

5.3.5 GEOMORFOLOGÍA, ESTABILIDAD Y RIESGO FÍSICO

5.3.5.1 GENERALIDADES

Este capítulo describe los caracteres fisiográficos y procesos erosivos de la zona del proyecto, analizando las implicancias geomorfológicas de los diversos aspectos del relieve, como pendiente, magnitud, intensidad erosiva, estabilidad y otros, especialmente en lo que concierne a la seguridad de las obras viales, su personal e instalaciones, así como a la conservación del medio ambiente. El estudio se subdivide en dos temas principales, el primero es la evaluación geomorfológica propiamente dicha, y el segundo proporciona una zonificación del área en función de estabilidades y riesgos físicos de cada sector.

El área del tramo III de la Concesión vial tiene una notoria variedad de caracteres físico geográficos, y por ello los rasgos geomorfológicos resultan igualmente variados. Las variaciones de relieve y procesos erosivos se deben principalmente a que este tramo atraviesa dos sectores territoriales muy distintos, como son la cordillera andina y la depresión amazónica. En ambas regiones, los procesos erosivos y formas de relieve tienen características particulares.

La elaboración del capítulo se basó en el análisis y foteointerpretación de imágenes de satélite, examen de cartas y observaciones realizadas en el terreno. El estudio se acompaña de dos mapas geomorfológicos y dos de estabilidad y riesgo físico, a escala 1:50 000. A continuación se describen las características geomorfológicas, y de estabilidad y riesgo físico de la vía evaluada, a través de la descripción de dos sectores, uno ubicado en la cordillera andina, en la selva alta y otro en la depresión amazónica, en plena selva baja. Al final de cada uno de esos sub tramos, se presenta un cuadro resumen con las características geomorfológicas principales referidas a su ubicación por kilometraje respecto de la vía.

5.3.5.2 GEOMORFOLOGIA DEL SECTOR 1- KM 300+000 – 325+000

5.3.5.2.1 Morfogénesis

Este corto tramo se halla en la selva alta, en una zona transicional a la selva baja. Esta región de transición se caracteriza por presentar los últimos relieves agrestes finales (vistos de oeste a este), de grandes vertientes montañosas de la cordillera oriental, que alternan con valles amplios, ríos de gran magnitud y planicies bajas de terrazas fluviales, bordeadas por extensas zonas de colinas altas que gradan hacia las colinas y superficies disectadas de la selva baja. Los relieves cordilleranos se hallan al sur del área, en los primeros kilómetros; luego prosiguen los grandes valles que ocupan la mayor parte del área de estudio. El sector final de este tramo corresponde también a relieves colinosos.

El sector sur de cordillera tiene sus orígenes en la evolución andina que data desde el Paleozoico inferior, cuando una extensa depresión continental se excavaba al oeste del Brasil, y se rellenaba de sedimentos arrancados por la erosión al cratón o escudo brasileiro. La sedimentación paleozoica dio lugar a la emersión mediante la tectónica de orogenia herciniana, la cual formó a su vez la actual cordillera oriental. Fuera del área de estudio, al sur y oeste del área de estudio afloran actualmente las rocas paleozoicas de la cordillera Oriental, pero en el sector montañoso específico que va del km 300+000 en adelante, lo que se encuentra de esta cordillera son rocas únicamente cretácicas, que corresponden a la prolongada fase de sedimentación marina ocurrida en el Mesozoico cuando toda la región incluyendo la cordillera oriental se hundió hasta constituir nuevamente fondos marinos.

Toda la región emergió y se hizo continental en el Terciario; el levantamiento andino plio – pleistoceno elevó y plegó la región andina con rumbo definido casi de este a oeste, y por ello, los relieves actuales en esta zona cordillerana responden al alineamiento, presentando actualmente fajas alternadas de terreno montañoso, colinoso, e inclusive los ríos y valles se encajonan con rumbos rectilíneos entre las formaciones sedimentarias plegadas bajo esta alineación.

En general el Cuaternario está muy poco estudiado en la región, pero en este período se acumularon las extensas y potentes acumulaciones torrenciales y fluviales de la cuenca de Quincemil, que es una depresión subsidente al interior de los relieves plegados. La erosión es muy activa en diversas fases de este período, donde el levantamiento andino generó importantes relieves y pendientes, en medios casi siempre muy lluviosos.

Las glaciaciones cuaternarias ocurridas en los Andes, dieron lugar para este tramo evaluado, a fases climáticas más secas que en la actualidad; en esas condiciones es probable que la erosión continental en las laderas actualmente cubiertas de bosques, haya sido bastante mayor, ya que las escorrentías producidas por las lluvias caían sobre terrenos de fuerte pendiente menos cubiertos por vegetación protectora que en la actualidad. La sierra aportaba a la vez mayores volúmenes de sedimentos por el avance de los glaciares cuaternarios, y en general la región de selva alta recibía una gruesa carga aluvional.

El aumento post glacial de la temperatura contribuyó a desarrollar el bosque a su condición actual; la erosión se reduce y se elevan los caudales hidrográficos; el aumento de energía correlativo al incremento de caudal y a la disminución de la carga sólida provoca el hundimiento de las corrientes fluviales, dejando niveles de terraza o antiguos lechos fluviales colmatados por las fases glaciales, en posiciones topográficas superiores a los niveles de las corrientes actuales. No obstante, el bosque tropical no detiene todas las acciones erosivas; la pluviosidad se va haciendo paulatinamente extrema, y en este contexto la vegetación pierde parte de su eficacia protectora; grandes deslizamientos se producen eventualmente aún en las zonas más boscosas.

En los últimos años la erosión antrópica juega un papel sustantivo en la erosión y morfodinámica del área, ya que la deforestación incipiente producida por la actividad agraria que se instala en laderas de fuerte pendiente, favorece la erosión y arrastre de sedimentos por las aguas de escorrentía, en un medio sumamente lluvioso. Este proceso es acentuado en los valles y al lado de las carreteras, y contribuye al deterioro del medio, en un nivel que para el área puede calificarse aún como débil o incipiente. En cambio la intervención antrópica que se produce como actividad minera en la zona es desde el punto de vista morfodinámico mucho más deteriorante que la actividad agraria. Esta actividad remueve los lechos fluviales sin prácticas de control alguna, y luego los ríos modifican sus patrones de escurrimiento, generalmente elevando sus lechos y atacando erosivamente las riberas. Este proceso es muy destructivo, algunos ríos han cambiado drásticamente en pocos años, y constituye una seria amenaza a la estabilidad de la carretera, cuando ésta se ubica en laderas de borde ribereño que son fácilmente socavables por corrientes fluviales en proceso de ensanche y colmatación.

5.3.5.2.2 Fisiografía

La descripción fisiográfica del área de estudio incide en los aspectos externos (pendiente, magnitud del relieve, disección, rugosidad, etc.) que suelen ser determinantes para las particularidades del proyecto. La fisiografía es la base de la caracterización geomorfológica, y por ello las formas de tierra se agrupan en conjuntos morfológicos sencillos muy generales, como planicies, relieves colinosos, montañas, etc.

- **Planicies**

Son superficies llanas de 0 a 4 % de pendiente, que se hallan principalmente en las márgenes de los ríos principales, habiéndose formado por la acumulación reciente de estos ríos y sus procesos de inundación en niveles de terrazas fluviales.

Debido a la horizontalidad del relieve y a la presencia del bosque tropical que las cubre, estas terrazas prácticamente no tienen procesos erosivos sensibles, excepto en sus riberas que pueden ser atacadas por socavamiento de los ríos, o en sus superficies cuando eventualmente las terrazas son cubiertas por las aguas de inundación. Dos tipos de planicies aluviales se diferencian en el mapa geomorfológico: terrazas bajas inundables, y terrazas medias, no inundables. Todas las terrazas constan de bancos arenosos, limosos y arcillosos, y la distribución de estas partículas tiene que ver con la dinámica cambiante de las corrientes fluviales, así por ejemplo, hay sectores de playas de río mayormente arenosas y otras con acumulaciones más pesadas de arcilla o limo; la posterior elevación de estas playas a niveles de terraza no inundable hace que la litología de las terrazas resulte particularmente cambiante en cortos espacios de terreno.

Las arenas, e incluso los fragmentos más gruesos como pequeñas gravillas, aparecen en los ejes de las corrientes fluviales, donde están las máximas velocidades. Los limos, y más aún las arcillas se dan en las zonas distales de las corrientes. Sin embargo, el cambio de dirección de un río por la evolución de un meandro, puede acumular actualmente arenas sobre bancos anteriormente arcillosos o limosos, o viceversa. Por ello la columna estratigráfica de una sección fluvial en profundidad no puede generalizarse.

a) Terrazas bajas inundables (Tbi)

Son las terrazas más recientes de edad holocena y actual. Son planos de alrededor de 1% de pendiente, cuyas alturas sobre los ríos actuales no pasan de 3 a 9 m, por lo que son casi siempre cubiertas por las mayores crecientes que se suceden anualmente. Las inundaciones duran unos días y la circulación de las aguas puede ser violenta dependiendo del río y la configuración topográfica. Para el caso de este tramo, la inundabilidad alcanza alturas mayores en el sector montañoso, de los km 300 a 303, donde el río Inambari, y también el río Loromayo se hallan bastante encajonados entre relieves montañosos; las rápidas crecidas debidas a las lluvias y a las avenidas provenientes de los afluentes, hacen que los niveles de inundabilidad sean considerablemente elevados; pueden crecer de 6 a 9 m. Este rasgo se mantiene aproximadamente hasta el km 310, sector a partir del cual el río Inambari sale de la montaña y los plegamientos cretácicos, para entrar en las rocas modernas y relativamente blandas del Terciario y Cuaternario, sector donde el río donde forma un amplio lecho aluvial que se desplaza en una serie de canales más o menos trenzados. Aquí la altura de la inundabilidad disminuye a valores que van de 3 a 6 m.

Las terrazas bajas inundables ocupan una extensión significativa de las planicies aluviales del Inambari y sus tributarios; estas terrazas inundables forman una planicie interior que tiene actualmente de uno a dos km de ancho. A su interior se aprecia un notable cambio en el régimen hidrogeomorfológico, a partir del km 310 aproximadamente. Aguas arriba de este punto el río es esencialmente sinuoso, en el que el trazo desarrolla meandros encajonados en el relieve de montañas bajas y terrazas medias. Precisamente, un km al oeste del km 310, el río desarrolla un meandro fluvial en el terreno está a menos de 250 m de cortarse, para seguramente formar una pequeña laguna abandonada, en un proceso que podría tomar varias décadas: el proceso de corte de sinuosidades fluviales y abandono paulatino de meandros es un proceso propio de ríos

que tienen una excesiva energía erosiva, producto de un elevado caudal para una comparativamente baja carga de sedimentos.

El excesivo desbalance de energía de la corriente a favor de la erosión y el corte de meandros, se debe a la elevada o casi extrema pluviosidad del área, hecho que aporta abundantes caudales en la zona selvática montañosa, mientras que la cobertura vegetal de bosque tropical frena la erosión y aporte de carga sólida en la montaña.

Sin embargo, aguas abajo de este meandro, el río pierde completamente el carácter meándrico para tomar una forma definitivamente trenzada. El cauce se divide en una serie de brazos que divagan entre un lecho anormalmente ancho, formando una serie de islas; los brazos más externos atacan las riberas de terrazas medias y colinas, haciéndolas retroceder y contribuyendo a ensanchar el cauce y las terrazas bajas inundables actualmente. Este carácter trenzado es propio de corrientes fluviales que tienen un balance de energía deficitario, en que la energía proporcionada por el caudal es insuficiente para transportar una voluminosa carga de sedimentos.

El paso de una situación de energía excedente propia del tramo meándrico anterior al km 310, al de energía deficitaria propia del tramo trenzado posterior a este kilómetro vial, corresponde esencialmente a dos causas: una drástica disminución de la pendiente fluvial a partir de este punto, en que el río sale de la zona montañosa, y al ingreso del río a un sector de rocas blandas erosionables de formaciones terciarias y cuaternarias. Ambas causales implican una reducción de la velocidad por un lado y el aumento de carga sólida por otro, con el consiguiente cambio situacional del balance de energía fluvial.

Además de esta circunstancia natural, la erosión antrópica reciente, especialmente la causada por la actividad minera aurífera de los depósitos aluviales, está generando un desbalance de energía adicional, ya que la remoción de sedimentos sueltos mediante palas mecánicas, en una actividad minera masiva que normalmente no guarda lineamientos técnicos, está aportando mayores volúmenes de sedimentos y provocando un mayor entramado y mayores ataques erosivos a las riberas, en un proceso particularmente extremo en el sector del río Caychihue, donde una amplia extensión ha sido intervenida y deforestada. El Caychihue desemboca en el Inambari a la altura del km 320 de la carretera, aunque alejado de esta en aproximadamente 4 km. Los procesos de intervención minera en esta zona son responsables de importantes cambios fisiográficos y morfológicos, principalmente en los patrones de erosión fluvial.

En los mapas fisiográfico y de uso actual de las áreas de influencia indirecta, se aprecia la magnitud de la deforestación producida en esa extensa zona, y el cambio radical de las morfologías fluviales que allí se producen.

b) Terrazas medias no inundables (Tm)

Son terrazas subrecientes de edad holocena a pleistoceno tardío, que se hallan en alturas a las que no llegan las corrientes actuales, por encima de 5 o 10 metros como mínimo, estando a veces a más de 40 m sobre los cauces actuales. Estas terrazas no se inundan a pesar del proceso dominante actual de elevación de los niveles inundables.

Estas terrazas son resultado de las acumulaciones aluviales de corrientes relativamente antiguas, que han quedado en posiciones topográficas superiores por las deformaciones tectónicas recientes, que las han elevado con pliegues de amplio radio de curvatura. En detalle la

topografía de estas terrazas tiene ondulaciones y disecciones que afectan la superficie dándole una pendiente aproximada de 2 a 4% como rango dominante.

Por las pendientes existentes en estas terrazas, las condiciones de mal drenaje resultan poco comunes, quedando restringidas únicamente a sectores muy localizados. Otra característica importante de las terrazas no inundables, es que debido a la carencia de aportes de partículas de nueva sedimentación los suelos de las terrazas medias se acidifican constantemente, gradando a suelos más meteorizados y menos fértiles, mientras que en las terrazas bajas inundables, las ocasionales inundaciones aportan nuevas partículas a esos suelos inundables, que de este modo renuevan con cierta frecuencia su fertilidad natural.

Las terrazas medias son relativamente extensas, formando una planicie interior de más de 15 km de largo por 3 a 6 km de ancho, y la carretera recorre estas terrazas desde aproximadamente el km 310 hasta el final del tramo en el km 325. Es una superficie estable, y la carretera está alejada de los severos ataques fluviales de las riberas con excepción del km 325, donde se halla a una distancia de unos 300 m.

La terraza media en que se halla la carretera está cortada por las terrazas bajas inundables de las quebradas tributarias del Inambari, que constituyen sectores erosivos críticos de unos 200 a 500 m de ancho. Cabe destacar que el dinamismo de estas quebradas tributarias es también intenso, especialmente en los sectores fluviales del río Dos de Mayo y la quebrada Chiporongo.

- **Colinas altas y superficie disectada colinosa**

El piedemonte oriental de la cordillera oriental está constituido por sedimentos recientes de finales del Terciario y principalmente del Cuaternario antiguo. Muchos de estos sedimentos, de conglomerados y arenas se hallan dispuestos en bancos poco consolidados y han sido afectados por intensas fases erosivas muy antiguas. Esta erosión anterior alimentó las gruesas cargas aluviales, actualmente dispuestas en las terrazas altas y medias, pero también esta erosión ha dado lugar a la formación de relieves colinosos, en los que la altura de las elevaciones sobrepasa poco los 100 m, con pendientes comprendidas entre 20 a 35°. A veces las colinas superan los 200 m medidos entre la cima y base de las elevaciones.

Los relieves colinosos se diferencian por su altura, pendiente y constitución litológica. Las fisiografías colinosas del área son las siguientes:

- a) **Lomadas (Lo)**

Son elevaciones sencillas, que no pasan de 20 m de altura entre la cima y base de las elevaciones: la pendiente es generalmente débil, del orden de 15 a 40%. Los materiales superficiales corresponden casi en la generalidad de los casos a formaciones aluvionales del Cuaternario antiguo. La erosión es muy débil, excepto cuando estos espacios han sido deforestados.

- b) **Colinas bajas (Cb)**

Elevaciones que no pasan de 70 u 80 m, con pendientes que van de 20 a 50%, con frecuentes sectores de mayor pendiente. Los materiales que las conforman son algo más variados, que incluyen acumulaciones de material aluvial antiguo y sedimentos terciarios. La erosión, es débil, excepto cuando estos espacios han sido deforestados.

c) Colinas altas (Ca)

Elevaciones que van de 70 u 80 m hasta unos 250 m, con pendientes mayoritarias comprendidas entre 50 y 70%. La litología es variada, de depósitos cuaternarios y de sedimentos terciarios. La erosión puede ser severa incluso bajo el bosque, principalmente por escurrimiento superficial durante las fuertes lluvias. Sin embargo, ante procesos de deforestación las acciones erosivas pasan a una fase más activa de deslizamientos.

Por la menor pendiente y menor magnitud de los relieves, las lomadas son por lo general más estables y menos erosivas que las colinas bajas, y estas a su vez menos erosivas que las colinas altas. Sin embargo este esquema varía según la composición litológica y nivel de intervención antrópica que afrontan. Así por ejemplo, las colinas altas que quedan al sur del río Dos de Mayo son más erosivas que otras debido a su material constituido por rellenos de gravas cuaternarias menos consistentes. Algunas zonas ya deforestadas son muy erosivas, hecho que se aprecia en estos mismos materiales cuaternarios en la zona del río Caychihue, fuera de la zona de influencia directa, donde las actividades mineras ocasionan procesos erosivos de magnitud.

En términos de influencia directa a la carretera, las colinas se presentan únicamente entre los km 308 a 310, y a partir de este kilómetro las colinas quedan muy cerca, al lado derecho de la carretera, con influencias menores sobre la misma, particularmente en lo que respecta a drenaje y proveniencia de escurrimientos por el lado derecho de la vía. Desde el km 310 hasta el km 325, las colinas solo se presentan en la carretera de manera muy puntual, sobre muy cortos recorridos.

- **Montañas bajas**

Las montañas se presentan en el primer tercio del recorrido vial, en un tramo que va desde el inicio en el km 300 hasta el km 308. La carretera bordea el Inambari, que ha cortado en un valle relativamente encañonado a las formaciones cretácicas sedimentarias. Las montañas también se subdividen según la magnitud de sus relieves, pendiente y constitución petrográfica. Las unidades montañosas diferenciadas en el estudio son las siguientes:

a) Montañas bajas (Mb)

Son relieves que se elevan entre 250 a 500 m sobre los niveles de base circundantes, con pendientes que van generalmente entre 25 a 70%. La constitución litológica predominante es de areniscas intercaladas con lutitas. Las areniscas son rocas consistentes y por lo general forman resaltes topográficos, mientras que las lutitas son rocas bastante débiles, y tienden a ser más fácilmente erosionadas proporcionando sectores de menor pendiente. Cabe destacar que en el mapa geomorfológico del área de influencia directa, las montañas bajas se han subdividido en montañas bajas moderadamente empinadas (pendiente de 25 a 50% predominante), y montañas bajas empinadas (50 a 70 % de pendiente predominante).

b) Montañas escarpadas (MEs)

Son relieves que se elevan entre 300 a más de 500 m de altura, con pendientes casi siempre superiores a 50%, y numerosos sectores de pendiente subvertical. Como se trata de relieves sedimentarios plegados, las areniscas y cuarcitas forman paredes rocosas alineadas a manera de barras subverticales (señaladas en el mapa geomorfológico), barras rocosas que expresan con nitidez el sentido de los plegamientos dejados por la orogenia andina en este sector. Estas paredes rocosas son bastante estables, y tienden a darle estabilidad al conjunto, a pesar de las lluvias abundantes y pronunciadas pendientes topográficas.

A pesar de la estabilidad de los numerosos afloramientos rocosos alineados, las montañas escarpadas conforman sectores algo críticos para el trazo vial, ya que desde el inicio del tramo, la vía pasa por el sector encañonado sujeto a derrumbes provocados por la fuerte pendiente y presencia de rocas blandas (lutitas) que alternan entre las rocas duras de areniscas. Las vertientes montañosas escarpadas son zonas donde los movimientos de masa son frecuentes, motivados tanto por las condiciones naturales, como por el propio corte vial (que desestabiliza los taludes), y por los socavamientos que ocasiona el río Inambari en este sector encañonado.

- **Rasgos fisiográficos complementarios**

Las formas de tierra descritas anteriormente representan áreas más o menos amplias y definidas. El mapa geomorfológico contiene, además de estas formas ya descritas, otras formas pequeñas, menos definidas, o que en todo caso se sobreponen a las cartografiadas. Se les denomina rasgos fisiográficos, que complementan la presentación del mapa geomorfológico, y son las siguientes:

- a) **Divisorias de subcuencas**

Son las líneas de cumbres topográficas que separan las diversas cuencas hidrográficas, desde las mayores hasta las de menor magnitud. En general las divisorias son fácilmente apreciables en las vertientes montañosas de mayor pendiente y elevación; son menos sensibles en las geoformas de menor pendiente, y son difícilmente apreciables en las llanuras y ondulaciones ligeras.

Las divisorias son accidentes topográficos cruciales para la definición de eventuales daños ambientales, como pueden ser derrames, o los sectores de influencia de cada río o quebrada. La representación de estas divisorias permite apreciar la dirección o sentido de los flujos hidrográficos y eventuales riesgos. Se debe destacar que las divisorias de cumbres, con frecuencia son los únicos sectores favorables para la construcción en zonas de vertientes montañosas de topografía muy agreste; en este caso, las laderas pueden ser muy empinadas o escarpadas, pero estar dominadas por líneas de cumbres de topografía suave o ligeramente convexa.

- b) **Conos deyectivos**

Son acumulaciones torrenciales que se producen cuando los principales torrentes llegan a los valles en los que desembocan. La acumulación es en forma de cono, y los materiales aluviales se desplazan divergentes a partir de un punto de ápice inicial. Los materiales más gruesos quedan hacia la parte apical, mientras que los que quedan hacia la parte distal son más finos.

Su presencia supone no sólo una importante variación de la textura de los materiales aluviales de los fondos de valle, sino que estos conos resultan de la ocurrencia de sucesivos huaycos que los forman. En este sentido, la fisiografía de conos deyectivos no solamente muestra una forma de terreno, sino ante todo, la ocurrencia de huaycos que representan riesgos geomorfológicos importantes. Cabe indicar que los huaycos son propios de zonas semiáridas, menos húmedas que la selva, pero su ocurrencia en este tramo, se debe a la intervención y deforestación.

5.3.5.2.3 Morfodinámica y procesos erosivos actuales

En el mapa geomorfológico se representa también la ubicación y ocurrencia de acciones erosivas diversas que tienen importancia con relación al proyecto. Se trata de procesos erosivos actuales significativos. En esta sección se proporciona una visión aproximada de los tipos de acciones erosivas y sus intensidades actuales.

a) Escurrimiento superficial

Se refiere a la acción erosiva del agua corriente proveniente de las lluvias en su descenso por las laderas. La erosión empieza generalmente de manera difusa, cuando las lluvias caen e inician un lento descenso por la superficie. Si el terreno tiene poca pendiente, es permeable y está bien protegido por la vegetación, el escurrimiento se mantiene en estado difuso, compuesto por numerosos hilos de agua que discurren cruzándose constantemente, sin provocar cambios erosivos sensibles; como resultado, el agua de las laderas llega a los drenes principales casi desprovisto de carga sólida.

En el área de estudio, el escurrimiento difuso es dominante en las zonas de pendientes medias a elevadas pero bien protegidas por el bosque tropical. El escurrimiento difuso no erosivo se presenta también en las superficies deforestadas pero en terrenos llanos o ligeramente inclinados menores de 15%. La erosión difusa da paso a acciones erosivas ya significativas, a partir de cierta pendiente o nivel de desprotección del suelo. Al variar las pendientes, haciéndose más pronunciadas la erosión puede pasar a erosión laminar en casos, o a erosión concentrada.

b) Erosión en surcos y cárcavas

Bajo ciertas condiciones, el escurrimiento difuso inicial tiende a concentrarse primero en surcos y luego en cárcavas; los primeros son incisiones de unos pocos decímetros de profundidad en el terreno, y las cárcavas representan la erosión concentrada máxima en laderas afectadas por disección y abarrancamiento en drenes de uno a varios metros de profundidad. Los surcos y cárcavas se forman mayormente en terrenos de fuerte pendiente, sobre todo si tienen cubierta coluvial, rocas deleznable, vegetación deteriorada y cultivos inapropiados.

Los surcos no representan riesgos, pero las cárcavas --que a menudo derivan de un mayor desarrollo de los surcos-- pueden socavar y causar daños erosivos más o menos significativos. En el área de estudio estas formas de erosión concentrada se aprecian sobre todo de manera incipiente, en los terrenos colinosos que bordean las terrazas medias, cuando son objeto de quemas de la vegetación; hecho que es bastante frecuente. Sin embargo, las lluvias y el crecimiento de la vegetación secundaria pronto estabilizan estas formas erosivas, y por ello no han alcanzado un grado de desarrollo importante.

La erosión en surcos y cárcavas se presenta en esta zona más como una forma erosiva potencial, que puede desencadenarse si se intensifica masivamente la deforestación. Una prueba de ello son los terrenos que bordean al río Caychihue, explotados de manera intensa en minería artesanal y sin medidas efectivas de control durante unas décadas (fuera del área de influencia directa, que se muestra en el mapa fisiográfico regional), donde casi todos los terrenos han sido afectados severamente por la erosión concentrada. El río Caychihue es una zona que forma parte del área de influencia indirecta del proyecto, y constituye un sector minero severamente depredado. El punto más cercano de esta zona de actividad minera aurífera de cauces fluviales, se encuentra a 4 km al oeste del km 321 de la carretera, y en los terrenos donde se produce esta actividad, prácticamente ha desaparecido la cobertura de bosque primario, y también el secundario, y por ello, las lluvias generan acciones erosivas que muy pronto propician el desarrollo de la escorrentía concentrada en surcos y cárcavas.

c) Movimientos de masa (derrumbes y deslizamientos)

Son los movimientos que afectan laderas haciendo caer bruscamente volúmenes diversos de materiales sueltos y rocosos, constituyendo un serio riesgo característico de las áreas montañosas de fuerte pendiente, y en menor grado en las zonas colinosas. Los deslizamientos son movimientos que se producen sobre masas de material saturado en agua o provocados por planos de lubricación debidos al agua de infiltración. En tal sentido, los deslizamientos son propios de zonas de clima húmedo como es este caso. En cambio los derrumbes pueden ocurrir sin saturación de agua, aún en las zonas más secas, sólo basta que los taludes inestables de material un poco suelto se desestabilicen aún más, lo que sucede por ejemplo con la socavación lateral ejercida por un río o torrente, o por la apertura de una carretera. Estos condicionantes son también frecuentes en la zona de estudio, especialmente en los primeros 8 km, donde la carretera pasa al pie de vertientes montañosas, a veces directamente sobre un terraplén cortado en la ladera que puede estar sujeto a los esfuerzos de socavación ejercidos por los caudales del Inambari.

En la práctica, los derrumbes y deslizamientos producen los mismos peligrosos efectos, y además es muy difícil establecer si el origen de un movimiento ocurrido en una zona lluviosa fue necesariamente producido por saturación. Por ello en el mapa geomorfológico se representa estos movimientos bajo un mismo símbolo, que delimitan aproximadamente el contorno de los arcos superiores dejados por los movimientos de masa en las laderas.

Los pocos arcos de derrumbe o deslizamiento cartografiados en el mapa, representan movimientos ya producidos, que no necesariamente continúan activos, y que pueden incluso tener décadas de antigüedad. Lo que representan son la magnitud aproximada del movimiento producido, el sentido hacia donde se producen y la zona que resultaría afectada hacia aguas abajo en caso de activarse el proceso.

Cabe destacar que los movimientos de masa no se producen únicamente durante la estación lluviosa, aunque es cierto que son más riesgosos en estos meses. En la práctica ocurren hasta dos o tres meses después de concluida la estación lluviosa (sobre todo si esta fue intensa), ya que es una etapa en que la sobresaturación o lubricación interna con el agua de infiltración se halla aún en sus máximos niveles.

Los deslizamientos evidenciados durante el recorrido de campo son de pequeña a mediana magnitud; expresados de unos pocos cientos de m³ de material deslizado o derrumbado, o de varios miles a decenas de miles de m³.

d) Erosión fluvial y torrencial

Es la erosión que se produce en los cauces dependiendo de diversos factores. Como se ha expresado un poco antes, en la descripción de las terrazas bajas inundables, la erosión depende sustancialmente del balance entre los excesos de energía que pueden hacer variar de dirección a una corriente, o los déficits de las mismas, ante la llegada masiva o inesperada de grandes masas de sedimentos, que luego obliga a las corrientes a un proceso de colmatación sedimentaria.

La erosión fluvial es severa por ejemplo donde el mapa geomorfológico indica como sectores de socavamiento intenso, proceso que tiende a hacer retroceder las orillas. Es también severa en los pequeños abanicos torrenciales como los del río Dos de Mayo y quebrada Chiporongo, donde las avenidas tienen un carácter torrencial, en parte similares a los huaycos propios de las regiones secas de sierra del país, donde algunas quebradas que están casi completamente secas gran parte

del año, durante los meses de lluvia eventualmente acarrear voluminosos flujos muy cargados en sólidos, que incluyen además de los elementos finos, a partículas gruesas y hasta bloques rocosos

5.3.5.2.4 Estabilidad y riesgo físico

Esta sección describe el mapa de estabilidad y riesgo físico que acompaña este capítulo, definiendo la “estabilidad” como la ausencia de acciones erosivas significativas que puedan modificar el terreno o generar riesgos para la seguridad del proyecto y el medio ambiente.

El concepto de estabilidad y riesgo físico se aplica tanto a las obras e instalaciones del proyecto, como a la seguridad de los elementos sociales y ambientales, y esta aplicación, en algunos casos puede representar diferencias sustantivas entre lo que es riesgo para el proyecto y riesgo para el medio ambiente. Por ejemplo, una llanura cultivada y alejada de la erosión o inundabilidad de un río puede ser completamente estable y sin riesgo físico para la carretera y el proyecto, pero en cambio su sensibilidad social (población y cultivos) puede ser muy elevada en caso de que las operaciones del proyecto deterioren sus suelos. Por el contrario, una zona severamente erosiva, muy intervenida y con sus ecosistemas casi destruidos, puede representar zonas altamente inestables, de alto riesgo para la carretera, pero en cambio su sensibilidad ecológica y social ser ya muy poco importante.

Por ello la clasificación intenta considerar todas estas variables, presentando una zonificación de estabildades y riesgos establecidos de manera apreciativa o cualitativa. Se emplea la base fisiográfica y los procesos erosivos reconocidos, como elementos básicos de zonificación de estabildades y riesgos, y luego, sobre la base de términos valorativos, se caracteriza cada unidad en función de las implicancias de ese terreno respecto de las operaciones del proyecto.

La clasificación califica los sectores mediante denominaciones cualitativas en cinco niveles: terrenos estables, ligeramente inestables, medianamente inestables, inestables y altamente inestables. Se entiende que en estos terrenos, los niveles van aumentando su grado intrínseco de inestabilidad y riesgo por una serie de ocurrencias. De esta manera, se puede calificar a una zona como altamente inestable, porque se constata que presenta acciones erosivas de consideración por el riesgo que dichas acciones representan ya sea al proyecto o al medio ambiente. Esos procesos pueden ser a su vez constantes, temporales, de ocurrencia localizada o generalizada; la potencial inestabilidad de los terrenos frente a las operaciones del proyecto es también un criterio que define los niveles de riesgo.

A continuación se describe la zonificación de estabilidad y riesgo identificada para esta zona.

- **Áreas estables (E)**

La clasificación considera un solo de tipo de fisiografía como área estable: las terrazas medias no inundables. Son terrenos llanos, casi sin accidentes topográficos y sin acciones erosivas sensibles excepto pequeños canales de escurrimiento temporal. Los suelos son en general de baja fertilidad natural y baja calidad agrológica, aunque tienen como elemento favorable la horizontalidad de su topografía. El suelo está formado de partículas sueltas, casi siempre cubierto de vegetación, sea de bosque secundario o de purmas y vegetación secundaria. En estas condiciones la estabilidad es muy marcada; el terreno tiene muy bajo potencial erosivo, y el riesgo para el proyecto es mínimo. En cambio hay una cierta sensibilidad social, debido a que se trata de terrenos que se aprovechan para cultivos y pastizales para el ganado.

El trazo en áreas estables es ampliamente dominante, y se da prácticamente de manera continua desde el km 310 hasta el km 325, es decir el 60% del trazo (incluye algunos sectores localizados inestables).

- **Áreas ligeramente inestables (LI)**

El tipo fisiográfico de lomadas define las tierras ligeramente inestables. De acuerdo a las características descritas en la sección de Fisiografía, los pequeños accidentes topográficos de las lomadas, son suficientes para provocar acciones erosivas sensibles, sobre todo cuando estos terrenos han sido afectados por la intervención y deforestación.

Sin embargo, el único terreno calificado de esta manera corresponde a unas lomadas un poco alejadas de la carretera, cubiertas de bosque, donde la ligera inestabilidad está dada sobre todo por un carácter definitivamente potencial, ya que en la actualidad bajo el bosque las acciones erosivas son poco significativas.

- **Áreas medianamente inestables (MI)**

Se considera como terrenos medianamente inestables, a las fisiografías de colinas bajas y montañas bajas moderadamente empinadas, las cuales tienen rangos de pendiente y magnitud de elevaciones suficientes para provocar acciones erosivas de cierto riesgo, sobre todo en caso de deforestación masiva.

En el área de influencia directa, las colinas bajas están cubiertas de bosque ligeramente intervenido. La vegetación mantiene las acciones erosivas más en un nivel potencial que real, pero se estima que la baja competencia de sus componentes rocosos en la extrema pluviosidad del área, generaría acciones erosivas apreciables con intervenciones no muy acentuadas. Al respecto se puede comparar los terrenos de colinas bajas ubicadas en el valle del río Caychihue, severamente intervenidas por la actividad minera y de litología similar a las colinas bajas del área de influencia directa. Las colinas bajas de Caychihue han alcanzado inestabilidades muy altas con procesos erosivos tan severos como los que podrían darse en las topografías más accidentadas.

En el caso de las montañas bajas moderadamente empinadas, se califican de manera similar a las colinas bajas, ya que si bien la magnitud del relieve es considerablemente mayor, en cambio su pendiente es menor, y sus componentes petrográficos resultan más resistentes que las formaciones sedimentarias blandas de las colinas bajas.

Se presentan de manera directa en la carretera, entre los km 302 a 304, y eventualmente en el km 309. Un máximo de 3 km, algo más del 10% del recorrido total.

- **Áreas inestables (I)**

En esta categoría se agrupa las fisiografías de colinas altas y montañas bajas empinadas, las cuales tienen rangos de pendiente y magnitud de elevaciones suficientes para provocar acciones erosivas de riesgo, sobre todo en caso de deforestación masiva.

En el área de influencia directa, estas fisiografías están cubiertas de bosque ligeramente intervenido. La vegetación frena las acciones erosivas manteniéndolas más en un nivel potencial que real. Sin embargo, los procesos erosivos son también visibles, y se estima que la baja compacidad de los componentes rocosos de las colinas altas, y la pronunciada pendiente en las montañas empinadas en

la extrema pluviosidad del área, generaría acciones erosivas apreciables con intervenciones no necesariamente muy acentuadas.

Se encuentran entre los km 305 a 310 y muy puntualmente entre los km 310 a 325, tramo en que bordea a la carretera emplazada en un medio estable. Son aproximadamente 5 km de este tipo de áreas, lo que representa aproximadamente el 20% del total.

- **Áreas Altamente Inestables (AI)**

En esta categoría se incluye dos grupos de terreno muy distintos: las terrazas bajas inundables y las vertientes montañosas escarpadas. En las primeras son los terrenos ribereños altamente dinámicos y erosivos, que atacan las riberas fluviales. Las segundas son las grandes vertientes montañosas donde los movimientos de masa y las formas erosivas son la característica dominante. Estos procesos representan serios riesgos para el proyecto, y requieren prácticas de manejo apropiado del medio para evitar los daños.

Se encuentra únicamente entre los km 300 a 303, es decir poco más del 10% del recorrido total.

A manera de resumen de las características geomorfológicas principales y condiciones de erosión actual del área, a continuación se presenta un cuadro resumen referido a este sector por kilometraje en la carretera.

Cuadro 5.3.5-1 Resumen de las características geomorfológicas del Tramo del km 300+000 al km 325+000

Unidades Geomorfológicas		Origen	Pendiente	Composición Litológica y Formaciones Geológicas	Ubicación y/o altitud	Procesos Erosivos	Estabilidad	Riesgo Físico	Ubicación	
TRAMO 3 SELVA ALTA	Planicies	Terrazas bajas inundables	0 a 4%	Rellenos inconsolidados de grava y arena redondeada; limos y arcillas en diversas proporciones y en bancos estratificados.	Fondos de valle entre 400 y 300 msnm	Intensa erosión fluvial, especialmente en meses de creciente. Dinamismo fluvial intensificado por la minería aurífera artesanal.	Inestable	Alto	313+700 a 313+900; 313+900 a 318+100	
		Terrazas medias	0 a 15%			Sin erosión significativa, salvo en los bordes ribereños sujetos a severa erosión fluvial.	Estable	Bajo o muy bajo	306+000 a 307+500 310+000 a 313+700; 313+900 a 317+900; 318+100 a 321+500	
	Colinas	Lomadas	4 a 25%	Material aluvial cuaternario de gravas y arenas redondeadas poco consolidadas. Localmente formaciones rocosas compactas de areniscas cretácicas.	Superficies disectadas y colinosas entre 400 a 600 msnm	Erosión difusa intensa, especialmente en sectores deforestados recientemente. Pequeños deslizamientos eventuales, que son mayores en las colinas altas.	Ligeramente inestable	Bajo a medio	Sectores alejados de la vía	
		Colinas bajas	25 a 50%						308+500 a 309+000	
		Colinas altas	50 a más de 75%						309+000 a 310+000 321+500 a 322+500	
	Vertientes montañosas	Montañas bajas moderadamente empinadas	Incisión de las corrientes fluviales a consecuencia del levantamiento andino de fines del Terciario	Más de 75%	Formaciones sedimentarias cretácicas, principalmente de areniscas compactas, en bancos gruesos de varios decímetros de espesor que alternan con delgadas capas de lutitas poco compactas (arcillas).	Montañas entre 400 a más de 1200 msnm	Grandes movimientos de masa eventuales y frecuentes deslizamientos pequeños, especialmente en montañas escarpadas. Erosión difusa intensa.	Inestable	Alto	302+600 a 304+300
		Montañas bajas empinadas								301+000 a 302+600; 304+300 a 306+000; 307+500 a 308+500
		Montañas escarpadas								300+000 a 301+000

5.3.5.3 GEOMORFOLOGIA DEL SECTOR KM. 610+000 – 710+000

5.3.5.3.1 Morfogénesis

Este sector se encuentra en la depresión amazónica o selva baja, donde a diferencia de los relieves cordilleranos, el carácter morfológico dominante de la selva baja es la de conformar extensas llanuras o superficies disectadas colinosas de poca altura. Esta característica se debe a la evolución geológica propia de las depresiones de la corteza desde tiempos geológicos muy antiguos.

Se sabe que a principios del paleozoico, al oeste del cratón brasilero, un enorme surco geosinclinal se había excavado y llenado de sedimentos arrancados por la erosión de esa época al cratón continental sudamericano. La ocurrencia de la orogénesis hercínica afectó esos sedimentos marinos, plegándolos y elevándolos convirtiéndolos en tierras emergidas o relieves continentales que luego conformarían la actual cordillera oriental.

Como es característico de las regiones móviles de la corteza, la cordillera oriental ha evolucionado con gran dinamismo, e incluso al oeste de esta cordillera se formó en el mesozoico la cordillera occidental, y ambas cordilleras forman el conjunto de la cordillera andina, la cual ha evolucionado con el dinamismo propio de las regiones plegadas de cordillera. En cambio, al oeste de la cordillera oriental, una depresión continental se iba excavando, sobre todo como compensación isostática a las fases de levantamiento andino. Esta depresión subsidente de la corteza se ubica entre la cordillera andina y el estable cratón brasilero, conformando la actual depresión amazónica.

De esta manera, la depresión amazónica presenta una historia geológica marcada por la recepción y acumulación de sedimentos que datan desde el Paleozoico. Consiguientemente, muchas zonas de la amazonía, como la que forma parte del área de estudio, contienen más de diez kilómetros de espesor de sedimentos arrancados por la erosión desde tiempos muy antiguos, tanto al cratón brasilero como a la cordillera andina, especialmente a la cordillera oriental.

Pero de todo este volumen estratigráfico, la geomorfología distingue únicamente las formaciones sedimentarias más modernas, que abarcan los sedimentos superiores del Terciario superior y, principalmente del Cuaternario. Estas formaciones son las llamadas Ipururo y Madre de Dios. El carácter de la sedimentación o facies de estas formaciones fue mayoritariamente fluvio lacustre y pantanoso o palustre.

Además de esta característica básica referida a los procesos de sedimentación casi continuos, que dejan una morfología casi exclusivamente ligada a depósitos modernos, se debe decir que los procesos tectónicos tampoco están ausentes en la evolución de los relieves de depresiones subsidentes. El propio hecho del hundimiento ya provoca deformaciones pero también elevaciones locales, y así vemos que movimientos tectónicos que son correlativos a la fase III de la tectónica andina ocurrida en la cordillera, originaron fallas direccionales y esfuerzos de compresión y distensión en los niveles superiores de la formación Ipururo; estos movimientos habrían reactivado el levantamiento del arco de Fitzcarrald que ya existía como un bloque ligeramente elevado, contribuyendo con ello a separar las cuencas de los ríos Madre de Dios y Ucayali. A pesar de estas comprobaciones, los sedimentos muy antiguos nunca están presentes en el relieve actual, ya que las deformaciones tienen carácter epirogénico, con pliegues generalmente de amplio radio de curvatura.

En síntesis se puede caracterizar los elementos morfológicos principales de acuerdo al siguiente esquema:

a) Formación de la depresión amazónica

Es el elemento estructural principal y dominante. Esta depresión es un enorme surco continental de edad esencialmente paleozoica, pero que sigue evolucionando como tal hasta la actualidad, que se ha excavado entre el cratón brasilero y la cordillera andina. La depresión recibe los sedimentos arrancados por la erosión tanto a la cordillera andina como al cratón, pero en la morfología actual sólo influyen los sedimentos acumulados desde el Terciario superior, ya que los movimientos tectónicos nunca han sido tan severos como para provocar deformaciones que hagan llegar a superficie las rocas más antiguas, como si sucede en los relieves de cordillera.

b) Superficie colinosa y disectada

Es el elemento morfológico dominante que afecta a los sedimentos terciarios y cuaternarios de la región. La disección obedece tanto a las leves deformaciones tectónicas de ascenso de los relieves, que provocan un encajamiento de las corrientes fluviales sobre los sedimentos, como a procesos erosivos recientes, de edad pleistocena, seguramente ligados con las fases climáticas relativamente secas que se produjeron durante las glaciaciones andinas. Se considera que en esas fases el bosque tropical era más reducido y menos lluvioso que en la actualidad y, de otro lado, las fases más secas que actualmente implicaban una menor cobertura vegetal protectora contra la erosión, lo que habría favorecido las fases de disección de la planicie sedimentaria.

c) Elevación de los niveles inundables

Posteriormente a las fases de disección de la planicie sedimentaria, al concluir la última glaciación, la elevación de las temperaturas y el aumento de las lluvias contribuyeron a ampliar el trópico amazónico, los bosques más densos cubrían mejor de la erosión a los relieves, pero al mismo tiempo las condiciones de mayor humedad elevaban paulatinamente los niveles de inundabilidad. En consecuencia se desarrollaron amplios planos de inundación como terrazas fluviales inundables, que es un rasgo característico de la selva baja. En el área estos relieves recientes se aprecian a lo largo de los ríos Tahuamanu y Acre. Se debe indicar que precisamente, en condiciones naturales, los procesos de erosión fluvial son las acciones erosivas visibles más importantes en el área, socavando tanto las riberas como inundando amplias extensiones, y que los relieves bajo los bosques primarios prácticamente no evolucionan. Sin embargo, en las áreas donde el bosque ha sido reemplazado por pastizales o eliminado la cubierta vegetal, los procesos erosivos de origen antrópico aparecen con pequeñas cárcavas y movimientos de masa.

5.3.5.3.2 Fisiografía

La descripción fisiográfica del área de estudio incide en los aspectos externos (pendiente, magnitud del relieve, nivel de disección, rugosidad, etc.) que suelen ser determinantes para las particularidades del proyecto. La fisiografía es la base de la caracterización geomorfológica, y por ello las formas de tierra se agrupan en conjuntos morfológicos sencillos muy generales, como son planicies y relieves colinosos (superficie disectada).

- **Planicies**

Son superficies llanas de 0 a 4 % de pendiente, que se hallan principalmente en las márgenes de los ríos principales, habiéndose formado por la acumulación reciente de estos ríos y sus procesos de inundación en niveles de terrazas fluviales.

Debido a la horizontalidad del relieve y a la presencia del bosque tropical que las cubre, estas terrazas prácticamente no tienen procesos erosivos sensibles, excepto en sus riberas que pueden ser atacadas por socavamiento de los ríos, o en sus superficies cuando eventualmente las terrazas son cubiertas por las aguas de inundación. Tres tipos de planicies aluviales se diferencia en el mapa geomorfológico: terrazas bajas inundables; terrazas medias no inundables y terrazas medias onduladas. Todas las terrazas constan de bancos arenosos, limosos y arcillosos, y la distribución de estas partículas tiene que ver con la dinámica cambiante de las corrientes fluviales, así hay playas mayormente arenosas y otras con acumulaciones más pesadas de arcilla o limo.

Las arenas, e incluso los fragmentos más gruesos como pequeñas gravillas, aparecen en los ejes de las corrientes fluviales, donde están las máximas velocidades. Los limos, y más aún las arcillas se dan en las zonas distales de las corrientes. Sin embargo, el cambio de dirección de un río por la evolución de un meandro, puede acumular actualmente arenas sobre bancos anteriormente arcillosos o limosos, o viceversa. Por ello la columna estratigráfica de una sección fluvial en profundidad no puede generalizarse.

a) Terrazas bajas inundables (Tbi)

Son las terrazas más recientes de edad holocena y actual. Son planos cuyas alturas sobre los ríos actuales no pasan de 3 a 5 m, por lo que son casi siempre cubiertas por las mayores crecientes que se suceden anualmente. Las inundaciones duran unos días y la circulación de las aguas no es violenta. La vegetación se mantiene y los suelos se renuevan con el aporte de los sedimentos dejados por las corrientes fluviales.

En detalle estas planicies inundables tienen numerosos accidentes topográficos menores, como una sucesión de pequeños canales o surcos de profundidad de centímetros o decímetros de profundidad, que evacúan las aguas de inundación cuando bajan las crecientes. Salvo estos accidentes la pendiente general es de alrededor de 1%.

b) Terrazas medias no inundables con áreas de mal drenaje (Tm)

Son terrazas también recientes, de edad holocena y actual, pero que se están quedando en posiciones topográficas superiores no inundables. Sin embargo, casi siempre cerca de las orillas de los ríos, estas terrazas tienen unos umbrales topográficos o barras arena limosas que descienden ligeramente a contrapendiente hacia el interior. Como resultado, cuando una inundación es muy acentuada y supera el umbral, inunda hacia adentro diversas extensiones que luego no tienen fácil salida como sucede en las terrazas descritas para la unidad anterior. Por ello estas terrazas incluyen sectores de mal drenaje, donde la horizontalidad del terreno y la predominancia de materiales superficiales arcillosos hacen que las aguas no filtren y finalmente las aguas de lluvia se estancan y forman superficies pantanosas que se hallan en proceso de colmatación.

Al igual que en la unidad anterior, la pendiente general es de alrededor de 1%.

c) Terrazas medias onduladas (Tmo)

Son terrazas subrecientes de edad holocena a pleistocena tardía, que se hallan en alturas a las que no llegan las corrientes actuales, por encima de 10 metros a 20 metros, a pesar del proceso dominante de elevación de los niveles inundables. Estas terrazas son resultado de las acumulaciones aluviales de corrientes relativamente antiguas, que han quedado en posiciones topográficas superiores por las deformaciones tectónicas recientes, que las han elevado con pliegues de amplio radio de curvatura.

En detalle la topografía de estas terrazas tiene ondulaciones y disecciones que afectan las terrazas dándole una pendiente aproximada de 2 a 4% como rango dominante. Por estas pendientes, las condiciones de mal drenaje son sólo localizadas, y por la carencia de aportes de nueva sedimentación que ocasionan los ríos en las terrazas inundables, los suelos se acidifican constantemente gradando a suelos más meteorizados.

- **Superficie disectada colinosa**

Las acumulaciones cuaternarias y terciarias que cubren la depresión, han sido afectadas por los procesos de disección correlativos a etapas de mayor intensidad erosiva en el Cuaternario. Por ello, la antigua planicie sedimentaria ha sufrido una acentuada disección, que deja una zona de colinas o lomadas, es decir relieves de pequeños “cerros” de 10, 20, o máximo 40 o 50 m de altura medibles entre la base y la cima de las elevaciones. Cuando las elevaciones son inferiores a 20 m se les denomina frecuentemente lomadas, y cuando superan esta magnitud se les denomina colinas bajas. Ambos relieves están identificados en el mapa geomorfológico por la predominancia de algunas de estas elevaciones.

En general la pendiente de las lomadas es menor a la de las colinas bajas, fluctuando entre 10 a 25 o 30%. Las colinas tienen pendientes mayormente sobre 20%, llegando localmente a 50 y 60%. En todos los casos, la litología de estos relieves consta de capas de areniscas, limonitas y arcillitas en paquetes bastante friables, poco litificadas, aunque localmente endurecidas por sustancias cementantes.

Por la pendiente, las lomadas y colinas tienen en condiciones naturales una ligera evolución por procesos de movimientos de masa lentos, casi imperceptibles. Pero cuando se hallan deforestadas, o cortadas por taludes pronunciados, la erosión en cárcavas y movimientos de masa rápidos se manifiestan.

5.3.5.3.3 Morfodinámica y procesos erosivos actuales

En esta sección se proporciona una visión aproximada de los tipos de acciones erosivas y sus intensidades actuales.

a) Esguerrimiento superficial

Se refiere a la acción erosiva del agua corriente proveniente de las lluvias en su recorrido superficial. La erosión empieza generalmente de manera difusa, cuando las lluvias caen e inician un lento descenso por la superficie. Si el terreno tiene poca pendiente, es permeable y está bien protegido por la vegetación, el esguerrimiento se mantiene en estado difuso, compuesto por numerosos hilos de agua que discurren cruzándose constantemente, sin provocar cambios erosivos sensibles. Esta es una característica en la selva baja cubierta de bosque tropical, y particularmente en el área de estudio, donde las pendientes son débiles y donde las magnitudes de las elevaciones mayores no pasan de 30 a 50 m. Como resultado, el agua de las laderas llega a los

drenes principales casi desprovisto de carga sólida, o en su defecto se trata únicamente de elementos finos

En el área de estudio, el escurrimiento difuso es dominante en todas las zonas de bosques, los cuales se aprecian sobre todo en el mapa de cobertura vegetal del área de influencia indirecta; también se aprecian esas áreas en el mapa de uso actual del área de influencia indirecta, a través de la identificación de las áreas en que subsisten los bosques o que han sido reemplazadas por pastizales o cultivos.

A partir de cierta pendiente o nivel de desprotección del suelo, como por ejemplo por la desaparición del bosque, la erosión difusa incipiente puede pasar a erosión laminar en algunos casos, o a erosión concentrada en surcos y cárcavas. Sin embargo, la debilidad de las pendientes y la rapidez con que la vegetación secundaria retoma los medios deforestados, es una circunstancia que atenúa el desarrollo de la erosión laminar o concentrada, y de esta manera, en las zonas de bosques secundarios, purmas y cultivos permanentes, la erosión difusa, de efectos poco significativos, sigue siendo el proceso dominante.

b) Erosión en surcos y cárcavas

Bajo ciertas condiciones, el escurrimiento difuso inicial tiende a concentrarse primero en surcos y luego en cárcavas; los primeros son incisiones de unos pocos decímetros de profundidad en el terreno, y las cárcavas representan la erosión concentrada máxima en laderas afectadas por disección y abarrancamiento en drenes de uno a varios metros de profundidad. Los surcos y cárcavas se forman mayormente en terrenos de fuerte pendiente. Para la zona de estudio, las pendientes pronunciadas se presentan en las zonas más disectadas de las colinas bajas y en los taludes de terrazas. Las cárcavas se forman solamente cuando se deforestan y el suelo pierde casi totalmente su cubierta vegetal.

Los surcos no representan riesgos, pero las cárcavas --que a menudo derivan de un mayor desarrollo de los surcos-- pueden socavar y causar daños erosivos más o menos significativos a la vía o a sus obras complementarias. En la zona de estudio los sectores de mayor pendiente y desprotección vegetal del suelo se presentan en los bordes de la carretera, donde con frecuencia hay pequeñas pero numerosas cárcavas cortando los taludes laterales de la vía, en procesos de erosión remontante que afectan a terrenos hasta unas decenas de metros atrás de los taludes. Por la naturaleza de los terrenos esta erosión es puntual, no representan daños considerables al entorno, pero si representan los sectores de inicio de procesos de erosión severa generalizada que podrían desencadenarse en caso de no tomarse medidas de control que son perfectamente factibles.

De esta manera, la erosión en surcos y cárcavas se presenta en la zona más como una forma erosiva potencial, que puede ocurrir si se intensifica masivamente la deforestación.

c) Movimientos de masa (derrumbes y deslizamientos)

Son los movimientos que afectan laderas haciendo caer bruscamente volúmenes diversos de materiales sueltos y rocosos, constituyendo un serio riesgo característico de las áreas montañosas de fuerte pendiente (como la zona andina), y en menor grado en las zonas colinosas. Precisamente por las características de relieve bajo y de suaves pendientes dominantes a lo largo de todo este tramo, los procesos de movimientos de masa, si bien son ocurrentes, siempre tienen en esta zona magnitudes reducidas.

El proceso más común se debe a los socavamientos de ríos y quebradas, en los sectores en que se elimina la cubierta ribereña protectora. En estos casos se provocan derrumbes de mediana magnitud, que tienen un riesgo adicional en la medida de que se trata de procesos que continúan remontando afectando luego a terrenos anteriormente estables. Otra forma común tiene que ver con la deforestación en zonas colinosas, donde luego se introduce ganado, el cual apisona y compacta el suelo, hasta provocar pequeñas rupturas, que dan paso a pequeños deslizamientos durante los meses lluviosos.

A lo largo del recorrido efectuado, no se ha observado movimientos masivos de consideración; únicamente algunas evidencias reducidas de estos procesos.

Al igual que la erosión concentrada en surcos y cárcavas, la erosión en masa se presenta en esta zona más como una forma erosiva potencial, que puede desencadenarse si se intensifica masivamente la deforestación, sobre todo de las zonas de mayor pendiente.

d) Erosión fluvial y torrencial

La erosión fluvial es la forma erosiva más activa en la zona de selva baja; esto se debe a que los ríos y quebradas tienen caudales y energía erosiva considerables, y al mismo tiempo, el substrato está compuesto por formaciones rocosas muy poco compactas. El río Tahuamanu es el más importante, y su espacio inundable abarca más de dos kilómetros de ancho, aunque en el sector de cruce de la carretera es menor de 400 m. Le sigue el río Acre, que tiene una amplitud inundable de casi un kilómetro de ancho, y luego el río Yaverija, con espacios inundables más reducidos.

Cabe indicar que en Iñapari, el río inunda temporalmente 200 m de la carretera a Iberia, a pesar de que se ha construido un dique de defensa, el mismo que resulta insuficiente.

Tanto en el Tahuamanu como en el Acre, la amplitud de la inundabilidad se relaciona con el carácter meándrico de los ríos, el cual es un resultado de un desbalance de energía de la corriente a favor de la erosión y el corte de meandros. El exceso de energía de los ríos es resultado de abundantes caudales provenientes de la lluvia y los cauces afluentes, mientras que la cobertura vegetal de bosque tropical frena la erosión y aporte de carga sólida de las colinas y lomadas. De esta manera, las corrientes mencionadas resultan teniendo un elevado caudal en movimiento y una reducida carga por transportar. Hay un sobrante de energía que la corriente fluvial va a invertir en atacar las orillas, exagerando sus sinuosidades hasta cortarlas dejando un amplio plano inundable

5.3.5.3.4 Análisis De Estabilidad Y Riesgo Físico

Sobre la base de la información geomorfológica, geológica y climática principalmente, se presenta una zonificación de estabildades y riesgo físico. Esta caracterización considera diversas variables, clasificando los sectores mediante denominaciones cualitativas en cinco niveles: estables, ligeramente inestables, medianamente inestables, inestables y altamente inestables, niveles en los cuales van aumentando las acciones erosivas y la potencial inestabilidad de los terrenos.

Áreas Estables (E)

Son zonas prácticamente carentes de acciones erosivas, y corresponden a sectores de pendiente llana: específicamente terrazas fluviales no inundables. Aquí la escorrentía superficial está bastante frenada por la cobertura de bosque tropical o de purmas y vegetación secundaria. En esencia no tienen

acciones erosivas visibles y tampoco tienen potencial de riesgo, incluso bajo circunstancias de usos intensivos, como por ejemplo por actividad agrícola o ganadera.

La carretera pasa por estos terrenos aproximadamente entre los km 620 a 632 (con una inclusión puntual de áreas inestables), km 664 a 669, y 703 a 710 (que también incluye sectores puntuales de otras categorías). En suma son aproximadamente 25 km de áreas estables, que representan el 25% del total del trazado

Áreas Ligeramente Inestables (LI)

En estas áreas las acciones erosivas son visibles, incipientes, y localmente significativas. Sin embargo su potencial erosivo es considerable en caso de deforestaciones masivas, teniendo en cuenta la pluviosidad propia de la región selvática. La potencialidad erosiva se refiere al riesgo de erosión por escorrentía concentrada, procesos que actualmente no se dan por ser terrenos casi totalmente cubiertos por el bosque tropical.

Las áreas de este nivel de inestabilidad son ampliamente dominantes en el tramo, encontrándose desde el inicio en el km 610 hasta el 620; 632 al 654; 656 a 658; 660 a 664; 669 a 676 y 679 a 703 (incluyendo sectores puntuales de otras categorías). Son aproximadamente 70 km de estas tierras ligeramente inestables, que representan el 70% del recorrido total.

Áreas Medianamente Inestables (MI)

En estas áreas las acciones erosivas son visibles, y tienen un mayor nivel de severidad que las descritas para la unidad anterior, especialmente en zonas deforestadas para pastoreo del ganado. Son zonas de colinas, que por su mayor pendiente favorecen este rápido deterioro. Su potencial erosivo es considerable en caso de deforestaciones masivas, teniendo en cuenta la pluviosidad propia de la región selvática. Esta potencialidad se refiere al riesgo de erosión por escorrentía concentrada, procesos que actualmente no se dan por ser terrenos casi totalmente cubiertos por el bosque tropical.

Las áreas de este nivel de inestabilidad son algo localizadas, como por ejemplo del km 654 a 656, 673, 676 a 679, 687 y 695. Son aproximadamente 7 km, que representan el 70% del recorrido total.

Áreas Inestables

En esta categoría se consideran las áreas inestables ligadas a cauces fluviales y a su dinámica de inundación y erosión lateral. El río Tahuamanu, su cauce y sus terrazas bajas inundables, son cruzados por la carretera en el km 628, en un sector particularmente angosto del mismo. La inestabilidad está dada por la inundabilidad, fluvial, incompatible con la construcción de la carretera. Similar situación afecta a la carretera en el distrito de Iñapari, en el km 710, donde un corto tramo final de 200 m de la vía es inundada durante las crecientes (procesos de inundación débil, de corrientes no muy rápidas). En cambio, el cruce del río Yaverija si es altamente erosivo y dinámico, en un lecho angosto. En total estas áreas inundables no alcanzan un km pero son en cambio de gran importancia desde el punto de vista de la seguridad de la carretera.

A manera de resumen de las características geomorfológicas principales y condiciones de erosión actual del área, a continuación se presenta un cuadro resumen referido a este sector por kilometraje en la carretera.

Cuadro 5.3.5-2 Resumen de las características geomorfológicas del Tramo del km 610+000 al km 710+000

Unidades Geomorfológicas		Origen	Pendiente	Composición Litológica y Formaciones Geológicas	Ubicación y/o altitud	Procesos Erosivos	Estabilidad	Riesgo Físico	Ubicación
TRAMO 3 SELVA ALTA	Planicies	Terrazas bajas inundables	0 a 4%	Rellenos aluviales inconsolidados de arena, limos y arcillas en diversas proporciones y en gruesos bancos estratificados.	Llanuras entre 200 y 300 msnm	Inundaciones durante las crecientes.	Inestable	Alto	627+900 a 628+100; 709+800 a 710+000
		Terrazas medias	0 a 15%			Sin erosión significativa, salvo en los bordes ribereños sujetos a severa erosión fluvial.	Estable	Bajo a medio	625+500 a 627+900; 631+800 a 634+200
		Terrazas medias a onduladas							620+000 a 625+500; 628+100 a 631+800; 635+500 a 645+800; 663+700 a 668+700; 703+000 a 706+000; 707+000 a 709+800
	Superficies Disectadas	Lomadas	4 a 25%	Formaciones aluviales del Cuaternario antiguo. Localmente formaciones de fines del Terciario. Paquetes mayormente arcillosos y limolíticos; localmente arenas en bancos estratificados de poca consolidación.	Superficies colinosas entre 200 y 350 msnm	Erosión difusa intensa, especialmente en áreas recién deforestadas. Localmente pequeños deslizamientos que se hacen mayores en las colinas bajas.	Medianamente inestable	Medio a alto	610+000 a 620+000; 634+200 a 635+500; 645+800 a 650+000; 652+000 a 654+600; 656+000 a 658+000; 634+200 a 635+500; 660+300 a 663+500; 668+700 a 672+500; 673+500 a 676+000; 678+600 a 687+000; 687+500 a 695+000; 695+300 a 703+000
		Colinas bajas	25 a 50%						Inestable