v1}	75	6.80	2.00	4.8	5.30	0.15	-270	19	30
	C _{v2}	75	2.00	6.90	-4.9	5.30	0.15	-265	19	30
	C _{v3}	75	6.90	2.00	4.9	5.30	0.15	-265	19	40
	C _{v4}	75	5.30	1.80	3.5	5.30	0.15	-370	14	40
	C _{v5}	75	1.80	-0.70	2.5	5.30	0.15	-519	10	40
Vía de Acceso 12	C _{v1}	75	-0.50	-0.30	-0.2	5.30	0.15	-6483	1	-
	C _{v2}	75	-0.30	-1.20	0.9	5.30	0.15	-1441	3	50
	C _{v3}	75	-1.20	-2.50	1.3	5.30	0.15	-997	5	50
	C _{v4}	75	-2.50	0.00	-2.5	5.30	0.15	-519	10	50
	C _{v5}	75	0.00	0.50	-0.5	5.30	0.15	-2593	2	-
	C _{v6}	75	0.50	0.00	0.5	5.30	0.15	-2593	2	-

R_{min}

R_{min}

R_{min}

R_{min}

R_{min}

R_{min}

A≤0.5

A≤0.5

A≤0.5

ANEXO B – PLANOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSFATOS BAYÓVAR

PIURA, PERÚ



MAPA DE LOCALIZACIÓN
SIN ESCALA

PLANO N°	TÍTULO DEL PLANO	REVISIÓN	FECHA DE EMISIÓN
PLANOS GENERALES			
100-01	LÁMINA DE TÍTULOS Y MAPA DE LOCALIZACIÓN	A	10/04/2015
100-02	PLANO GENERAL	A	10/04/2015
VÍAS DE ACCESO ZONA SUR			
200-01	PLANO GENERAL	A	10/04/2015
200-02	VÍA DE ACCESO 12 - LÁMINA 1 DE 3	A	10/04/2015
200-03	VÍA DE ACCESO 12 - LÁMINA 2 DE 3	A	10/04/2015
200-04	VÍA DE ACCESO 12 - LÁMINA 3 DE 3	A	10/04/2015
200-05	VÍA DE ACCESO A TKS - LÁMINA 1 DE 2	A	10/04/2015
200-06	VÍA DE ACCESO A TKS - LÁMINA 2 DE 2	A	10/04/2015
200-07	RAMPA TK1	A	10/04/2015
200-08	RAMPA TK2	A	10/04/2015
200-09	RAMPA TK3	A	10/04/2015
200-10	CONTRA RAMPA TK 1, 2 Y 3	A	10/04/2015
200-11	SECCIONES TÍPICAS	A	10/04/2015
200-12	TRANSICIÓN DE PERALTE Y SOBREALCHO	A	10/04/2015
VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE			
300-01	PLANO GENERAL	A	10/04/2015
300-02	VÍA DE ACCESO 4 - LÁMINA 1 DE 2	A	10/04/2015
300-03	VÍA DE ACCESO 4 - LÁMINA 2 DE 2	A	10/04/2015
300-04	VÍA DE ACCESO BN	A	10/04/2015
300-05	RAMPAP2	A	10/04/2015
300-06	RAMPA M4B	A	10/04/2015
300-07	CONTRA RAMPA M4B	A	10/04/2015
300-08	SECCIONES TÍPICAS	A	10/04/2015
300-09	TRANSICIÓN DE PERALTE Y SOBREALCHO	A	10/04/2015

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
	10/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROYECTO.
NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

Informe de Suficiencia

Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar

Curso de Titulación 2014
Lima - Perú

Autor: Joe Villanueva Quintanilla

FECHA EMISIÓN:	10/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

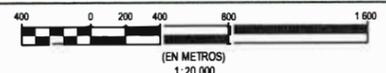
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL			
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSFATOS BAYÓVAR			
PLANOS GENERALES			
LÁMINA DE TÍTULOS Y MAPA DE LOCALIZACIÓN			
PROYECTO N°:	INFORME	TAMAÑO:	A3
PLANO N°:	100-01	REV:	A 0

EMITIDO PARA REVISIÓN



LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LOS CAMINOS SUR Y LOS CAMINOS NORTE
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
	TUBERÍAS DE RELAVES EXISTENTES

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADO POR LA EMPRESA GSL INGENIERÍA SUBCONTRATADO POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTERILES FUERON PROPORCIONADAS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUIDAS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	19/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROYECTO.

NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

Informe de Suficiencia
Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fostatos Bayóvar
Curso de Titulación 2014
Lima - Perú
Autor: Joe Vilarueva Quintanilla

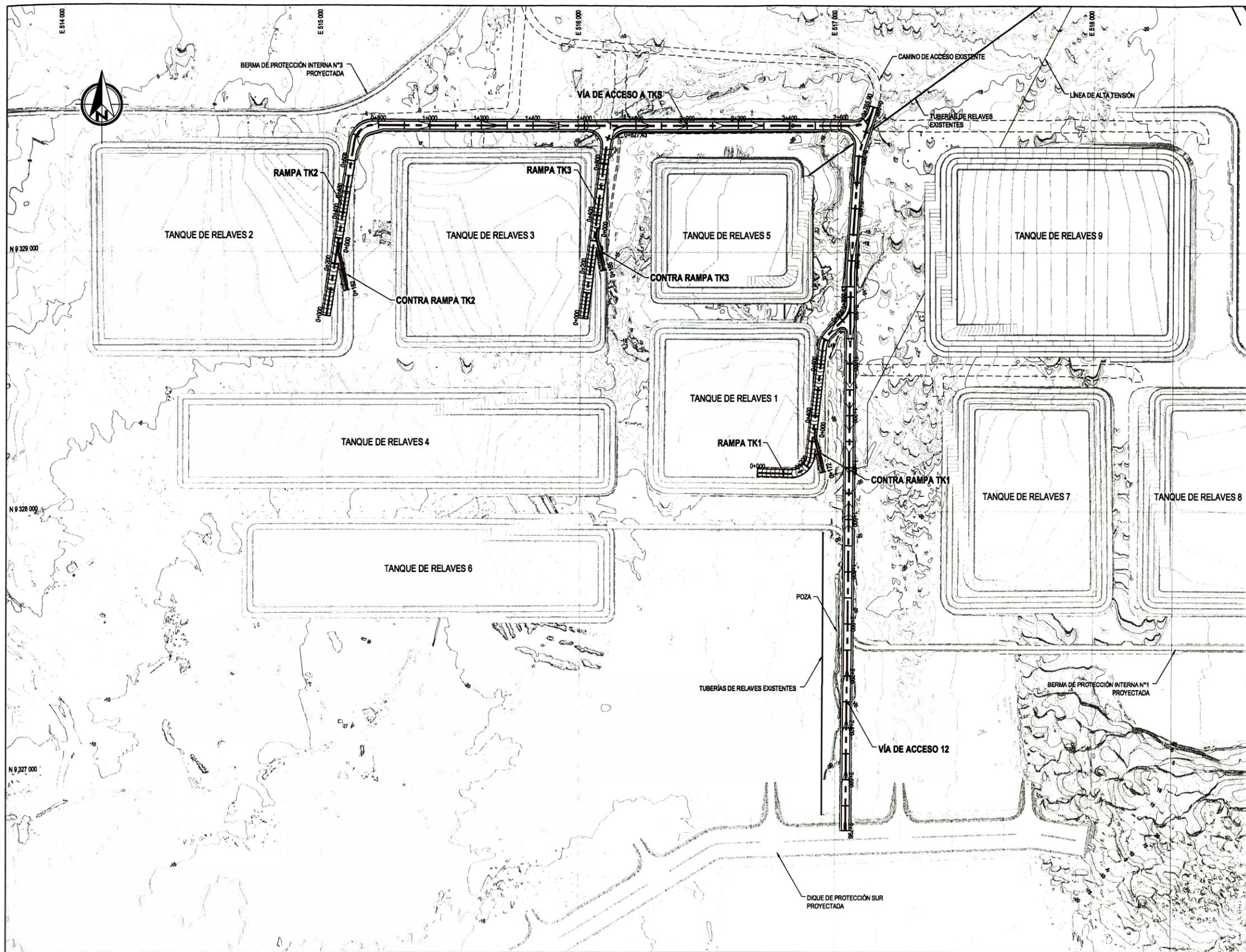
FECHA EMISIÓN:	19/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM, ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR

PLANO:
PLANOS GENERALES
PLANO GENERAL

ESCALA:	PROYECTO N°:	TAMAÑO:	PLANO N°:	REV.:
	INFORME	A3		0

EMITIDO PARA REVISIÓN

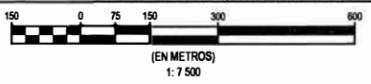


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LAS VÍAS DE ACCESO ZONA SUR
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTEO RELLENO
	LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
	TUBERÍAS DE RELAVES EXISTENTES
	EJE DE LAS VÍAS DE ACCESO ZONA SUR
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSL INGENIERÍA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUÍDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.

TABLA N°1 VÍAS DE ACCESO ZONA SUR	
ACCESO 12	0+000 - 2+796
ACCESO A TKS	0+480 - 2+796
RAMPA TK1	0+000 - 0+900
RAMPA TK2	0+000 - 0+480
RAMPA TK3	0+000 - 0+828

TABLA N°2 VÍAS DE ACCESO ZONA SUR - VIDA ÚTIL			
	1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS
ACCESO 12		0+000 - 2+796	
ACCESO A TKS	0+480 - 0+725		0+725 - 2+796
RAMPA TK1	0+000 - 0+900		
RAMPA TK2	0+000 - 0+480		
RAMPA TK3	0+000 - 0+828		



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Informe de Suficiencia
 Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar
 Curso de Titulación 2014
 Lima - Perú
 Autor: Joe Villanueva Quintanilla

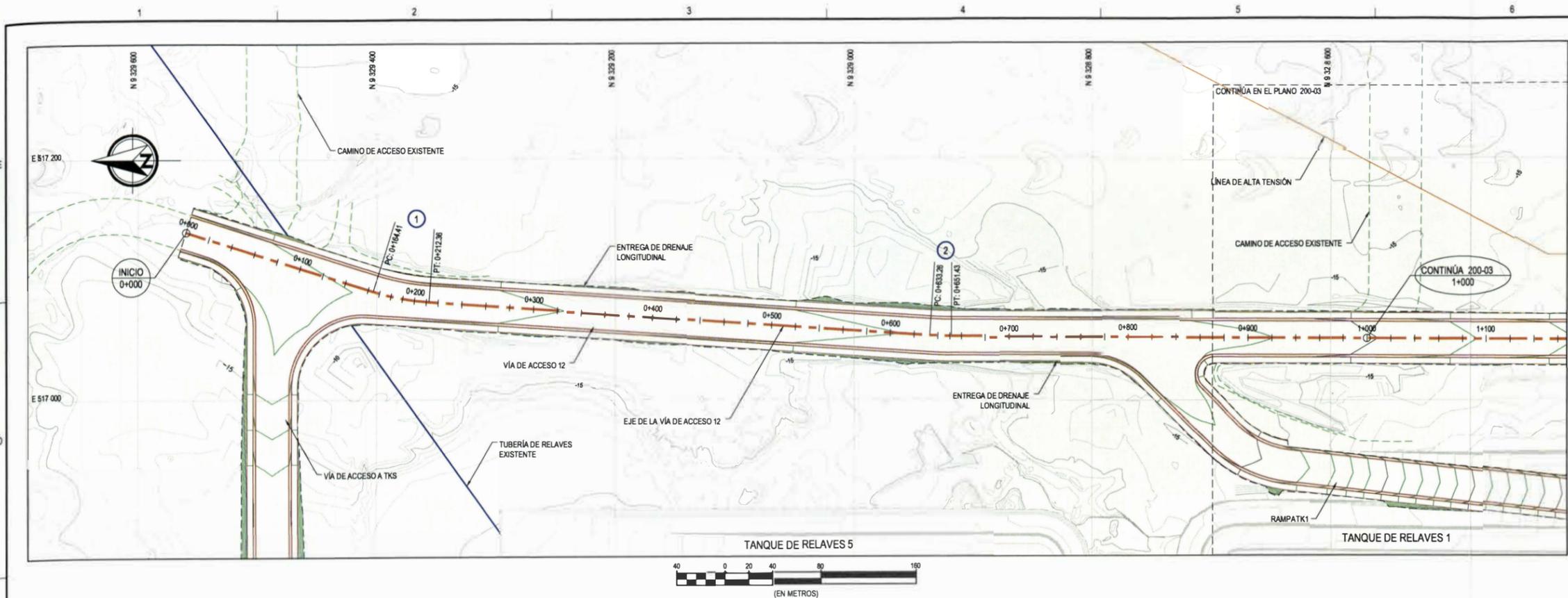
CONFIDENCIAL:
 ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO.
 NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

FECHA EMISIÓN:	10/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM, ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR
 PLANO:
VÍAS DE ACCESO ZONA SUR
 ARREGLO GENERAL

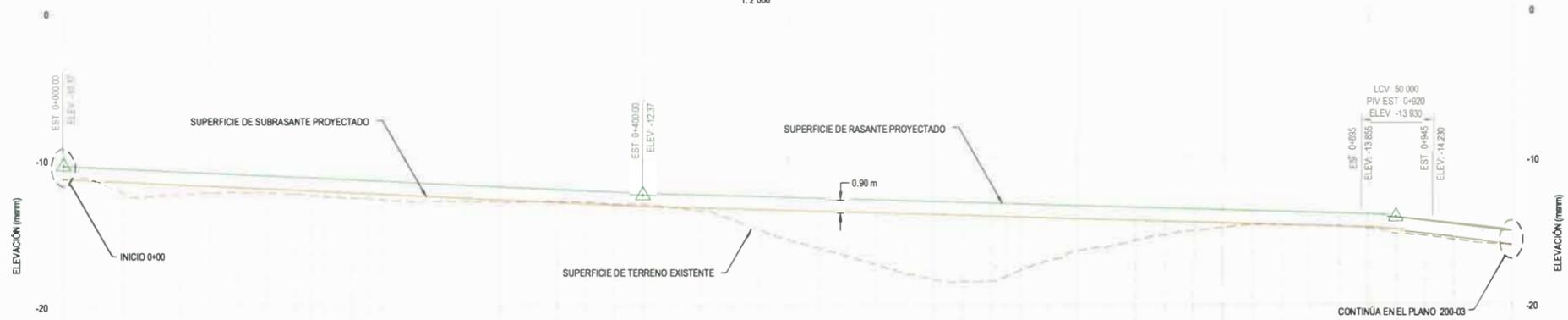
ESCALA: — PROYECTO N°: INFORME TAMAÑO: A3 PLANO N°: 200-01 REV: A⁰

EMITIDO PARA REVISIÓN



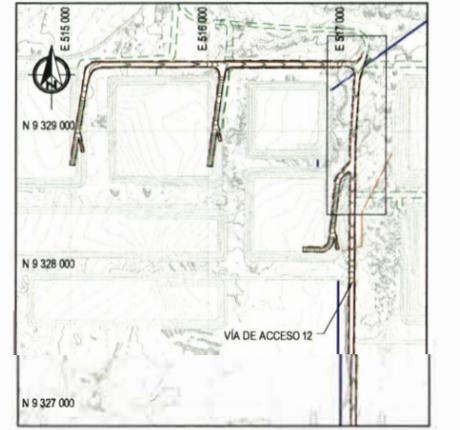
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA VÍA DE ACCESO 12
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
	TUBERÍA DE RELAVES EXISTENTE
	EJE DE LA VÍA DE ACCESO 12
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO VUELO ELABORADA POR LA EMPRESA GSI INGENIERÍA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUÍDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE COA) PODRÁN SER EMPAQUADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE COA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE COA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE COA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



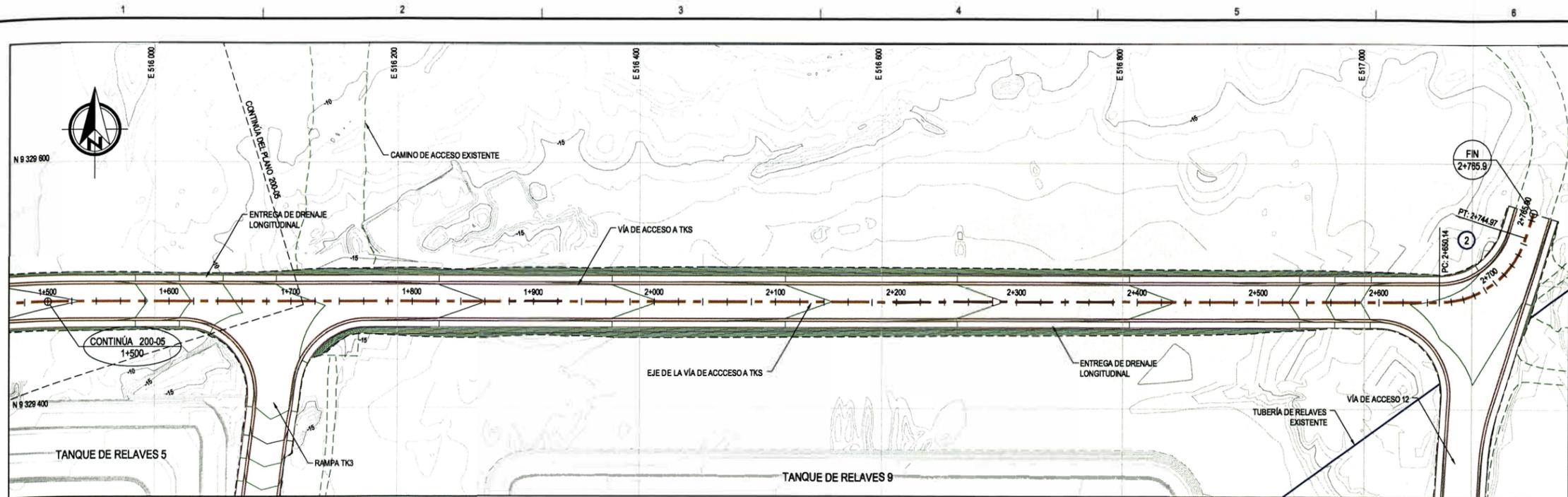
PENDIENTE	-0.500 % EN 400.000 m										-0.300 % EN 520.000 m										-1.200 % EN 610.000 m												
	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000
COTA RASANTE	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270	-11.270
COTA SUBRASANTE	-11.265	-11.370	-10.470	-10.570	-10.670	-10.770	-10.870	-10.970	-11.070	-11.170	-11.270	-11.265	-11.370	-10.470	-10.570	-10.670	-10.770	-10.870	-10.970	-11.070	-11.170	-11.270	-11.265	-11.370	-10.470	-10.570	-10.670	-10.770	-10.870	-10.970	-11.070	-11.170	-11.270
COTA TERRENO	-11.265	-11.370	-10.470	-10.570	-10.670	-10.770	-10.870	-10.970	-11.070	-11.170	-11.270	-11.265	-11.370	-10.470	-10.570	-10.670	-10.770	-10.870	-10.970	-11.070	-11.170	-11.270	-11.265	-11.370	-10.470	-10.570	-10.670	-10.770	-10.870	-10.970	-11.070	-11.170	-11.270
ALTURA DE CORTE	0.005	0.000	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	0.005	0.000	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000	0.005	0.000	0.800	0.700	0.600	0.500	0.400	0.300	0.200	0.100	0.000
ALTURA DE RELLENO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ALINEAMIENTO	L=164.41m										L=47.95m R=200.00m										L=420.90m												
KILOMETRAJE	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H=1:2000
V=1:200



VISTA GENERAL
ESCALA: 1:25000

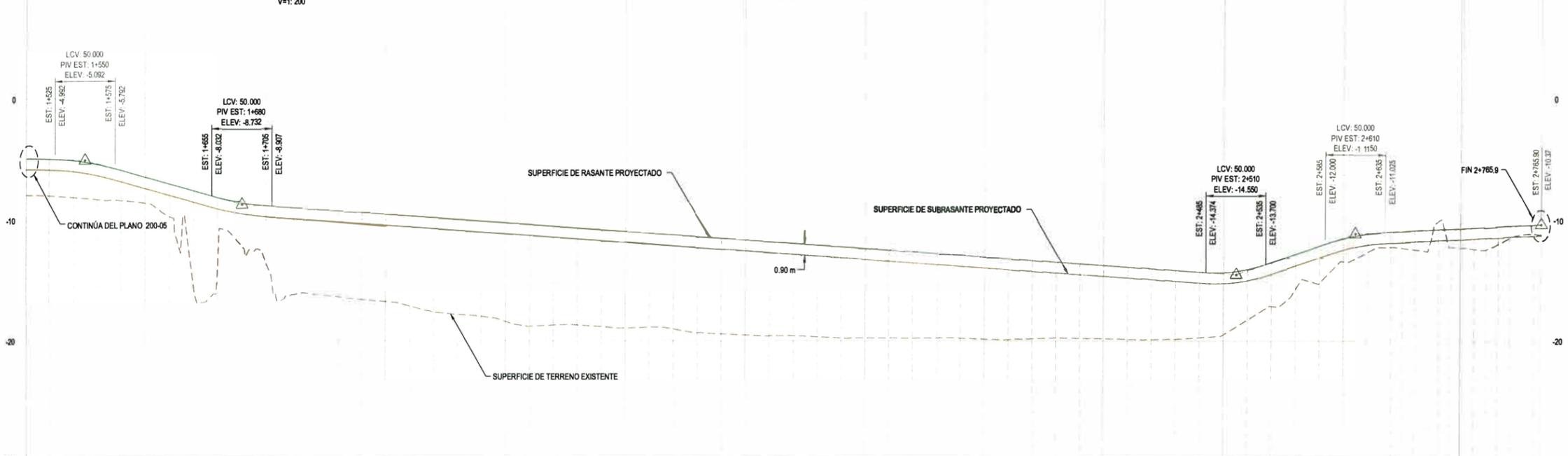
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar Curso de Titulación 2014 Autor: Joe Villanueva Quintanilla				Informe de Suficiencia Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar Curso de Titulación 2014 Lima - Perú Autor: Joe Villanueva Quintanilla		FECHA EMISIÓN: 10/04/2015 DIBUJADO: J. VILLANUEVA DISEÑADO: J. VILLANUEVA REVISADO: - APROBADO: - PROYECCIÓN: UTM, ZONA 17S DATUM: WGS84 FUENTE: -		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR PLANO: VÍAS DE ACCESO ZONA SUR VÍA DE ACCESO 12 - LÁMINA 1 DE 3 ESCALA: - PROYECTO N°: - TAMAÑO: A3 PLANO N°: 200-02 REV: 0										
REV.	FECHA	EMITIDO PARA REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS	CONFIDENCIAL: ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACARREAR PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO. NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.	A 10/04/2015 J. VILLANUEVA J. VILLANUEVA							



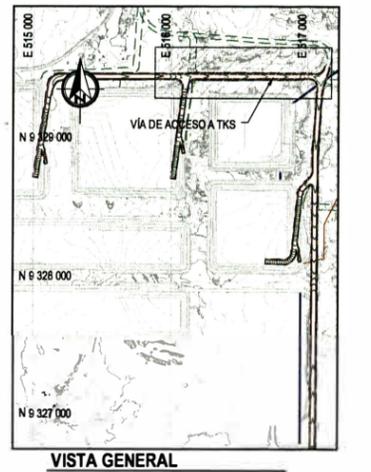
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LA VIA DE ACCESO A TKS
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	TUBERÍA DE RELAVES EXISTENTE
	EJE DE LA VÍA DE ACCESO A TKS
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSL INGENIERÍA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUÍDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE CQA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE CQA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE CQA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE CQA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE CQA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H=1: 2000
V=1: 200



ESTACION	ELEV. TERRENO	ELEV. RASANTE	ELEV. SUBRASANTE
1+500	-7.907	-8.792	-4.862
1+510	-7.999	-8.872	-4.972
1+520	-8.096	-8.952	-5.086
1+530	-8.195	-9.032	-5.196
1+540	-8.291	-9.112	-5.308
1+550	-8.381	-9.192	-5.428
1+560	-8.473	-9.272	-5.552
1+570	-8.567	-9.352	-5.682
1+580	-8.663	-9.432	-5.818
1+590	-8.761	-9.512	-5.962
1+600	-8.861	-9.592	-6.112
1+610	-8.963	-9.672	-6.268
1+620	-9.067	-9.752	-6.432
1+630	-9.173	-9.832	-6.602
1+640	-9.281	-9.912	-6.778
1+650	-9.391	-9.992	-6.962
1+660	-9.503	-10.072	-7.152
1+670	-9.617	-10.152	-7.348
1+680	-9.733	-10.232	-7.552
1+690	-9.851	-10.312	-7.762
1+700	-9.971	-10.392	-7.978
1+710	-10.093	-10.472	-8.198
1+720	-10.217	-10.552	-8.432
1+730	-10.343	-10.632	-8.678
1+740	-10.471	-10.712	-8.932
1+750	-10.601	-10.792	-9.198
1+760	-10.733	-10.872	-9.472
1+770	-10.867	-10.952	-9.758
1+780	-10.993	-11.032	-10.052
1+790	-11.121	-11.112	-10.358
1+800	-11.251	-11.192	-10.672
1+810	-11.383	-11.272	-10.992
1+820	-11.517	-11.352	-11.318
1+830	-11.653	-11.432	-11.652
1+840	-11.791	-11.512	-11.992
1+850	-11.931	-11.592	-12.342
1+860	-12.073	-11.672	-12.698
1+870	-12.217	-11.752	-13.062
1+880	-12.363	-11.832	-13.432
1+890	-12.511	-11.912	-13.808
1+900	-12.661	-11.992	-14.192
1+910	-12.813	-12.072	-14.582
1+920	-12.967	-12.152	-14.978
1+930	-13.123	-12.232	-15.382
1+940	-13.281	-12.312	-15.792
1+950	-13.441	-12.392	-16.208
1+960	-13.603	-12.472	-16.632
1+970	-13.767	-12.552	-17.062
1+980	-13.933	-12.632	-17.498
1+990	-14.101	-12.712	-17.942
2+000	-14.271	-12.792	-18.392
2+010	-14.443	-12.872	-18.848
2+020	-14.617	-12.952	-19.312
2+030	-14.793	-13.032	-19.782
2+040	-14.971	-13.112	-20.258
2+050	-15.151	-13.192	-20.742
2+060	-15.333	-13.272	-21.232
2+070	-15.517	-13.352	-21.728
2+080	-15.703	-13.432	-22.232
2+090	-15.891	-13.512	-22.742
2+100	-16.081	-13.592	-23.258
2+110	-16.273	-13.672	-23.782
2+120	-16.467	-13.752	-24.312
2+130	-16.663	-13.832	-24.848
2+140	-16.861	-13.912	-25.392
2+150	-17.061	-13.992	-25.942
2+160	-17.263	-14.072	-26.498
2+170	-17.467	-14.152	-27.062
2+180	-17.673	-14.232	-27.632
2+190	-17.881	-14.312	-28.208
2+200	-18.091	-14.392	-28.792
2+210	-18.303	-14.472	-29.382
2+220	-18.517	-14.552	-29.978
2+230	-18.733	-14.632	-30.582
2+240	-18.951	-14.712	-31.192
2+250	-19.171	-14.792	-31.808
2+260	-19.393	-14.872	-32.432
2+270	-19.617	-14.952	-33.062
2+280	-19.843	-15.032	-33.698
2+290	-20.071	-15.112	-34.342
2+300	-20.301	-15.192	-34.992
2+310	-20.533	-15.272	-35.648
2+320	-20.767	-15.352	-36.312
2+330	-21.003	-15.432	-36.982
2+340	-21.241	-15.512	-37.658
2+350	-21.481	-15.592	-38.342
2+360	-21.723	-15.672	-39.032
2+370	-21.967	-15.752	-39.728
2+380	-22.213	-15.832	-40.432
2+390	-22.461	-15.912	-41.142
2+400	-22.711	-15.992	-41.858
2+410	-22.963	-16.072	-42.582
2+420	-23.217	-16.152	-43.312
2+430	-23.473	-16.232	-44.048
2+440	-23.731	-16.312	-44.792
2+450	-23.991	-16.392	-45.542
2+460	-24.253	-16.472	-46.298
2+470	-24.517	-16.552	-47.062
2+480	-24.783	-16.632	-47.832
2+490	-25.051	-16.712	-48.608
2+500	-25.321	-16.792	-49.392
2+510	-25.593	-16.872	-50.182
2+520	-25.867	-16.952	-50.978
2+530	-26.143	-17.032	-51.782
2+540	-26.421	-17.112	-52.592
2+550	-26.701	-17.192	-53.408
2+560	-26.983	-17.272	-54.232
2+570	-27.267	-17.352	-55.062
2+580	-27.553	-17.432	-55.898
2+590	-27.841	-17.512	-56.742
2+600	-28.131	-17.592	-57.592
2+610	-28.423	-17.672	-58.448
2+620	-28.717	-17.752	-59.312
2+630	-29.013	-17.832	-60.182
2+640	-29.311	-17.912	-61.058
2+650	-29.611	-17.992	-61.942
2+660	-29.913	-18.072	-62.832



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	EMITIDO PARA REVISIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO Nº	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015		J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA					

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO.

NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

Informe de Suficiencia

Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar

Curso de Titulación 2014
Lima - Perú

Autor: Joe Villanueva Quintanilla

FECHA EMISIÓN:	10/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM, ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

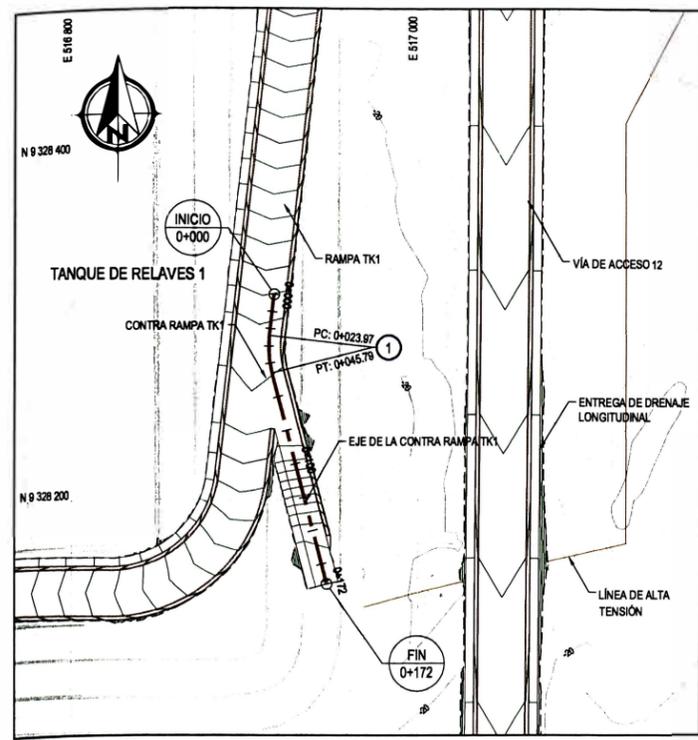
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR

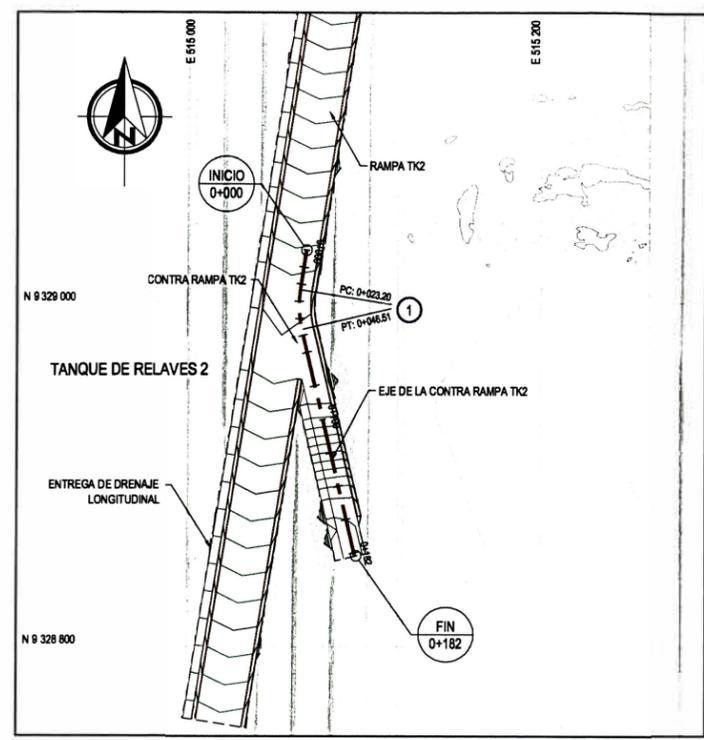
VÍAS DE ACCESO ZONA SUR
VÍA DE ACCESO A TKS - LÁMINA 2 DE 2

ESCALA: INFORME TAMAJO: A3 PLANO Nº: 200-06 REV: A

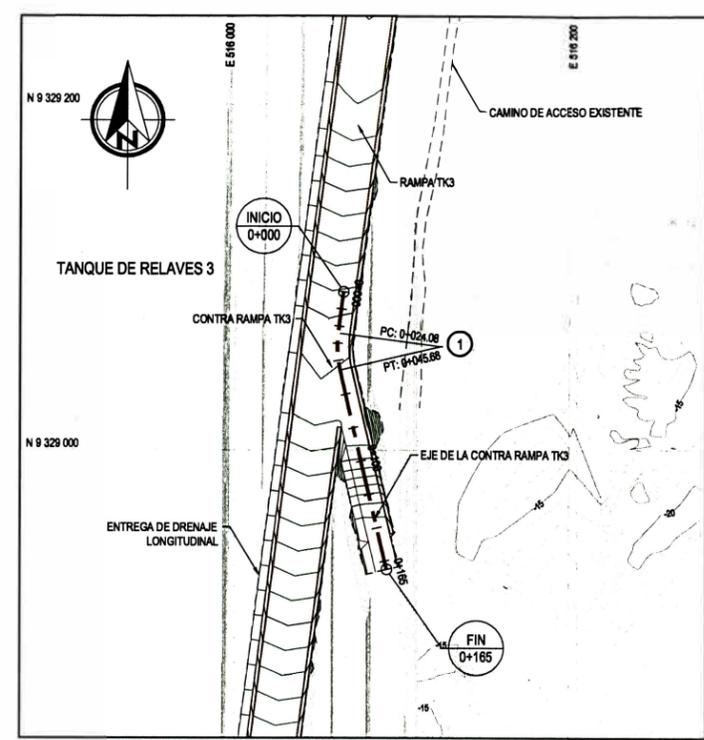
EMITIDO PARA REVISIÓN



CONTRA RAMPA TK1



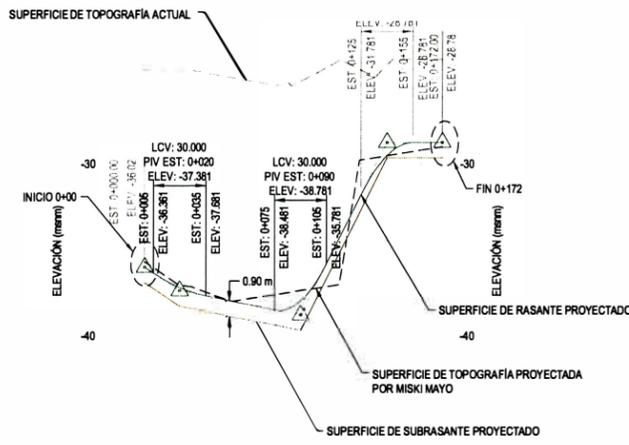
CONTRA RAMPA TK2



CONTRA RAMPA TK3

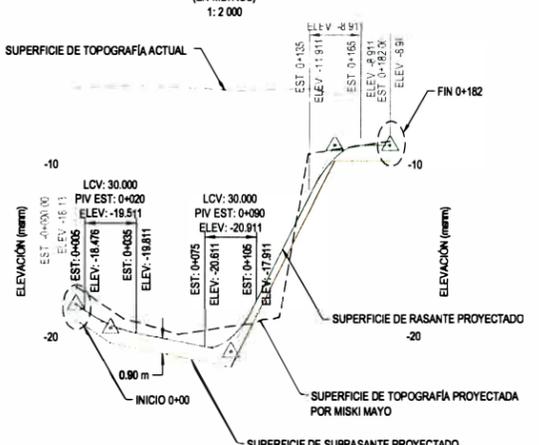
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LAS CONTRA RAMPA TK1, TK2 Y TK3
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTEO RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	LÍNEA DE ALTA TENSION
	EJE DE LAS CONTRA RAMPA TK1, TK2 Y TK3
	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	-24.560 ELEVACION DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	-36.021 ELEVACION DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	-36.921 ELEVACION DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	1 CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE TOPOGRAFIA PROYECTADA POR MISKI MAYO (SÓLO EN PERFIL)

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFIA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFIA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VIAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSL INGENIERIA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIEN LAS PILAS DE ESTERILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCION INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERAN SER CONSTRUIDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALLUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSION Y SEDIMENTOS. SI LOS TALLUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGUN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE COA) PODRAN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERA TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERAN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCION DEBERA SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACION, SEGUN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE COA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCION DEBERAN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGUN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERAN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERAN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE COA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCION. SI LA TOPOGRAFIA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE COA DEBERA AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



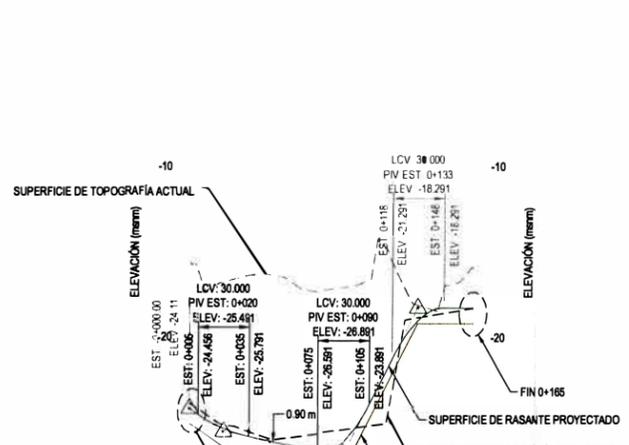
PENDIENTE	-6.800 % EN 20.000 m	-2.000 % EN 70.000 m	26.000 % EN 50.000 m	0.000 % EN 32.000 m
COTA RASANTE	11.461	12.614	12.867	12.910
COTA SUBRASANTE	12.053	12.614	12.867	12.910
COTA TERRENO	12.053	12.614	12.867	12.910
ALTURA DE CORTE	0.592	0.000	0.000	0.000
ALTURA DE RELLENO	0.000	0.000	0.000	0.000
ALINEAMIENTO	L=21.82m	L=23.97m	L=60.00m	L=126.21m
KILOMETRAJE	0+000	0+100	0+172	

PERFIL LONGITUDINAL CONTRA RAMPA TRAMO 1 ESCALA: H=1:2000 V=1:200



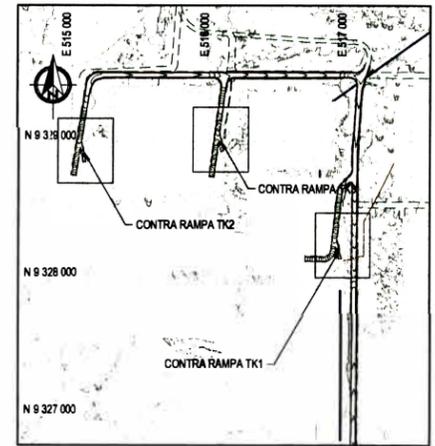
PENDIENTE	-6.900 % EN 20.000 m	-2.000 % EN 70.000 m	20.000 % EN 60.000 m	0.000 % EN 32.000 m
COTA RASANTE	12.544	13.291	13.831	14.235
COTA SUBRASANTE	13.291	13.831	14.235	14.639
COTA TERRENO	13.291	13.831	14.235	14.639
ALTURA DE CORTE	0.000	0.000	0.000	0.000
ALTURA DE RELLENO	0.000	0.000	0.000	0.000
ALINEAMIENTO	L=23.31m	L=23.20m	L=60.00m	L=135.49m
KILOMETRAJE	0+000	0+100	0+182	

PERFIL LONGITUDINAL CONTRA RAMPA TRAMO 2 ESCALA: H=1:2000 V=1:200



PENDIENTE	-6.900 % EN 20.000 m	-2.000 % EN 70.000 m	10.000 % EN 43.000 m	0.000 % EN 32.000 m
COTA RASANTE	8.596	7.503	9.145	9.505
COTA SUBRASANTE	8.596	7.503	9.145	9.505
COTA TERRENO	8.596	7.503	9.145	9.505
ALTURA DE CORTE	0.000	0.000	0.000	0.000
ALTURA DE RELLENO	0.000	0.000	0.000	0.000
ALINEAMIENTO	L=21.60m	L=24.08m	L=60.00m	L=118.32m
KILOMETRAJE	0+000	0+100	0+165	

PERFIL LONGITUDINAL CONTRA RAMPA TRAMO 2 ESCALA: H=1:2000 V=1:200



VISTA GENERAL ESCALA: 1:25000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Informe de Suficiencia
Diseño Geométrico de Caminos de Acceso para la Mina de Fostatos Bayóvar
Curso de Titulación 2014
Lima - Perú
Autor: Joe Villanueva Quintanilla

FECHA EMISIÓN: 10/04/2015
DIBUJADO: J. VILLANUEVA
DISEÑADO: J. VILLANUEVA
REVISADO:
APROBADO:
PROYECCIÓN: UTM, ZONA 17S
DATUM: WGS84
FUENTE:

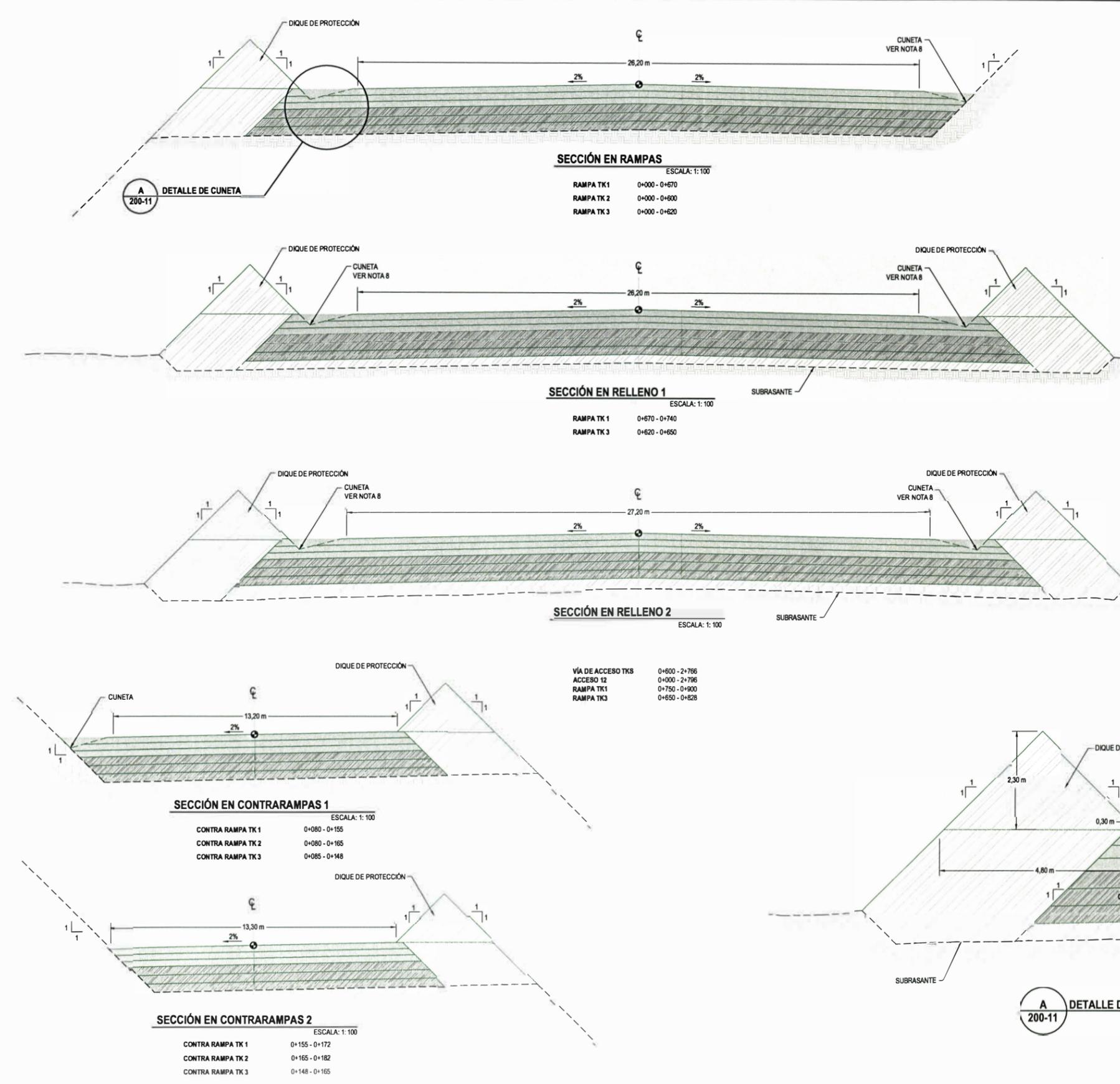
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR

VÍAS DE ACCESO ZONA SUR
CONTRA RAMPA TK 1, 2 Y 3

ESCALA: PROYECTO N°: INFORME TAMAÑO: A3 PLANO N°: 200-10 REV.: 0

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO.
NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				



LEYENDA	
①	MATERIAL DE CANTERA
②	SUELO + MATERIAL CANTERA Y MATERIAL ESTABILIZADOR
③	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
④	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑤	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑥	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
▨	RELLENO ESTRUCTURAL CON MATERIAL NO ESTABILIZADO
⬇	NIVEL DE RASANTE EN EL PERFIL LONGITUDINAL (PUNTO DE CONTROL)

- NOTAS:**
- EL NIVEL DE SUBRASANTE DEPENDERÁ DE LOS NIVELES DE RELLENO EXISTENTE Y DE LOS NIVELES DE FUNDACIÓN. EN CASO ESTOS NIVELES ESTUVIERAN POR DEBAJO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SE DEBERÁ RELLENAR CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO SEGÚN SE INDICA EN LAS ESPECIFICACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS ACCESOS Y LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE PROTECCIÓN CONTRA EROSIÓN PARA LOS CANALES DE DERIVACIÓN.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE CQA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE CQA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE CQA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE CQA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE CQA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
 - EL PAVIMENTO SE COLOCARÁ EN CAPAS (VER DETALLE A EN PLANO 200-11). UNA VEZ CONFORMADA LA ÚLTIMA CAPA DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SE REALIZA EL CORTE NECESARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CUNETA LONGITUDINAL DE LA VÍA.

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 CONFIDENCIAL:
 ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE SEMINARIO. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPOSITO.
 NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

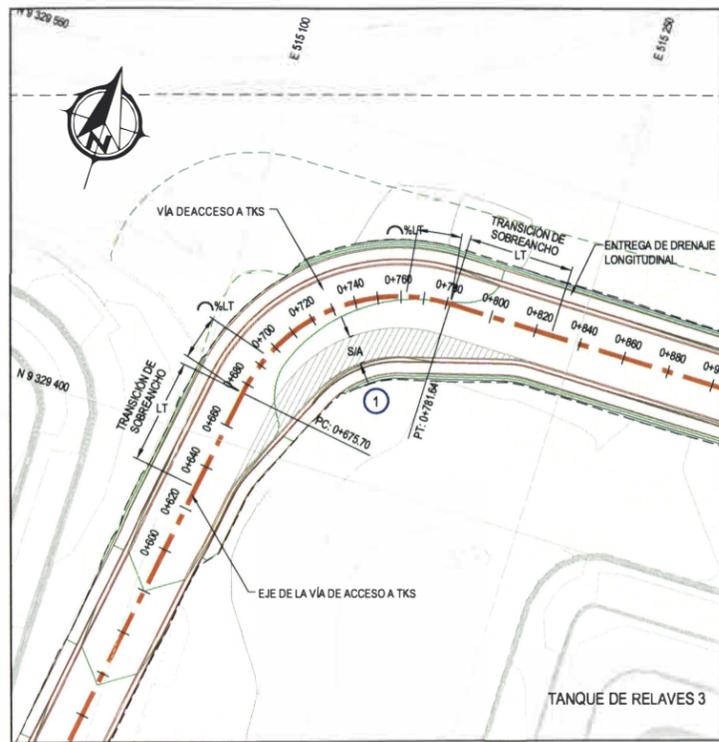
Informe de Suficiencia
 Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar
 Curso de Titulación 2014
 Lima - Perú
 Autor: Joe Villanueva Quintanilla

FECHA EMISIÓN:	10/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM, ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR
 VÍAS DE ACCESO ZONA SUR
 SECCIONES TÍPICAS

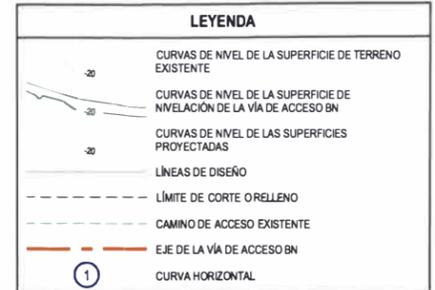
PROYECTO N°	INFORME	TAMANO	A3	PLANO N°	200-11	REV.	A
ESCALA		PROYECTO N°		TAMANO		PLANO N°	

EMITIDO PARA REVISIÓN



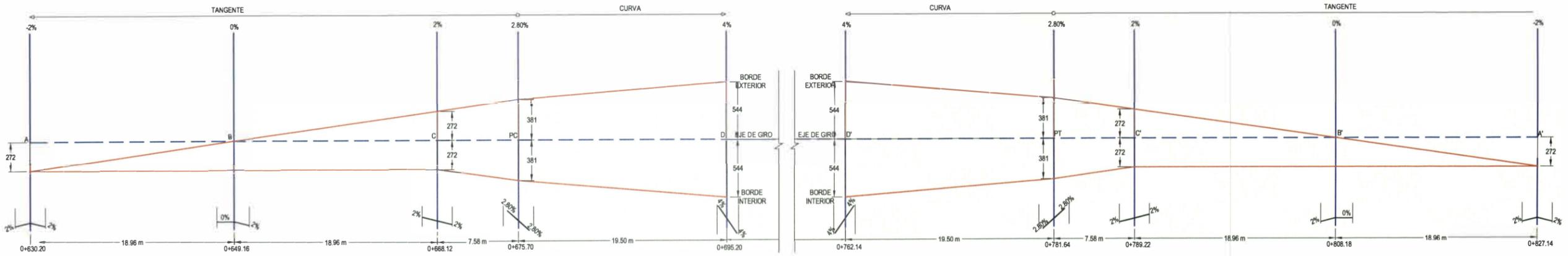
Progresiva	Cota Eje rasante (msnm)	Sa (m)	Interior		Exterior		Interior		Exterior		Interior		Exterior	
			1 Inc. Sa (%)	2 P(%)	3 P(%)	1 Sa Inc. Sa % (m)	2 a/2 x P % (m)	3 a/2 x P % (m)	1 Cota Borde Sa	2 Cota Borde S.R.	3 Cota Borde S.R.			
A	0+630.200	-1.340	0.000	-2.00	-2.00	-2.00	0.000	-0.272	-0.272	-	-1.612	-1.612		
	0+640.000	-1.421	1.779	-2.00	-2.00	-0.97	-0.036	-0.272	-0.131	-1.728	-1.683	-1.552		
B	0+649.158	-1.480	3.442	-2.00	-2.00	0.00	-0.069	-0.272	0.000	-1.801	-1.732	-1.460		
	0+650.000	-1.497	3.594	-2.00	-2.00	0.09	-0.072	-0.272	0.012	-1.841	-1.769	-1.485		
	0+660.000	-1.500	5.410	-2.00	-2.00	1.14	-0.108	-0.272	0.156	-1.880	-1.772	-1.344		
c	0+668.117	-1.540	6.883	-2.00	-2.00	2.00	-0.138	-0.272	0.272	-1.950	-1.812	-1.268		
	0+670.000	-1.572	7.225	-2.14	-2.14	2.14	-0.155	-0.291	0.291	-2.018	-1.863	-1.282		
PCI	0+675.700	-1.580	8.260	-2.80	-2.80	2.80	-0.211	-0.348	0.348	-2.140	-1.928	-1.232		
	0+680.000	-1.603	9.041	-2.88	-2.88	2.88	-0.260	-0.391	0.391	-2.254	-1.994	-1.211		
	0+690.000	-1.620	10.856	-3.62	-3.62	3.62	-0.393	-0.492	0.492	-2.504	-2.112	-1.126		
D	0+695.200	-1.660	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.676	-2.204	-1.116		
	0+700.000	-1.681	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.697	-2.225	-1.137		
	0+710.000	-1.700	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.716	-2.244	-1.156		
	0+720.000	-1.740	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.756	-2.284	-1.196		
	0+730.000	-1.780	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.796	-2.324	-1.236		
	0+740.000	-1.820	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.836	-2.364	-1.276		
	0+750.000	-1.860	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.876	-2.404	-1.316		
	0+760.000	-1.900	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.916	-2.444	-1.356		
D'	0+762.140	-1.940	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	-2.956	-2.484	-1.396		
	0+770.000	-1.949	10.373	-3.42	-3.42	3.42	-0.355	-0.465	0.465	-2.768	-2.414	-1.483		
	0+780.000	-1.980	8.558	-2.68	-2.68	2.76	-0.229	-0.365	0.376	-2.574	-2.345	-1.604		
PTI	0+781.640	-2.020	8.260	-2.80	-2.80	2.80	-0.211	-0.348	0.348	-2.580	-2.368	-1.672		
C'	0+789.223	-2.027	6.883	-2.00	-2.00	2.00	-0.138	-0.272	0.272	-2.436	-2.299	-1.755		
	0+790.000	-2.057	6.742	-2.00	-2.00	1.92	-0.135	-0.272	0.261	-2.464	-2.329	-1.796		
	0+800.000	-2.060	4.927	-2.00	-2.00	0.86	-0.099	-0.272	0.117	-2.431	-2.332	-1.943		
B'	0+808.182	-2.100	3.442	-2.00	-2.00	0.00	-0.069	-0.272	0.000	-2.441	-2.372	-2.100		
	0+810.000	-2.133	3.112	-2.00	-2.00	-0.19	-0.062	-0.272	-0.028	-2.467	-2.405	-2.159		
	0+820.000	-2.140	1.296	-2.00	-2.00	-1.25	-0.028	-0.272	-0.170	-2.438	-2.412	-2.310		
A'	0+827.140	-2.180	0.000	-2.00	-2.00	-2.00	0.000	-0.272	-0.272	-	-2.452	-2.452		

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADO POR LA EMPRESA GSL INGENIERÍA SUBCONTRATADO POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADAS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUIDAS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE COA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE COA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE COA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE COA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



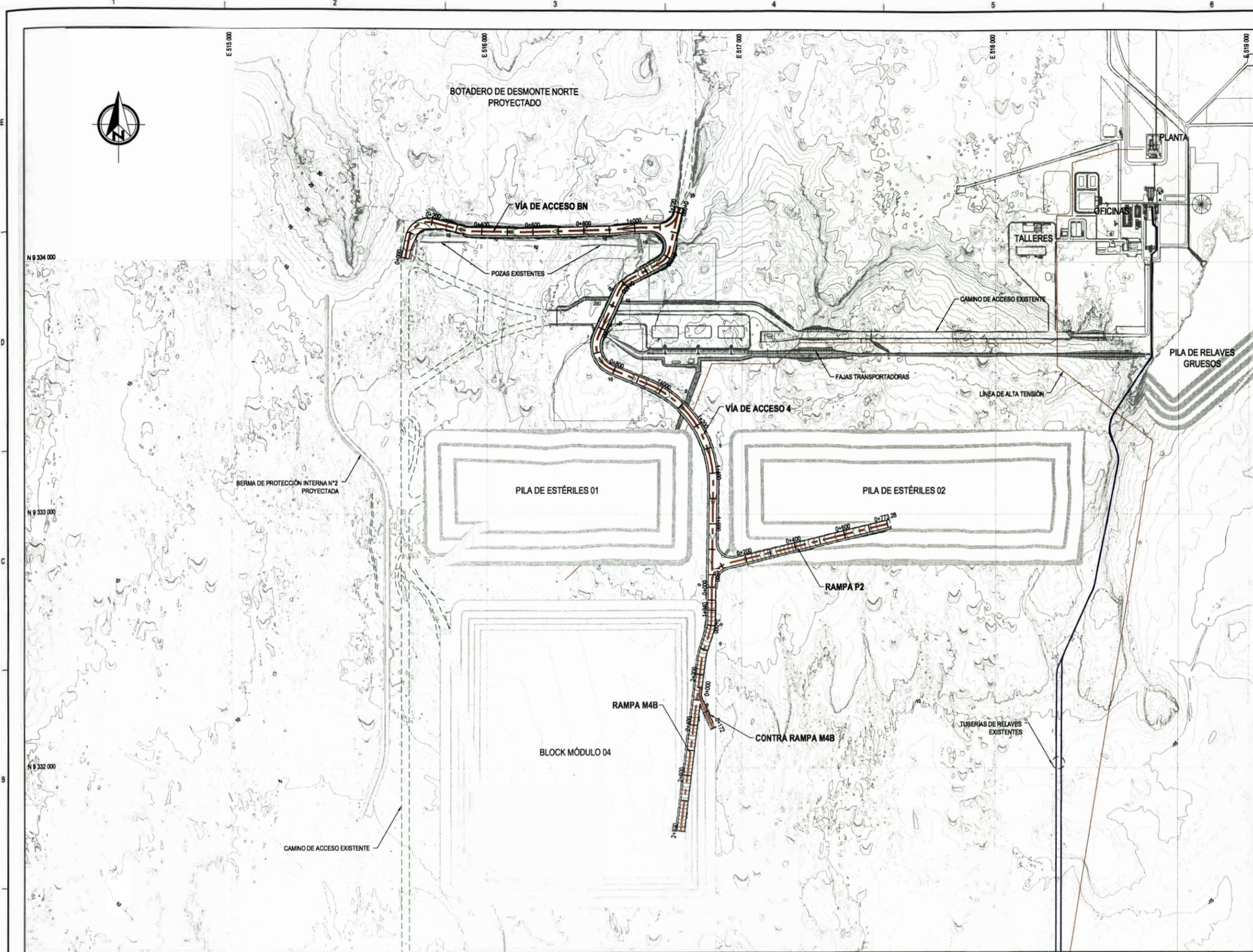
**TABLA N°1
ACCESO TKS
TABLA DE CONTROL HORIZONTAL**

DESC.	ESTACIÓN	DATOS DE CURVA	NORTE	ESTE
PI	0+000.00		9 329 229.31	515086.81
PI	0+259.68		9 329 485.78	515129.49
PC	0+195.70		9 329422.59	515119.47
RP		CURVA: 1	9 329410.84	515193.55
PT	0+301.64		9 329 485.84	515193.48
		ÁNGULO: 80°56'05"	TIPO: DERECHA	
		RADIO: 75.00	GDC: 76°23'40"	
PI	0+301.64		9 329 485.84	515193.48



TRANSICIÓN DE PERALTES
ESCALA: H=1:200
V=1:20

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR</p> <p>VÍAS DE ACCESO ZONA SUR TRANSICIÓN DE PERALTE Y SOBREAÑO</p>		<p>Informe de Suficiencia</p> <p>Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fostatatos Bayóvar</p> <p>Curso de Titulación 2014</p> <p>Lima - Perú</p> <p>Autor: Joe Villanueva Quintanilla</p>	<p>FECHA # REVISIÓN: 10/04/2015</p> <p>DIBUJADO: J. VILLANUEVA</p> <p>DISEÑADO: J. VILLANUEVA</p> <p>REVISADO:</p> <p>APROBADO:</p> <p>PROYECCIÓN: UTM, ZONA 17S</p> <p>DATUM: WGS84</p> <p>UNIDAD:</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR</p> <p>VÍAS DE ACCESO ZONA SUR</p> <p>TRANSICIÓN DE PERALTE Y SOBREAÑO</p> <p>ESCALA: PROYECTO N° INFORME TAMAÑO A3 PLANO N° 200-12 REV A</p>
<p>CONFIDENCIAL</p> <p>ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO.</p> <p>NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN METROS QUE SE INDICÓ LO CONTRARIO EN EL PLANO.</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>FECHA</p> <p>DESCRIPCIÓN</p> <p>EMITIDO PARA REVISIÓN</p> <p>J. VILLANUEVA</p> <p>J. VILLANUEVA</p> <p>REVISADO</p> <p>APROBADO</p> <p>PLANO N°</p> <p>REFERENCIA DE PLANOS</p>	<p>REV. A</p> <p>10/04/2015</p> <p>EMITIDO PARA REVISIÓN</p> <p>J. VILLANUEVA</p> <p>J. VILLANUEVA</p> <p>REVISADO</p> <p>APROBADO</p> <p>PLANO N°</p> <p>REFERENCIA DE PLANOS</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR</p> <p>VÍAS DE ACCESO ZONA SUR</p> <p>TRANSICIÓN DE PERALTE Y SOBREAÑO</p> <p>ESCALA: PROYECTO N° INFORME TAMAÑO A3 PLANO N° 200-12 REV A</p>	

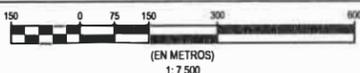


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LAS VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	LÍNEA DE ALTA TENSIÓN
	TUBERÍAS DE RELAVES EXISTENTES
	EJE DE LAS VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADO POR LA EMPRESA GSI INGENIERÍA SUBCONTRATADO POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADAS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUIDAS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.

TABLA N°1 VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE	
ACCESO 4	0+000 - 1+940
ACCESO BN	0+000 - 1+220
RAMPA P2	0+000 - 0+773
RAMPA M4B	1+910 - 2+820
CONTRA RAMPA M4B	0+000 - 0+172

TABLA N°2 VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE - VIDA ÚTIL			
	1 AÑO	2 AÑOS	3 AÑOS
ACCESO 4		0+600 - 2+000	0+000 - 0+600
ACCESOBN	0+000 - 1+220		
RAMPA P2	0+000 - 0+773		
RAMPA M4B	2+000 - 2+820		



REV.	FECHA	EMITIDO PARA REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015			J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

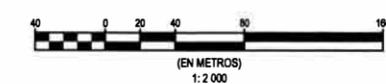
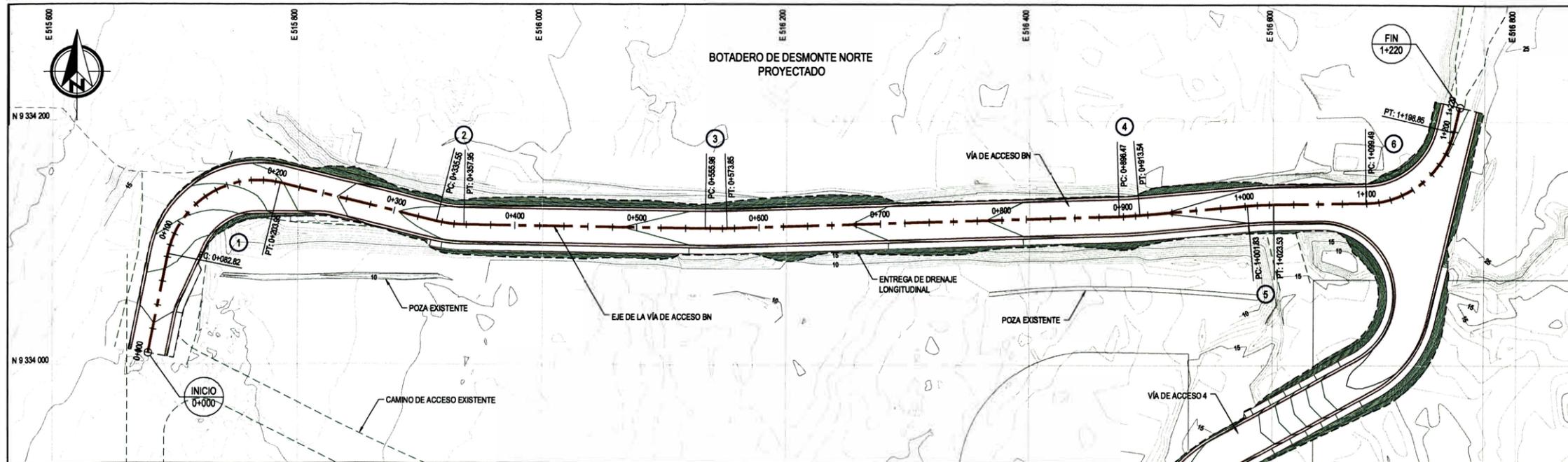
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Informe de Suficiencia
 Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fostatos Bayovar
 Curso de Titulación 2014
 Lima - Perú
 Autor: Joe Villanueva Quintanilla

CONFIDENCIAL:
 ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO.
 NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

FECHA EMISIÓN:	10/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM, ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

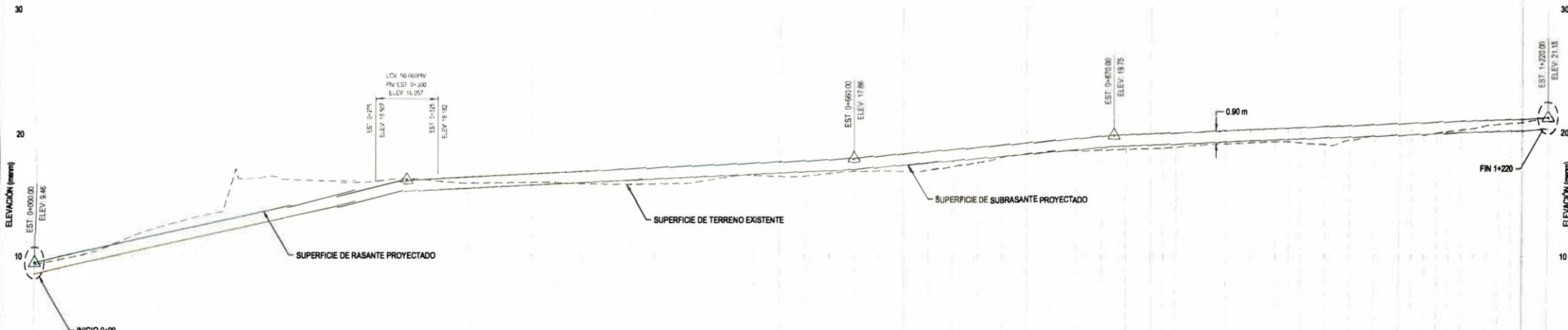
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR
 PLANO:
VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE
PLANO GENERAL

ESCALA: PROYECTO N°: INFORME TAMAÑO: A3 PLANO N°: 300-01 REV: A 0



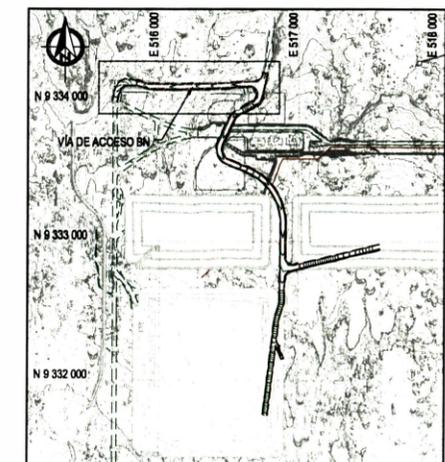
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LA VIA DE ACCESO BN
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	EJE DE LA VIA DE ACCESO BN
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	9.303 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	9.457 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	8.557 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	6 CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	ESTRUCTURAS EXISTENTES

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSI INGENIERÍA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUÍDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE ROADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE COA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE COA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE COA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE COA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



ESTACION	2.200 % EN 300.000 m		0.500 % EN 360.000 m		0.900 % EN 210.000 m		0.400 % EN 350.000 m	
	COTA RASANTE	COTA TERRENO						
0+000	9.303	8.557	9.457	9.457	9.303	8.557	9.457	9.457
0+100	9.667	8.997	9.897	9.897	9.667	8.997	9.897	9.897
0+200	10.056	9.437	10.337	10.337	10.056	9.437	10.337	10.337
0+300	10.724	9.877	10.777	10.777	10.724	9.877	10.777	10.777
0+400	11.544	10.317	11.217	11.217	11.544	10.317	11.217	11.217
0+500	12.212	10.757	11.657	11.657	12.212	10.757	11.657	11.657
0+600	12.500	10.977	11.877	11.877	12.500	10.977	11.877	11.877
0+700	12.754	11.197	12.097	12.097	12.754	11.197	12.097	12.097
0+800	13.039	11.417	12.317	12.317	13.039	11.417	12.317	12.317
0+900	13.275	11.637	12.537	12.537	13.275	11.637	12.537	12.537
1+000	13.458	11.857	12.757	12.757	13.458	11.857	12.757	12.757
1+100	13.606	12.077	12.977	12.977	13.606	12.077	12.977	12.977
1+200	13.721	12.297	13.197	13.197	13.721	12.297	13.197	13.197
1+220	13.867	12.517	13.417	13.417	13.867	12.517	13.417	13.417

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H:1: 2 000
V:1: 200



VISTA GENERAL
ESCALA: 1: 25 000

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO Nº	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUSTENTACIÓN. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPÓSITO.

NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

Informe de Suficiencia

Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar

Curso de Titulación 2014
Limib - Perú

Autor: Joe Villanueva Quintanilla

FECHA EMISIÓN: 10/04/2015
DIBUJADO: J. VILLANUEVA
DISEÑADO: J. VILLANUEVA
REVISADO:
APROBADO:
PROYECCIÓN: UTM, ZONA 17S
DATUM: WGS84
FUENTE:

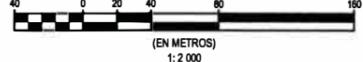
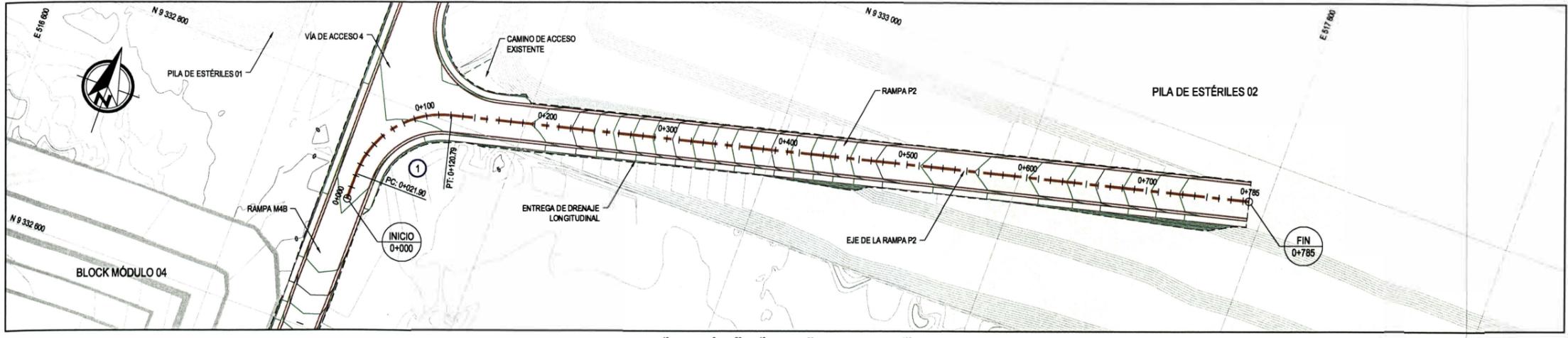
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR

PLANO:
VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE
VÍA DE ACCESO BN

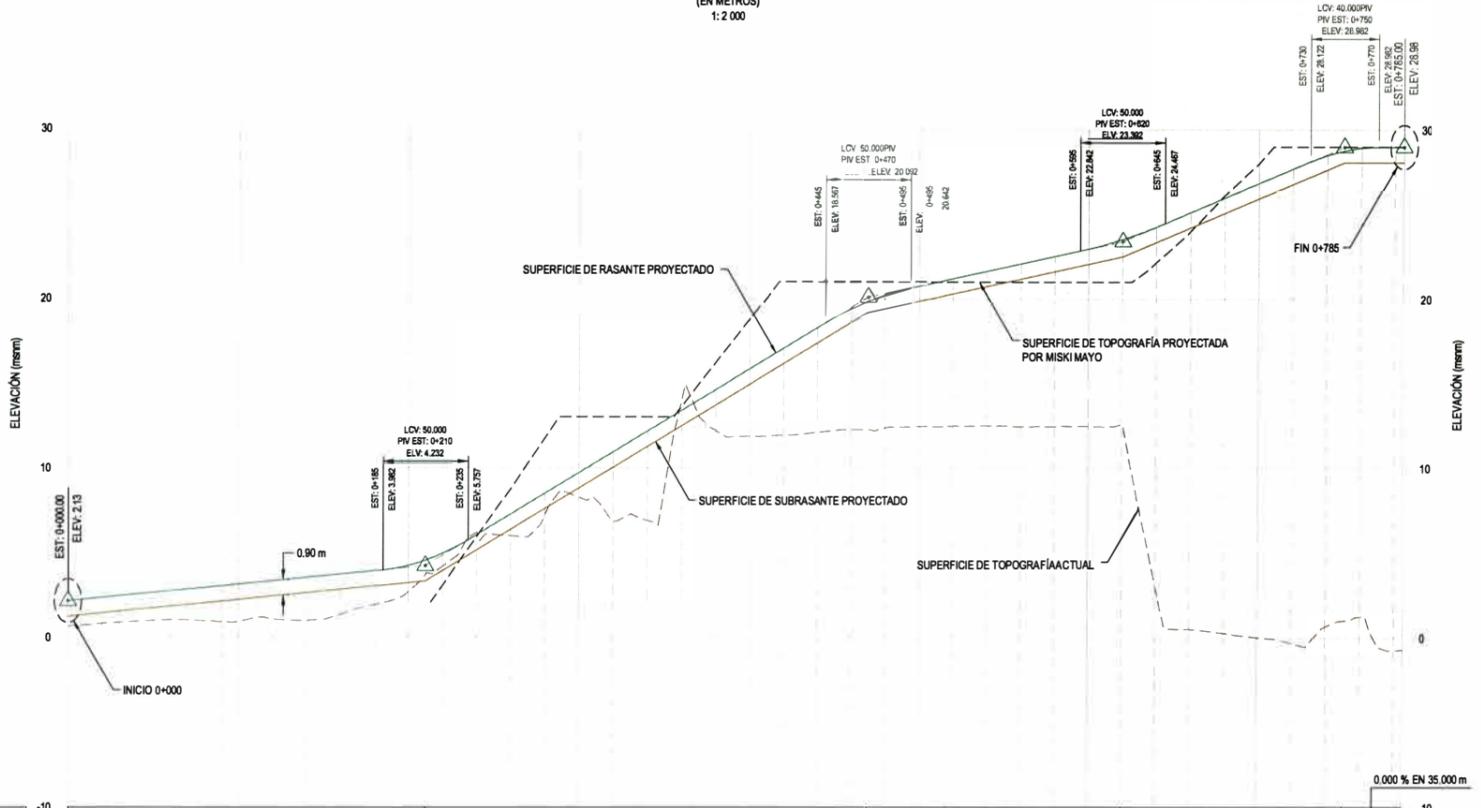
ESCALA: INFORME TAMAÑO: A3 PLANO Nº: 300-04 REV: 0

EMITIDO PARA REVISIÓN

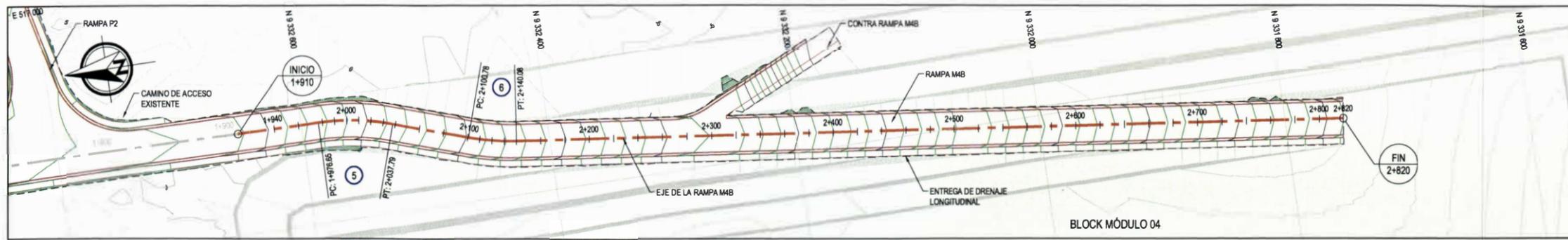


LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA RANCHA P2
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	EJE DE LA RANCHA P2
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	-0.660 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	2.132 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	1.232 ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	1 CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE TOPOGRAFÍA PROYECTADA POR MISKI MAYO (SÓLO EN PERFIL)

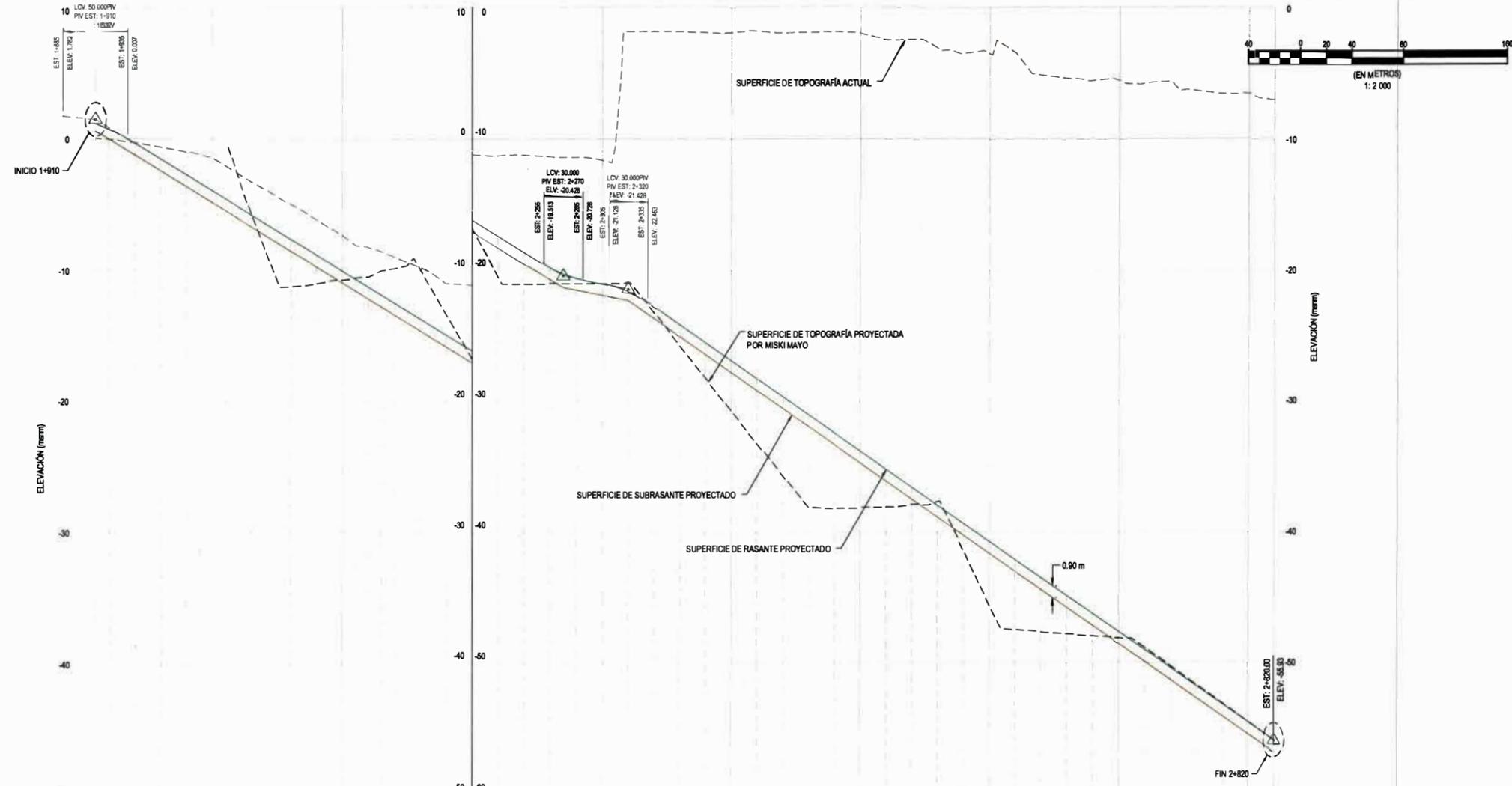
- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSI INGENIERÍA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUÍDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE CQA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE CQA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE CQA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE CQA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE CQA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



PENDIENTE	1.000 % EN 210.000 m										6.100 % EN 260.000 m										2.200 % EN 150.000 m										4.300 % EN 130.000 m																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	0.660	1.232	2.132	0.660	1.432	2.332	0.660	1.532	2.432	0.660	1.632	2.532	0.660	1.732	2.632	0.660	1.832	2.732	0.660	1.932	2.832	0.660	2.032	2.932	0.660	2.132	3.032	0.660	2.232	3.132	0.660	2.332	3.232	0.660	2.432	3.332	0.660	2.532	3.432	0.660	2.632	3.532	0.660	2.732	3.632	0.660	2.832	3.732	0.660	2.932	3.832	0.660	3.032	3.932	0.660	3.132	4.032	0.660	3.232	4.132	0.660	3.332	4.232	0.660	3.432	4.332	0.660	3.532	4.432	0.660	3.632	4.532	0.660	3.732	4.632	0.660	3.832	4.732	0.660	3.932	4.832	0.660	4.032	4.932	0.660	4.132	5.032	0.660	4.232	5.132	0.660	4.332	5.232	0.660	4.432	5.332	0.660	4.532	5.432	0.660	4.632	5.532	0.660	4.732	5.632	0.660	4.832	5.732	0.660	4.932	5.832	0.660	5.032	5.932	0.660	5.132	6.032	0.660	5.232	6.132	0.660	5.332	6.232	0.660	5.432	6.332	0.660	5.532	6.432	0.660	5.632	6.532	0.660	5.732	6.632	0.660	5.832	6.732	0.660	5.932	6.832	0.660	6.032	6.932	0.660	6.132	7.032	0.660	6.232	7.132	0.660	6.332	7.232	0.660	6.432	7.332	0.660	6.532	7.432	0.660	6.632	7.532	0.660	6.732	7.632	0.660	6.832	7.732	0.660	6.932	7.832	0.660	7.032	7.932	0.660	7.132	8.032	0.660	7.232	8.132	0.660	7.332	8.232	0.660	7.432	8.332	0.660	7.532	8.432	0.660	7.632	8.532	0.660	7.732	8.632	0.660	7.832	8.732	0.660	7.932	8.832	0.660	8.032	8.932	0.660	8.132	9.032	0.660	8.232	9.132	0.660	8.332	9.232	0.660	8.432	9.332	0.660	8.532	9.432	0.660	8.632	9.532	0.660	8.732	9.632	0.660	8.832	9.732	0.660	8.932	9.832	0.660	9.032	9.932	0.660	9.132	10.032	0.660	9.232	10.132	0.660	9.332	10.232	0.660	9.432	10.332	0.660	9.532	10.432	0.660	9.632	10.532	0.660	9.732	10.632	0.660	9.832	10.732	0.660	9.932	10.832	0.660	10.032	10.932	0.660	10.132	11.032	0.660	10.232	11.132	0.660	10.332	11.232	0.660	10.432	11.332	0.660	10.532	11.432	0.660	10.632	11.532	0.660	10.732	11.632	0.660	10.832	11.732	0.660	10.932	11.832	0.660	11.032	11.932	0.660	11.132	12.032	0.660	11.232	12.132	0.660	11.332	12.232	0.660	11.432	12.332	0.660	11.532	12.432	0.660	11.632	12.532	0.660	11.732	12.632	0.660	11.832	12.732	0.660	11.932	12.832	0.660	12.032	12.932	0.660	12.132	13.032	0.660	12.232	13.132	0.660	12.332	13.232	0.660	12.432	13.332	0.660	12.532	13.432	0.660	12.632	13.532	0.660	12.732	13.632	0.660	12.832	13.732	0.660	12.932	13.832	0.660	13.032	13.932	0.660	13.132	14.032	0.660	13.232	14.132	0.660	13.332	14.232	0.660	13.432	14.332	0.660	13.532	14.432	0.660	13.632	14.532	0.660	13.732	14.632	0.660	13.832	14.732	0.660	13.932	14.832	0.660	14.032	14.932	0.660	14.132	15.032	0.660	14.232	15.132	0.660	14.332	15.232	0.660	14.432	15.332	0.660	14.532	15.432	0.660	14.632	15.532	0.660	14.732	15.632	0.660	14.832	15.732	0.660	14.932	15.832	0.660	15.032	15.932	0.660	15.132	16.032	0.660	15.232	16.132	0.660	15.332	16.232	0.660	15.432	16.332	0.660	15.532	16.432	0.660	15.632	16.532	0.660	15.732	16.632	0.660	15.832	16.732	0.660	15.932	16.832	0.660	16.032	16.932	0.660	16.132	17.032	0.660	16.232	17.132	0.660	16.332	17.232	0.660	16.432	17.332	0.660	16.532	17.432	0.660	16.632	17.532	0.660	16.732	17.632	0.660	16.832	17.732	0.660	16.932	17.832	0.660	17.032	17.932	0.660	17.132	18.032	0.660	17.232	18.132	0.660	17.332	18.232	0.660	17.432	18.332	0.660	17.532	18.432	0.660	17.632	18.532	0.660	17.732	18.632	0.660	17.832	18.732	0.660	17.932	18.832	0.660	18.032	18.932	0.660	18.132	19.032	0.660	18.232	19.132	0.660	18.332	19.232	0.660	18.432	19.332	0.660	18.532	19.432	0.660	18.632	19.532	0.660	18.732	19.632	0.660	18.832	19.732	0.660	18.932	19.832	0.660	19.032	19.932	0.660	19.132	20.032	0.660	19.232	20.132	0.660	19.332	20.232	0.660	19.432	20.332	0.660	19.532	20.432	0.660	19.632	20.532	0.660	19.732	20.632	0.660	19.832	20.732	0.660	19.932	20.832	0.660	20.032	20.932	0.660	20.132	21.032	0.660	20.232	21.132	0.660	20.332	21.232	0.660	20.432	21.332	0.660	20.532	21.432	0.660	20.632	21.532	0.660	20.732	21.632	0.660	20.832	21.732	0.660	20.932	21.832	0.660	21.032	21.932	0.660	21.132	22.032	0.660	21.232	22.132	0.660	21.332	22.232	0.660	21.432	22.332	0.660	21.532	22.432	0.660	21.632	22.532	0.660	21.732	22.632	0.660	21.832	22.732	0.660	21.932	22.832	0.660	22.032	22.932	0.660	22.132	23.032	0.660	22.232	23.132	0.660	22.332	23.232	0.660	22.432	23.332	0.660	22.532	23.432	0.660	22.632	23.532	0.660	22.732	23.632	0.660	22.832	23.732	0.660	22.932	23.832	0.660	23.032	23.932	0.660	23.132	24.032	0.660	23.232	24.132	0.660	23.332	24.232	0.660	23.432	24.332	0.660	23.532	24.432	0.660	23.632	24.532	0.660	23.732	24.632	0.660	23.832	24.732	0.660	23.932	24.832	0.660	24.032	24.932	0.660	24.132	25.032	0.660	24.232	25.132	0.660	24.332	25.232	0.660	24.432	25.332	0.660	24.532	25.432	0.660	24.632	25.532	0.660	24.732	25.632	0.660	24.832	25.732	0.660	24.932	25.832	0.660	25.032	25.932	0.660	25.132	26.032	0.660	25.232	26.132	0.660	25.332	26.232	0.660	25.432	26.332	0.660	25.532	26.432	0.660	25.632	26.532	0.660	25.732	26.632	0.660	25.832	26.732	0.660	25.932	26.832	0.660	26.032	26.932	0.660	26.132	27.032	0.660	26.232	27.132	0.660	26.332	27.232	0.660	26.432	27.332	0.660	26.532	27.432	0.660	26.632	27.532	0.660	26.732	27.632	0.660	26.832	27.732	0.660	26.932	27.832	0.660	27.032	27.932	0.660	27.132	28.032	0.660	27.232	28.132	0.660	27.332	28.232	0.660	27.432	28.332	0.660	27.532	28.432	0.660	27.632	28.532	0.660	27.732	28.632	0.660	27.832	28.732	0.660	27.932	28.832	0.660	28.032	28.932	0.660	28.132	29.032	0.660	28.232	29.132	0.660	28.332	29.232	0.660	28.432	29.332	0.660	28.532	29.432	0.660	28.632	29.532	0.660	28.732	29.632	0.660	28.832	29.732	0.660	28.932	29.832	0.660	29.032	29.932	0.660	29.132	30.032	0.660	29.232	30.132	0.660	29.332	30.232	0.660	29.432	30.332	0.660	29.532	30.432	0.660	29.632	30.532	0.660	29.732	30.632	0.660	29.832	30.732	0.660	29.932	30.832	0.660	30.032	30.932	0.660	30.132	31.032	0.660	30.232	31.132	0.660	30.332	31.232	0.660	30.432	31.332	0.660	30.532	31.432	0.660	30.632	31.532	0.660	30.732	31.632	0.660	30.832	31.732	0.660	30.932	31.832	0.660	31.032	31.932	0.660	31.132	32.032	0.660	31.232	32.132	0.660	31.332	32.232	0.660	31.432	32.332	0.660	31.532	32.432	0.660	31.632	32.532	0.660	31.732	32.632	0.660	31.832	32.732	0.660	31.932	32.832	0.660	32.032	32.932	0.660	32.132	33.032	0.660	32.232	33.132	0.660	32.332	33.232	0.660	32.432	33.332	0.660	32.532	33.432	0.660	32.632	33.532	0.660	32.732	33.632	0.660	32.832	33.732	0.660	32.932	33.832	0.660	33.032	33.932	0.660	33.132	34.032	0.660	33.232	34.132	0.660	33.332	34.232	0.660	33.432	34.332	0.660	33.532	34.432	0.660	33.632



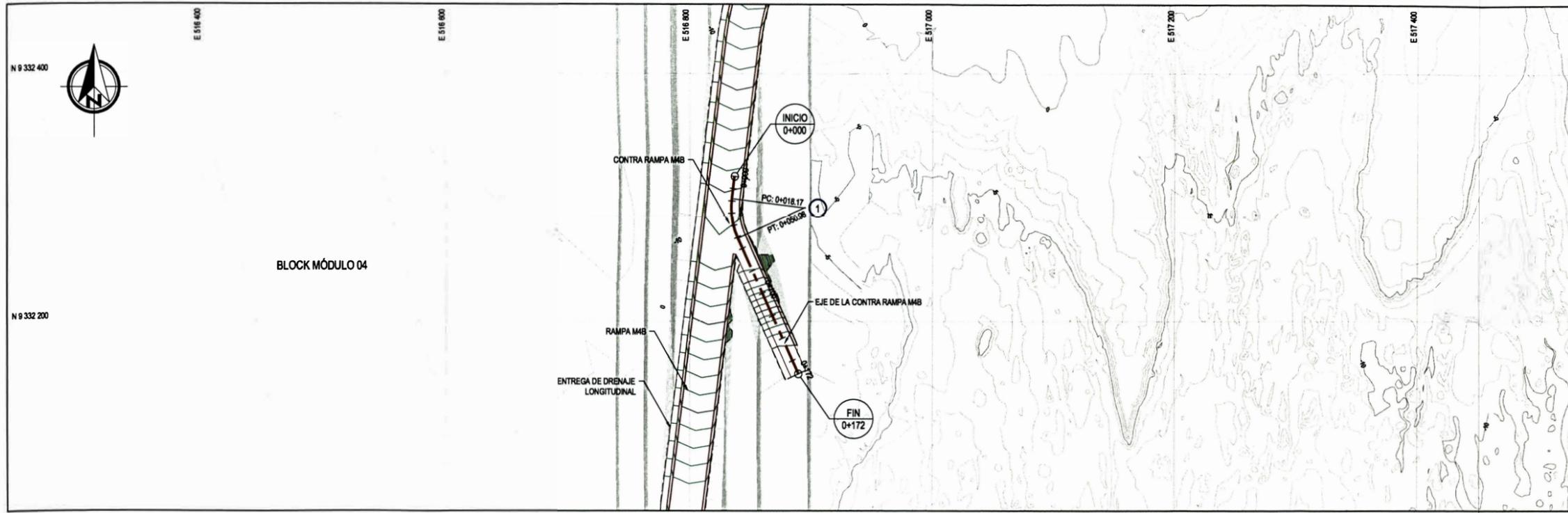
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN DE LA RAMPA M4B Y DE LA VÍA DE ACCESO 4
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	EJE DE LA RAMPA M4B
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE TOPOGRAFÍA PROYECTADA POR MISKI MAYO (SÓLO EN PERFIL)



- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSL INGENIERIA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLÚMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUIDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE COA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE COA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE COA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE COA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.

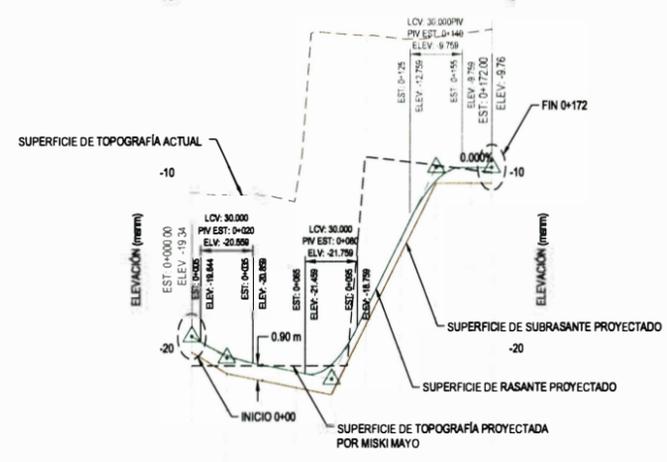
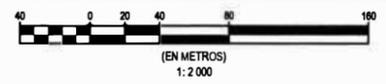
PENDIENTE
COTA RASANTE
COTA SUBRASANTE
COTA TERRENO
ALTURA DE CORTE
ALTURA DE RELLENO
ALINEAMIENTO
KILOMETRAJE

ESTACION	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800	2+900	3+000	3+100	3+200	3+300	3+400	3+500	3+600	3+700	3+800	3+900	4+000	4+100	4+200	4+300	4+400	4+500	4+600	4+700	4+800	4+900	5+000	5+100	5+200	5+300	5+400	5+500	5+600	5+700	5+800	5+900	6+000	6+100	6+200	6+300	6+400	6+500	6+600	6+700	6+800	6+900	7+000	7+100	7+200	7+300	7+400	7+500	7+600	7+700	7+800	7+900	8+000	8+100	8+200	8+300	8+400	8+500	8+600	8+700	8+800	8+900	9+000	9+100	9+200	9+300	9+400	9+500	9+600	9+700	9+800	9+900	10+000	10+100	10+200	10+300	10+400	10+500	10+600	10+700	10+800	10+900	11+000	11+100	11+200	11+300	11+400	11+500	11+600	11+700	11+800	11+900	12+000	12+100	12+200	12+300	12+400	12+500	12+600	12+700	12+800	12+900	13+000	13+100	13+200	13+300	13+400	13+500	13+600	13+700	13+800	13+900	14+000	14+100	14+200	14+300	14+400	14+500	14+600	14+700	14+800	14+900	15+000	15+100	15+200	15+300	15+400	15+500	15+600	15+700	15+800	15+900	16+000	16+100	16+200	16+300	16+400	16+500	16+600	16+700	16+800	16+900	17+000	17+100	17+200	17+300	17+400	17+500	17+600	17+700	17+800	17+900	18+000	18+100	18+200	18+300	18+400	18+500	18+600	18+700	18+800	18+900	19+000	19+100	19+200	19+300	19+400	19+500	19+600	19+700	19+800	19+900	20+000	20+100	20+200	20+300	20+400	20+500	20+600	20+700	20+800	20+900	21+000	21+100	21+200	21+300	21+400	21+500	21+600	21+700	21+800	21+900	22+000	22+100	22+200	22+300	22+400	22+500	22+600	22+700	22+800	22+900	23+000	23+100	23+200	23+300	23+400	23+500	23+600	23+700	23+800	23+900	24+000	24+100	24+200	24+300	24+400	24+500	24+600	24+700	24+800	24+900	25+000	25+100	25+200	25+300	25+400	25+500	25+600	25+700	25+800	25+900	26+000	26+100	26+200	26+300	26+400	26+500	26+600	26+700	26+800	26+900	27+000	27+100	27+200	27+300	27+400	27+500	27+600	27+700	27+800	27+900	28+000	28+100	28+200	28+300	28+400	28+500	28+600	28+700	28+800	28+900	29+000	29+100	29+200	29+300	29+400	29+500	29+600	29+700	29+800	29+900	30+000	30+100	30+200	30+300	30+400	30+500	30+600	30+700	30+800	30+900	31+000	31+100	31+200	31+300	31+400	31+500	31+600	31+700	31+800	31+900	32+000	32+100	32+200	32+300	32+400	32+500	32+600	32+700	32+800	32+900	33+000	33+100	33+200	33+300	33+400	33+500	33+600	33+700	33+800	33+900	34+000	34+100	34+200	34+300	34+400	34+500	34+600	34+700	34+800	34+900	35+000	35+100	35+200	35+300	35+400	35+500	35+600	35+700	35+800	35+900	36+000	36+100	36+200	36+300	36+400	36+500	36+600	36+700	36+800	36+900	37+000	37+100	37+200	37+300	37+400	37+500	37+600	37+700	37+800	37+900	38+000	38+100	38+200	38+300	38+400	38+500	38+600	38+700	38+800	38+900	39+000	39+100	39+200	39+300	39+400	39+500	39+600	39+700	39+800	39+900	40+000	40+100	40+200	40+300	40+400	40+500	40+600	40+700	40+800	40+900	41+000	41+100	41+200	41+300	41+400	41+500	41+600	41+700	41+800	41+900	42+000	42+100	42+200	42+300	42+400	42+500	42+600	42+700	42+800	42+900	43+000	43+100	43+200	43+300	43+400	43+500	43+600	43+700	43+800	43+900	44+000	44+100	44+200	44+300	44+400	44+500	44+600	44+700	44+800	44+900	45+000	45+100	45+200	45+300	45+400	45+500	45+600	45+700	45+800	45+900	46+000	46+100	46+200	46+300	46+400	46+500	46+600	46+700	46+800	46+900	47+000	47+100	47+200	47+300	47+400	47+500	47+600	47+700	47+800	47+900	48+000	48+100	48+200	48+300	48+400	48+500	48+600	48+700	48+800	48+900	49+000	49+100	49+200	49+300	49+400	49+500	49+600	49+700	49+800	49+900	50+000
0.827	0.834	0.841	0.848	0.855	0.862	0.869	0.876	0.883	0.890	0.897	0.904	0.911	0.918	0.925	0.932	0.939	0.946	0.953	0.960	0.967	0.974	0.981	0.988	0.995	1.002	1.009	1.016	1.023	1.030	1.037	1.044	1.051	1.058	1.065	1.072	1.079	1.086	1.093	1.100	1.107	1.114	1.121	1.128	1.135	1.142	1.149	1.156	1.163	1.170	1.177	1.184	1.191	1.198	1.205	1.212	1.219	1.226	1.233	1.240	1.247	1.254	1.261	1.268	1.275	1.282	1.289	1.296	1.303	1.310	1.317	1.324	1.331	1.338	1.345	1.352	1.359	1.366	1.373	1.380	1.387	1.394	1.401	1.408	1.415	1.422	1.429	1.436	1.443	1.450	1.457	1.464	1.471	1.478	1.485	1.492	1.499	1.506	1.513	1.520	1.527	1.534	1.541	1.548	1.555	1.562	1.569	1.576	1.583	1.590	1.597	1.604	1.611	1.618	1.625	1.632	1.639	1.646	1.653	1.660	1.667	1.674	1.681	1.688	1.695	1.702	1.709	1.716	1.723	1.730	1.737	1.744	1.751	1.758	1.765	1.772	1.779	1.786	1.793	1.800	1.807	1.814	1.821	1.828	1.835	1.842	1.849	1.856	1.863	1.870	1.877	1.884	1.891	1.898	1.905	1.912	1.919	1.926	1.933	1.940	1.947	1.954	1.961	1.968	1.975	1.982	1.989	1.996	2.003	2.010	2.017	2.024	2.031	2.038	2.045	2.052	2.059	2.066	2.073	2.080	2.087	2.094	2.101	2.108	2.115	2.122	2.129	2.136	2.143	2.150	2.157	2.164	2.171	2.178	2.185	2.192	2.199	2.206	2.213	2.220	2.227	2.234	2.241	2.248	2.255	2.262	2.269	2.276	2.283	2.290	2.297	2.304	2.311	2.318	2.325	2.332	2.339	2.346	2.353	2.360	2.367	2.374	2.381	2.388	2.395	2.402	2.409	2.416	2.423	2.430	2.437	2.444	2.451	2.458	2.465	2.472	2.479	2.486	2.493	2.500	2.507	2.514	2.521	2.528	2.535	2.542	2.549	2.556	2.563	2.570	2.577	2.584	2.591	2.598	2.605	2.612	2.619	2.626	2.633	2.640	2.647	2.654	2.661	2.668	2.675	2.682	2.689	2.696	2.703	2.710	2.717	2.724	2.731	2.738	2.745	2.752	2.759	2.766	2.773	2.780	2.787	2.794	2.801	2.808	2.815	2.822	2.829	2.836	2.843	2.850	2.857	2.864	2.871	2.878	2.885	2.892	2.899	2.906	2.913	2.920	2.927	2.934	2.941	2.948	2.955	2.962	2.969	2.976	2.983	2.990	2.997	3.004	3.011	3.018	3.025	3.032	3.039	3.046	3.053	3.060	3.067	3.074	3.081	3.088	3.095	3.102	3.109	3.116	3.123	3.130	3.137	3.144	3.151	3.158	3.165	3.172	3.179	3.186	3.193	3.200	3.207	3.214	3.221	3.228	3.235	3.242	3.249	3.256	3.263	3.270	3.277	3.284	3.291	3.298	3.305	3.312	3.319	3.326	3.333	3.340	3.347	3.354	3.361	3.368	3.375	3.382	3.389	3.396	3.403	3.410	3.417	3.424	3.431	3.438	3.445	3.452	3.459	3.466	3.473	3.480	3.487	3.494	3.501	3.508	3.515	3.522	3.529	3.536	3.543	3.550	3.557	3.564	3.571	3.578	3.585	3.592	3.599	3.606	3.613	3.620	3.627	3.634	3.641	3.648	3.655	3.662																																																																																																



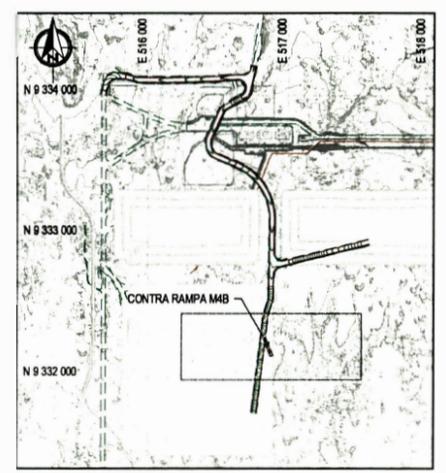
LEYENDA	
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION DE LA CONTRA RANPA MMB
	CURVAS DE NIVEL DE LAS SUPERFICIES PROYECTADAS
	LÍNEAS DE DISEÑO
	LÍMITE DE CORTE O RELLENO
	CAMINO DE ACCESO EXISTENTE
	EJE DE LA CONTRA RANPA MMB
	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL - PVI (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE EXISTENTE (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	ELEVACIÓN DE LA SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN EL PERFIL)
	CURVA HORIZONTAL
	SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE EXISTENTE (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE RASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE SUBRASANTE PROYECTADO (SÓLO EN PERFIL)
	SUPERFICIE DE TOPOGRAFÍA PROYECTADA POR MISKI MAYO (SÓLO EN PERFIL)

- NOTAS:**
- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
 - LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADA POR LA EMPRESA GSL INGENIERÍA, SUBCONTRATADA POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
 - EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PILAS DE ESTÉRILES FUERON PROPORCIONADOS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
 - LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUÍDOS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
 - LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACION REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE ROADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
 - LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE CQA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE CQA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
 - EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE CQA.
 - LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
 - LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
 - LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE CQA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE CQA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



PENDIENTE	-6.100 % EN 20.000 m		-2.000 % EN 60.000 m		20.000 % EN 60.000 m		0.000 % EN 32.000 m	
	COTA RASANTE	-19.339	-20.405	-20.741	-21.198	-21.799	-10.500	-9.759
COTA SUBRASANTE	-19.339	-20.405	-20.741	-21.198	-21.799	-10.500	-9.759	
COTA TERRENO	-11.195	-11.302	-11.334	-11.515	-10.940	-10.500	-10.659	
ALTURA DE CORTE	8.143	8.933	9.442	9.624	10.848	18.220	7.804	
ALTURA DE RELLENO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
ALINEAMIENTO	L=32.90m R=60.00m		L=120.97m					
KILOMETRAJE								

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA: H=1:2000
V=1:200



VISTA GENERAL
ESCALA: 1:25 000

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	1004/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CONFIDENCIAL:
ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES SUICIDIOS PARA USO EXCLUSIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPOSITO.
NOTA: LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

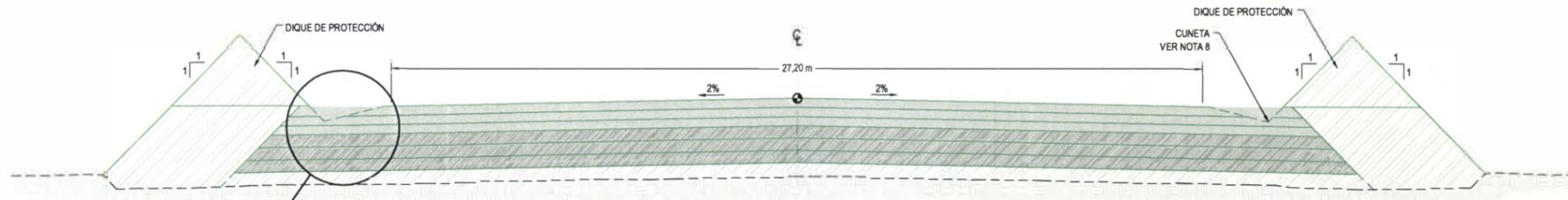
Informe de Suficiencia
Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar
Curso de Titulación 2014
Lima - Perú
Autor: Joe Villanueva Quintanilla

FECHA EMISIÓN: 1004/2015
DIBUJADO: J. VILLANUEVA
DISEÑADO: J. VILLANUEVA
REVISADO:
APROBADO:
PROYECCIÓN: UTM, ZONA 17S
DATUM: WGS84
FUENTE:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR

PLANO:
VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE
CONTRA RANPA MMB

ESCALA: INFORME TAMAÑO A3 PLANO N° 300-07 REV. A

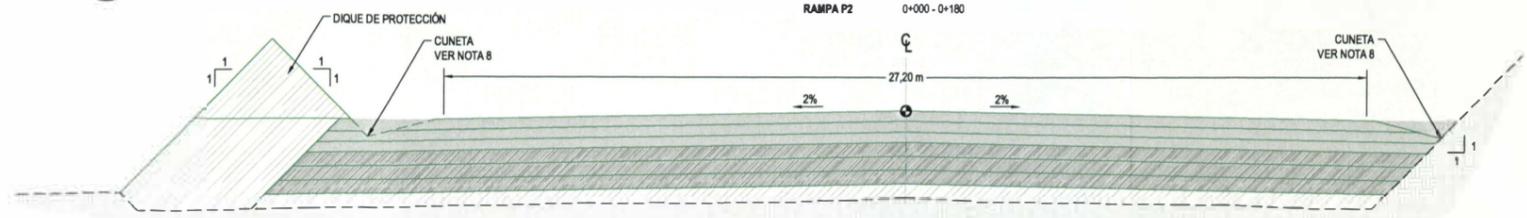


SECCIÓN EN RELLENO

ESCALA: 1:100

ACCESO 4 0+125 - 0+340; 0+425 - 1+850
 RAMPA P2 0+000 - 0+180

A DETALLE DE CUNETA
 300-08



SECCIÓN EN CORTE A MEDIA LADERA

ESCALA: 1:100

ACCESO 4 0+340 - 0+420

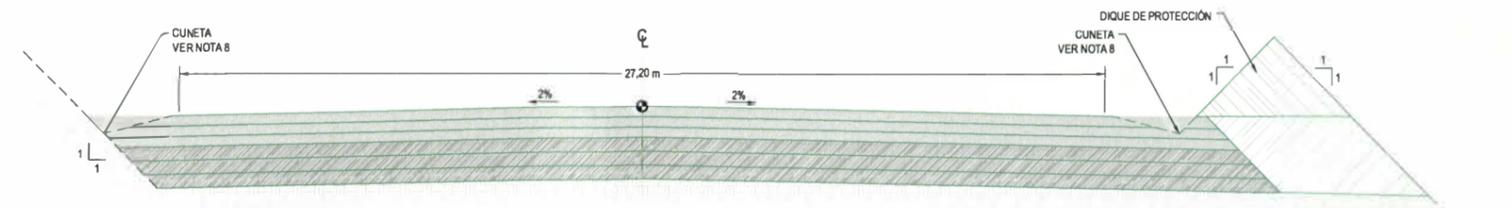
NOTAS:

- EL NIVEL DE SUBRASANTE DEPENDERÁ DE LOS NIVELES DE RELLENO EXISTENTE Y DE LOS NIVELES DE FUNDACIÓN. EN CASO ESTOS NIVELES ESTUVERAN POR DEBAJO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SE DEBERÁ RELLENAR CON MATERIAL PROPIO COMPACTADO SEGUN SE INDICA EN LAS ESPECIFICACIONES.
- LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA INFERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA PARA LOS ACCESOS Y LA CARA INFERIOR DE LA CAPA DE PROTECCIÓN CONTRA EROSIÓN PARA LOS CANALES DE DERIVACIÓN.
- LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGUN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE COA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE COA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.

NOTAS (CONTINUA)

- EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGUN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE COA.
- LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APILADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGUN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
- LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
- LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE COA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFIA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE COA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
- EL PAVIMENTO SE COLOCARÁ EN CAPAS (VER DETALLE A EN PLANO 300-08). UNA VEZ CONFORMADA LA ÚLTIMA CAPA DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SE REALIZA EL CORTE NECESARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CUNETA LONGITUDINAL DE LA VÍA.

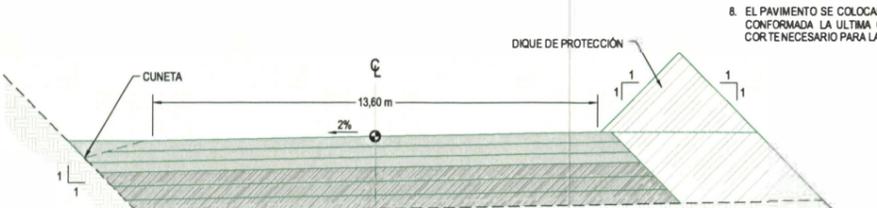
LEYENDA	
①	MATERIAL DE CANTERA
②	SUELO + MATERIAL CANTERA Y MATERIAL ESTABILIZADOR
③	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
④	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑤	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑥	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑦	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑧	SUELO + MATERIAL ESTABILIZADOR
⑨	RELLENO ESTRUCTURAL CON MATERIAL NO ESTABILIZADO
⊕	NIVEL DE RASANTE EN EL PERFIL LONGITUDINAL (PUNTO DE CONTROL)



SECCIÓN EN RAMPAS DE BOTADERO

ESCALA: 1:100

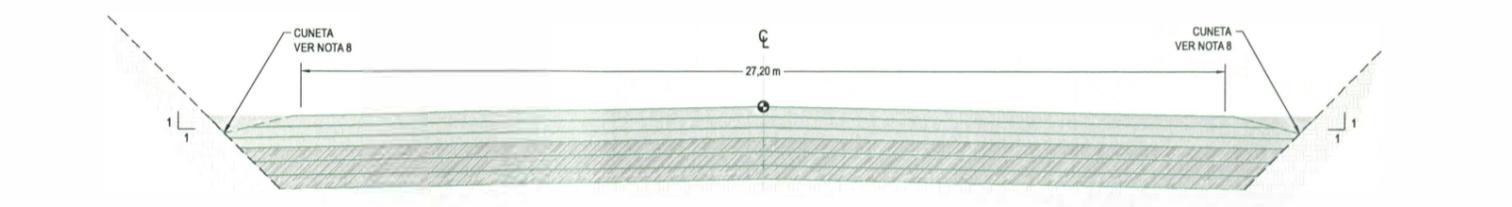
ACCESO BN 0+000 - 0+080; 0+330 - 1+150
 RAMPA P2 0+180 - 0+785
 ACCESO 4 1+850 - 1+940



SECCIÓN EN CONTRARAMPA 1

ESCALA: 1:100

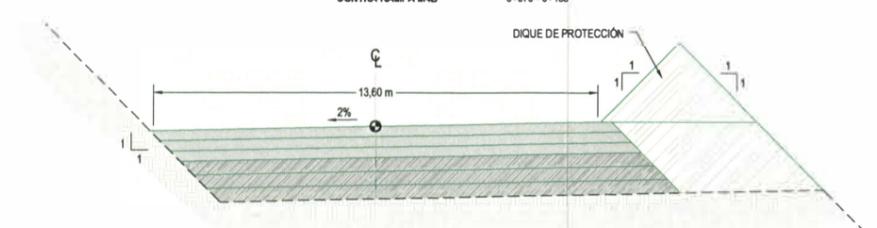
CONTRA RAMPA M4B 0+070 - 0+155



SECCIÓN EN CORTE CERRADO

ESCALA: 1:100

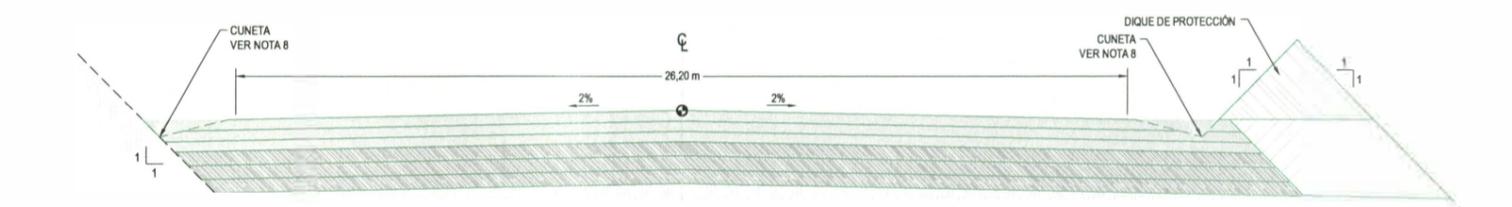
ACCESO BN 0+080 - 0+330; 1+150 - 1+220
 ACCESO 4 0+000 - 0+125



SECCIÓN EN CONTRARAMPA 2

ESCALA: 1:100

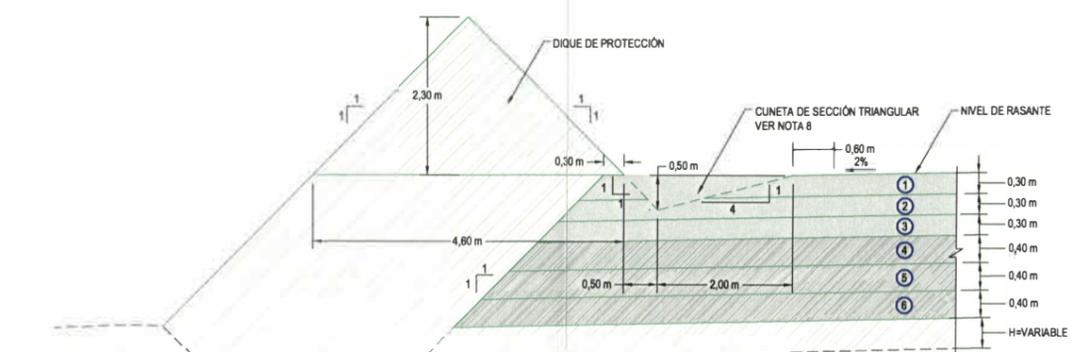
CONTRA RAMPA M4B 0+155 - 0+172



SECCIÓN EN RAMPAS DE TANQUES

ESCALA: 1:100

RAMPA M4B 1+950 - 2+620



A DETALLE DE CUNETA
 300-08

ESCALA: 1:50

REV.	FECHA	EMITIDO PARA REVISIÓN	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO Nº	REFERENCIA DE PLANOS
1	12/04/2015	EMITIDO PARA REVISIÓN		J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

CONFIDENCIAL:
 ESTE PLANO HA SIDO PREPARADO CON FINES ÚNICAMENTE ACADÉMICOS PARA USO EDUCATIVO DEL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA. EL AUTOR NO SE RESPONSABILIZA POR EL USO DE ESTE PLANO PARA CUALQUIER OTRO PROPOSITO.

NOTA: LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL PLANO.

Informe de Suficiencia

Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar

Curso de Titulación 2014

Lima - Perú

Autor: Joe Villanueva Quintanilla

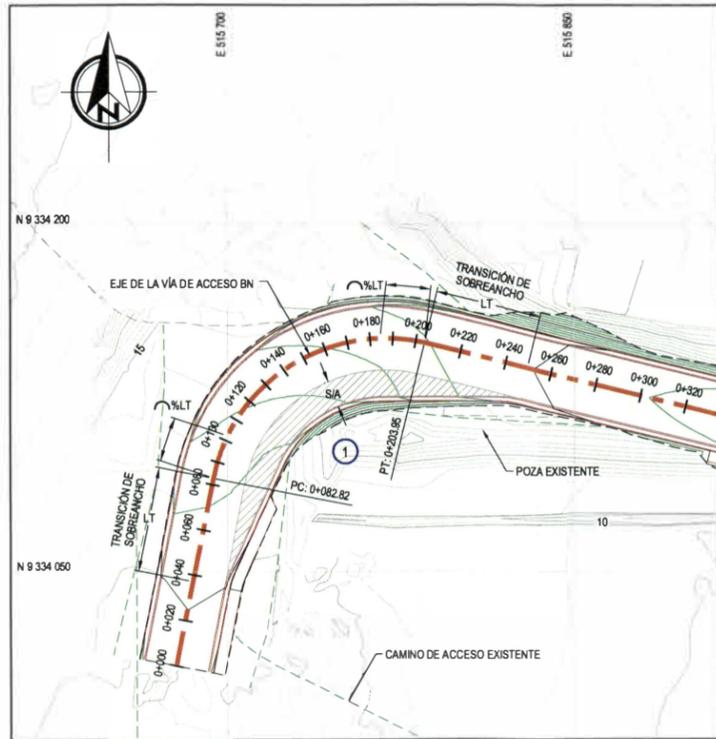
FECHA EMISIÓN:	19/04/2015
DIBUJADO:	J. VILLANUEVA
DISEÑADO:	J. VILLANUEVA
REVISADO:	
APROBADO:	
PROYECCIÓN:	UTM, ZONA 17S
DATUM:	WGS84
FUENTE:	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR

PLANO: VIAS DE ACCESO ZONA NORTE SECCIONES TÍPICAS

ESCALA: --- PROYECTO Nº: INFORME TAMAÑO: A3 PLANO Nº: 300-08 REV: A



Progresiva	Cota Eje rasante (msnm)	Sa (m)	Interior			Exterior			Interior			Exterior		
			1 Inc. Sa (%)	2 P(%)	3 P(%)	1 Sa Inc. Sa (%)	2 a/2 x P (%)	3 a/2 x P (%)	1 Cota Borde Sa	2 Cota Borde S.R.	3 Cota Borde S.R.	1 Cota Borde Sa	2 Cota Borde S.R.	3 Cota Borde S.R.
A	0+037.200	9.457	0.000	-2.00	-2.00	-2.00	0.000	-0.272	-0.272	-	9.185	9.185		
	0+040.000	10.278	0.487	-2.00	-2.00	-1.72	-0.010	-0.272	-0.234	9.996	10.006	10.044		
	0+050.000	10.337	2.302	-2.00	-2.00	-0.66	-0.046	-0.272	-0.090	10.019	10.065	10.247		
B	0+056.278	10.557	3.442	-2.00	-2.00	0.00	-0.069	-0.272	0.000	10.216	10.285	10.557		
	0+060.000	10.696	4.117	-2.00	-2.00	0.39	-0.082	-0.272	0.053	10.341	10.423	10.749		
	0+070.000	10.777	5.933	-2.00	-2.00	1.45	-0.119	-0.272	0.197	10.396	10.505	10.974		
C	0+075.237	10.997	6.883	-2.00	-2.00	2.00	-0.138	-0.272	0.272	10.587	10.725	11.269		
	0+080.000	11.112	7.748	-2.35	-2.35	2.35	-0.182	-0.320	0.320	10.610	10.792	11.432		
PCI	0+082.820	11.217	8.260	-2.80	-2.80	2.80	-0.211	-0.348	0.348	10.657	10.866	11.565		
	0+090.000	11.279	9.563	-3.09	-3.09	3.09	-0.296	-0.420	0.420	10.563	10.859	11.699		
	0+100.000	11.657	11.379	-3.83	-3.83	3.83	-0.436	-0.521	0.521	10.701	11.136	12.178		
D	0+102.320	11.708	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	10.892	11.164	12.252		
	0+110.000	11.877	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	10.881	11.333	12.421		
	0+120.000	12.097	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	11.081	11.553	12.641		
	0+130.000	12.317	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	11.301	11.773	12.861		
	0+140.000	12.537	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	11.521	11.993	13.081		
	0+150.000	12.757	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	11.741	12.213	13.301		
	0+160.000	12.977	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	11.961	12.433	13.521		
	0+170.000	13.197	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	12.181	12.653	13.741		
	0+180.000	13.417	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	12.401	12.873	13.961		
D'	0+184.450	13.515	11.800	-4.00	-4.00	4.00	-0.472	-0.544	0.544	12.499	12.971	14.059		
	0+190.000	13.637	10.792	-3.59	-3.59	3.59	-0.387	-0.488	0.488	12.761	13.149	14.125		
	0+200.000	13.857	8.977	-2.85	-2.85	2.85	-0.256	-0.388	0.404	13.213	13.469	14.261		
PTI	0+203.950	13.944	8.260	-2.80	-2.80	2.80	-0.211	-0.348	0.348	13.364	13.596	14.292		
	0+210.000	14.077	7.162	-2.11	-2.11	2.11	-0.151	-0.287	0.287	13.638	13.790	14.364		
C'	0+211.533	14.111	6.883	-2.00	-2.00	2.00	-0.138	-0.272	0.272	13.701	13.839	14.383		
	0+220.000	14.297	5.346	-2.00	-2.00	1.11	-0.107	-0.272	0.151	13.916	14.025	14.448		
	0+230.000	14.517	3.531	-2.00	-2.00	0.05	-0.071	-0.272	0.007	14.174	14.245	14.524		
B'	0+230.492	14.528	3.442	-2.00	-2.00	0.00	-0.069	-0.272	0.000	14.187	14.256	14.528		
	0+240.000	14.737	1.716	-2.00	-2.00	-1.00	-0.034	-0.272	-0.136	14.431	14.465	14.601		
A'	0+249.450	14.945	0.000	-2.00	-2.00	-2.00	0.000	-0.272	-	14.673	14.673	14.673		

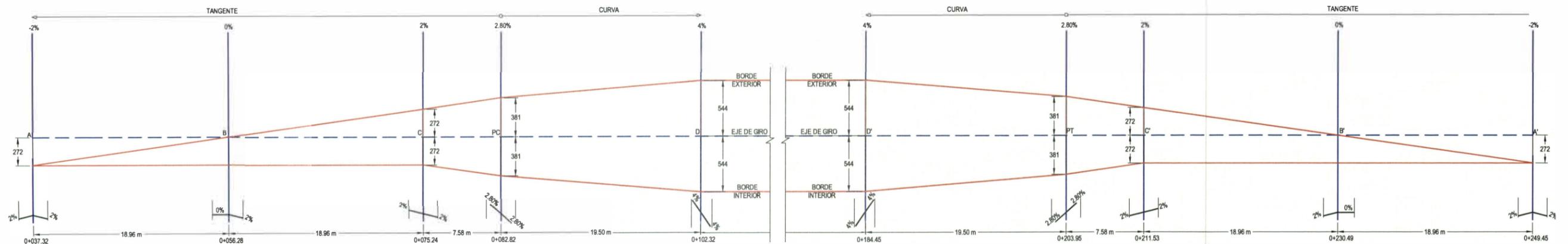
NOTAS:

- LA TOPOGRAFÍA GENERAL FUE PROPORCIONADA POR MISKI MAYO EN FEBRERO DEL 2011.
- LA TOPOGRAFÍA DETALLADA A LO LARGO DE LOS EJES DE LAS VÍAS DE ACCESO FUE ELABORADO POR LA EMPRESA GSL INGENIERÍA SUBCONTRATADO POR AUSENCO VECTOR EN EL MES DE MARZO DEL 2011.
- EL DISEÑO DE LOS TANQUES Y SUS CURVAS DE NIVEL COMO TAMBIÉN LAS PLAS DE ESTERILES FUERON PROPORCIONADAS POR MISKI MAYO EN MARZO DEL 2011.
- LOS DIQUES DE PROTECCIÓN INTERNA FUERON DISEÑADOS EN FEBRERO DEL 2011 POR AUSENCO VECTOR (VOLUMEN 7) Y DEBERÁN SER CONSTRUIDAS EN ESTA ETAPA DEL PROYECTO PARA PROTEGER LOS ACCESOS DE POSIBLES INUNDACIONES.
- LAS CURVAS DE NIVEL DE LA SUPERFICIE DE NIVELACIÓN REPRESENTAN LA CARA SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE RODADURA Y LA CARA SUPERIOR DE LAS CUNETAS LONGITUDINALES.
- LOS TALUDES DE CORTE Y RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR LOS TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO DE CQA) PODRÁN SER EMPINADOS. SI LAS CONDICIONES DE SUELO SON DESFAVORABLES EL CORTE DEBERÁ TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS SERÁN DETERMINADOS EN CAMPO POR EL INGENIERO DE CQA Y APROBADOS POR EL PROPIETARIO.
- EL MATERIAL INADECUADO ENCONTRADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁ SER REMOVIDO Y REEMPLAZADO POR RELLENO ESTRUCTURAL COMPACTADO, O EXCAVADO HASTA EL NIVEL DE CIMENTACIÓN, SEGÚN SEA INDICADO EN ESTE PLANO Y/O REQUERIDO POR EL INGENIERO DE CQA.
- LOS MATERIALES UTILIZABLES (GRAVA PARA DRENAJE, SOBREVESTIMIENTO, SUELO DE BAJA PERMEABILIDAD, ENROCADO, ETC) ENCONTRADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBERÁN SER REMOVIDOS Y APLADADOS PARA USARLOS POSTERIORMENTE, SEGÚN SEA REQUERIDO POR EL PROPIETARIO.
- LOS MATERIALES DE RELLENO DEBERÁN SER COLOCADOS Y COMPACTADOS DE ACUERDO CON LOS ESTABLECIDOS EN LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.
- LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO DE CQA EN CAMPO ANTES DE CONSTRUCCIÓN. SI LA TOPOGRAFÍA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DE CQA DEBERÁ AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.



**TABLA N°1
ACCESO BN
TABLA DE CONTROL HORIZONTAL**

DESC.	ESTACIÓN	DATOS DE CURVA	NORTE	ESTE
PI	0+000.00		9 334 008,28	515 678,06
PI	0+161,22		9 334 167,47	515 709,15
PC	0+082,82		9 334 090,55	515 694,02
RP		CURVA: 1	9 334 076,08	515 676,62
PT	0+203,96		9 334 148,96	515 785,33
		ÁNGULO: 92°32'08"	TIPO: DERECHA	
		RADIO: 75,00	GDC: 76°23'40"	



TRANSICIÓN DE PERALTES

ESCALA: H=1:20
V=1:200

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</p>		<p>Informe de Suficiencia</p> <p>Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar</p> <p>Curso de Titulación 2014</p> <p>Lima - Perú</p> <p>Autor: Joe Villanueva Quintanilla</p>		<p>FECHA EMISIÓN: 18/04/2015</p> <p>DIBUJADO: J. VILLANUEVA</p> <p>DISEÑADO: J. VILLANUEVA</p> <p>REVISADO: J. VILLANUEVA</p> <p>APROBADO: J. VILLANUEVA</p> <p>PROYECCIÓN: UTM, ZONA 17S</p> <p>DATUM: WGS84</p> <p>FUENTE: -</p>		<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS DE ACARREO PARA LA MINA DE FOSTATOS BAYÓVAR</p> <p>PLANO: VÍAS DE ACCESO ZONA NORTE TRANSICIÓN DE PERALTE Y SOBREAÑO</p> <p>ESCALA: PROYECTO N°: INFORME TAMAÑO: A3 PLANO N°: 300-09 REV.: 0</p>			
REV.	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN	DIBUJADO	DISEÑADO	REVISADO	APROBADO	PLANO N°	REFERENCIA DE PLANOS
A	10/04/2015	J. VILLANUEVA	EMITIDO PARA REVISIÓN	J. VILLANUEVA	J. VILLANUEVA				

ANEXO C – COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Estimado de Cantidades y Costos - Vías de Acceso Zona Sur

Proyecto **Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar**
 Propietario **Compañía Minera Miski Mayo S.R.L.**
 Lugar **Piura**
 Fecha: **Junio,2011**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad neta	Contingencia	Cantidad Total	Costo Unit. (US\$)	Costo Parcial (US\$)
01.00	Obras Civiles						
01.01	Movimiento de tierras						
01.01.01	Movilización y desmovilización de equipos.	glb	1	0%	1	374,295	374,295.00
01.01.02	Corte simple y eliminación para nivelación del camino de acceso Zona Sur.	m³	46,950	10%	51,645	2.87	134,746.50
01.01.03	Transporte, colocación y compactación de relleno hasta el nivel de sub-rasante	m³	233,445	10%	256,790	7.66	1,788,188.70
01.01.04	Transporte, colocación y compactación de relleno para conformación del acceso con material estéril.	m³	99,335	10%	109,269	7.66	837,000.54
01.01.05	Transporte, colocación y compactación para diques de protección con material estéril.	m³	70,605	10%	77,666	7.66	594,921.56
01.01.06	Transporte y colocación de base de acceso (Material de cantera + 5% de cal, e=0.30 m)	m³	80,310	10%	88,341	11.92	1,053,025.00
01.01.07	Transporte y colocación de base de acceso (Material cantera 60% + material estéril 40% + cal 5%, e=0.30 m)	m³	78,510	10%	86,361	9.46	816,975.00
01.01.08	Transporte y colocación de base de acceso (Material estéril + cal 5%, e=0.30 m)	m³	157,020	10%	172,722	7.33	1,266,052.00
01.01.09	Transporte y colocación de base de acceso (Material estéril + cal 5%, e=0.40 m)	m³	124,350	10%	136,785	7.14	976,645.00
01.01.10	Corte simple y eliminación para cuneta longitudinal.	m³	5,810	10%	6,391	2.87	18,342.00
Subtotal Item 1.0							7,860,191
02.00	Contingencia, EPCM y Total						
					Sub-Total Camino Acceso a Planta	\$	7,860,191
					Contingencia (10% del Subtotal)	\$	786,019
					Total con Contingencia	\$	8,646,210
					TOTAL	\$	8,646,210

Notas:

1.- Las partidas como son corte simple y eliminación de material, compactación del relleno previo a la construcción de la estructura del pavimento, y la colocación de los diques de protección de las vías de acceso, no han sido considerados en los costos de capital por ser parte de la operación de mina.

Estimado de Cantidades y Costos - Vías de Acceso Zona Norte

Proyecto **Diseño Geométrico de Caminos de Acarreo para la Mina de Fosfatos Bayóvar**
 Propietario **Compañía Minera Miski Mayo S.R.L.**
 Lugar **Piura**
 Fecha **Junio,2011**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad neta	Contingencia	Cantidad Total	Costo Unit. (US\$)	Costo Parcial (US\$)
01.00	Obras Civiles						
01.01	Movimiento de tierras						
01.01.01	Movilización y desmovilización de equipos.	glb	1	0%	1	203,997	203,997.00
01.01.02	Corte simple y eliminación para nivelación del camino de acceso Zona Norte.	m³	110,350	10%	121,385	2.87	316,704.50
01.01.03	Transporte, colocación y compactación de relleno hasta el nivel de sub-rasante	m³	80,245	10%	88,270	7.66	614,676.70
01.01.04	Transporte, colocación y compactación de relleno para conformación del acceso con material estéril.	m³	48,070	10%	52,877	7.66	405,037.82
01.01.05	Transporte, colocación y compactación para diques de protección con material estéril.	m³	36,845	10%	40,530	7.66	310,459.80
01.01.06	Transporte y colocación de base de acceso (Material de cantera + 5% de cal, e=0.30 m)	m³	48,475	10%	53,323	11.92	635,610.00
01.01.07	Transporte y colocación de base de acceso (Material cantera 60% + material estéril 40% + cal 5%, e=0.30 m)	m³	48,205	10%	53,026	9.46	501,626.00
01.01.08	Transporte y colocación de base de acceso (Material estéril + cal 5%, e=0.30 m)	m³	92,075	10%	101,283	7.33	742,404.00
01.01.09	Transporte y colocación de base de acceso (Material estéril + cal 5%, e=0.40 m)	m³	68,955	10%	75,851	7.14	541,576.00
01.01.10	Corte simple y eliminación para cuneta longitudinal.	m³	3,750	10%	4,125	2.87	11,839.00
Subtotal Item 1.0							4,283,931
02.00	Contingencia, EPCM y Total						
						Sub-Total Camino Acceso a Planta	\$ 4,283,931
						Contingencia (10% del Subtotal)	\$ 428,393
						Total con Contingencia	\$ 4,712,324
						TOTAL	\$ 4,712,324

Notas:

1.- Las partidas como son corte simple y eliminación de material, compactación del relleno previo a la construcción de la estructura del pavimento, y la colocación de los diques de protección de las vías de acceso, no han sido considerados en los costos de capital por ser parte de la operación de mina.