

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS GEOLOGIA Y CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**"CONSTRUCCION CARRETERA PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO
CON RELACION USO DE EXPLOSIVOS Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES"**

PRESENTADO POR :

Bach. VICENTE VILCA YANCE

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AYACUCHO - PERU


2010

**CONSTRUCCION CARRETERA PUENTE MAPITUNARI –
CAPIRUSHIATO CON RELACION USO DE EXPLOSIVOS Y SUS
IMPACTOS AMBIENTALES**

Recomendado: 06 de Diciembre del 2,010

Aprobado: 29 de Diciembre del 2,010


.....
Ing. Andres A. PORTUGAL PAZ
Miembro


.....
Ing. Rubén A. YACHAPA CONDEÑA
Miembro


.....
Ing. Jaime L. BENDEZU PRADO
Miembro


.....
Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
Secretario Docente


.....
Ing. Carlos A. PRADO PRADO
DECANO

Según el acuerdo en el Acta levantada el 29 de Diciembre del 2010, en la sustentación de tesis del Bachiller en Ciencias de Ingeniería Civil VICENTE VILCA YANCE, del trabajo de investigación titulado "CONSTRUCCIÓN CARRETERA PUENTE MAPITUNARI – CAPIRUSHIATO CON RELACIÓN USO DE EXPLOSIVOS Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES" fue calificado con la nota de 14, por lo que seda la respectiva aprobación.



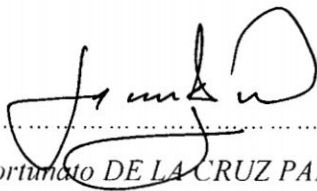
.....
Ing. Andrés A. PORTUGAL PAZ
Miembro



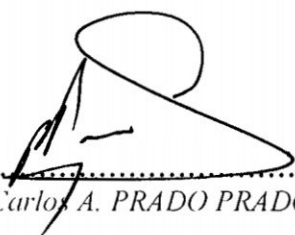
.....
Ing. Rubén A. YACHAPA CONDEÑA
Miembro



.....
Ing. Jaime L. BENDEZU PRADO
Miembro



.....
Ing. Fortunato DE LA CRUZ PALOMINO
Secretario Docente



.....
Ing. Carlos A. PRADO PRADO
DECANO

*A mis padres:
Basilio y Eusebia; Que de más allá me bendice,
Para continuar Mis Estudios Superiores y
Culminar de mi carrera profesional de
Ingeniero Civil.*

Vicente.

*A mi esposa:
Graciela y mis hijos: Rafael, Noelia y Cinthya
Por su permanente apoyo, comprensión y
Sacrificio, razón de triunfar en la vida.*

Vicente.

AGRADECIMIENTOS

A todos y cada uno de los docentes de la facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, por su valiosa formación, orientación y guía profesional recibida en el transcurso de mi época universitaria.

Agradecimiento especial al Msc.Ing. Hugo N. Gutiérrez Orosco, asesor de la presente tesis por su valioso tiempo dedicado en asesoramiento para la elaboración y culminación de la misma.

INTRODUCCION

Las Regiones geográficas del Perú son diferentes en cuanto se refiere a sus condiciones topográficas y climáticas, por lo que es importante tener comunicación vial entre dos regiones Ayacucho y Cusco, para el desarrollo socio-económico de los pueblos alejados de las provincias de La Mar y La Convención, en donde se construyó carretera materia de aplicación para el presente trabajo en relación de uso de explosivos para voladura de rocas en diferentes tipos de macizo rocoso y los efectos de impacto ambiental.

Bajo la perspectiva y óptica de un profesional en Ingeniería Civil y encontrándome prestando servicios con cargo de Residente de obra en la construcción de carretera, Puente Mapitunari – Capirushiato en una longitud de 8.240 kilómetros, he experimentado el uso de explosivos en cortes de rocas fija y suelta, para formar la plataforma de rodadura, observando durante el tiempo de la ejecución las ocurrencias de una serie de problemas en Geomecánica, manejo, control de explosivos y el deterioro, degradación del medio ambiente con la construcción de carretera, esto a múltiples factores y parámetros, situación que despertó en mi persona como profesional del área de construcciones, la inquietud de realizar un trabajo de investigación en este campo, al que he denominado “CONSTRUCCION CARRETERA PUENTE MAPITUNARI – CAPIRUSHIATO CON RELACION USO DE EXPLOSIVOS Y SUS IMPACTOS AMBIENTALES”. El cual está dividido en 05 capítulos. Tratando el capítulo I, sobre aspectos generales, el cual descrito sencilla y realistamente. El capítulo II, trata sobre estudios de Ingeniería Básica en campo de Geología Regional y Local, Geomecánica, Geodinámica, etc.; en el área de la

construcción de carretera y es un extracto compilado trabajo de campo y análisis en laboratorio de mecánica de rocas y suelos. El capítulo III, constituye la parte medular del presente trabajo y es producto, principalmente de la experiencia obtenida de los labores cotidianas desarrolladas por el suscrito, donde se conjuga con el conocimiento académico y la práctica realizada en el campo. El aporte fundamental es aplicar y dar una técnica razonable para uso de explosivos adaptación al sistema de voladura de rocas en diferentes tipos y formaciones litológicas. El capítulo IV, se describe en forma somera las operaciones complementarias realizadas en la construcción de carretera, siendo aporte el acabado final, uso de equipos y servicios auxiliares necesarios.

Finalmente en el capítulo V, se describe en forma sencilla, la Identificación, Evaluación, Mitigación y Planes de Gestión Ambiental del deterioro y degradación impactada al medio Ambiente, con el proceso construcción, puesta en marcha y futuro mantenimiento vial.

El presente trabajo representa un modesto aporte del suscrito, que pretende mejorar el uso de explosivos al sistema de voladura de rocas en proceso de construcción de obras viales y sus impactos ambientales, que espero sea acogida y sirva de documento de información y consulta para estudiantes de Ingeniería Civil. Sin embargo el objetivo principal del trabajo, es de servir como tesis para obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

SUMARIO

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
INTRODUCCION

CAPITULO I

	Pag.
1.1.0 ASPECTOS GENERALES	1
1.2.0 ANTECEDENTES	3
1.3.0 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.4.0 UBICACIÓN Y VIAS DE ACCESO	4
1.5.0 CLIMA Y VEGETACION	5
1.6.0 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	6

CAPITULO II

2.0.0 ESTUDIOS DE INGENIERIA BASICA	
2.1.0 GEOMORFOLOGIA	7
2.2.0 GEOLOGIA REGIONAL	7
2.2.1 ESTRATIGRAFIA	8
2.3.0 GEOLOGIA LOCAL	11
2.3.1 ANALISIS GEOLOGIA ESTRUCTURAL	11
2.3.2 ESTRUCTURA DE LAS ROCAS	12
2.3.3 ESTRATIFICACION O BANDIAMIENTO DE LAS ROCAS	13
2.3.4 INFLUENCIA DE ESTAS ESTRUCTURAS EN VOLADURA DE ROCAS	14
2.4.0 GEOMECANICA	20
2.4.1 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MACIZO ROCOSO	20
2.4.2 SISMICIDAD	21
2.4.2.1 HISTORIA SIMICA DEL AREA DE INFLUENCIA	22
2.4.2.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS SISMOS	23
2.4.2.3 TECTONICA Y SISMOTECTONICA	24
2.4.2.4 SISMO TECTONICA REGIONAL	28
2.4.2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
2.4.3 CLASIFICACION GEOMECANICA DEL TIPO DE MATERIAL A EXCAVAR	30
2.4.4 TENSIONES EN MACIZO ROCOSO	30
2.4.5 DETERMINACION DE TENSIONES EN EL MACIZO ROCOSO	32
2.5.0 GEODINAMICA Y LA VOLADURA	33
2.5.1 GEODINAMICA EXTERNA	33
2.5.2 GEODINAMICA INTERNA	35
2.6.0 MECANICA DE SUELOS	35
2.6.1 ALCANCES	35
2.6.2 METODO DE LOS ESTUDIOS DE CANTERA	37

CAPITULO III

3.0.0	USO DE EXPLOSIVOS EN LA CONSTRUCCION DE CARRETERA	
3.1.0	GENERALIDADES	40
3.2.0	ALCANCES	40
3.2.0	EXPLOSIVOS	41
3.2.1	DINAMITA SEMEXA 65 Y AN-FO	41
3.2.2	ACCESORIOS DE VOLADURA UTILIZADOS	42
3.3.0	FACTORES PARA REALIZAR UNA VOLADURA	44
3.3.1	EQUIPOS DE PERFORACION	45
3.4.0	TECNICAS DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS	46
3.4.1	VOLADURA DE ROCAS	46
3.4.2	PARAMETROS DE LA ROCA	47
3.4.3	CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA VOLADURA	47
3.4.4	EVALUACION DE LA VOLADURA DE ROCAS	47
3.5.0	SISTEMA DE VOLADURA EN SUPERFICIE	48
3.5.1	VOLADURA EN BANCOS	49
3.5.2	ELEMENTOS PARA DISEÑO DE VOLADURA EN BANCOS	49
3.5.3	APLICACIÓN DE VOLADURA EN CANTERA HELARES	49
3.5.4	DISEÑO MALLA DE PERFORACION	63
3.5.5	TEMPORIZACION DE VOLADURA EN SUPERFICIE	65
3.6.0	SISTEMA DE VOLADURA EN OBRAS VIALES	67
3.6.1	CORTES A MEDIA LADERA	70
3.6.2	CORTE CERRADO O EXCAVACION TRINCHERA	73
3.7.0	SISTEMA DE VOLADURA DE GRAN VOLUMEN POR GRAVEDAD	75
3.7.1	VOLADURA POR DESPLOME CON TALADROS PEQUEÑOS	75
3.7.2	TUNELES Y CALAMBUCOS	76
3.8.0	SISTEMA DE VOLADURA SECUNDARIA EN OBRAS VIALES.....	81
3.8.1	VOLADURA SECUNDARIA CON PERFORACION	81
3.8.2	VOLADURA SECUNDARIA SIN PERFORACION	83

CAPITULO IV

4.0.0	OPERACIONES COMPLEMENTARIAS EN OBRAS VIALES	
4.1.0	DIAGNOSTICO OPERACIONAL	
4.1.1	CRITERIOS DE OPERACIÓN Y CONTROL TRADICIONAL	88
4.1.2	APLICACIÓN DE TECNICAS DE CONTROL Y OPERACIÓN	89
4.2.0	DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUD DE CORTE EN ROCA	90
4.3.0	LIMPIEZA Y REMOCION DE MATERIAL DE ESCOMBROS	90
4.4.0	REFINE DE LA RASANTE DE PLATAFORMA Y CUNETAS	92
4.5.0	SEGURIDAD Y MANEJO DE EXPLOSIVOS	92
4.5.1	NORMAS Y ASPECTOS GENERALES	92
4.5.2	RIESGOS PREDOMINANTES	93
4.5.3	TIROS FALLADOS	95
4.5.4	CAUSAS PARA TIROS FALLADOS	96
4.5.5	TRATAMIENTO DE FALLAS	96
4.5.6	GASES DE EXPLOSION	97

4.5.7	EVALUACION DE VOLADURA DE ROCAS - SEGURIDAD	97
-------	---	----

CAPITULO V

5.0.0	DETERIORO Y DEGRADACION DEL MEDIO AMBIENTE CON VOLADURA DE ROCAS EN OBRAS VIALES.	
5.1.0	INTRODUCCION	98
5.2.0	OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	99
5.3.0	MARCO LEGAL	100
5.4.0	DESCRIPCION DEL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	101
5.5.0	DESCRIPCION DEL ENTORNO	102
5.5.1	AMBIENTE FISICO	102
5.5.2	AMBIENTE BIOLOGICO	103
5.5.4	CARACTERIZACION DEL MEDIO SOCIOECONOMICO.....	103
5.6.0	PRINCIPALES ACTORES DEL AMBIENTE	104
5.7.0	CARACTERIZACION DE ASPECTOS CULTURALES	105
5.8.0	MONITOREO DE LA LINEA DE BASE	105
5.8.1	DETERMINACION DE INDICADORES DE LINEA DE BASE	105
5.8.2	VALORES DE INDICADORES DE LINEA DE BASE	108
5.9.0	DESCRIPCION DEL PROCESO	110
5.9.1	ORGANIZACIÓN DE LA ENTIDAD EJECUTORA	110
5.10.0	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA	111
5.10.1	MATERIA PRIMA Y INSUMOS	111
5.10.2	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO DE RECURSOS	111
5.11.0	DESCRIPCION DE SERVICIOS AUXILIARES	112
5.12.0	DIAGNOSTICO AMBIENTAL	112
5.12.1	IDENTIFICACION DE IMPACTOS NEGATIVOS	112
5.12.2	ETAPAS DE OPERACIÓN	113
5.12.3	ETAPAS DE CIERRE	113
5.12.4	IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS	114
5.13.0	EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES	115
5.14.0	PLAN GESTION AMBIENTAL	115
5.15	VALORACION AMBIENTAL	118
5.16.0	PARTICIPACION CIUDADANA	120

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS:

1	PANEL DE FOTOGRAFIAS DEL PROYECTO EN EJECUCION
2	INFORME DE RESULTADOS DE MECANICA DE SUELOS
3	CUADRO DE RESULTADO DE ANALISIS MECANICA DE ROCAS
4	RECOPELACION HISTOREAL DEL SISMO OCURRIDAS EN LA REGION
PC -01	PLANO CLAVE
Ppp -01	PLANO PLANTA, PERFIL Y SECCIONES DE VOLADURA KM 0+0.00 AL 0+150
Ppp-02	PLANO PLANTA, PERFIL Y SECCIONES DE VOLADURA CALAMBUCO KM 2+750
Ppp-03	PLANO PLANTA, PERFIL Y SECCIONES DE VOLADURA CORTE CERRADO KM 6+480
Pgt-01	PLANO PLANTA Y PERFIL GEOTECNICO KM 0+00 AL KM 8+240

CAPITULO I

1.1.0 ASPECTOS GENERALES.

Datos históricos señalan que se considera como obras viales a las carreteras de toda categoría y a las vías férreas. En su construcción y mantenimiento es frecuente el empleo de explosivos, que se aplican tanto con métodos “tradicionales” como con otros denominados “técnicas modernas en obras viales” desarrolladas para su mejor uso y optimización en rendimiento dejando como resultado eficiente y eficaz.

El proyecto de construcción de carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, del Km. 0.00 al Km. 8+200, en relación uso de explosivos en movimiento de tierras en corte roca fija y suelta y sus impactos ambientales en tres tramos como sigue:

Tramo progresiva 0+0.00 al 0+217, corte en ladera de gran altura con método de banqueo, desde la cresta del farallón de roca fija de dureza competente, hasta alcanzar el nivel de plataforma de subrasante de carretera, conforme al diseño de perfil longitudinal y sección transversal de la carretera materia del presente.

Tramo progresiva 2+750 al 2+855, se realizó corte de gran volumen por gravedad (calambuco), o desplome en un suelo de conglomerado compacto.

Tramo progresiva 6+460 al 6+855, se desarrolló una excavación en corte cerrado o corte en trinchera, hasta alcanzar el nivel de subrasante de la carretera.

El uso de explosivos comprende técnicas especialmente dirigidas al rompimiento de material rocoso y conglomerados compactos preferentemente menudo y homogéneo, procurando tener el menor efecto del deterioro de la roca por impacto y vibración, por tanto requieren de exigente control y de mayor trabajo de perforación.

Por lo general son repetitivos, es decir que cada disparo es igual o parecido al anterior, siguiendo patrones establecidos.

Por otro lado, la gran longitud de tramo y las cambiantes condiciones de geometría y de propiedades de las rocas a arrancar a lo largo del trazo de la carretera, imponen el diseño de cada disparo como si fuera un caso en particular adaptado al perfil del terreno, denominándoseles por ello "métodos viales", entre los que consideramos:

- Cortes de ladera o a media ladera, con taladros cortos y largos.
- Excavación en corte cerrado o corte en trinchera (cortes de montura).
- Voladura para nivelaciones y de remoción de material para relleno de depresiones.
- Excavaciones para rampas.
- Voladura para zanjas y cunetas.
- Voladuras de gran volumen por gravedad: calambucos y voladuras de desplome.

Este tipo de voladuras se aplicó en la construcción de la carretera Puente Mapitunari Cahirushiato, no son mayormente exigentes en cuanto a la calidad de fragmentación ni a la homogeneidad del material arrancado, ya que por lo común este es simplemente empujado a un costado de la explanación, o empleado como relleno de nivelación, pero en razón a que usualmente resulta una importante cantidad de pedrones sobredimensionados, demasiado grandes para poder ser desplazados con el equipo mecánico disponible, sus resultados usualmente se aplicó posteriormente de voladura secundaria con cachorro, plastas.

Con estas voladuras se realizan por lo general en lugares deshabitados, se suele dejar de lado la prevención de riesgos de proyección de piedras y vibración, lo que puede tener serias consecuencias.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la vigilancia del área de disparo, puesto que la gente de campo no tiene experiencia sobre las consecuencias de la proximidad a los disparos.

A excepción de los calambucos que requieren de la apertura previa de un túnel de sección pequeña en forma de “L o T” dependiendo la forma del futuro corte, en sus terminales de los brazos del túnel en una cámara de explosión; en los bancos convencionales para explotación de materiales de cantera que emplean taladros de mediano a gran diámetro, en las demás voladuras se trabaja con pequeños diámetros.

La preservación del medio ambiente es una de las principales metas y preocupaciones en el presente trabajo por el que se viene desarrollando aplicación de un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO 14000, lo cual ratifica su compromiso con el respeto del entorno.

1.2.0 ANTECEDENTES.

En el ámbito Nacional y Regional, al diagnosticar el sistema vial encontramos una carencia única en cuanto se refiere a las vías de comunicación para extraer recursos agrícolas en zonas de área de influencia del distrito de Kimbiri a los mercados de Ayacucho y aún mas crítico dentro del Departamento de Ayacucho y Cusco cuya realidad económica es postrado en la extrema pobreza, por lo que es necesario urgente para combatir la pobreza y sacar adelante el desarrollo social, económico y cultural, con intercambio entre dos Regiones como Ayacucho y Cusco.

1.3.0 OBJETIVOS.

Siendo el estudio es parte integrante del Plan vial Interdepartamental que abarca entre Ayacucho y Cusco, su ejecución plantea los siguientes objetivos.

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.

A.- El presente es un intento de sintetizar conocimientos y aplicaciones prácticas ganadas en el campo de la tecnología de uso de explosivos en voladura de rocas que se diseña para estudiantes e ingenieros que desean aplicar la tecnología a diseños prácticos de voladura de rocas.

B.- Servir como referencia o modelos para construcción de carreteras sobre montañas donde requiere de uso de explosivos en voladura de rocas para formar plataforma de rodadura.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

A.- Servir como trabajo de Tesis y sustentar ante la comisión pertinente, para pretender optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

B.- Que sirva como documento de información y consulta en uso de explosivos en voladura de rocas aplicado en construcción de carreteras, para estudiantes de Ingeniería Civil.

C.- Dar un modesto aporte al avance Tecnológico en el manejo de explosivos en el sistema de voladura de rocas en obras viales.

1.4.0 UBICACIÓN Y VIAS DE ACCESO.

1.4.1 LOCALIZACION.

A.- Ubicación Política

Departamento : Cusco

Provincia : La Convención

Distrito : Kimbiri

Carretera : Puente Mapitunari – Capirushiato

B.- Ubicación UTM y Altitud

Carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, (Plano PU-01)

Coordenadas UTM

Altitud

Puente Mapitunari:	8597178 N	643089 E	690 m.s.n.m.
Capirushiato:	8598837 N	645207 E	1100 m.s.n.m.

1.4.2 VIAS DE ACCESO:

Carretera: Ayacucho – Quinoa 45.00 Kilómetros Asfaltado, Quinoa – Kimbiri – Puente Mapitunari 173.00 kilómetros afirmado, haciendo un total de 218.00 kilómetros de longitud, siendo tiempo de viaje de 9.00 horas aproximadamente.

1.5.0 CLIMA Y VEGETACION.

1.5.1 CLIMA.

El clima de la zona donde se construye la carretera es cálido y con alta humedad, con una fluctuación de temperatura entre 15°C por las noches a 28°C durante el día, dando sensación de calor las 24 horas. En general el micro clima en toda la zona del proyecto es uniforme en todos los meses del año. Se tiene una central meteorológica sofisticada a cargo de la Municipalidad distrital de Sivia, el cual es asistido de asesoramiento técnico y enlace con el SENAMHI toda vez que se corre el riesgo de perder información climática histórica.

Precipitación Pluvial en época de lluvia corresponde a los meses de octubre a marzo y en estiaje los meses de abril a septiembre. El módulo pluviométrico es casi uniforme en toda la zona del proyecto siendo la media mensual de 150 mm en épocas de lluvias y de 80 mm en estiaje.

En los meses de Enero a Marzo la intensidad de la lluvia es mas fuerte que en el resto de los meses, donde el suelo llega a su máxima saturación. Actualmente los diseños de las obras de arte se hacen sobre la base de aproximaciones e inferencias estadísticas utilizando datos de otras cuencas.

1.5.2 VEGETACION.-

En cuanto a la vegetación en la zona de construcción de carretera Puente Mapitunari - Capirushiato, se observa bosques característicos de la zona selva Alta, árboles frutales

tropicales diversos y cultivos de agricultura selvática primordialmente la producción de la coca, cacao, café, maní, maíz, barbasco y otras.

En Fauna, se observa animales, aves de diferentes tipos propios de la zona tropical como la selva Ayacuchana VRAE.

1.6.0 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.

El presente trabajo se plantea en desarrollar una alternativa de tecnificar el uso de explosivos en voladura de rocas e impactos ambientales causados aplicado en obras de construcción de carreteras, a comparación que actualmente vienen realizando en forma empírica y corriendo el riesgo de fatales accidentes y bajo rendimiento en corte de roca fija y suelta para formar la plataforma de carretera, ocasionando costos muy altos en su ejecución y deteriorando el medio ambiente natural con la construcción de carretera.

Se justifica:

A.- Por ser tramos de construcción paso obligado con uso de voladura en cortes de roca en sus diferentes formaciones geológicas para formar subrasante de plataforma rodadura de una vía, además es mayor porcentaje de inversión a referencia de otras actividades ejecutadas y riesgo en la construcción de carretera tratándose en cortes de roca fija, suelta y otros tipos de voladura, que se practicó en la construcción carretera Puente Mapitunari hasta Capirushiato.

B.- En la fase de ejecución y operación de carretera afecta significativamente al Medio Ambiente natural impactando en aspectos como: físico, biológico y socioeconómico a causa del uso de voladura de rocas y movimientos de tierras, lo cual es mitigada para recuperar parte del daño causado.

C.- También es impacto benéfico en comunicación vial a las comunidades de Capirushiato, Helares, y comunidades nativas Machiringas y Ashaninkas entre otras, para el intercambio comercial y cultural con otras comunidades entre Kimbiri, Mapitunari, Los Angeles, esto en la provincia de La Convención, del Departamento de Cusco.

CAPITULO II

2.0.0 ESTUDIOS DE INGENIERIA BASICA

2.1.0 GEOMORFOLOGIA.

El desarrollo morfológico del área de influencia del estudio carretera Puente Mapitunari - Capirushiato, presenta como resultado de numerosos procesos degradacionales y agradacionales ocurridas sucesivamente a lo largo del tiempo, bajo las condiciones estructurales observadas (fallas, pliegues) tectónicas y climáticas. La degradación se observa el proceso principal reinante en el área, dado que existen grandes desniveles de altitud en la mayor parte del terreno, (Plano Gmf-01).

Entre los procesos modeladores del área se encuentran la erosión fluvial del río Helares, la remoción en masa (huaycos, deslizamientos, derrumbes, etc.).

Con las características morfológicas presentes, de altitud, climáticas, hidrográficas, agradacionales y degradacionales de la zona de estudio han permitido definir en ella cuatro unidades geomorfológicas, que son:

a.- Valles, se emplea esta denominación, cuando se encuentra disectando el área de penillanuras y el área de elevaciones, un buen ejemplo lo constituye el Valle del Río Apurímac y Ene, que definen parcialmente los límites departamentales de Ayacucho y Cusco.

B.- Los flancos, presentes en las falderas de Capirushiato y parte de comunidad de Helares en algunos sectores pendientes fuertes que sumado a la naturaleza arcillosa de la roca han facilitado la presencia de numerosas deslizamientos.

C.- Terrazas, corresponden a extensas áreas cubiertas de vegetación y donde está asentadas la mayor parte de la población como es Helares, Mapitunari se ubican por encima de los 680 m.s.n.m.

D.- Elevaciones, generalmente presentan una agreste cadena de cerros y picos con altitudes que sobrepasan los 1,800 m.s.n.m. Se notan en ambas márgenes de los ríos Apurímac, Kimbiri y Capirushiato, en donde el modelado del paisaje presente es producto de la acción de desplazamiento de masas de agua en época de lluvia, formando los valles en forma “U” y en las partes bajas la presencia de la acción fluvial, con valles en forma de “V”. Penillanuras, se caracterizan por conformar una topografía moderada, de suaves colinas, pequeñas lomadas y moderadas cuevas hacia Este y Oeste en ambas márgenes del río Apurímac. Constituye el paso transicional entre el relieve de las terrazas y las elevaciones presentando un regular desarrollo del suelo debido a la poca consolidación y a la naturaleza arcillosa de las rocas que la conforman.

2.2.0 GEOLOGIA REGIONAL.

En la zona del estudio, afloran rocas de origen sedimentario, ígneo intrusivo y extrusivo además rocas metamórficas que se hallan cubiertas por vegetales nativos de la zona de selva alta.

La edad de estas rocas están comprendidas entre el Neoproterozoico, paleozoico inferior y Cenozoico del sistema cuaternario, como puede apreciarse en el plano Geológico Regional (Plano PG-01).

2.2.1 ESTRATIGRAFIA.

Toda el área del estudio del Valle de río Apurímac comprende de estratigrafía con formaciones de las rocas estratificadas (sedimentarias, volcánicas y metamórficas);

especialmente, en sucesión en el tiempo, la naturaleza de las mismas y la correlación de los estratos en diferentes lugares.

La secuencia estratigráfica de la región ha sido estudiada dentro del programa de levantamiento geológico de la Comisión de la Carta Nacional (INGEMMET) y los trabajos de exploración llevada a efecto por el Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas en 1987 en Ananea, incluyendo las zonas donde se hallan expuestas rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, cuyas edades van desde el Pre-Cámbrico hasta el cuaternario reciente, conformando la columna estratigráfica de la región.

A.- DEPOSITO ALUVIAL (Qh-al)

Depósitos Aluvio Fluviales, Compuesto por grava, arena, limo, y arcilla depositadas por corriente de agua en los flancos, quebradas y lecho de ríos Apurímac y Helares.

La estratigrafía comprendida en la zona donde es colindante a la formación parte ribera del río Apurímac es de Era Cenozoica, Sistema Cuaternario, serie hológeno, dentro de la unidad estratigráfica Depósito Aluvial, rocas granito, riolitas, material detrítico, transportado por corriente de las aguas y depositado, casi siempre temporalmente que están normalmente compuestos por arenas y gravas, también materiales coluviales transportados por acción de la gravedad de las laderas de Mapitunari y Helares, que extiende longitudinalmente todo el valle en ambas márgenes del Río Apurímac.

B.- FORMACION CABANILLAS (SD-c)

Este Grupo estratigráfico está constituido por areniscas cuarzosas de grano fino y color gris claro, en capas delgadas (5 - 20 cm.) y limolitas pizarrosas, micáceas, trituradas, de color gris oscuro negruzco. Presenta superficie de alteración de color amarillento que se aprecia únicamente en algunos cortes o deslizamiento de laderas ya que el área superficial está cubierta de vegetación.

A las rocas del grupo Cabanillas se le asigna edad geológica Devoviano y Siluriano medio a superior (Paleozoico inferior).

Las rocas de este Grupo, en especial las limolitas pizarrosas altamente fracturadas constituyen material incompetente respecto a la arenisca cuarzosa (competente). Ambas por acción de las lluvias experimentan asentamientos/hundimientos.

En la carretera, este grupo está presente entre las localidades de Mapitunari y cercanía a los Angeles.

C.- GRUPO SAN JOSE (OI-Sj)

Grupo San José superior e inferior, constituido por rocas Granito, Metandesita y conglomerados del Sistema Ordoviciano de Era Paleozoica.; Hacia las alturas faldera de Mapitunari.

D.- COMPLEJO METAMORFICO – GNEIS (PE-g)

Son rocas metamórficas que constituyen el basamento y conforman parte de la Cordillera Oriental. Como su nombre lo indica, el Complejo Metamórfico comprende esquistos y filitas de mica-cuarzo-clorita de grano fino, textura bandeada, color gris verdusco, con esquistosidad y foliación de fuerte buzamiento. Esta afectado por plegamientos, fallamientos, y extrusiones de diques y stocks.

Su morfología es relativamente moderada, y en las quebradas es bastante inestable debido a su deformación por lo que experimenta deslizamientos y derrumbes.

Su edad geológica está determinada únicamente por su posición estratigráfica y corresponde al Neo Proterozoico.

La característica de esquistosidad y foliación con fuerte buzamiento (inclinación) en las rocas de este Complejo, facilitan su rápida meteorización con la consiguiente pérdida de calidad (dureza, cementación, etc). En los flancos de los valles conformados por estas rocas, y en los cortes para vías de comunicación, es frecuente la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y desprendimientos.

En la carretera, rocas de esta unidad están cortadas entre la quebrada de Helares (Km. 2+00 aprox.) y la localidad de Capirushiato (Km. 8+240). Por la geomorfología del área y por las características de la roca, ocurren derrumbes y deslizamientos.

2.3.0 GEOLOGIA LOCAL.

2.3.1 ANALISIS GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Desde el punto de vista de las estructuras geológicas que tienen relación alguna con el proyecto podemos indicar que a lo largo de la ruta que abarca la carretera, ellas están relacionadas a las diferentes fases tectónicas producidas sucesivamente desde el Neoproterozoico hasta nuestros días, comprendiendo a los ciclos orogénico Hercínico y Andino, los mismos que han controlado los diferentes procesos de sedimentación y han originado un intenso magmatismo intrusivo como extrusivo, a la vez que han producido una fuerte deformación de las rocas existentes, con diversas formas y estilos hasta adoptar la configuración actual y una dirección definida de NO – SE de las estructuras existentes, constituidas por pliegues y fallas.

Estos movimientos tectónicos, al producir las deformaciones, han originado un sistema de extensas y profundas fallas que han dividido al terreno, desde el punto de vista regional, en grandes bloques orientados principalmente en dirección NO-SE. Estos eventos tectónicos, caracterizados por ser una tectónica de compresión, además de producir pliegues y fallas, causan un intenso metamorfismo epizonal dando como resultado una fuerte alteración y disturbación en las formaciones rocosas.

Corroborando lo anteriormente expresado el intenso metamorfismo que se observa en las rocas que están expuestas en la localidad de Capirushiato, las cuales debido a la fuerte compresión a que fueron sometidas presentan una pizarrosidad bien marcada, así como una intensidad local con rumbo NO-SE.

Las formaciones rocosas de esta área se presentan intensamente fracturadas presentando un sistema completamente irregular de discontinuidades, que no obedecen a una

orientación ni sistema definido. Asimismo se presenta una estructura de tipo laminar, fácilmente afectado por el fuerte intemperismo de la zona reduciendo sus características y propiedades ingenieriles debilitándolas notablemente; fomentando la inestabilidad de los taludes naturales, cuyos fragmentos se desprenden por efecto de la gravedad, ayudadas por la fuerte pendiente que muestra el terreno a lo largo de todo el recorrido de la vía.

2.3.2 ESTRUCTURA DE LAS ROCAS

Debido a su formación, edad y a los diversos eventos geológicos que han sufrido, las rocas presentan diversas estructuras secundarias que influyen en su fracturamiento con explosivos, en las áreas del estudio donde se desarrolla la perforación y voladura de rocas, principalmente en tramo puente Mapitunari, entre ellas tenemos:

La construcción de la carretera Puente Mapitunari a Capirushiato se desarrolló en las siguientes rocas:

Metandesita: roca volcánica intermedia de grano fino metamorfizada, caracterizada por presencia de oligoclasa o andesina que es variedad de feldespatos y plagioclasa, estas pueden transformarse en dacitas o riolitas. Las andesitas se presentan siempre como coladas de lava asociadas a masa continentales, es límite entre la asociación andesita continental y la asociación basáltica oceánica.

Pizarra: roca arcillosa de metamorfismo regional de bajo grado que han desarrollado una Esquistosidad neta, pero que han recristalizado poco, de forma que las rocas siguen teniendo grano muy fino.

Cuarcita: rocas arenosas, la metacuarcita es una roca arenosa metamorfizada, las impurezas en la roca original pueden dar lugar a minerales metamórficos como la clorita, biotita, calcita puede dar lugar a wollastonita; las cuarcitas son generalmente consideradas como rocas metamorfizadas térmicamente.

Conglomerado: ruditas compuesto de fragmentos redondeados o subredondeados, que implican un transporte algo mayor que el de las brechas. Los conglomerados en la zona de la construcción están constituidos principalmente de cantos rodados.

2.3.3.- ESTRATIFICACION O BANDEAMIENTO DE LAS ROCAS

Son los planos que dividen a las capas o estratos de las rocas sedimentarias de iguales o diferentes características físicas (litológicas); también ocurren en ciertos casos de disyunción en rocas granitoides, este tipo de roca se encuentra en área de Puente Mapitunari, progresiva 0+0.00 al 0+217, pero generalmente ayudan a la fragmentación.

Esquistosidad: Bandeamiento laminar que presentan ciertas rocas metamórficas de grano fino a medio con tendencia a desprender láminas, como el caso de Capirushiato, progresiva 5+ 210, siempre se rompen fácilmente.

Fractura (fisuras o juntas): En las áreas donde se realiza el estudio, las rocas en las que no hay desplazamiento, se presentan en forma perpendicular o paralela a los planos de estratificación o mantos en derrames ígneos, con grietas de tensión (diaclasas), grietas de enfriamiento (disyunción) y otras esto presenta en la progresiva 0+0.00 al 0+217, donde se muestra con claridad.

El espaciamiento entre ellas es variable y en algunos casos presentan sistemas complejos entrecruzados. La abertura, también variable, puede o no contener material de relleno (milonita), este tipo de roca se encuentra en el Puente Mapitunari.

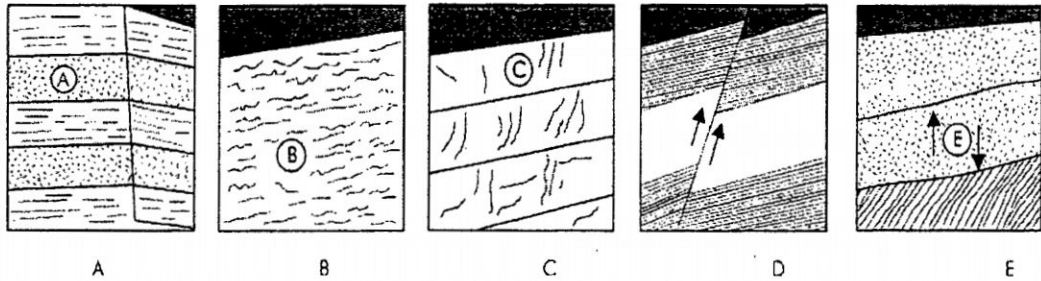
Fallas: Frecuentemente en todas las zonas rocosas del Valle del Río Apurímac se presentan desplazamientos entre dos bloques. Usualmente contienen material de relleno de grano fino (arcilla, panizo, milonita), en perforación reducen los rangos de penetración, y pueden apretar o trabar a los barrenos, esto siempre sucedió en las tres frentes de trabajo como es el caso de Mapitunari. Las rocas son propicias a sobre rotura junto a los planos de falla.

Contactos: Planos de contacto o discontinuidades entre estratos o capas del mismo material o de diferentes tipos de roca.

2.3.4 INFLUENCIA DE ESTAS ESTRUCTURAS EN VOLADURA DE ROCAS

Las principales desventajas que presentaron en la construcción carretera progresiva 0+0.00 al 0+217 son la pérdida de energía por fuga de gases y la perforación de rocas sobredimensionados.

Casos:



A. Estructuras ampliamente separadas

Estos son con separación de 0.5 pulgadas a 1 pulgada con presencia de relleno (milonita) o vacía solamente apertura, que es una desventaja para la fragmentación por los siguientes motivos observados:

- Interrupción de las ondas sísmicas o de tensión.
- Fallas por confinamiento.
- A menudo enormes variaciones en dureza y densidad entre los estratos (incompetencia).
- Preformación de rocas sobre dimensionados.
- Sopladura de taladros por escape de gases.
- En perforación, menor rango de perforación y desviación cuando no se perfora perpendicularmente al Bandeamiento.

Soluciones factibles expuestas en la ejecución:

- Empleo de explosivos densos y de alta velocidad.
- Empleo de cargas espaciadas.
- Intervalos de iniciación más cortos entre taladros (favorable para la fragmentación y para reducir vibraciones).

- Ajuste de mallas de perforación, más apretadas.

B. Estructuras apretadas

Normalmente se notó una ventaja, mejor transmisión de las ondas de tensión con mejor fragmentación y control del disparo.

Las rocas con baja resistencia junto con estratificación apretada, como las Lutitas y esquistos que se encontró en el tramo de perforación y voladura presentan buena fragmentación, pero en condiciones:

- Explosivos y cebos de menor velocidad y densidad han sido utilizados y son efectivos en estas rocas (Areniscas, Lutitas, Esquistos, etc.).
- Tiempos de intervalo más largos resultan más efectivos para el desplazamiento y son favorables para reducir las vibraciones.
- Se consiguen mayores rangos de velocidad de perforación.
- Se puede incrementar la producción ampliando el burden y el espaciamiento e incrementando el diámetro de taladro pero debe controlarse la vibración.

C. Estratificación plana u horizontal

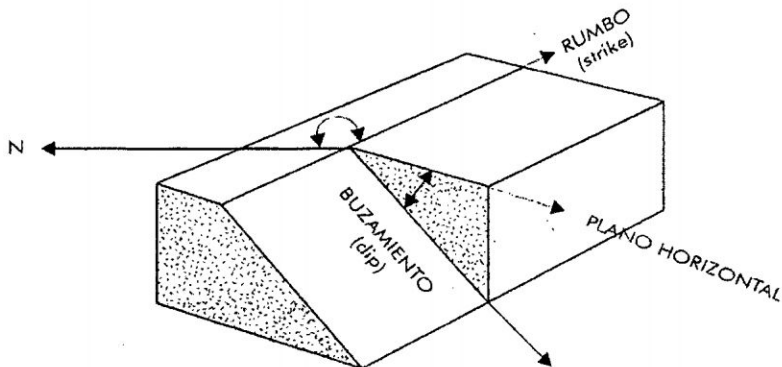
Estructuras predecibles que se encontró en pocas oportunidades en longitudes pequeñas en progresiva 0+150, tal como se muestra en las fotografías en el anexo de la presente.

- La perforación perpendicular a estratos horizontales.
- reduce la probabilidad de que se traben o agarren los barrenos.
- Los taladros son verticales y rectos ya que estos planos no afectan por desviación.
- En estas condiciones son factibles de aplicar opciones técnicas en mallas, inclinación de taladros y sistemas de inclinación para mejorar la voladura. Por otro lado estratos o discontinuidades en ángulo pueden desviar los taladros.

D. Rumbo y buzamiento de estratos y fallas

El rumbo indica la dirección de la estructura (con relación a los puntos cardinales o norte geográfico) y el buzamiento el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal. Ambos

indican cuando o no los taladros atravesarán perpendicular o transversalmente a las estructuras.



1. Rumbo

Casos principales:

a. Rumbo en ángulo con la cara libre

Fracturas o fallas en ángulo con la cara libre contribuyen a mejor fragmentación con aceptable rotura final y rotura hacia atrás. Buena condición para voladura.

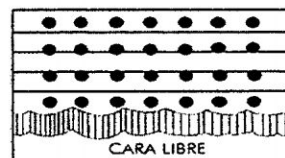
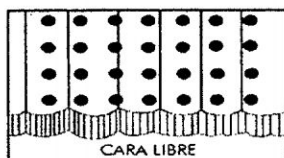
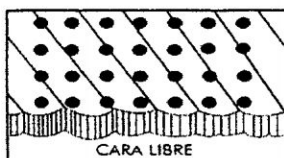
b. Rumbo perpendicular a la cara libre

Fractura o fallas perpendiculares a la cara libre (entre los espaciamentos de taladros) tienden a contribuir con rotura de bloques, poca rotura final y considerable rotura hacia atrás.

Mala condición para voladura.

c. Rumbo paralelo a la cara libre

Fallas y fracturas provocan fracturamiento sobredimensionada, mala rotura final pero generalmente una pared posterior estable. Mala condición para fragmentación por voladura.



Efectos negativos en la performance de la voladura en la construcción de carretera:

Estos efectos se han desarrollado en la perforación teniendo en consideración la información bibliográfica y experiencias en otras fuentes de trabajo.

- Roca con estructuras complicadas.
- Zonas de incompetencia.
- Rocas con zonas competentes intercaladas con zonas incompetentes.

Soluciones factibles y expuestas en la obra:

1. Efectuando voladuras de prueba, si esto es posible.
2. Diseñando la voladura para que la cara libre se desplace en un ángulo con las estructuras geológicas. Estimando puede o no ser posible y puede involucrar alteraciones en los intervalos de retardo.
3. Procurando la mejor distribución de la carga explosiva para sobreponerla a las estructuras, aplicando algunas de las siguientes opciones:
 - a. Hemos ampliado los espaciamientos paralelos a las fisuras y reduciendo los burdenes perpendiculares a las fisuras.
 - b. Aplicando la malla en echelón convenientemente.
 - c. Enfocando la dirección del ángulo de movimiento de las salidas.
4. Reduciendo la malla.
5. Empleando menor diámetro de taladros, lo que proporciona mejor distribución del explosivo y notoriamente mayor control de la voladura.
6. Perforando taladros satélites entre los taladros de producción.
7. Experimentando con diferentes intervalos de retardo.

Intervalos cortos son a menudo efectivos en estructuras sobresalientes.

2. Buzamiento

Casos:

a.- Perforación y voladura con el buzamiento a favor.- Se ha realizado el ensayo esperando lo siguiente: mayor rotura hacia atrás, ya que la gravedad trabaja contra la operación de voladura. Mejor utilización de la energía del explosivo porque los estratos yacen hacia los taladros presentando menor resistencia al empuje. Piso del banco más plano

o regular con menos problemas de bancos, mayor desplazamiento desde la cara libre lo que resulta en una mejor formación de la pila de escombros. Por otro lado hay la posibilidad de piedras volantes de la cresta del banco.

Soluciones factibles aplicadas en la obra:

1. Hemos empleado taladros inclinados para reducir la rotura hacia atrás.
2. Ampliando el tiempo de retardo de la inclinación de la última fila de taladros se puede lograr un buen perfil de la cara final del banco.

b. Perforación y voladura con el buzamiento en contra

Menor rotura hacia atrás debido a que los estratos buzan dentro del banco. La resistencia al pie del banco se incrementa dificultando su salida, por lo que se requiere mayor carga explosiva de fondo, piso del banco irregular, menor desplazamiento desde la cara libre, que resulta en una pila de escombros más elevada.

Soluciones factibles aplicadas en situ:

Si se presentan lomos:

1. Perforar taladros inclinados para eliminar la posibilidad de lomos.
2. Perforar taladros satélites para eliminar los lomos.
3. Explosivos de alta energía en las áreas de formación de lomos pueden ayudar a mejorar el nivel del piso, la sobre perforación adicional también puede ayudar a mejorar el nivel del piso.

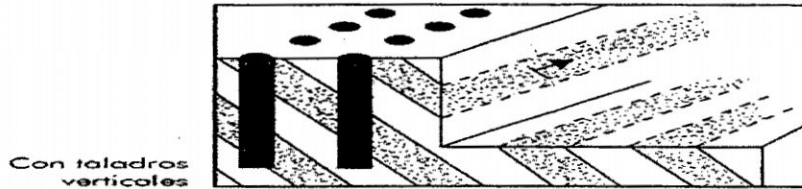
c. Perforación y voladura con el rumbo en contra

En esta situación se espera encontrar las condiciones más desfavorables para la perforación y voladura para espesar lo siguiente: mayor rotura hacia atrás con perforaciones adecuadas, ya que la gravedad trabaja contra la operación de voladura. Mejor utilización de la energía del explosivo porque los estratos yacen hacia los taladros presentando menor resistencia al empuje. Piso del banco más plano o regular con menos problemas de bancos, mayor

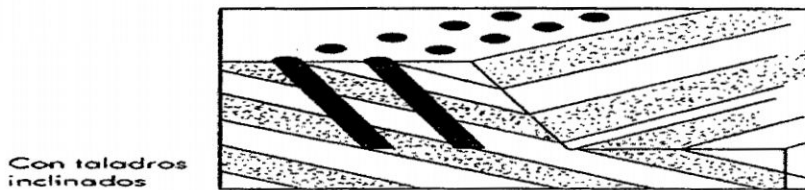
desplazamiento desde la cara libre lo que resulta en una mejor formación de la pila de escombros. Por otro lado hay la posibilidad de piedras volantes de la cresta del banco.

Soluciones factibles:

TALADROS EN BUZAMIENTO EN FAVOR



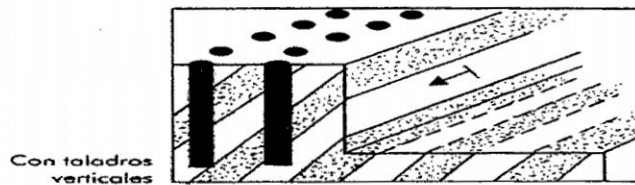
SOLUCIÓN:



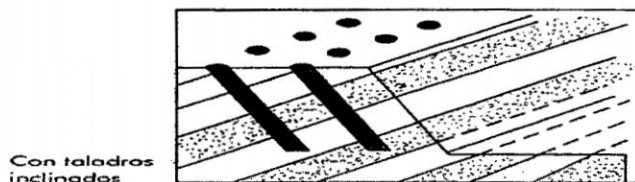
1. Piso del banco irregular, frecuentemente con forma “dentada” cuando se intercalan estratos de rocas de diferentes características.
2. Rotura hacia atrás irregular, con entrantes y salientes.
3. Desfavorable orientación de la cara libre, que requiere de trazos de voladura adecuados.

En estas zonas críticas es necesario controlar las vibraciones generadas por voladura, empleando detonadores de retardo con períodos de 8 a 10 milisegundos entre taladros, limitar la carga explosiva total (factor de carga) y disparar tantas de pocos taladros, para evitar incrementar su desplazamiento.

TALADROS EN BUZAMIENTO EN CONTRA

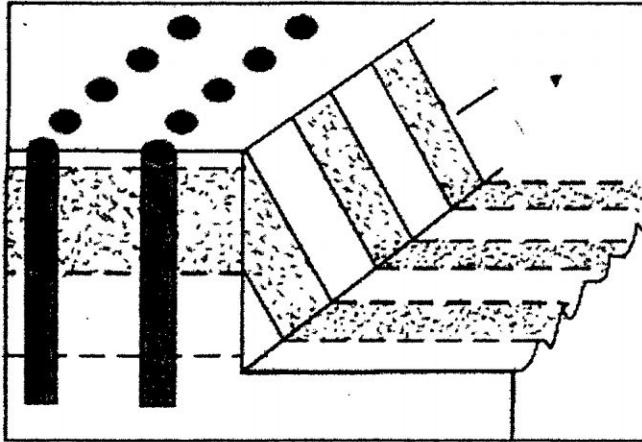


SOLUCIÓN:



Taludes de banqueo muy empinados que crean zonas críticas. En los gráficos siguientes se muestran algunos ejemplos gráficos.

TALADRO CON RUMBO EN CONTRA



2.4.0 GEOMECANICA.

Las clasificaciones geomecánicas tienen por objeto caracterizar un determinado macizo rocoso en función de una serie de parámetros a los que se les asigna un cierto valor. Por medio de la clasificación se llega a calcular un índice característico de la roca, que permite describir numéricamente la calidad de la misma. Es una herramienta muy útil en el diseño y construcción de obras subterráneas, pero debe ser usada con cuidado para su correcta aplicación, pues exige conocimientos y experiencia por parte de quien la utiliza. Las clasificaciones pueden ser usadas en la etapa de Proyecto y también durante la Obra. En la etapa de Proyecto, permiten estimar el sostenimiento necesario en base a las propuestas del autor de cada sistema de clasificación, mientras que durante la Obra, permiten evaluar la calidad del terreno que se va atravesando conforme avanza la excavación del túnel y aplicar el sostenimiento correcto en cada caso.

2.4.1 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL MACIZO

Con la finalidad de determinar las propiedades físicas y mecánicas del macizo se tomaron muestras de las rocas que afloran a lo largo de los tramos de carretera en construcción donde

se efectuará perforación y voladura, las que fueron analizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de la FIMGC, cuyos resultados es el siguiente: (Anexo I)

ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS

Muestra	Densidad gr./cm ³	Absorción (%)	Porosidad (%)	Roca
M-1	2.65	0.47	0.56	Cuarcita
M-3	2.56	0.86	1.26	Conglomerado

ENSAYO DE PROPIEDADES MECANICAS

Muestra	Resistencia a la compresión Simple (Kg./cm ²)	Roca
Km 0+150	2,134.15	Cuarcita
Km 6+250	2,001.43	Cuarcita
Km 2+800	870	Conglomerado

ENSAYO A LA TRACCION

Muestra	Resistencia a la compresión Indirecta (Kg./cm ²)	Roca
Km 0+150	250.95	Cuarcita
Km 6+250	236.52	Cuarcita
Km 2+800	78.30	Conglomerado

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Muestra	Cohesión (Kg./cm ²)	Angulo de Fricción grados (°)	Roca
Km 0+150	2.8	30	Cuarcita
Km 6+250	3.4	32	Cuarcita
Km 2+800	1.6	28	Conglomerado

2.4.2 RIESGO SISMICO.

El presente informe documenta los resultados de la revisión y el análisis de la sismicidad histórica, sismicidad instrumental y neotectónica existente en el área de la carretera Puente Mapitunari - Capirushiato, en el Departamento de Cusco.

En la evaluación del peligro sísmico de esta carretera se han efectuado los siguientes pasos:

- a) Determinar la sismicidad regional,
- b) Identificar las características sismo tectónicas,
- c) Estimar la atenuación de los efectos sísmicos regionales y
- d) Estimar el sismo de diseño.

La evaluación del peligro sísmico se ha efectuado por medio del método probabilístico, para finalmente proponer niveles sísmicos del movimiento máximo del suelo en el área del Proyecto. Además, se proponen valores del coeficiente sísmico para el diseño de taludes y muros.

2.4.2.1 HISTORIA SISMICA DEL AREA DE INFLUENCIA

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas es el trabajo de Silgado (1969,1973 y 1978), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú. Un mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú ha sido propuesto por Alva Hurtado (1984), ilustrándose en el anexo Mapa N° 6 la parte de aquél relevante al proyecto. La confección de dicho mapa se ha basado en treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes.

En el Anexo II se presenta una descripción resumida de los sismos que han ocurrido en el área de influencia del Proyecto. Este Anexo está basado fundamentalmente en el trabajo de Silgado (1946-1983) y en el Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Del análisis de la información existente se deduce que para el área de influencia existe poca información histórica. Desde el siglo XVI hasta el siglo XIX sólo se reportan los sismos ocurridos en las ciudades principales. Se debe indicar que dicha actividad sísmica, tal como se reporta, no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas, que no fueron reportados.

Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conoce son: el sismo del 12 de Mayo de 1664 con intensidades de X MMI en Ica y VIII MMI en Pisco; el sismo del 10 de Febrero de 1716, con intensidades de IX MMI en Pisco y V MMI en Lima; el sismo del 17 de Junio de 1719 con intensidad de VI MMI en Ayacucho; el sismo de 1847, con intensidad VII-VIII MMI en Huacarama, Apurímac; el sismo del 1 de Noviembre de

1947, con intensidades de X MMI en Satipo, V MMI en Ayacucho y Huancavelica; el sismo del 24 de Diciembre de 1959, con intensidades de VII MMI en Cangallo, Moyobamba y Pomabamba, IV MMI en Ayacucho; los sismos del 23 de Julio y 1 de Octubre de 1969, con intensidad XI MMI en Huaytapallana; el sismo del 15 de Octubre de 1971, con intensidades de VII-VIII MMI en Carapo y Huamanquiua y VII MMI en Huancasancos; el sismo del 12 de Noviembre de 1980, con intensidades de VI MMI en Ticllas, V MMI en Vinchos, Julcamarca, Quinua, Cangallo y Acobamba; el sismo del 17 de Abril de 1981 con intensidades de VI MMI en Ticllas, San Pedro de Cachi y Vinchos, V MMI en Mayoc, Ayacucho, Cangallo, Huanta y Lircay.

De los sismos ocurridos en el área en estudio, tienen mapa de isosistas los siguientes sismos: 1 de Noviembre de 1947, 1º de Octubre de 1969, 12 de Noviembre de 1980 y 17 de Abril de 1981.

Se concluye que de acuerdo a la historia sísmica del área del Proyecto, han ocurrido en los últimos 400 años intensidades de hasta VI MMI en Ayacucho. Sin embargo, en áreas vecinas cercanas han ocurrido intensidades mayores, tales como VII MMI en Lircay y Cangallo.

2.4.2.2 DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS SISMOS

La ubicación de hipocentros ha mejorado en tiempos recientes, por lo que pueden considerarse los siguientes períodos en la obtención de datos sismológicos:

- 1) Antes de 1900 : datos históricos descriptivos de sismos destructores.
- 2) 1900 – 1963 : datos instrumentales aproximados.
- 3) 1963 – 1991 : datos instrumentales precisos.

La información sismológica utilizada ha sido obtenida del catálogo sísmico del Proyecto SISRA (1982), actualizado hasta el año 1992 con los datos verificados publicados por el ISC.

El Mapa N° 2 presenta la distribución de epicentros en el área de influencia del Proyecto, elaborado en base al catálogo sísmico del Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina). Dicho mapa presenta los sismos ocurridos entre 1963 y 1992, con magnitudes en función de las ondas de cuerpo, mb. Además, se ha dibujado las diferentes profundidades focales de sismos superficiales (0-70 Km), sismos intermedios (71-300 Km) y sismos profundos (301-700 Km). El Mapa N° 3 presenta un perfil transversal perpendicular a la costa con un ancho de 200 Km pasando por el área en estudio.

Los sismos en el área de influencia presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano, es decir, la mayor actividad sísmica se concentra en el mar, paralelo a la costa. Se aprecia la subducción de la Placa de Nazca, ya que hacia el continente la profundidad focal de los sismos aumenta. También se producen sismos en el continente que son superficiales e intermedios, y que estarían relacionados a posibles fallas existentes. Gran parte de estos sismos locales cercanos a la ciudad de Ayacucho y al Oeste, se produjeron entre 1980 y 1981.

2.4.2.3 TECTONICA Y SISMOTECTONICA

Tectonismo de los Andes Peruanos

El Perú está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que hay en la Tierra, formando parte del Cinturón Circumpacífico.

Los principales rasgos tectónicos de la región occidental de Sudamérica, como son la Cordillera de los Andes y la fosa oceánica Perú-Chile, están relacionados con la alta actividad sísmica y otros fenómenos telúricos de la región, como una consecuencia de la interacción de dos placas convergentes cuya resultante más notoria precisamente es el proceso orogénico contemporáneo constituido por los Andes. La teoría que postula esta relación es la Tectónica de Placas o Tectónica Global (Isacks et al, 1968). La idea básica de la teoría de la Tectónica de Placas es que la envoltura más superficial de la tierra

sólida, llamada Litósfera (100 Km), está dividida en varias placas rígidas que crecen a lo largo de estrechas cadenas meso-oceánicas casi lineales; dichas placas son transportadas en otra envoltura menos rígida, la Astenósfera, y son comprimidas o destruidas en los límites compresionales de interacción, donde la corteza terrestre es comprimida en cadenas montañosas o donde existen fosas marinas (Berrocal et al, 1975).

El mecanismo básico que causa el movimiento de las placas no se conoce, pero se afirma que es debido a corrientes de convección o movimientos del manto plástico y caliente de la tierra y también a los efectos gravitacionales y de rotación de la tierra.

Los límites o bordes de las placas raramente coinciden con las márgenes continentales, pudiendo ser de tres tipos:

- 1) Según cordilleras axiales, donde las placas divergen una de otra y en donde se genera un nuevo suelo oceánico.
- 2) Según fallas de transformación a lo largo de las cuales las placas se deslizan una respecto a la otra.
- 3) Según zonas de subducción, en donde las placas convergen y una de ellas se sumerge bajo el borde delantero de la suprayacente.

Se ha observado que la mayor parte de la actividad tectónica en el mundo se concentra a lo largo de los bordes de estas placas. El frotamiento mutuo de estas placas es lo que produce los terremotos, por lo que la localización de éstos delimitará los bordes de las mismas.

La margen continental occidental de Sudamérica, donde la Placa Oceánica de Nazca está siendo subducida por debajo de la Placa Continental Sudamericana, es uno de los bordes de placa mayores en la tierra.

La Placa Sudamericana crece de la cadena meso-oceánica del Atlántico, avanzando hacia el noroeste con una velocidad de 2 a 3 cm por año y se encuentra con la Placa de Nazca en su extremo occidental, constituido por la costa Sudamericana del Pacífico. Por otro lado, la

Placa de Nazca crece de la cadena meso-oceánica del Pacífico Oriental y avanza hacia el este con una velocidad de aproximadamente 5 a 10 cm por año, subyaciendo debajo de la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 12 cm por año (Berrocal et al, 1975).

Como resultado del encuentro de la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca y la subducción de esta última, han sido formadas la Cadena Andina y la Fosa Perú-Chile en diferentes etapas evolutivas. El continuo interaccionar de estas dos placas da origen a la mayor proporción de actividad sísmica de la región occidental de nuestro continente. La Placa Nazca se sumerge por debajo de la frontera Perú-Brasil y noroeste de Argentina. La distribución espacial de los hipocentros confirma la subducción de la Placa de Nazca, aún cuando existe controversia debido a la ausencia de actividad sísmica entre los 300 y 500 Km de profundidad (Berrocal et al, 1975).

Algunos trabajos de sismo tectónica en Sudamérica han señalado ciertas discontinuidades de carácter regional, que dividen el panorama tectónico de esta región en varias provincias tectónicas. Dichas provincias están separadas por discontinuidades laterales (Berrocal, 1974) o por "zonas de transición" sismotectónicas (Deza y Carbonell, 1978), todas ellas normales a la zona de subducción o formando un ángulo grande con ésta. Estas provincias tectónicas tienen características específicas que influyen en la actividad sísmica que ocurre en cada una de ellas.

Los rasgos tectónicos superficiales más importantes en el área de estudio son: (Berrocal et al, 1975).

- 1) La Fosa Oceánica Perú-Chile.
- 2) La Dorsal de Nazca.
- 3) La porción hundida de la costa al norte de la Península de Paracas, asociada con un zócalo continental más ancho.

- 4) La cadena de los Andes.
- 5) Las unidades de deformación y sus intrusiones magmáticas asociadas.
- 6) Sistemas regionales de fallas normales e inversas y de sobre escurrimientos.

La Dorsal de Nazca tiene una influencia decisiva en la constitución tectónica de la parte occidental, donde se nota un marcado cambio en la continuidad de los otros rasgos tectónicos. En la parte oceánica, la Dorsal de Nazca divide la Fosa Oceánica en la Fosa de Lima y la Fosa de Arica.

La Cadena Andina es el rasgo tectónico más evidente. Su orogénesis es un producto de la interacción de las placas litosféricas, cuyo desarrollo está todavía vigente. La convergencia de la Placa de Nazca y la Sudamericana da como resultado una deformación dentro de la Litósfera continental.

El régimen de esfuerzo regional tectónico parece ser predominantemente compresional, normal a las líneas de la Costa y a la dirección de las Cordilleras. La parte occidental del área de estudio está constituida por varias unidades tectónicas de diferentes grados de deformabilidad, debido a su diferente litología y época de formación. La unidad de deformación Precambriana no presenta actividad sísmica, mientras que la unidad de deformación Paleozoica presenta actividad sísmica de profundidad superficial a intermedia, tal como en la zona de Huaytapallana cerca a Huancayo, en Cusco y en Abancay.

La deformación en la corteza se caracteriza por fallas inversas, de rumbo predominantemente Norte a Nor-Oeste en los Andes, que buzcan con bajo ángulo sea al Sur-Oeste o al Nor-Este.

El sistema de fallas sub andino, localizado a lo largo del flanco oriental de los Andes, representa la parte más oriental de esta deformación de la Corteza. El contacto de la unidad de deformación Supra-Terciaria con las unidades más antiguas está asociado con este sistema de fallas normales e inversas.

Otro rasgo importante en la unidad Andina lo constituyen las deposiciones volcánicas que son antiguas hacia el norte de la zona de transición; y modernas y antiguas hacia el Sur (Deza y Carbonell, 1978).

2.4.2.4 SISMO - TECTONICA REGIONAL

El Mapa N° 2 también presenta el mapa sismo tectónico de la región en estudio. En este mapa se presentan los rasgos neo tectónicos indicados por Sebrier et al (1982) para el Perú, así como los rasgos presentados para los países vecinos y los hipocentros del Catálogo Sísmico del Proyecto SISRA 1963-1992, con representación de la magnitud y la profundidad focal de los sismos.

Según el estudio sobre Observaciones acerca de la Neotectónica del Perú (Sebrier et al 1982), la falla activa de origen tectónico más cercana al área del Proyecto es la falla de Huaytapallana. Sin embargo, las fallas existentes al Oeste de la ciudad de Ayacucho que aún no han sido suficientemente estudiadas, pueden ser consideradas como manifestaciones de una actividad sísmica muy superficial y destructiva.

La falla de Huaytapallana se encuentra al pie de la cordillera del mismo nombre. Dicha cordillera constituye el segmento de la Cordillera Oriental que domina la cuenca de Huancayo. El rumbo general de la falla es NW-SE, con un buzamiento de 65° hacia el NE. Esta falla se ha reactivado en el sismo de 1969, originando un movimiento del tipo Sinistral-Inverso. El desplazamiento vertical alcanza hasta 2 m en la parte norte de la falla. Su longitud es de 25 Km y la magnitud del sismo de 1969 fue de $m_b = 5.9$. La distancia más corta de esta falla a la zona de Ayacucho es de 170 Km.

En el mapa sismo tectónico se aprecia que en la porción oceánica la actividad sísmica está constituida por sismos superficiales (<70 km de profundidad focal) concentrados casi exclusivamente entre la fosa marina y la línea de la costa. En la porción continental existen

nidos sísmicos superficiales en Huaytapallana y a lo largo de la zona sub andina del Perú Central, tal como el que se presenta al Oeste de la ciudad de Ayacucho.

Todos los sismos en la porción oceánica corresponden a la zona de subducción, mientras que en la porción continental se incluyen los sismos de la zona de Benioff, con profundidades focales mayores de 70 Km y los sismos continentales que son superficiales.

Al considerar las fuentes de sismos que puedan ser significativos para las aceleraciones en el área del Proyecto, es importante tener en cuenta las diferencias fundamentales en las características de atenuación asociadas con los sismos de subducción y los sismos superficiales. En general, los sismos superficiales se atenúan con mayor rapidez que los sismos de subducción.

Consecuentemente, mientras es importante considerar las fuentes de sismos de subducción, también es necesario tomar en consideración las fuentes más cercanas de sismos continentales superficiales al área del Proyecto.

2.4.2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) La sismicidad histórica indica que en el área de la carretera Puente Mapitunari - Capirushiato se han producido intensidades de hasta VI grados en la escala Mercalli Modificada.
- 2) La distribución espacial de los sismos instrumentales indica una mayor actividad sísmica de la zona de subducción en la costa. Hacia el continente, las profundidades focales de los sismos de subducción aumentan. Hacia el continente existen sismos superficiales.
- 3) En la determinación del peligro sísmico de las localidades en estudio se ha considerado los sismos de subducción y los continentales con sus respectivas leyes de atenuación.
- 4) El estudio probabilístico de peligro sísmico se ha considerado las fuentes sismogénicas como áreas. Para el sismo de diseño se ha determinado un rango de valores de aceleración

máxima de 0.27 a 0.29 g. y un rango aceleraciones efectivas de 0.18 a 0.19 g. Se recomienda el empleo de las aceleraciones efectivas del sismo de diseño.

5) Para el método de diseño pseudo-estático de taludes y muros, se recomienda un valor de 0.15 para el coeficiente lateral sísmico (.

2.4.3 CLASIFICACION GEOMECANICA DEL TIPO DE MATERIAL A EXCAVAR.

De acuerdo a la evaluación geomecánico del tramo carretero se ha encontrado y se clasifica en tres tipos de material ha excavarse.

MATERIAL SUELTO.

Se considera material suelto a todos los materiales que pueden ser excavados con uso de Tractor Oruga, su contenido de material grueso puede ser hasta un tamaño de 12 pulgadas.

ROCA SUELTA.

Está conformada por bolonerías de rocas grandes y fragmentos grandes de roca que se hallan acumulados al pie de laderas de los cerros, o también pueden ser de origen aluvial. Su extracción es realizada mediante perforaciones y aplicación de voladura secundaria, los escombros son eliminados con uso de maquinaria pesada como Tractor Oruga.

ROCA FIJA.

Es la roca madre en sus diferentes formaciones estratigráficas, materia de la presente aplicación de voladura de rocas en obras de construcción de carreteras, que pueden ser rotos con explosivos, es decir se hallan bien cohesionados, compactos y duros. Este tipo de material está constituido por rocas: ígneas, metamórficas y sedimentarias de mediana a alta resistencia.

2.4.5 TENSIONES EN MACIZO ROCOSO.

El macizo rocoso existente en el tramo carretero Puente Mapitunari a Capirushiato, está sometido a tensiones y para su evaluación se debe considerar dos aspectos:

a.- Antes de la ejecución de la Obra: en el macizo rocoso existirá un estado de tensión derivado de las condiciones naturales del macizo, conocidas como tensiones vírgenes.

b.- Después de la ejecución de la excavación: el estado de tensiones pre-existentes sufrirá una redistribución en función de la forma de la excavación y su disposición espacial. La distribución de tensiones alrededor de la excavación normalmente es conocida como tensiones inducidas, por lo que es necesario conocer la capacidad de resistencia del macizo frente a los esfuerzos a presentarse.

Las tensiones naturales o de campo, que actúan sobre el macizo rocoso no perturbado, dependiendo de su origen son:

Tensiones gravitacionales: son producto del peso de los estratos de roca sobre yacentes sobre la excavación proyectada, en tal sentido está asociado a las masas de roca que conforman el macizo rocoso, conocidas como tensiones macizas y en la práctica es la causa natural de las tensiones en la roca, se aprecia en la zona km 0+00 al 0+210 paquetes de estratos sobre yacentes.

Tensiones de origen tectónico: es el responsable por la mayoría de las deformaciones en la corteza terrestre, tales como: desplazamientos y subducción de placas que pueden dar origen a plegamientos, fallamientos levantamientos geomorfológicos, sistemas de juntas y otras formas estructurales observadas en los estratos que constituye la corteza terrestre.

Tensiones residuales: son tensiones que pueden estar asociadas a las génesis del macizo rocoso. Esto puede ser causado por el enfriamiento de lavas en la superficie o los procesos de cristalización en profundidad de materiales de origen magmática, pueden causar tensiones.

En términos de estabilidad, la influencia de las tensiones en la masa rocosa está condicionada por los siguientes tipos de rocas que existe en el tramo:

- a.- Esfuerzos en roca masiva o levemente fracturada.
- b.- Esfuerzos en roca fracturada.
- c.- Esfuerzos en roca estratificada.

En km. 0+00 al km. 0+270, se observa estos esfuerzos de roca estratificada, posiblemente por tensiones residuales como consecuencia de los procesos de cristalización en profundidad.

2.4.6 DETERMINACIÓN DE TENSIONES EN EL MACIZO ROCOSO.

La magnitud de los esfuerzos está influenciada por la carga litostática que se halla encima de la excavación se encuentra debajo de una acantilado sumamente parada y cuya diferencia de altura sobrepasa los 200 metros promedio.

En consecuencia la magnitud del esfuerzo de roca Cuarcita en km. 0+150 será:

$$\sigma_v = \delta * H$$

Donde: σ_v = Esfuerzo vertical

δ = densidad macizo (2,500 Kg./m³)

H = altura sobrecarga (200.00m.)

α = talud macizo (85°)

$$\sigma_v = 2,500 \text{ Kg./m}^3 * 200 \text{ m.} = 500,000 \text{ Kg./m}^2 = 50.00 \text{ Kg./cm}^2$$

El esfuerzo a lo largo del acantilado se calculó

$$\sigma_v(\text{long.}) = \text{sen } \alpha * \sigma_v$$

$$\sigma_v(\text{long.}) = \text{sen } 85^\circ * 50 = 0.9962 * 50 = 49.81 \text{ Kg./cm}^2$$

La magnitud del esfuerzo es considerable y para mantener la estabilidad del talud se requiere que la resistencia de la roca sea mayor al esfuerzo vertical.

El deslizamiento a producirse en el talud será causado por:

- Tipo de material: roca, suelo y material de relleno
- Tipo de movimiento: desprendimiento, volcamiento, deslizamiento rotacional y de traslación.
- Factores condicionantes y desencadenantes: Factores naturales: agua, sismicidad, Actividad humana: excavaciones, tronaduras.

2.5.0 GEODINAMICA Y LA VOLADURA.

La geodinámica en la construcción de carretera Puente Mapitunari a Capirushiato, se preocupa de los movimientos vibratorios naturales o inducidos por voladuras y sus efectos sobre las estructuras rocosas, tales como taludes en cortes de media ladera y tajos abiertos en corte cerrado. Consecuentemente, el comportamiento dinámico es un aspecto a considerar en práctica todas las construcciones de carreteras, túneles carreteros, la dinámica resulta particularmente importante en la tunelería debido al potencial de fuerte actividad sísmica.

2.5.1 GEODINAMICA EXTERNA.

Los fenómenos de geodinámica externa son frecuentes en la zona del estudio, sobre todo en las partes de mayor altitud como Capirushiato, y quebradas profundas Helares, donde existen pendientes pronunciadas, fuertes precipitaciones líquidas, sólidas y material superficial in consolidado, condiciones favorables para que se produzcan derrumbes, deslizamientos etc., de alguna magnitud.

En área de influencia del estudio, el Clima es muy influyente, el calor tropical de Mapitunari, la neblina en las partes altas como Capirushiato, parece que las escarpas y rocas aflorantes son atacados por flujo y reflujo de la precipitación que son frecuentes entre los meses de Noviembre a Mayo, produciendo gran escorrentía provocando inundación en valles como Helares, río Helares torrencioso por cauces de laderas, en las zonas altas sufre infiltración en el subsuelo, en las hoyadas y llanos drena por superficie y subsuelo gravoso.

A.- Meteorización e Intemperismo.

Las rocas que afloran en la zona de proyecto están sometidas a procesos de desintegración mecánica y descomposición química, originados por la variación de la temperatura, la acción del agua, oxígeno, organismos, etc., la meteorización está operando de diferentes modos, en unos casos se reduce a la disgregación de la roca en fragmentos de diferente tamaño, mientras que en otras, transformaciones significativas de minerales y rocas que, debido a su alto contenido de feldespatos, en las rocas volcánicas, dan origen a suelos areno-arcillosos.

B.- Estabilidad de Taludes.

Se ha realizado una evaluación de estabilidad de taludes en zonas donde se construye la carretera materia de la presente, observando el comportamiento sujeto a la fuerza constante de gravedad, el suelo en los taludes tiende a moverse hacia abajo. Este movimiento encuentra resistencia por la presión pasiva del suelo de abajo, la fricción, la cohesión, así como de elementos superficiales, como la vegetación bosques tropicales, para su estabilidad se construye muros de contención en corte y taludes de relleno.

C.-Deslizamientos rotacionales.- Ocurre cuando las masas de suelo se deslizan a lo largo de superficies de falla que parecen cilindros. El método de análisis de círculo sueco supone un arco circular como la línea de falla proyectada en una sección vertical. Se supone un círculo inicial, que se extiende desde algún punto de la cima del talud hasta la punta de abajo o más allá. El talud se divide en secciones verticales que se extiende hacia abajo hasta la superficie de la falla. Para cada sección, se calculan las fuerzas de deslizamiento y las que los resisten a lo largo de la superficie de falla. Cada tipo de fuerza se suma. El factor de seguridad se determina como la relación de la suma de las fuerzas que lo resisten.

D.- Deslizamientos translatorios.- Ocurren cuando una masa de suelo se vuelve líquida. Los suelos sin cohesión en un talud se volverán inestables cuando están totalmente saturados, relativamente sueltos, y sujeto a choques, vibración o esfuerzos cortantes. La arcilla con frecuencia se vuelve un flujo de lodo debido a la absorción de agua, que suaviza la arcilla o reduce su cohesión. El análisis de estabilidad de flujos de lodo es muy difícil, por la necesidad de estimar los efectos de cambios futuros, la investigación de la posibilidad de flujos de lodo en taludes naturales de arcilla deben incluir el reconocimiento del área circundante, incluso estudios de fotografías aéreas, para comprobar si antes ocurrieron dichos deslizamientos.

E.- Remoción de Masa.

Los procesos de meteorización y la infiltración de agua hacia el subsuelo, producen saturación del material in consolidado, los que ayudados por la acción de la gravedad, dan lugar a fenómenos de remoción de masa, como deslizamientos y reptación, que en la zona se producen en gran escala derrumbes, huaycos y grandes desplazamientos de lodos.

2.5.2 GEODINAMICA INTERNA

Los desprendimientos de bloques rocosos en la zona del estudio, denota no sólo acción gravitacional, sino también posibles movimientos telúricos y desplazamientos de las fallas existentes que con su sacudida, hace caer grandes cantidades de fragmentos de las peñas y partes altas debilitadas por el paso del tiempo, este ocurre principalmente con voladuras ejecutada en distancias cercanas, con propagación de ondas de explosión.

2.5 MECANICA DE SUELOS.

2.5.1 ALCANCES

El estudio de suelos y materiales comprende las propiedades físico, mecánico de análisis de suelos que se encuentran a lo largo del trazado de la carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, km. 0+00 al km 8+240, y que servirán de apoyo a la estructura de obras de arte menores y del afirmado superficie de rodadura a construir.

El estudio incluye la caracterización física de estos suelos (granulometría, constantes físicas, clasificación), la determinación de su capacidad portante (ensayos C.B.R.) y el reconocimiento de zonas con suelos orgánicos y/o saturados, que deberán ser sometidos a un tratamiento particular, (Plano Pgt-01).

2.5.2 ESTUDIO DE LOS SUELOS DEL TRAMO

Con el objeto de investigar los suelos existentes a lo largo del trazado de carretera, se ejecutaron calicatas exploratorias sobre el trazo. La ubicación de dichos pozos exploratorios se muestra, (Plano Pgt-01).

En cada una de estas perforaciones se determinó el espesor de los distintos mantos del suelo, densidad y humedad natural y se extrajeron muestras representativas de los

mismos, las que fueron remitidas al laboratorio mecánica de suelo privado, donde se practicaron los ensayos de granulometría, peso específico y determinación de constantes físicas, para los fines de su clasificación por el sistema AASHTO.

En lo que se refiere a los módulos de elasticidad, los mismos se han calculado en base al CBR, aplicando la expresión recomendada por la guía de diseño AASHTO:

$$M_R(p.s.i.) = 1500 CBR$$

Cabe señalar, en algunos sectores del trazo se aparta hay la presencia de rocas estratificadas en km. 0+00 al 0+217, km. 2+750 a 2+855 en suelo conglomerado compacto y km. 6+460 al 6+855 afloramiento de roca dura estratificada, el resto del suelo es cubierta de material orgánico. Además, en sectores, se ha detectado la presencia de bolonería.

A.- SUELOS BLANDOS

Complementando lo anterior, se efectuaron calicatas específicas a fin de investigar la presencia de suelos blandos, lo que por sus características físicas y/o grado de saturación, deberán ser reemplazados a fin de asegurar un apoyo seguro y uniforme al pavimento afirmado.

CBR bajos: Se ha delimitado las zonas donde hay presencia de suelos con CBR muy bajos, estas zonas deberán ser reemplazadas con material de Terraplén hasta una profundidad no mayor de 1.0 m.

Bofedales: Se ha delimitado las zonas donde hay presencia de bofedales, y cuyo nivel freático es alto. Todas estas zonas serán reemplazados con material de pedraplenes.

Se ha previsto el mejoramiento de estas zonas hasta una profundidad máxima de 2.0 m., el material de reemplazo será de tipo Pedraplén,

B.- SUELOS EXPANSIVOS: Cabe mencionar que, aproximadamente en los últimos 2 Km en diferentes tramos, los suelos mencionados presentan características expansivas.

(expansión mayor al 2,5%); en estos casos, se prevé la no utilización de estos suelos para la construcción de terraplenes, y su reemplazo por suelos aptos, en una profundidad de un metro (1,00 m).

2.5.3 METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS DE CANTERAS

El estudio de canteras comprendió la ubicación, comprobación física y de calidad de materiales agregados inertes para las capa afirmado de plataforma de carretera. Asimismo incluyó la investigación de fuentes de agua para la elaboración del concreto de cemento Portland, así como para la mezcla y compactación de las capas de relleno, y afirmado.

Investigaciones de Campo: Comprendió la ubicación de depósitos de materiales inertes y de fuentes de agua en el área de influencia de la Carretera en proyecto y también por caminos secundarios que drenan hacia la Carretera del estudio; esto se realizó investigando en las Entidades estatales y municipales del área así como a los constructores de la zona.

Una vez ubicados los depósitos se procedió a su investigación geotécnica mediante la ejecución de pozos exploratorios hasta la profundidad de 3 m. bajo el nivel de terreno natural en donde fue posible y hasta 0.80 m. por debajo del nivel freático, en donde se ubicó este. Del material extraído se separó el material mayor de 3", material entre 2" – 3" y material menor de 2". Se realizó la descripción de la calicata llenándose una ficha denominada "Reporte de Perforación", durante la ejecución de las calicatas se obtuvieron muestras representativas del material, anotándose el espesor de las capas, y efectuándose ensayos de densidad in – situ. Las muestras representativas fueron remitidas al Laboratorio de Mecánica de Suelos. Con la finalidad de determinar el área por explotarse se realizaron relevamientos topográficos de la superficie seleccionada y que se delimitó con hitos.

Ensayos de Laboratorio: Las muestras representativas de las canteras fueron remitidas al laboratorio de campo ubicado inicialmente en San Francisco, en donde se realizaron los ensayos de rutina, como son:

- ⇒ Análisis granulométrico por tamizado vía húmeda
- ⇒ Límites líquido, plástico e índice de plasticidad
- ⇒ Contenido natural de humedad
- ⇒ Peso unitario
- ⇒ Densidad y absorción
- ⇒ Partículas alargadas y achatadas
- ⇒ Porcentaje de partículas con caras fracturadas
- ⇒ Sales solubles
- ⇒ Equivalente de arena
- ⇒ Compactación proctor modificado
- ⇒ Relación soporte California (C.B.R.)

Trabajos de Gabinete: En las oficinas de campo ubicadas en Kimbiri se efectuó el cálculo de todos los ensayos realizados en el laboratorio de campo, se procedió a clasificar las muestras por los métodos AASHTO y SUCS. Se cálculo también el módulo de fineza del agregado fino.

En base a la información de los espesores de las capas utilizables, de los reportes de perforaciones y al área disponible de la cantera se calculó el volumen bruto de material. Asimismo teniendo en consideración la información de los tamaños máximos y proporción de material para chancar se determinó el rendimiento de cada cantera, el resultado del Informe de mecánica de suelos, (Anexo II).

CANTERA MAPITUNARI

Ubicación: La cantera Mapitunari se encuentra en el lecho de la quebrada Helares al 1.50 km. del inicio de la carretera km. 0+00 se accede pasando el puente Mapitunari luego cruzando el río Helares y hacía el lado derecho mediante un acceso hacía la cantera.

- ✓ Potencia :32,500 m³
- ✓ Rendimiento :75% (no incluye la utilización de bolonería)
- ✓ Utilización :Para las capas de afirmado.
- ✓ Tipo de material : Ripio por grava pobremente graduada de forma sub-redondeada y arcilla plástica. Contiene bolonería de hasta 20".

CAPITULO III

3.0.0 USO DE EXPLOSIVOS EN LA CONSTRUCCION CARRETERA PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO.

3.1.0 GENERALIDADES.

En una coyuntura en que los problemas económicos, sociales y ecológicos del medio ambiente (seguridad) son de ámbito nacional e Internacional, la adaptación de los avances en la técnica de uso de explosivos en voladura de rocas aplicado a obras de construcción de carreteras, a nuestro medio real y objetivo que se traduce en la excavación, cortes a medio ladera y trincheras para formar plataforma de vía, ha sido preocupación constante del suscrito y esta inquietud se plasma en el presente Trabajo de Tesis.

3.1.1 ALCANCES.

En el desarrollo del presente trabajo de Tesis solo se analiza, diseña, evalúa y dilucida los sistemas de voladura aplicados en construcción de carreteras, que no vienen a ser otra cosa que la adaptación del avance logrado hasta el momento en el campo de la voladura de rocas aplicado en la construcción de carretera.

Teniendo como premisa el párrafo anterior y con la única y sana intención de contribuir con alguna información técnica y práctica realizada en campo valedera se ha plasmado este trabajo.

3.2.0 EXPLOSIVOS.

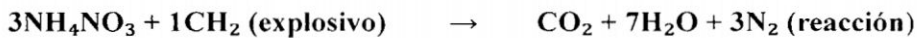
Para tener una información clara definida, es necesario definir las características de los explosivos y materiales de voladura (dinamita semexa 65 y AN-FO), utilizados en la construcción de carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, materia de la presente.

3.2.1 DINAMITA SEMEXA 65

Dinamita	SEMEXA 6
Potencia por peso (trauzl)	75 %
Poder rompedor (Brisance)	17 mm
Velocidad de detonación (m/seg)	4000
Resistencia al agua	Muy buena
Categoría de humos	1ra.
Densidad	1.09
Presión de detonación (g/cm² x200)	80
Volumen normal de gases (litros x kilo)	920

Fuente: Información EXSA

Balance reacción del AN-FO



Sustituyendo valores (Qe)

$$3(-87.30) + (-7) = -268.9 \text{ kcal}$$

$$Q_r = (-94.1) + 7(-57.8) + 3(0) = -498.7 \text{ kcal}$$

$$Q_e - Q_r = -229.8 \text{ kcal}$$

CADRO RESUMEN DE PROPIEDADES AGENTES DE VOLADURA

Agente de Voladura	Potencia relativa		Presión kilobar (3)	Velocidad (m/seg.)	Resistencia al Agua	Categoría de Humos	Densidad
	Por peso	Por volumen					
Examón P	110	112-115	48-52	2,800	Limitado	1ra.	0,90-1,05
AN FO	50%	60%		3,600	Baja	> a 3ra.	0,80-0,90

Fuente: Información EXSA

PRODUCTO	CALOR DE FORMACION (kcal/mol)	PESO MOLECULAR (gr)
Nitrato de amonio (NH ₄ NO ₃)	-87.30	80.10
Petroleo diesel (2CH ₂)	-7.00	14.00
Dióxido de carbono (CO ₂)	-94.10	44.00
Agua (H ₂ O)	-57.80	18.00
Nitrógeno (N)	0.00	14.00

3.2.2 ACCESORIOS DE VOLADURA UTILIZADOS

Los accesorios que se ha utilizado en los frentes de perforación y voladura en la obra Puente Mapitunari – Capirushiato y otras similares en construcción de carreteras, son productos procesados que se utilizan para explosivos:

A.- El FULMINANTE COMUN FULMESA N° 8.- está constituido por una cápsula cilíndrica de aluminio cerrada en uno de sus extremos, en cuyo interior lleva una determinada cantidad de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.

Está diseñado para ser iniciado por la chispa de una Mecha de Seguridad y es usado para iniciar a la Dinamita, Cordón Detonante, y otros explosivos sensibles a este accesorio, es utilizado en todos los trabajos de voladura en obras de ingeniería civil, donde por razones de costo y seguridad el fulminante eléctrico, el FANEL y otros accesorios no pueden ser utilizados.

B.- MECCHA RAPIDA (Igniter – cord)

Es un accesorio de voladura formado por una masa pirotécnica, dos alambres y una cobertura exterior de material plástico.

El uso de la mecha rápida en conexión con el conector para mecha tiene como objeto principal eliminar el encendido o “chispeo” individual de las “armadas o primas”, evitar la exposición del operador a labores con presencia de humos y permitir la evacuación segura del personal ante la posibilidad de una iniciación prematura, ya que usándola adecuadamente proporciona el tiempo suficiente al operador para retirarse a un lugar seguro.

C.- EL CONECTOR PARA MECHA RAPIDA.

Es un complemento de la mecha rápida (Igniter Cord), de la cual recibe el calor necesario para encenderse y activar el encendido de la mecha de seguridad permitiendo una conexión segura y eficiente con la mecha de seguridad y mecha rápida, aún en condiciones severas de humedad, brindando al operador las facilidades necesarias para realizar las voladuras.

4.- INICIACION CON CORDON DETONANTE (penta cord).

En el frente de ejecución carretera Mapitunari – Capirushiato, se usó el cordón detonante con velocidad de 6000 a 7000 m/seg aproximadamente, esta operación se inicia por medio de un detonador.

Se recomienda su empleo en siguientes casos:

- 1.- El encendido eléctrico es peligroso o no es permitido por condiciones atmosféricas o corrientes eléctricas parásitas.
- 2.- Para la iniciación de taladros profundos, o de condiciones difíciles para el empleo de accesorios delicados.
- 3.- En voladura de hileras múltiples, pudiendo también obtenerse retardos entre hileras mediante el uso de retardos para cordón.

El sistema de encendido de una voladura con cordón detonante comprende a los siguientes elementos:

- 1.- Detonador de inicio.
- 2.- Línea principal de cordón (troncal), tendida a lo largo de toda la voladura.
- 3.- Tramos laterales de cordón (derivaciones), amarrados a la troncal que la unen a los cebos dentro del taladro, o otras voladuras colaterales (como rotura secundaria de pedrones).
- 4.- Los retardos que se colocan entre los taladros y la troncal para dar la secuencia de salidas en milisegundos.

En la obra construcción carretera Puente Mapitunari a Capirushiato se usó cordón de 5 gr/m. y en las derivaciones de bajada a los taladros, no es necesario el empleo de cebo ya que el cordón actúa directamente como detonador.

Para asegurar el arranque y continuidad de todo el tendido de cordón troncal se realizó los siguientes:

- 1.- Efectuar los empalmes o conexiones en ángulo recto.
- 2.- Mantener una distancia no menor de 20 cms entre líneas paralelas, para evitar cortes.
- 3.- Mantener una distancia mínima de 1.0 m. entre un elemento de retardo y la línea paralela, o la boca del taladro.
- 4.- No hacer lazos ni torceduras al cordón, pues estos defectos cortan la transmisión de la onda explosiva.

Para iniciar la trocal se coloca el detonador pegado axialmente al cordón y con su base orientada en dirección a la mayor longitud del cordón, asegurando con cinta aislante.

El retardo para el cordón detonante, es un accesorio de voladura conformado por un protector de plástico moldeado adecuadamente, dentro del cual va ensamblada una cápsula de aluminio que contiene el elemento de retardo y el Fulminante respectivo. En ambos extremos del protector hay un dispositivo que permite ubicar el Cordón Detonante en forma de "U", el cual será fijado por sus respectivas cuñas de seguridad.

3.3.0 FACTORES PARA REALIZAR UNA VOLADURA. Para realizar una perforación y voladura de rocas en carretera puente Mapitunari - Capirushiato, se ha planificado la interrelación de los factores que intervienen en la ejecución de una voladura, considerando imposible realizar una voladura si alguno de estos factores que son omitidos.

A.- TIPO DE ROCA.

Para diseñar la voladura de rocas en puente Mapitunari - Capirushiato, lo primordial era de identificado el tipo de roca (cuarcita), donde se realiza el corte para formar plataforma de

carretera, en relación a su dureza y fracturación (factor de roca), para calcular la cantidad de explosivos requeridos.

La estructura de la roca es muy importante que incida en el diseño de la voladura. Planos de estratificación, fallas, costuras blandas y otras discontinuidades en la roca ofrecen problemas en el planeamiento de la voladura. Tomando en cuenta que las rocas plásticas son más dificultosas a la rotura ante las rocas quebradizas, conforme a los análisis realizados sus propiedades en laboratorio de mecánica de rocas, (capítulo II – 2.4.1 propiedades geomecánicas)

B.- PERFORACION EN ROCA.

La perforación se realizará mediante máquinas perforadoras tipo Jackhammer y Jackleg, dependiendo del sentido de la perforación a realizarse. La primera se empleó para taladros verticales y la segunda para taladros horizontales e inclinados. Los barrenos utilizados son integrales de 3 pies (0.93 metros), 5 pies (1.54 metros) y 10 pies (3.08 metros) con de inserto de pastilla carburo al tungsteno, de 2” de diámetro.

3.3.1 EQUIPOS DE PERFORACION.

Un equipo normal de perforación está compuesto por:

- Perforadora o Martillo
- Soporte o barra de avance automático (perforación frontal)
- Compresora neumática de 350 p.c.m. portátil
- Barrenos integrales con inserto de pastilla de carburo al tungsteno
- Accesorios (mangueras de alta presión, aceitadoras y otros)

Las perforadoras utilizadas en la construcción del Puente Mapitunari, son:

Perforadoras (modelo CB 275) “Jacklegs”: Debido a su facilidad para barrenar en cualquier posición, esta máquina fue la más utilizada en carretera en construcción Puente Mapitunari a Capirushiato. Además es liviana, fácil de manejar y basta con un solo operario para realizar barreno.

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Diámetro del pistón	2"
Carrera del pistón	1 ¾"
Longitud con empuñadura de espada "I"	20"
Longitud con empuñadura en "T"	20"
Peso	19 lbs. (16.3 kgs)
Medida de la culata hexagonal	7/8" x 3 ¼" x 7/8" x 4 ¼"
Impactos por minuto	2.250
Consumo de aire a 80 p.s.i.	75 p.c.m. (2.1 m ³ /min.)

Martillo (Jackhamer), Se fabrican con 4 modelos: (J-15, J-30^a, J-40 y J50A).

DESCRIPCION	J-15	J-30A	J-40	J-50A
Peso empuñadura "T"	19 lbs	22 lbs	24 lbs	25 lbs
Long. (empuñadura "T")	19 1/16"	19 ¾"	22 3/8"	23 11/16"
Conexión aire ("T")	½"	¾"	¾"	¾"
Ø del Pistón	1 7/8"	1 7/8"	2 ½"	2 5/8"
Carrera del Pistón	1 9/16"	2 1/8"	2 5/8"	2 11/16"
Consumo aire a 90 p.s.				
Seco	44 p.c.m.	36 lbs	53 lbs	56 lbs
Blower	46 p.c.m.	81 p.c.m.	55 lbs	58 lbs
Húmedo	46 p.c.m.	72 p.c.m.	85 p.c.m.	96 p.c.m.
Porta barreno Estándar	7/8" x 3 ¼"	7/8" x 3 ¼"	7/8" x 3 ¼"	1" x 4 ¼"

Motoperforadora (ATLAS COPCO)

PIONJAR (modelo: BRH – 65).- peso total 39 kgs. Listo para el trabajo, longitud incluyendo el porta barreno: 88 cms., Buje para la culata hexagonal: 7/8" x 4 ¼", capacidad de perforación en cuarcita de roca muy dura a dureza: 20 cms/min. con barreno integral de 3 pies (0.93m.) inserto pastilla carburo al tungsteno de 2" diámetro, se utilizó en excavación de cunetas de drenaje en roca. Mezcla de combustible: se añade a la gasolina 8% de aceite lubricante.

3.4.0 TECNICAS DE PERFORACION Y VOLADURA DE ROCAS

3.4.1 VOLADURA DE ROCAS

De acuerdo a la investigación bibliográfica realizada como base de aplicación práctica en la construcción de carretera, la voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por explosivos confinados dentro de taladros perforados en la roca, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos: fragmentación y desplazamiento.

El primero se refiere al tamaño de los fragmentos producidos, a su distribución y porcentajes por tamaños, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca triturada.

El desplazamiento y la forma de acumulación del material volado se proyecta de la manera más conveniente para el paleo o acarreo, de acuerdo al tipo y dimensiones de las palas y vehículos disponibles.

3.4.2 PARÁMETROS DE LA ROCA

Son determinantes, para calcular la cantidad de explosivos a utilizarse y sus métodos de aplicación adecuándose a las condiciones de la roca existente (factor de roca), que en anterior capítulo presenta análisis de mecánica de rocas en laboratorio de FIMGC-UNSCH, teniendo como resultado sus propiedades física y mecánica de la roca encontradas en la construcción carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, muestras extraídas de roca en km. 0+150 en corte abierto y km. 6+250 corte cerrado.

3.4.3 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA VOLADURA

Los explosivos industriales se emplean en dos tipos de voladuras subterráneas y de superficie, en este caso hemos aplicado en voladuras superficie, en tramos de corte abierto, corte cerrado y calambuco en donde se requiere aplicación de la voladura obligatoriamente para formar plataforma de sub rasante de la construcción carretera Puente Mapitunari a Capirushiato.

3.4.4 EVALUACIÓN DE VOLADURA DE ROCAS

Después de haber realizado una voladura en la construcción de la carretera Puente Mapitunari, se evaluó los resultados obtenidos. Para calificarla se consideraron los siguientes aspectos: volumen de material movido, avance del disparo, pisos, fragmentación, forma de acumulación de los detritos, costo total del disparo.

1. El volumen o tonelaje del material movido deberá ser igual al volumen teórico calculado previamente, considerando el esponjamiento (40% de incremento) del material roto.

2. El avance del frente disparado en voladura de bancos en superficie deberá sobrepasar la última fila de taladros.
3. El grado de fragmentación del material disparado o el tamaño promedio requerido de los fragmentos depende del trabajo en que se van a emplear, en este caso se empleará para enrocado de defensa ribereña del río Helares, como también como material de relleno de subrasante.
4. La sobre rotura hacia atrás en bancos, afectan la estabilidad de la nueva cara libre de voladura y a los taladros que hayan sido perforados a continuación de la última fila disparada. Generalmente indica exceso de carga explosiva en la última fila de taladros.
5. El desplazamiento y acumulación del material volado, debe ser adecuado para facilitar las operaciones de carga y acarreo. La forma de acumulación se proyecta de acuerdo al tipo de equipo que se va a emplear en la limpieza del disparo.
6. La falta de desplazamiento, cuando un disparo rompe material, pero no se mueve de su sitio, se dice que el tiro se ha “congelado”. Esto se traduce en mala fragmentación en la parte inferior e interior del banco, en dificultad para la remoción del material roto y en riesgo de encontrar material explosivo no detonado.
7. Costo de la voladura, para determinar el costo total de una voladura, además del costo de perforación (aire, barrenos, aceite, depreciación de la máquina, etc.) costo de explosivos, accesorios y planilla del personal equipo adicional para eliminar lomos al piso. Todos ellos, aparte del avance y del volumen o tonelaje movido, representan el real rendimiento o resultado económico de la voladura.

3.5.0 SISTEMA DE VOLADURA EN SUPERFICIE

La voladura de rocas en superficie comprende trabajos de explotación en bancos de canteras y tajos abiertos, obras de ingeniería civil y vial como excavaciones, canales, zanjas, cortes a media ladera y trabajos especiales como rotura secundaria de pedrones, demoliciones y voladuras controladas pero fundamentalmente se concreta en bancos.

3.5.1 VOLADURA EN BANCOS

En la ejecución de la carrera Puente Mapitunari a Capirushiato, se realizó explotación de material de cantera en suelo conglomerado aplicando perforación y voladura para proporcionar material afirmado y relleno

3.5.2 ELEMENTOS PARA DISEÑO DE VOLADURA EN BANCOS

También denominados parámetros de la voladura, son datos empleados en el cálculo y diseño de disparos. Unos son invariables, como los correspondientes a las características físicas de la roca: densidad, dureza, grado de fisuramiento, coeficientes de resistencia a deformación y rotura, etc.; y otros son variables como explosivos, materiales e insumos y equipos de perforación, es decir que podemos modificarlos a voluntad, de acuerdo a las necesidades reales del trabajo y condiciones del terreno. En la obra construcción carretera Puente Mapitunari a Capirushiato, se realizó voladura en cantera en suelo conglomerado, material de uso para afirmado de la rasante y enrocado defensa ribereña en el río Helares que afectaría en su caudal de crecimiento.

3.5.3 VOLADURA EN CANTERA DE HELARES (material afirmado).

Cantera Helares, comprende al área superficial delimitada por el largo del frente y el ancho o profundidad de avance proyectados (m²) por la altura de banco o de corte (H), en m³.

$$(L \times A \times H) = \text{volumen total}$$

Donde:

L: largo, 30.00 m.

A: ancho, 15.00 m. promedio

H: altura, 10.00 m. promedio

$$V_t = 30.00 \times 15.00 \times 10.00 = 4500.00 \text{ m}^3 \text{ material antes de la voladura.}$$

Para calcular el volumen verdadero será afecto al factor de esponjamiento del material. Si desean expresarse en toneladas de material in situ se multiplica por la densidad promedio de la roca o material que pretende volarse.

$$(L \times A \times H \times \rho \times 1\,000) = \text{masa total}$$

Donde:

ρ : densidad de la roca, 1800 Kg/m³.

$$\text{Peso total del material} = V_t \times \rho = 4,500 \times 1.800 = 8100 \text{ Tn.}$$

1. Diámetro de taladro utilizado (\emptyset)

La selección del diámetro de taladro en la cantera anteriormente cubicado es crítica considerando que afecta a las especificaciones de los equipos de perforación, carga y acarreo, también al burden, espaciamiento distribución de la carga explosiva, granulometría de la fragmentación, tiempo a emplear en la perforación y en general a la eficiencia y economía de toda la operación.

Para determinado el diámetro óptimo en la práctica, presenta con tres aspectos:

- a. La disponibilidad y aplicabilidad del equipo de perforación en el trabajo proyectado (martillo perforador Jackhammer, con barreno integral de 10 pies long.).
- b. La altura de banco proyectada y la amplitud o envergadura de las voladuras a realizar.
- c. La distancia límite de avance proyectado para el banco.

En bancos de canteras los diámetros habituales varían entre 50 125 mm (2" a 5"), pero en este caso hemos utilizado taladros de 50 mm. (2").

2. Longitud o profundidad de taladro (L)

La longitud de taladro tiene marcada influencia en el diseño total de la voladura y es factor determinante en el diámetro, burden y espaciado.

Es la suma de altura de banco más la sobre perforación necesaria por debajo del nivel o rasante del piso para garantizar su buena rotura y evitar que queden lomos o resaltos, que afectan al trabajo del equipo de limpieza y deben ser eliminados por rotura secundaria.

Esta sobre perforación debe ser por lo menos de 0.3 veces el valor del burden, por tanto:

$$L_{sp} = (0,3 \times B)$$

Donde:

L_{sp}: longitud sobre perforación de taladro

B: burden.

Esta relación es procedente para taladros verticales que son los más aplicados en las voladuras de bancos con taladros de gran diámetro, pero en muchas canteras de pequeña envergadura se perforan taladros inclinados, en los cuales la longitud de taladro aumenta con la inclinación pero, por lo contrario, la sobre perforación (SP) disminuye, estimándose por la siguiente relación:

$$L = (H / \cos(\alpha)) + [1 - ((\alpha/100) \times SP)]$$

Donde:

L: longitud del taladro.

H: altura de banco.

α : ángulo con respecto a la vertical, en grados.

SP: sobre perforación.

La perforación inclinada, paralela a la cara libre del banco, al mantener uniforme el burden a todo lo largo del taladro proporciona mayor fragmentación, esponjamiento y desplazamiento de la pila de escombros, menor craterización en la boca o collar del taladro, menor consumo específico de explosivos y dejan taludes de cara libre más estables.

3. La sobre perforación (SP)

TIPO DE ROCA	SOBREPERFORACION
Blanda a Media	de 10 a 11 Ø
Dura a muy Dura	12 Ø

Fuente: EXSA

ambién es usual la relación: $SP = 0,3 \times B$, en donde B es el burden.

4.- Espaciamiento (E)

Es la distancia entre taladros de una misma fila que se disparan con un mismo retardo o con retardos diferentes que se aplicó en malla paralelo y similar es en otras mallas.

Se calcula en relación con la longitud del burden, a la secuencia de encendido y el tiempo de retardo entre taladros. En la práctica, normalmente es igual al burden para malla de perforación cuadrada $E = B$ y de $E = 1,3$ a $1,5 B$ para malla rectangular o alterna, lo que se aplicó en la construcción de carretera.

Para voladuras de filas múltiples simultáneas igual retardo la relación entre la longitud de taladro y burden (L/B) es menor que 4 el espaciado puede determinarse por la fórmula:

$$E = \sqrt{B \times L}$$

Donde:

B : burden, en pies.

L : longitud de taladros, en pies.

En voladura con detonadores de retardo el espaciado promedio es aproximadamente de:

$$E = (1,4 \times B)$$

Si el criterio a emplear en taladros de mediano diámetro es la resistencia a compresión, para roca dura a muy dura de 43 a 38 Ø. Si además de la resistencia se involucra el tipo de explosivo, para taladros de medio a gran diámetro se puede considerar lo siguiente:

- ANFO:

Para roca blanda a media: $E = 37$ a 45 Ø .

Para roca dura a muy dura: $E = 35$ a 34 Ø .

4. Longitud de taco (T)

Normalmente el taladro no se llena en su parte superior o collar, la que se rellena con material inerte que tiene la función de retener a los gases generados durante la detonación, sólo durante fracciones de segundo, suficientes para evitar que estos gases fuguen como

un soplo por la boca del taladro y más bien trabajen en la fragmentación y desplazamiento de la roca en toda la longitud de la columna de carga explosiva.

$$T = (L - (SP/3))$$

O igual a la longitud del burden:

$$T = B$$

Para roca blanda a intermedia de:

$$T = (33 \text{ a } 35) \times \emptyset$$

Y para roca dura a muy dura de:

$$T = (30 \text{ a } 32) \times \emptyset, \text{ en canteras}$$

En bancos con mayor diámetro variará entre: 40 \emptyset para roca blanda a 25 \emptyset para roca muy dura.

5.- Altura de banco (H)

Distancia vertical desde la superficie horizontal superior (cresta) a la inferior (piso).

La altura es función del equipo de excavación y carga, del diámetro de perforación, de la resistencia de la roca de la estructura geológica y estabilidad del talud, del terreno de aspectos de seguridad.

$$H = 10 + (0,57 \times (C - 6))$$

Donde:

C: es la capacidad del cucharón de la excavadora en m³.

Para calcular la altura más adecuada o económica en la obra materia de la presente se estimó cuatro veces en metros el diámetro del taladro dado en pulgadas: $H \text{ (en mm)} = 4 \times \emptyset$, donde \emptyset es el diámetro de taladro; así, para un diámetro de 2" (4 x 2) la altura será de 8 m.

6.- Burden (B)

Es la distancia desde el pie o eje del taladro a la cara libre perpendicular más cercana. Depende básicamente del diámetro de perforación, de las propiedades de la roca, altura de banco y las especificaciones del explosivo a emplear.

Tomando en cuenta la resistencia a compresión de las rocas en taladros de mediano diámetro, el burden variará entre 35 y 40 veces el diámetro para roca blanda y entre 33 a 35 veces el diámetro para roca dura a muy dura.

Tomando en cuenta el tipo de explosivo en taladros de mediano a gran diámetro, la relación será:

Con dinamita:

En roca blanda: $B = (40 \times \varnothing)$

En roca muy dura: $B = (38 \times \varnothing)$

Con ANFO:

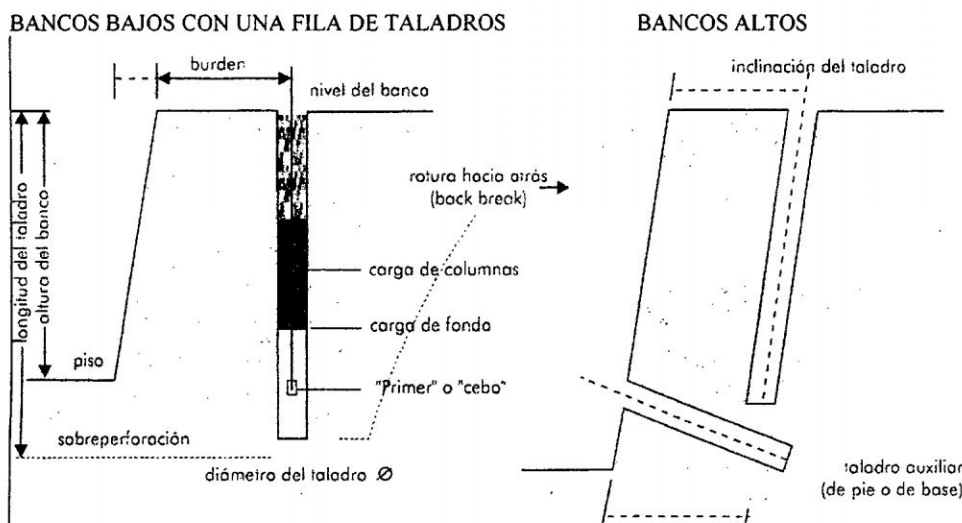
En roca blanda: $B = (28 \times \varnothing)$

En roca muy dura: $B = (21 \times \varnothing)$

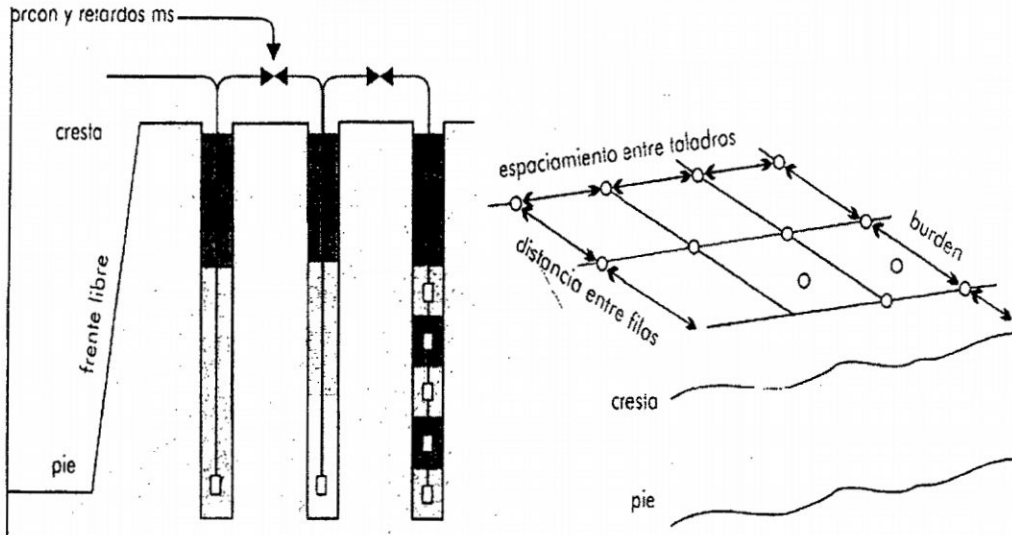
Así en la cantera de materiales, para roca blanda a volar con ANFO en taladros de 3" de diámetro tenemos:

$$B = 40 \times 3 = 120 \times 2,54 = 3,05 \text{ (igual a 3 m)}$$

VOLADURA EN BANCOS - NOMENCLATURA

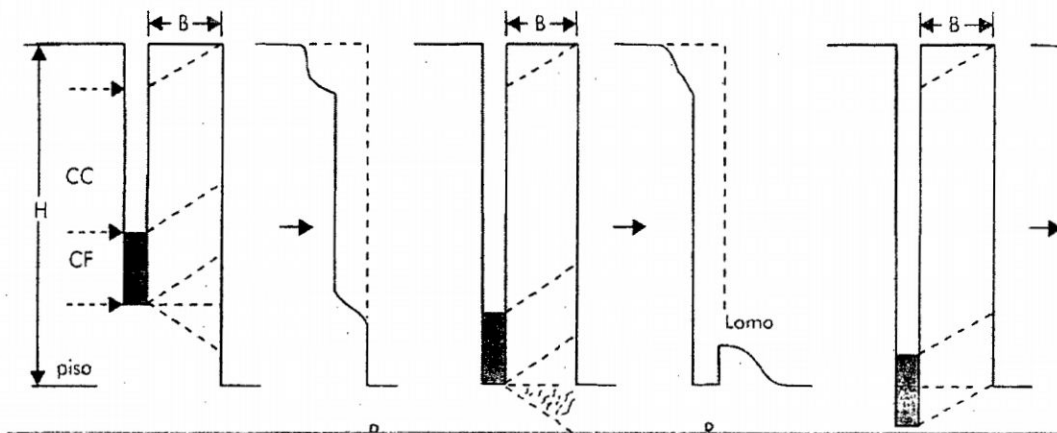


Bancos bajos con varias filas de taladros Cordón detonante



FACTORES QUE INFLUEN EN LA VOLADURA

Profundidad de taladro y carga de fondo respecto al piso y cara libre.



A: Taladro corto

B: Taladro al piso

C: Con sobre perforación

H: Altura de banco

B: Burden

CC: Carga de columna

CF: Carga de fondo

R : Resultado de piso

El volumen de roca ha mover con un taladro simple vertical está comprendido en la prima delimitada por la superficie de cara libre (m) y la longitud del burden, con una longitud igual a la altura del banco. El prisma será regular, pero si hay sobre perforación se añadirá el volumen adicional proporcionado por el prisma irregular de la base, delimitado entre los puntos 1, 2, 3 y 4

Según: Andersen

Considera que el burden es una función del diámetro y longitud del taladro, describiéndola así:

$$B = (\emptyset \times L)$$

Donde:

B : burden.

\emptyset : diámetro del taladro, en pulgadas.

L : longitud del taladro, en pies.

La relación longitud de taladro-burden o altura de banco, influye sobre el grado de fragmentación.

Según: Langefors

Considera además la potencia relativa del explosivo, el grado de compactación, una constante de la roca y su grado de fracturamiento, mediante la siguiente fórmula:

$$B = (db/33) \times \sqrt{(P \times S)/c \times f \times (E/B)}$$

Donde:

B : burden, en metros.

P : grado de compactación que puede estar entre 1,0 y 1,6 kg/dm³.

S : potencia relativa del explosivo (por ejemplo de 1,3 para una *Gelatina Especial*).

c : constante para la roca, generalmente entre 0,45 y 1,0.

f : grado de fractura. Para taladro vertical el valor es de 1,0.

E : espaciamento entre taladros.

E/B : radio de espaciamento a burden.

db : diámetro de broca.

Empleando valores métricos para esta fórmula tenemos:

$$P = 1,25 \text{ kg/dm}^3$$

$$S = 1,0$$

$$c = 0,90$$

$$f = 1,0$$

$$E = 1,25$$

$$B = (db/33) \times \sqrt{(1,25 \times 1)/0,90 \times 1 \times (1,25/B)}$$

$B = db/33$; si consideramos que el diámetro de broca $db = 40$ mm (1.7") tendremos:

$$B = 40/33 = 1.21 \text{ m (3.98 pies)}$$

Langefors muestra una relación que determina el radio de "diámetro de broca a burden".

Según: C. Konya

Basada en las teorías del Dr. Ash. Determina el burden con base en la relación entre el diámetro de la carga explosiva y la densidad, tanto del explosivo como de la roca, según:

$$B = 3,15 \text{ } \varnothing_e \times \sqrt{p_e/p_r}$$

Donde:

B : burden, en pies.

\varnothing_e : diámetro del explosivo, en pulgadas.

p_e : densidad del explosivo.

p_r : densidad de la roca.

Para un taladro de 1.7" de diámetro a cargarse con un ANFO de 0,85 de densidad, en una roca cuarcita de 2,7 de densidad, el burden deberá ser de:

$$\varnothing_e = 1.7$$

$$p_e = 0,85$$

$$p_r = 2,70$$

Luego:

$$B = 3,15 \times 1.7 \times \sqrt{0,85/2.70} = 4,4 \text{ pies}$$

Según: Ash

Considera una constante k_b que depende de la clase de roca y tipo de explosivo empleado:

$$B = (k_b \times \varnothing) / 12$$

Donde:

B : burden.

\varnothing : diámetro de taladro.

k_b : constante, según el siguiente cuadro:

CALIDAD DE ROCA	DENSIDAD (g/cm ²)	BLANDA	MEDIA	DURA
Baja densidad y potencia	0.8 a 0.9	30	25	20
Densidad y potencia media	1.0 a 1.2	35	30	25
Alta densidad y potencia	1.2 a 1.6	40	35	30

Fuente: EXSA

7.- Cálculo y distribución de la carga explosiva

1. Columna explosiva

Es la parte activa del taladro de voladura, también denominada "longitud de carga" donde se produce la reacción explosiva y la presión inicial de los gases contra las paredes largo del taladro, según las circunstancias o condiciones de la roca. Usualmente comprende de 1/2 a 2/3 de la longitud total y puede ser continua o segmentada, en la construcción se utilizó cargas de fondo (CF) y la carga de columna (CC), por presentar roca dura a muy dura.

a. Carga de fondo (CF)

Es la carga explosiva de mayor densidad y potencia, requerida al fondo del taladro para romper la parte más confinada y garantizar la rotura al piso, junto con la sobre perforación, mantener la rasante, evitando la formación de resaltos o lomos.

Su longitud es normalmente equivalente a la del burden más la sobre perforación: $B + 0,3$

B; luego:

$$CF = (1,3 \times B)$$

No debe ser menor de 0,6 B para que su tope superior esté al menos al nivel del piso del banco. Se expresa en kg/m El productos empleado es Dinamita SEMEXA 65%, en razón a que la energía por unidad de longitud en el fondo del taladro debe ser al menos dos veces mayor que la requerida para romper la roca en la parte superior.

El cebo (dinamita SEMEXA 65%), iniciador o booster debe colocarse en esta parte de la carga, preferentemente al nivel del piso del banco, para su mayor efectividad.

Carga de columna (CC)

Se ubica sobre la carga de fondo y puede ser de menos densidad, potencia o concentración ya que el confinamiento de la roca en este sector del taladro es menor, empleándose normalmente ANFO convencional. La altura de la carga de columna se calcula por la diferencia entre la longitud del taladro y la suma la carga de fondo más el taco.

$$CC = L - (CF + T)$$

Usualmente $CC = 2,3 \times B$.

c. Cargas segmentadas o espaciadas

Normalmente se emplean cargas continuas en taladros de pequeña o mediana longitud, pero en taladros largos o en aquellos que se requiera disminuir la energía pero manteniéndola distribuida en toda su longitud, se emplean cargas espaciadas con tacos inertes intermedios y con un iniciador en cada una para garantizar su salida. Estas cargas pueden ser del mismo tipo de explosivo o emplearse uno de mayor densidad o potencia en la primera carga al fondo. Las salidas pueden ser simultáneas o con diferentes tiempos de salida para cada una, mediante retardos en orden ascendente o descendente, según el diseño de la voladura o los efectos que se quieran obtener, este tipo de carga no se aplicó en la construcción presente.

d. Carga específica (CE)

Llamado también consumo específico o factor de carga, es la cantidad de explosivo necesaria para fragmentar 1 m³ de roca, se expresa en kg/m.

$$CE = (\text{Total de explosivo utilizado, en kg}) / (\text{Total de m}^3 \text{ rotos cubicados})$$

La carga específica es una excelente unidad referencial para el cálculo de la carga total de un disparo, pero no es el mejor parámetro de por sí, ya que la distribución de este explosivo en la masa de la roca mediante los taladros tiene gran influencia en los efectos de fragmentación y desplazamiento, es decir, en el resultado de la voladura.

Otros valores utilizados para estimar la carga requerida para un disparo son: el factor de energía del explosivo en kcal/kg conjugado con las características mecánicas de la roca, como su módulo de resistencia elástica (módulo de Young), resistencia a compresión-tensión, densidad, etc. En voladura, la cantidad de explosivo utilizado deberá ser muy próxima a lo mínimo necesario para desprender la roca. Menos carga significa tener una voladura deficiente y, por el contrario, un exceso de carga significa mayor gasto y mayores riesgos de accidentes, debiéndose tenerse en cuenta que el exceso de carga colocado en el taladro origina una proyección cuya energía es proporcional a dicho exceso por m³, estimándose que el centro de gravedad de la masa de la voladura podría desplazarse varios metros hacia adelante por cada 0,1 kg/m³ de exceso de carga, siendo aún mayor el riesgo de proyección de trozos pequeños a distancias imprevisibles.

e. Estimación de cargas

Volumen a romper por taladro = Malla por altura de taladro.

$$V = (B \times E \times H) = \text{m}^3 \text{ por taladro}$$

Tonelaje: volumen por densidad de la roca.

f. Volumen de explosivo

Diámetro de taladro por longitud de la columna explosiva (columna continua) o por la suma de las cargas segmentadas.

$$V_e = (\emptyset \times C_e), \text{ en m}^3$$

g. Factor de carga (FC)

Es la relación entre el peso de explosivo utilizado y el volumen de material roto.

$$FC = (W_e/V)$$

h. Tonelaje roto

El tonelaje roto es igual al volumen del material roto multiplicado por la densidad de dicho material.

$$\text{Tonelaje} = (V \times \rho_r)$$

i. Carga específica para cada taladro en voladuras de varias hileras

- Primera fila (burden a la cara libre frontal inicial):

$$C_e = (H - SP) \times E \times (B + T/2) \times FC, \text{ en kg.}$$

- Para la segunda fila y subsiguientes:

$$C_e = (H - SP) \times E \times B \times FC, \text{ en kg.}$$

Donde:

Ce : carga explosiva, en kg.

H : profundidad de taladro.

SP : sobre perforación.

E : espaciamiento entre taladros.

B : burden.

T : piso quedado.

FC : factor de carga (por tipo de roca, tendrá que definirse para cada caso en especial).

j. Perforación específica

Es el número de metros o pies que se tiene que perforar por cada m³ de roca volada.

$$(L/H)/(B \times E)$$

L : profundidad del taladro (altura de banco (H) – 0,3 B).

H : altura de banco.

B : burden.

E : espaciamento.

k.- Factor de perforación (FP)

$$FP = (H/B) \times E \times H, \text{ en m/m}^3$$

$$FP = \text{Perforación total/FP} \times \text{volumen total}$$

l. Cálculo general para carga de taladro

$$(0,34 \times \varnothing^2 \times \rho_e), \text{ en lb/pie}$$

Factor: 0,34 de roca.

\varnothing : diámetro del taladro, en pulg.

ρ_e : densidad del explosivo a usar, en g/cm³

$$\varnothing = 2'' \text{ ó } 50 \text{ mm}; \rho_e = 1,35.$$

$$\text{Luego: } 0,34 \times (2)^2 \times 1,35 = 1.84 \text{ lb/pie}$$

m.- Densidad de carga (Dc)

$$Dc = 0,57 \times \rho_e \times \varnothing^2 \times (L - T)$$

Dc : densidad de carga, en kg/tal.

Factor: 0,57 de roca.

\varnothing : diámetro del taladro, en pulg.

ρ_e : densidad del explosivo a usar 1.35.

L : longitud de perforación.

T : taco.

$$\varnothing = 2''.$$

$$\rho_e = 0,80 \text{ (ANFO)}.$$

L = 10 m (longitud de taladro).

T = 3 m (taco).

$$\text{Luego: } 0,57 \times 0,80 \times (2)^2 = 1.82 \text{ kg}$$

$$1.82 \text{ kg/m} \times (10 - 3) = 12.74 \text{ kg/taladro}$$

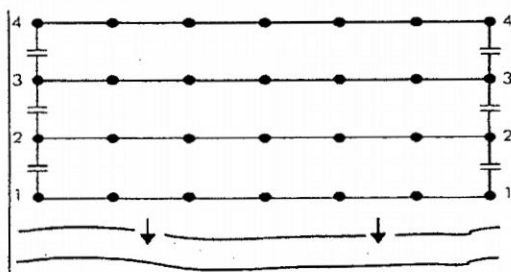
3.5.4 DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION

En la construcción carretera Puente Mapitunari a Capirushiato se ha empleado las mallas de perforación en los tramos de banqueo de corte abierto progresiva 0+0.00 al 0+270 la forma en la que se distribuyen los taladros, considerando básicamente a la relación de burden analizado y espaciamiento definido su directa vinculación con la profundidad de taladros.

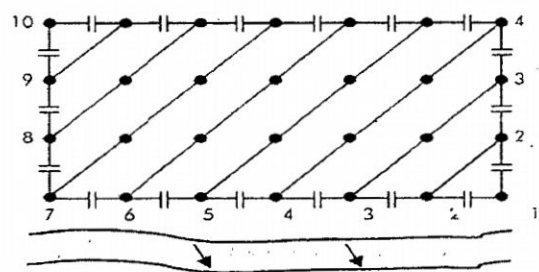
En el diseño aplicado en la perforación de banco son de malla rectangular, basándose en la dimensión del burden.

Asimismo se utilizó distintas formas de amarre de los accesorios y diferentes tiempos de encendido de los taladros para obtener la más conveniente fragmentación y forma de acumulación del material volado, para las posteriores operaciones de uso, carguío y transporte del material a la cancha de botadero.

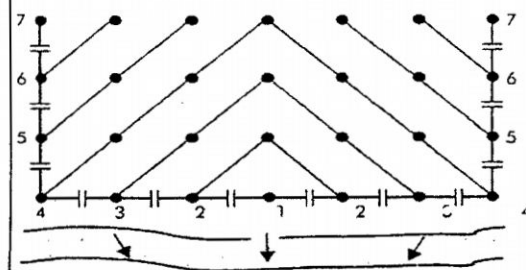
Los diseños de amarre de las conexiones entre taladros determinan las mallas de salida, siendo las más empleadas son la longitudinal o paralelo, cuña o en V, diagonal, trapezoidal y también las combinadas en casos necesarios.



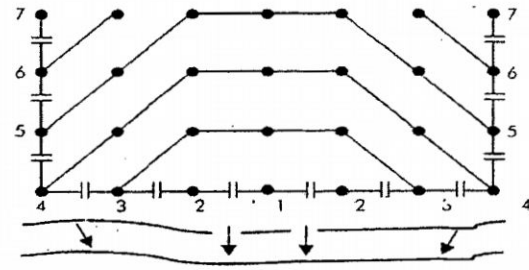
1. SALIDAS EN PARALELO



2. SALIDAS EN DIAGONAL



3.- Salida en cuña o V



4.- Salida en trapezoidal

Cuando se utilizó cordón detonante, el burden de perforación se mantiene invariable por que se disparan todos los taladros de una voladura simultáneamente, ya que los taladros no tienen retardos, esto se aprecia en la malla paralela, en mayor porcentaje se practicó en la construcción materia de la presente. En cuanto en las mallas diagonal, en cuña y trapezoidal el burden, puede variar según como sea la distribución de los tiempos de encendido y salida de los taladros cuando se utilicen detonadores de retardo, dando lugar al burden efectivo, de menor longitud que el virtual, como se observa en las salidas diagonales en el gráfico.

Para este tipo de mallas se emplean dos clases de retardos: de superficie para cordón detonante, que se intercalan entre taladros y entre líneas troncales, de tipo “hueso de perro” y de manguera de shock unidireccional ó bidireccional, con tiempos usuales de 9 a 300 ms, y los de interior de taladros que se colocan en el cebo o booster y en las cargas espaciadas, generalmente son del tipo de detonador no eléctrico de shock y muy eventualmente eléctricos, con tiempos entre 5 y 100 ms.

La colocación de retardos puede tener estas alternativas:

- Líneas de cordón detonante con retardos de superficie, sin retardo en el taladro.
- Líneas de cordón detonante con retardos escalonados, en superficie y con retardos de un mismo número en todos los taladros.
- Retardos en superficie más retardos de distintos números (escalonados) en el interior de los taladros.
- Sin retardos en superficie, con retardos de distintos números (secuenciados) al fondo de los taladros.
- Con o sin retardos en superficie, y con retardos escalados en las cargas espaciadas al interior de los taladros.

El primer taladro de cada grupo siempre debe tener retardo que el ultimo del anterior, por lo que el retardo puente debe seleccionarse cuidadosamente.

3.5.5 TEMPORIZACION DE VOLADURA EN BANCOS

La voladura de banco normalmente se efectúa como una voladura de retardo corto. La secuencia debe ser diseñada de modo que cada taladro logre rotura libre. El tiempo entre taladros y filas debe ser lo suficientemente prolongado como para permitir que se cree un espacio para el material triturado de las subsiguientes salidas en filas múltiples. Se asegura que debe desplazarse 1/3 del burden antes que la segunda fila comience a iniciarse.

El retardo entre filas debe variar entre 10 ms/m (roca dura) y 30 ms/m (roca blanda). Generalmente 15 ms/m de la distancia del burden es buena guía. Un retardo muy corto entre filas hace que el material de las posteriores se desplace hacia arriba en lugar de hacer en dirección horizontal (material volado quedan in situ).

Se ha observado en la práctica que los bolones provienen normalmente de la primera fila; por tanto, las voladuras de varias hileras producen menos bolones proporcionalmente que las de una sola fila. Por esta razón, el largo del área del disparo no debería ser mayor que el 50% del ancho.

Cálculo para voladura de banco realizada en construcción de carretera:

Puente Mapitunari – Capirushiato (cantera Helares)

Datos:

Altura de banco (H): 10 m.

Ancho de la voladura (A): 15 m.

Diámetro de perforación (\emptyset): 2" o 50 mm

Constante de roca muy dura según resistencia a compresión y clase de explosivo a utilizar

$$K_b = 35$$

1. Burden máximo: $(B_{\max}) = K_b * \emptyset$

$$(B_{\max}) = 35 * 50 = 1.75 \text{ m}$$

2. Sobre perforación:

$$(SP) = 0,3 * B_{\max} = 0,3 * 1.75 = 0,53 \text{ m}$$

3. Longitud de taladro:

(L): altura de banco (H) + sobre perforación (SP) + 5 cm/m (altura de banco + sobre perforación), debido a la inclinación 3:1

$$L = H + SP + 0,05m (H + SP)$$

$$L = 10 + 0,53 + 0,05 (10 + 0,53) = 11,06 \text{ m}$$

4. Error de perforación:

(F): 5 cm de error de emboquille + 3 cm/m de desviación de taladro.

$$F = 0,05 + (0,03 \times L) = 0,05 + (0,03 * 11,06) = 0,38 \text{ m}$$

5. Burden práctico:

$$(B1) = B \text{ máx.} - F = 1,75 - 0,38 = 1,37 \text{ m}$$

6. Espaciamiento práctico:

$$(E1) = 1,25 * B1 = 1,25 * 1,37 = 1,71 \text{ m}$$

Ancho de voladura = 15 m.

$$(E1) = \text{ancho de voladura} = 15 / 1,71 \text{ m} \quad \text{N}^\circ \text{ espacios } 12,81$$

7. Concentración de carga de fondo

$$(QbH) = [1,25 * \pi * (\varnothing)^2] / (4 * 1000) = [1,25 * 3,1416 * 50^2] / 4000 = 2,45 \text{ Kg /m}$$

8. Altura de carga de fondo:

$$(hb) = 1,3 * B_{\text{max}} = 1,3 \times 1,75 = 2,28 \text{ m}$$

9. Carga de fondo:

(CF) = Altura de carga de fondo * concentración de carga de fondo

$$(CF) = hb * QbH = 2,28 * 2,45 = 5,59 \text{ kg}$$

10. Concentración de carga de columna:

(QpH) = (0,4 a 0,5) x concentración de la carga de fondo

$$(QpH) = (0,4 \text{ a } 0,5) * QbH = 1,23 \text{ kg/m}$$

11. Altura de la carga de columna:

(hp) = Longitud de taladro - (altura de la carga de fondo + taco inerte)

$$(hp) = L - (hb + ho)$$

Donde $ho = 30 * \varnothing = 30 * 50\text{mm}$, luego:

$$(hp) = L - (hb + ho)$$

$$(hp) = 11,06 - (2,28 + 1,50) = 7,28 \text{ m}$$

12. Carga de columna:

$$(CC) = hp * QpH, \text{ luego:}$$

$$Qb = (7,28 * 1,23) = 8,95 \text{ Kg.}$$

13. Carga total:

$$(CT) = CF + CC = 5,59 + 8,95 = 14,54 \text{ Kg. /taladro}$$

14. Carga específica:

$$(CE) = [\text{taladros por fila} \times CT] / [B1 \times H \times A]$$

$$B1 \times H \times A = 10 * 15 * 1,37 = 205,50 \text{ m}^3$$

$$(CE) = 12,82 \text{ taladros} \times 14,54 = 186,40 / 205,50 = 0,91 \text{ Kg./m}^3$$

3.6.0 SISTEMA DE VOLADURA EN CONSTRUCCION DE CARRETERAS

Se considera obra vial a la construcción de carretera Puente Mapitunari – Capiushiato, es frecuente el empleo de explosivos, que se aplican tanto con métodos “tradicionales en forma empírica” como otros técnicamente diseñados para diferentes formaciones rocosas.

Los métodos que hemos empleado podemos definir como tradicionales son:

-Banqueo para extracción de materiales de afirmado y enrocado; en este caso se ha aplicado en la cantera para proveer piedra y material granular para afirmado.

-Voladura controlada primaria; principalmente en las modalidades de pre corte y recorte en cortes abiertos de ladera, cortes cerrados o trincheras (Plano PC-01).

Estos métodos aplicados en la construcción de carretera, comprenden técnicas especialmente dirigidas al rompimiento de material preferentemente homogéneo, procurando tener el menor efecto de deterioro de la roca por impacto y vibración, por tanto requieren de exigente control y de mayor trabajo de perforación.

Por lo general son repetitivos, es decir que cada disparo es igual o parecido al anterior, siguiendo patrones establecidos.

Por otro lado, la gran longitud de tramo y las cambiantes condiciones de geometría y de propiedades de las rocas a arrancar a lo largo del trazo de la carretera en construcción, imponen el diseño de cada disparo como si fuera un caso en particular adaptado al perfil del terreno, denominándoseles por ello "métodos viales", entre los que consideramos a:

- 1.- Corte abierto en ladera o a media ladera, con taladros cortos y largos.
- 2.- Excavación de trincheras o corte cerrado, con inicio de voladura en cráter.
- 3.- Voladura para nivelaciones y de remoción de material para relleno de depresiones.
- 4.- Voladura para zanjas y cunetas.
- 5.- Voladuras de gran volumen por gravedad (calambucos y desplome).

Estas voladuras no son mayormente exigentes en cuanto a la calidad de fragmentación ni a la homogeneidad del material arrancado, ya que por lo común este será simplemente empujado a un costado de la obra, o empleado como material de relleno de nivelación, pero en razón a que usualmente resulta una importante cantidad de pedrones sobredimensionados, demasiado grandes para poder ser desplazados con el equipo mecánico disponible, sus resultados usualmente también imponen el apoyo posterior de voladura secundaria con cachorro y plastas.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la vigilancia del área de disparo, ya que a diferencia de las minas, la gente de campo no tiene experiencia sobre las consecuencias de la proximidad a los disparos, a excepción de los calambucos que requieren de la apertura previa de un túnel pequeño, y de los bancos convencionales que emplean taladros de mediano a gran diámetro, en las demás voladuras se trabaja con pequeños diámetros, entre 51 y 87 mm (2" y 3 1/2") normalmente taladrados con perforadoras de oruga con martillo de cabeza (Trackdrills) en éste caso de la construcción carretera Puente Mapitunari se usó perforadoras martillos de mano, de 50 mm de diámetro.

Estos equipos permiten mejor adaptabilidad a los perfiles irregulares del terreno, mejor distribución del explosivo y menor nivel de vibración, por lo tanto menos daño a la roca remanente.

Según las condiciones de resistencia a rotura y la de humedad de la roca, se aplicó explosivos encartuchado de tipo **SEMEXA 65**, en diámetro 50 mm, a carga de fondo, y carga de columna selectiva completada con **ANFO**.

Cortes a media ladera y trincheras, métodos típicos para construcción de carreteras son los que normalmente se efectúan de una sola vez cuando la altura del corte se limita a 10 pies, y por etapas cuando es mayor, como se utilizó en la perforación y voladura de la carretera Puente Mapitunari a Capirushiato.

Como el diámetro del taladro está en relación con la altura de banco o de corte se requiere la relación:

$$\text{Øt} = (\text{H}/60)$$

Donde:

Øt: diámetro del taladro.

H: profundidad de la excavación.

La longitud de los taladros (L) depende de la altura de banco, de la sobre perforación que sea necesaria según la resistencia a rotura de la roca y de la inclinación de los mismos, que suele ser de 15 a 20°.

$$L = (\text{H}/\cos \alpha) + [(1 - (\alpha/100)) \times \text{SP}]$$

Donde:

α : ángulo con respecto a la vertical, en grados

H: profundidad de la excavación.

SP: sobre perforación, en equivalentes a diámetro (Ø), de acuerdo a la resistencia de la roca, como se indica en el siguiente cuadro estimado: 2134 kg/cm² (209.29 Mpa), cuarcita

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LAS ROCAS				
TIPO DE ROCA				
	BLANDA	MEDIA	DURA	MUY DURA
Resistencia a la Compresión, en MPa	70	70 a 120	120 a 180	180
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LAS ROCAS				
TIPO DE ROCA				
PARAMETRO	BLANDA	MEDIA	DURA	MUY DURA
Sobreperforación	10 Ø	11 Ø	12 Ø	12 Ø
Longitud reocmendada para carga de fondo y taco inerte				
Carga de fondo	30 Ø	35 Ø	40 Ø	46 Ø
Taco	35 Ø	34 Ø	32 Ø	30 Ø
Burden	39 Ø	37 Ø	35 Ø	33 Ø
Espaciado	51 Ø	47 Ø	43 Ø	38 Ø
Relación E/B	1.25	1.2	1.15	1.15
Consumo específico (kg/m3)	0.3	0.35	0.42	0.49

Fuente: Información EXSA

3.5.1 CORTES A MEDIA LADERA (progresiva 0+0.00 al 0+217 kms.)

Pueden efectuarse mediante taladros verticales paralelos o en abanicos, mediante taladros horizontales (zapateros) o mediante una combinación de taladros horizontales y verticales, los trazos de perforación son similares a los de banqueo, con malla cuadrada o alterna y salidas en paralelo o en "V".

La dirección de salida de la voladura puede ser paralela o perpendicular al rumbo o traza de la cara del talud.

Si es perpendicular (normal) puede existir riesgo de rodadura incontrolada de piedras ladera abajo, si la pendiente es muy parada.

En tramo progresiva 0+0.00 a 0+217 primero se habilitó caminos de acceso y plataformas de trabajo (bancos), empleando para ello el mismo equipo de perforación disponible pero con taladros de pequeño diámetro, preferentemente horizontales, paralelos a la traza y en número suficiente como para dejar preparadas plataformas de trabajo de 3 a 5 m de ancho, desde donde se practicarán las perforaciones mayores para el corte de la ladera.

Estas plataformas se prepararon en varias etapas de perforación, disparo y limpieza, con mano de obra no calificada. De acuerdo a las condiciones del terreno era conveniente o necesario delimitar la excavación del corte con una hilera de precorte.

En los disparos con taladros horizontales no se aplicó en esta obra por trabajos en roca fracturada que puede desprenderse y causar daños irreparables con el personal y equipo de perforación, es bueno detallar para otros frentes que aplicarán de la gravedad para bajar la parte superior de la carga a excavar, debiéndose tener en cuenta que ésta quedará in situ, con menor desplazamiento que en el anterior.

Este método baja los costos de disparo pero incrementa los de limpieza, además presenta el inconveniente de fuerte proyección de fragmentos a distancia al actuar las cargas como en voladuras de cráter y que la pared remanente queda muy deteriorada, con rocas colgadas y en algunas ocasiones con taludes invertidos, lo es riesgoso para el personal y obliga a desquinchar antes de efectuar la limpieza del desmonte.

Aprovechando el buzamiento de los estratos inclinados con 25 grados, se perforan taladros verticales con buzamiento en contra, en rocas duras y muy duras estratificadas:

- Longitud de taladro 10 pies = 3.00 m.
- Diámetro del taladro 40 mm = 0.04 m.

Para el cálculo del burden (B) y espaciamiento E se utilizará el método práctico propuesto por EXSA, que comprende la siguiente tabla:

	Resistencia compresiva “σ _c ”, en MPa			
	Blanda	Media	Dura	Muy dura
	< 70	70 - 120	120 - 180	> 180
Burden (B)	39D	37D	35D	33D
Espaciamiento (E)	51D	47D	43D	38D

Fuente: Información EXSA

Para roca dura: $B = 35D = 35 \cdot 0.04 = 1.40 \text{ m.}$

$E = 43D = 43 \cdot 0.04 = 1.70 \text{ m.}$

La malla de perforación $= 1.40 \times 1.70 \text{ m.}$

Para roca muy dura: $B = 33D = 33 \cdot 0.04 = 1.30 \text{ m.}$

$E = 38D = 38 \cdot 0.04 = 1.50 \text{ m.}$

La malla de perforación $= 1.30 \times 1.50 \text{ m.}$

Calculo de carga:

En primer lugar se determinará la longitud de carga de fondo, según la siguiente tabla:

	Resistencia compresiva “σ _c ”, en MPa			
	Blanda	Media	Dura	Muy dura
	< 70	70 - 120	120 - 180	> 180
Longitud de carga de fondo	30D	35D	40D	46D
Retacado	35D	44D	32D	30D

Fuente: Información EXSA.

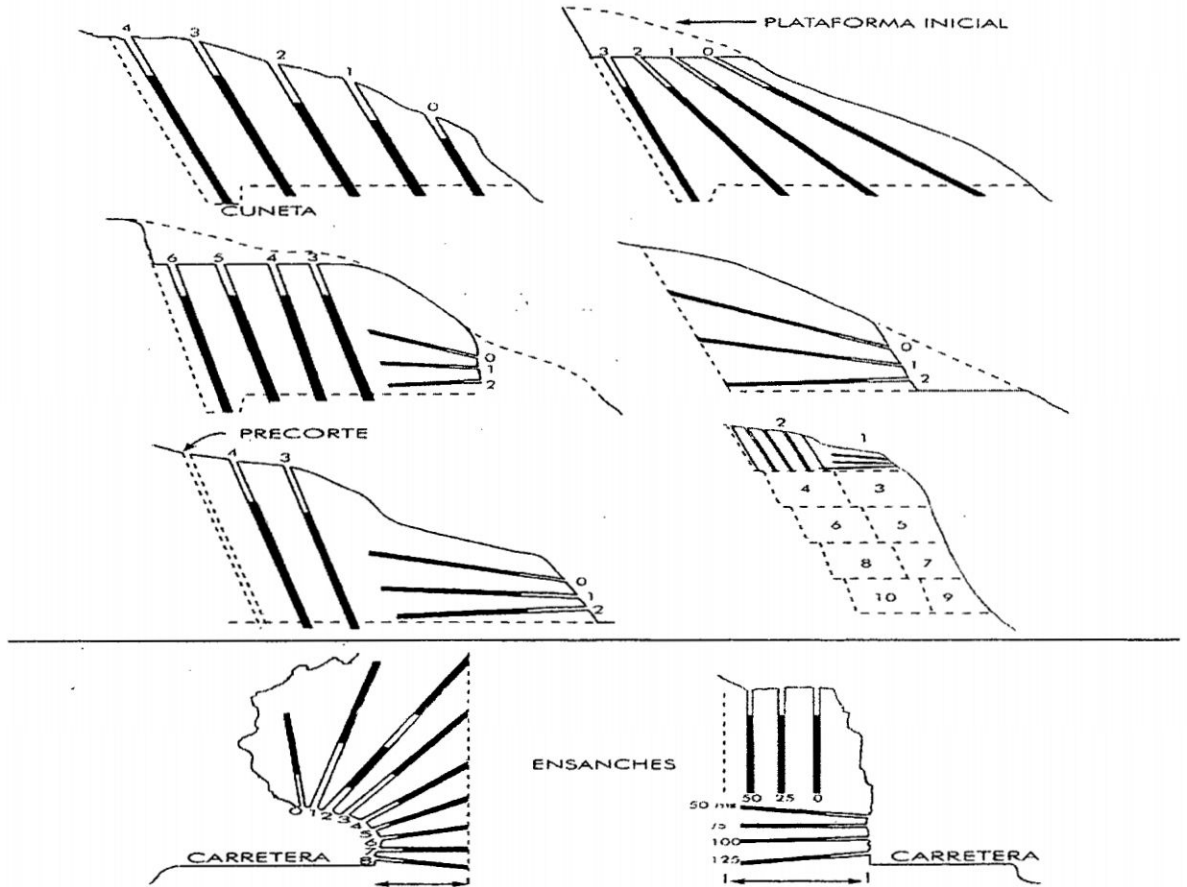
Para roca dura:

- Longitud de carga de fondo (Lc) $40D = 40 \cdot 0.04 = 1.60 \text{ m.}$
- Area de taladro $3.1416 \cdot D^2/4 = 3.1416 \cdot 0.04^2/4 = 0.0013 \text{ m}^2$
- Volumen de carga $0.0013 \text{ m}^2 \cdot 1.60 \text{ m} = 0.0021 \text{ m}^3$
- Densidad del AN-FO $0.90 \text{ gr/cm}^3 = 900 \text{ Kg./m}^3$
- Carga requerida por taladro $900 \cdot 0.0021 = 1.89 \text{ kgs.}$
- Volumen roto or taladro $1.30 \text{ m} \cdot 1.50 \text{ m} \cdot 3.0 \text{ m} \cdot 0.90 = 5.26 \text{ m}^3$
- Factor de carga (Fc) $1.89/5.26 = 0.36 \text{ Kg./m}^3$

Para roca muy dura:

- Longitud de carga de fondo (Lc) $46D = 46 \cdot 0.04 = 1.84 \text{ m.}$
- Area de taladro $3.1416 \cdot D^2/4 = 3.1416 \cdot 0.04^2/4 = 0.0013 \text{ m}^2$
- Volumen de carga $0.0013 \text{ m}^2 \cdot 1.84 \text{ m} = 0.0024 \text{ m}^3$
- Densidad del AN-FO $0.90 \text{ gr/cm}^3 = 900 \text{ Kg./m}^3$
- Carga requerida por taladro $900 \cdot 0.0024 = 2.16 \text{ kgs.}$
- Volumen roto or taladro $1.30 \text{ m} \cdot 1.50 \text{ m} \cdot 3.0 \text{ m} \cdot 0.90 = 5.26 \text{ m}^3$
- Factor de carga (Fc) $2.16/5.26 = 0.41 \text{ Kg./m}^3$

PERFILES TÍPICOS PARA CORTES A MEDIA LADERA



3.6.2 CORTE CERRADO O EXCAVACION EN TRINCHERA (6+460 a 6+690)

Este tipo de perforación y voladura se aplicó en la **progresiva kms 6+460 al 6+690** (Plano Ppp-03), en una longitud de trazo 230.00 metros lineales con altura corte cerrado variable, siendo la máxima de 10.50 m. siempre se efectuó con taladros verticales, y según sea la relación H/D anteriormente citada, se presentaron dos casos:

1. Si $H > 100 \varnothing$, que es el normal para alturas de banco de 10 a 12 m, los valores para burden y espaciamiento son los mismos de la tabla anterior, es el caso utilizado en la construcción carretera Puente Mapitunari - Capirushiato.

2. Si $H < 100 \varnothing$, el burden se calculará con la expresión:

$$B = [Q / [(E/B) \times (H/\cos(\alpha)) \times (C_e)]]^{0,5}$$

Donde:

Q: carga total por taladro (Kg.).

H: altura de banco (m).

E/B: relación entre espaciamiento y burden (de la tablas).

Ce: consumo específico de explosivo (también de la tabla).

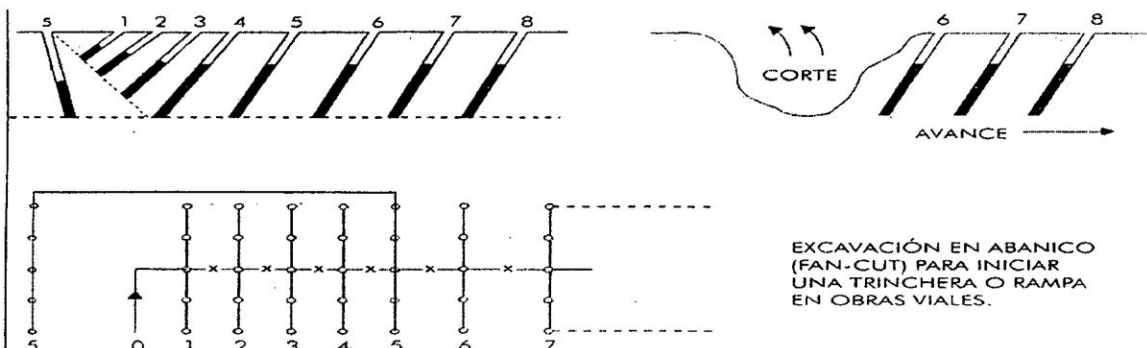
α : ángulo respecto a la vertical, en grados.

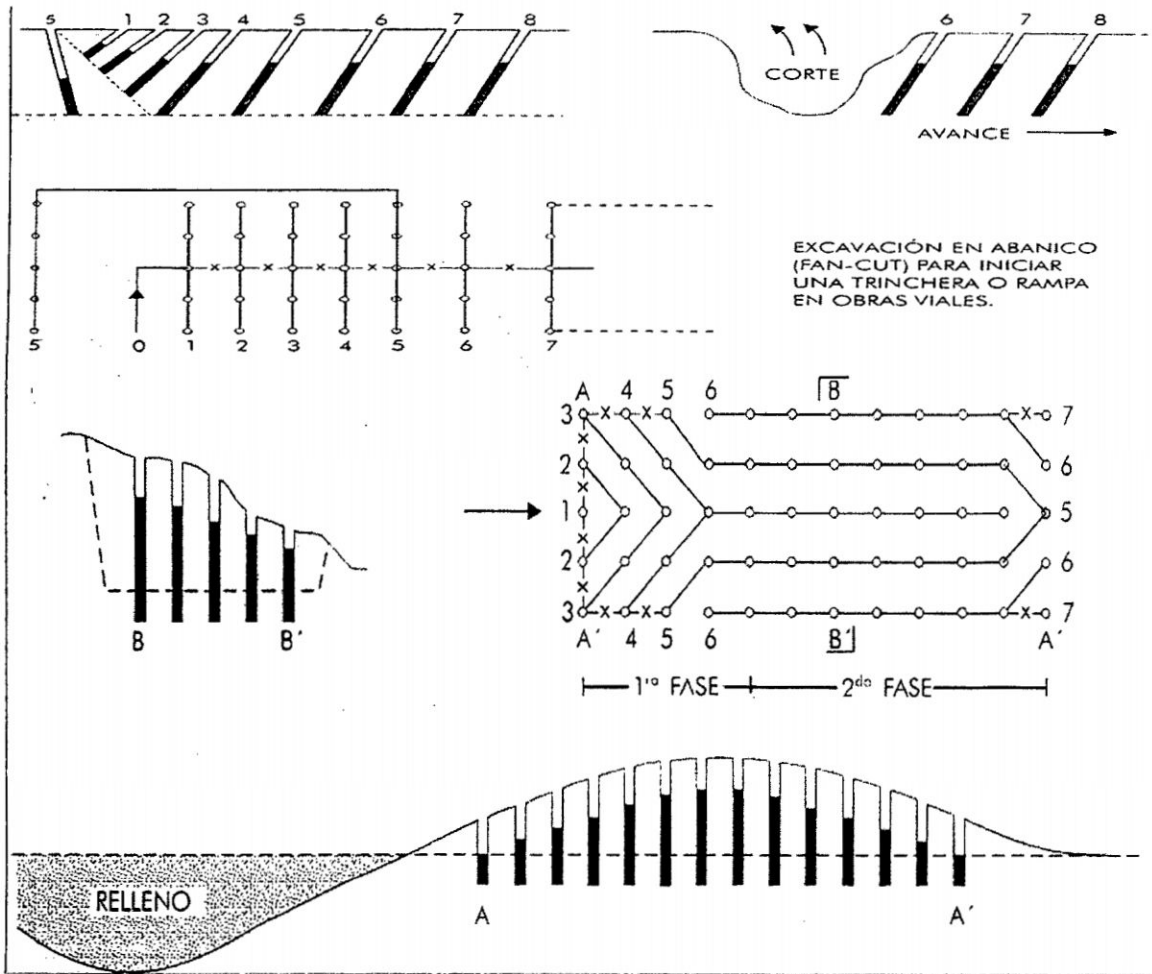
Los trazos de voladura más utilizados cuando se tienen cara libre son, los de salida por filas paralelas y los de salida en "V", con taladros distribuidos en malla alterna o cuadrangular, en forma similar a los bancos, pero con la diferencia que los taladros tendrán diferentes profundidades, de acuerdo al perfil de terreno y al nivel de explanación que se quiere conseguir.

Primero hemos preparado una cara libre para iniciar la trinchera, mediante una excavación al piso con disparos de taladros de pequeño diámetro dispuestos en abanico, ésta excavación una vez limpiada servirá de cara libre para avanzar con el corte de trincheras por un sentido. Si la excavación inicial se ubica en un punto central se podrá avanzar la trinchera en ambos sentidos, en este caso la excavación suele denominarse "tiro de hundimiento sin cara libre".

Para la excavación de trincheras en lomas que comúnmente se denominan "montura de caballo", se dispara en dos fases, un primer corte con salida en "V" que generalmente tiene un avance máximo equivalente a 1/3 de total de longitud de la trinchera, y el segundo en los 2/3 restantes mediante un trazo axial, con tres o más filas de taladros según el ancho de la trinchera, con arranque en la fila central y el resto con salidas en paralelo.

El desmonte extraído de estos cortes generalmente sirve de relleno en depresiones contiguas, para efectos de nivelación de la plataforma de carretera.





3.7.0 SISTEMA DE VOLADURA DE GRAN VOLUMEN POR GRAVEDAD

Están basadas en el derrumbe de grandes volúmenes de material mediante cargas explosivas concentradas, relativamente grandes, aprovechando la gravedad.

3.7.1 VOLADURA POR COLAPSO O DESPLOME CON TALADROS DE PEQUEÑO DIAMETRO.

Este tipo de voladura no hemos aplicado en la construcción Puente Mapitunari – Capiushiato, pero es necesario explicar el método para otros frentes que debería aplicarse, es conocido que el procedimiento de excavación de roca adoptado virtualmente en todos los trabajos por tajo abierto es el de actuar directamente sobre el cuerpo de roca por medio de bancos, utilizando explosivos cargados dentro de taladros de voladura verticales.

Sin embargo hay algunos casos donde se obtienen resultados más convenientes haciendo que el cuerpo de roca se colapse, al removerle su base. El procedimiento en este caso consiste en

Este tipo de voladura no permite control sobre la geometría de excavación ni sobre la fragmentación, y se aplica por tanto sólo en circunstancias específicas, como las siguientes:

a. En aquellos casos donde las condiciones geológico-estructurales sean particularmente adecuadas para aplicar esta técnica, por ejemplo cuando la estratificación del cuerpo de roca tiene diaclasamiento con buzamiento cercano a la vertical, y donde sea posible y relativamente fácil inducir el colapso simplemente excavando la base.

Su aplicación en estos casos sin embargo requiere de mucho cuidado, porque si el bloque es muy inestable podría deslizarse prematuramente cuando aún se esté trabajando en el corte con grave riesgo para los trabajadores, o por otro lado, también podría ocurrir que el bloque no se desplome inmediatamente después del disparo quedándose “colgado en el talud”, en peligrosa condición de inestabilidad y de desprendimiento posterior.

b. En proyectos de corta duración o de menor envergadura, donde no se justifique trabajos preparatorios de infraestructura, como accesos, carreteras, banqueo, etc.

c. En proyectos de estabilización de taludes o de mejoramiento de tierras en lugares donde el cuerpo de roca sea inestable y peligroso para alguna población, planta eléctrica, carretera, vía férrea, etc.

d. En aquellos casos donde es imposible ubicar los equipos de perforación en la cima del cuerpo de roca para trabajar en forma adecuada, debido a imposibilidad de acceso por una topografía abrupta, por mucho riesgo, por elevados costos de infraestructura u otro impedimento.

e. En situaciones de emergencia para defensa civil, por ejemplo cuando sea esencial desviar o bloquear temporalmente el curso de una riada o avalancha, en donde las condiciones geológicas y topográficas permitan el cierre de una quebrada en forma rápida.

3.7.3 TUNELES O CALAMBUCOS (progresiva km. 2+750 al 2+855).

Se aplicó en la construcción carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, en la progresiva 2+750 a 2+855 (Plano Ppp - 02), en una longitud de trazo de 105.00 metros lineales con

58.13 metros lineales de altura de corte, terreno conglomerado compacto, los túneles se construyeron con espaciamiento de 10.00 metros. Método especial basado en el disparo de una o más cargas explosivas concentradas, relativamente grandes, localizadas en la base del cuerpo de roca y cuyo posicionamiento esta dictado por la topografía local, las mismas que se conectan por medio de túneles de una sección transversal lo más pequeña posible (literalmente sólo lo suficientemente amplias como para permitir el acceso del perforista y su equipo).

Se procedió en abrir pequeños túneles en la base del talud de la colina que se quiere colapsar, perpendiculares a la cara libre y de una sección transversal lo más pequeña posible hasta llegar en forma de “L” “T”, los que se rellenan con explosivo al granel (booster y ANFO), al final de perforación que se denomina “cámara de carga”, conectado con cordón detonante a la salida de la boca del túnel, sellando finalmente los pequeños túneles herméticamente con material arcilloso bien confinado para ser finalmente disparadas en forma simultánea.

El diseño más simple consiste en un túnel horizontal de pequeña sección y de una longitud de 0,60 a 0,75 veces de altura de la cara libre a volar, que en su fondo termine en un crucero a 90° formando una “T” ó en “L” según sea el caso, en cuyos brazos (cámaras de carga) se ubica al explosivo adecuadamente apilado, taponándose luego el túnel de acceso con tierra arcillosa para confinar a la carga la que usualmente se estima mediante la “Regla de Hauser”.

$$Q = K \times (B)^3, \text{ por cámara}$$

Donde:

Q: cantidad de carga explosiva, en kg.

K: coeficiente, usualmente de 0,4 a 0,5 (para calambucos chicos).

B: burden real, en m.

Para calambucos de una sola cámara en “T” la altura de la cara de voladura no debe pasar de 30 m; si es mayor, el túnel de acceso tendrá que ser más profundo y requerirá de otros

cruceros (cámaras de carga) con carga explosiva, las que se espaciarán cada 10 m por ser terreno conglomerado compacto.

El túnel de acceso debe ser como mínimo de igual longitud que el burden real.

Una vez que las cargas han sido acomodadas, los túneles deben ser cuidadosamente sellados con material inerte en la mayor parte de su longitud, cuidando de proteger muy bien los cables o el cordón detonante que transmitirán la iniciación a las cargas pues cualquier corte de ellos malogrará o anulará la voladura, siendo después muy difícil y peligroso el tratar de reconectarla, razón por la que usualmente se tiende dos o más troncales paralelas y separadas.

Por seguridad los cordones o cables se introducen dentro de tubos rígidos que se cubren con el material de relleno.

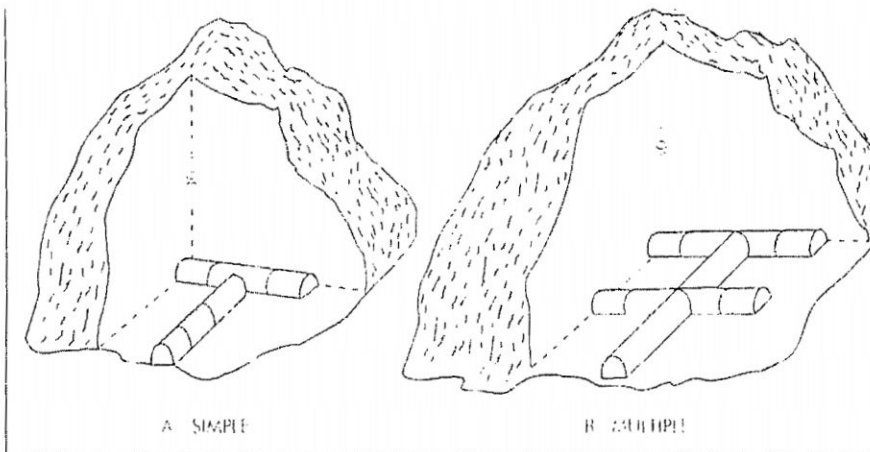
TABLA N° G. BERTA

TIPO DE EXPLOSIVO	VALORES K_1
Dinamita Semexa 65	0.17
AN-FO	0.25

TIPO DE ROCA	VALORES K_2
Roca blanda	1.2 – 2.0
Roca media	2.2 – 3.0
Roca dura	3.2 – 3.5
Roca muy dura	4.0 – 4.5
Roca agrietada, pero sólida	3.0 – 5.0

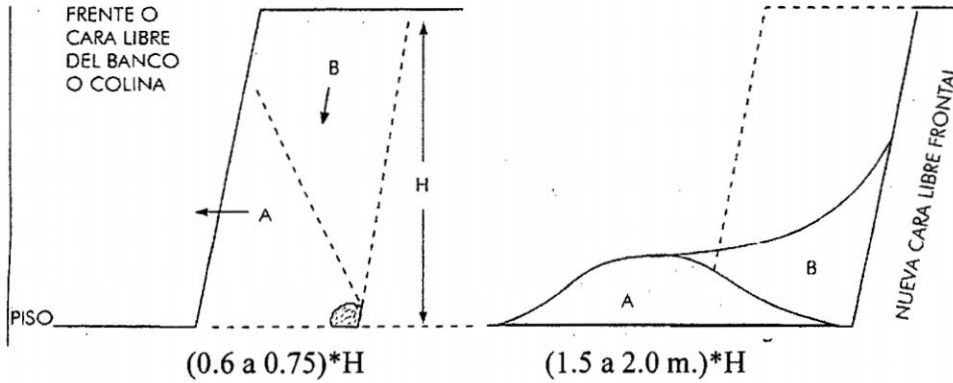
Fuente: Información EXSA

DIAGRAMA DE CALAMBUDO



MECANICA DE DESPLAZAMIENTO EN VOLADURA CALAMBUCO

Fases: A : Salida de disparo
 B : Desplome (caída libre del bloque superior)



El espaciamiento entre cámaras debe ser no menor de 0.80, ni mayor de 1.30 de burden o profundidad del túnel, en caso de la presente el espaciamiento entre cámaras es de 1.30 m.

La profundidad del Túnel, (profundidad de ubicación de la carga explosiva), debe ser no menor de un $1/3$, ni mayor a $2/3$ de la altura del talud, en este caso de la presente es variable de acuerdo a la altura del talud de la colina.

Datos.

L = longitud de colina a volar con calambuco (105.00 m.)

B = burden real (5.00 m.), (10.00 m.)

H = altura de colina (58.00 m.) promedio

K = coeficiente (0.4 a 0.5)

Cálculo de Cargas en Calambuco (km 2+750 al 2+855)

Cada carga se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$Q = a \times b \times (B)^3$$

Donde:

Q : carga expresada en kg.

B : burden expresada en m.

a : factor dependiente del tipo de explosivo utilizado (0.25).

b: factor dependiente de la naturaleza de la roca (2.0).

a x b: equivalente en este caso al factor K señalado en la regla de Hauser.

Cámaras C-1 $Q = 0.50 \cdot (5.00^3) = 62.50$ kg túnel longitud pequeño.

Cámaras C-2 $Q = 0.50 \cdot (10.00^3) = 500.00$ kg túnel longitud grande.

El espacio que se aplicó entre cámaras de explosión es 10.00 metros, conforme a la profundidad del túnel frontal de 15.00 metros de longitud total, con un consumo de explosivo de 562.50 kilos de AN-FO, con una producción de volumen de material 8,400 metros cúbicos, con peso del material de 13,920 toneladas, a razón de 1.6 ton/m³

Por lo general la información en la cual se basan los valores para a y b es escasa y limitada. Para calcular en la construcción carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, utilizamos una tabla preparada por **G. Berta**, en la que los valores de "a" se refieren a explosivos promedios. Como se va a utilizar 20% de booster preparado con dinamita Semexsa 65 y 80% de ANFO, se considera preponderante el valor de este último en la tabla, y suponiendo que las características promedio de la roca la clasifican como suave, con los siguientes valores:

a = 0,25 (tipo de explosivo) y b = 2. (factor de roca)

Luego: $a \times b = 0,50$ basándose en cálculos las cargas por cámara y el consumo total del explosivo.

Se carga primero la cámara C1 y al final la C2, sellando el acceso y cada carga con material de relleno, usualmente tierra arcilloso. Por seguridad el tramo de ingreso al túnel se sella con material de relleno, también se puede sellar con concreto de fraguado rápido.

Las dos cargas se empalman una a otra con dos vías independientes de cordón detonante 10P insertado dentro de tubos rígidos para protegerlo de cualquier daño o esfuerzo mecánico.

El extremo troncal de cordón se envuelve con cinta, a un fulminante de arranque instantáneo N° 8.

El disparador debe ubicarse en la distancia límite de seguridad, debidamente protegido. El tiro es instantáneo las dos cámaras de explosión.

Por su baja sensibilidad y excelente performance en el empuje de la roca, se utilizó el ANFO. Si se presenta agua en cantidad considerable en las cámaras, o si la exposición del explosivo al agua va a ser prolongada, se recomienda el empleo de emulsión como **Slurrex-AP**. En este caso por su mayor potencia relativa, presión de detonación y velocidad, se cargará en menor cantidad que con ANFO.

Para asegurar el confinamiento, la carga explosiva deberá ocupar por lo menos las dos terceras partes de la sección del crucero o cámara, y estar sellada en su frente libre por un grueso tabique, preferentemente de sacos de tierra o arena.

3.8.0 SISTEMA DE VOLADURA SECUNDARIA EN OBRAS VIALES

Este tipo de voladura siempre se aplicó en la construcción carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, toda vez cuando hay movimiento de tierra con una máquina como Tractor Oruga, siempre aparece bolones de roca de dimensiones grandes, cual no se puede empujar el Tractor y se aplica el Cachorro o Plastas, dependiendo la forma y tamaño que presenta la roca, para luego empujar a los costados de la explanación. Se entiende como tal a la técnica que tiene como finalidad principal la reducción de pedrones grandes, sean éstos naturales o procedentes de una voladura primaria, a fragmentos de menor tamaño mucho más convenientes y manejables. Para ello se aplicó en la construcción de carretera dos medios, según las condiciones y el lugar en que se encuentre el pedrón o la estructura a romper:

3.8.1 VOLADURA SECUNDARIA CON PERFORACION (CACHORROS)

Son taladros cortos de pequeño diámetro, usualmente de 22 mm a 51 mm ($7/8''$ a $2''$ de diámetro) que se perforan hacia el centro de gravedad de los pedrones a romper hasta una profundidad entre $1/2$ a $2/3$ de su espesor, que se disparan con cargas pequeñas de explosivo. Esta carga dependerá del tamaño y dureza del pedrón, de su tenacidad, o de si tiene planos de partición definidos, siendo importante la experiencia previa para determinarla cuando no se conoce bien su comportamiento mecánico, o cuando la operación va a ser rutinaria.

La profundidad de los taladros se determina con la relación 1,1 por la mitad de espesor del pedrón (1,1 x 0,5 e). En el caso de pedrones enterrados donde no se puede estimar el espesor, se recomienda perforar hasta traspasarlos, medir la longitud del taladro y luego rellenarlo hasta la mitad con detritos para centrar la carga explosiva reforzada; de otro modo será difícil romperlos adecuadamente por estar confinados en el suelo.

Los pedrones de hasta 1 m³ por lo general requieren un solo taladro al centro; si son más grandes e irregulares necesitarán más taladros, considerándose usualmente uno por cada 0,7 a 1,1 m² (8 pie² a 12 pie²) de área horizontal, estimada en su parte de mayor diámetro. Estos cachorros se ubican de modo tal que puedan reforzar al taladro central. Después de cargados y cebados se les debe sellar con un taco de arcilla o detritos y dispararlos simultáneamente.

Hay cierta diferencia entre los pedrones procedentes de una voladura y otros naturales, puesto que los primeros han sufrido un cierto debilitamiento (en razón de las muy elevadas tensiones sufridas), que en cierta forma facilita su posterior destrozo; esto podemos deducirlo del siguiente cuadro, que puede tomarse como guía.

Las Dinamitas **Semexa 65** son comúnmente utilizadas con buen resultado. En ciertos casos en roca friable se puede aplicar ANFO con cebo de Semexa.

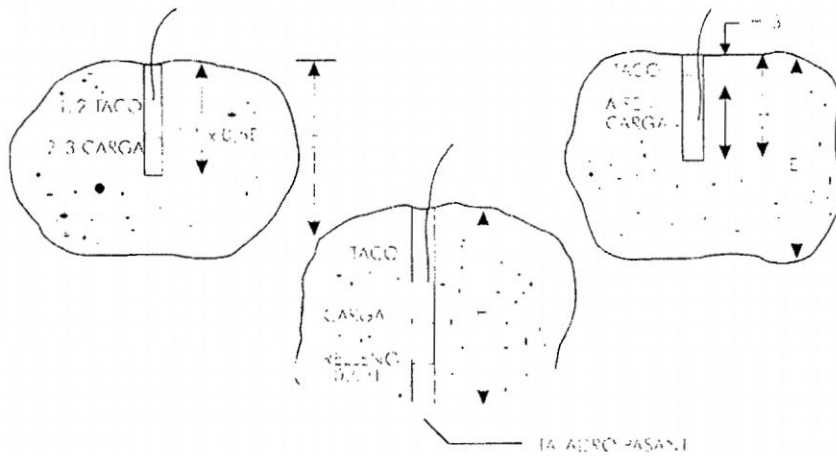
PEDRONES NATURALES SUELTOS (Carga específica promedio 1.0 kg/m ³)				
TAMAÑO (Área en m ²)	ESPESOR (m)	NUMERO DE TALADROS	PROFUNDIDAD (cm)	CARGA EXPLOSIVA (gr)
0.50	0.80	1.00	40	50.00
1.00	1.00	1.00	50	100.00
2.00	1.00	2.00	60	100.00
3.00	1.50	2.00	80	150.00
PEDRONES DE VOLADURA (Carga específica promedio 0.06 a 0.12 kg/m ³)				
TAMAÑO (Área en m ²)	ESPESOR (m)	NUMERO DE TALADRO	PROFUNDIDAD (cm)	CARGA EXPLOSIVA (gr.)
0.50	0.80	1.00	40.00	30.00
1.00	1.00	1.00	50.00	60.00
2.00	1.00	2.00	60.00	70.00
3.00	1.50	2.00	80.00	90.00

PEDRONES NATURALES ENTERRADOS			
VOLUMEN (m ³)	ESPESOR (m)	PROFUNDIDAD (m)	CARGA EXPLOSIVA (gr)
0.50	0.80	Parte enterrada = 0.5 a 0.6	150.00
1.00	1.00	Parte enterrada = 0.6 a 1.0	200.00

Fuente: Información SEMEXSA

EJEMPLO DE VOLADURAS EN CACHORRO

MECHA Y FULMINANTE



Para volver a disparar un cachorro fallado se debe quitar el taco inerte con cuidado y volver a cebar la carga; si no es seguro y fácil quitar el taco, se le coloca encima una plasta y se dispara, después de un tiempo prudencial se volverá para buscar restos de explosivo que puedan haber quedado.

Tanto en cachorros como plastas se debe tener extremo cuidado con la proyección de fragmentos, ya que su tamaño, velocidad, dirección de vuelo y distancia a recorrer son imprevisibles.

Para estimar aproximadamente una distancia de proyección que permita en forma tentativa despejar el área de riesgo alrededor del punto de disparo, se puede aplicar la 3.7.2

VOLADURA SECUNDARIA SIN PERFORACION

PLASTAS.- Son un medio fácil para romper grandes piedras donde la perforación no es factible o es costosa. Consisten en cargas explosivas cebadas que se colocan directamente en contacto con la superficie de la piedra, cubiertas con una gruesa capa de arcilla o barro

la superficie de la piedra, cubiertas con una gruesa capa de arcilla o barro presionada a mano, para confinarlas, que se disparan con cualquiera de los sistemas de iniciación conocidos.

Según sea necesario pueden comprender a uno o más cartuchos completos, o preferentemente a su masa pelada y moldeada a mano para adaptarla a una mayor superficie de la piedra. Con los cartuchos el efecto de impacto sobre la piedra es lineal, reducido, mientras que el de la misma carga moldeada es real, mucho mayor y efectivo.

La capa de arcilla debe ser bastante gruesa para procurar el mejor confinamiento, ya que sólo se aprovecha una mínima proporción de la energía de la explosión, 10 a 20%, el resto se disipa en el aire causando una gran concusión (golpe de presión en el aire) traducida en fuerte ruido. Un espesor promedio adecuado es de 10 cm (4"), pero debe ser mayor si el disparo se efectúa cerca a instalaciones o equipos.

Las cargas explosivas empleadas en plastas son aproximadamente cuatro veces mayores que las necesarias para el disparo de cachorros, con factores entre 1,5 a 2,0 Kg. /m³. Como la energía útil que se puede aplicar a la acción de rompimiento es mínima se debe compensar este inconveniente empleando explosivos rápidos y de alto brisance, como las gelatinas, y preferentemente Plastex-E. (Fuente: EXSA)

CUADRO DE VALORES DE CARGAS APROXIMADAS PARA PLASTAS	
DIAMETRO DE LA PIEDRA (mm)	CARGA EXPLOSIVA (gr)
300 a 460	115.00
460 a 600	170.00
600 a 760	230.00
760 a 900	280 a 340
900 a 1070	340 a 455

En la práctica se ha empleado el ANFO, naturalmente con muy bajo rendimiento y alto consumo del mismo por su baja velocidad y mínimo brisance. Las plastas y cachorros individuales, o de poco número de unidades se pueden disparar con mecha y fulminante, pero cuando se trata de un número considerable. Este método simple puede resultar

además de lento, con la posibilidad de que pueda ocurrir una salida prematura mientras aún éstas se estén encendiendo. La solución puede darse por tres alternativas:

- a. Encendido de las mechas en conjunto mediante mecha rápida y conectores, lo que permite salida rotacional y simultánea de las cargas con un solo punto de inicio.
- b. Encendido con detonadores eléctricos, pudiendo ser instantáneo con las cargas, o secuencial si se emplea detonadores con retardo. En este caso se debe considerar el riesgo de la electricidad estática ambiental.
- c.- Encendido con cordón detonante es lo recomendable, realizando los nudos adecuados con el cordón detonante para cebar la carga, este servirá de iniciador como fulminante. En el extremo de chispa se aplicará un nudo al fulminante preparado con mecha lenta para chispear.

Colocar el cordón por encima de la carga explosiva en contacto con ella, o pasarlo por su interior. No colocarlo por debajo de la plasta como es común hacerlo ya que al detonar directamente sobre la superficie de la roca, en lugar de iniciarla la arrojará fuera, o la iniciará con energía muy disminuida.

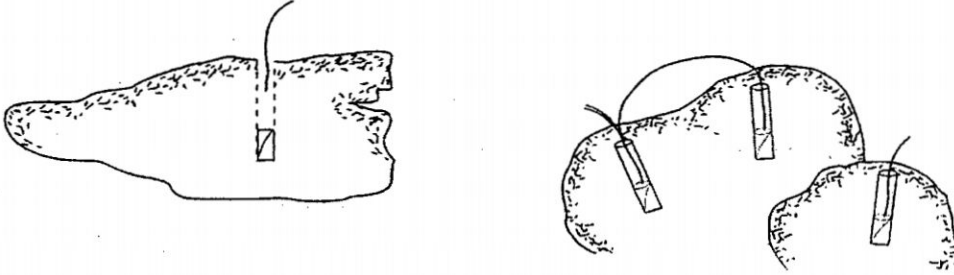
Cuando hay varias líneas derivadas para plastas dispersas es recomendable unir las con algunos "puentes" entre ellas, para evitar cortes de la transmisión.

En todo proceso de detonación sólo un cebado adecuado y potente puede asegurar un alto régimen de detonación y máximo rendimiento del explosivo, esto es importante para el caso del plastéo ya que la masa de explosivo involucrada es relativamente pequeña, y en ella la distancia recorrida por la onda de choque desde su punto de origen hasta que logra su máxima amplitud es muy corta, lo que hace imprescindible lograr un régimen máximo desde su punto de inicio.

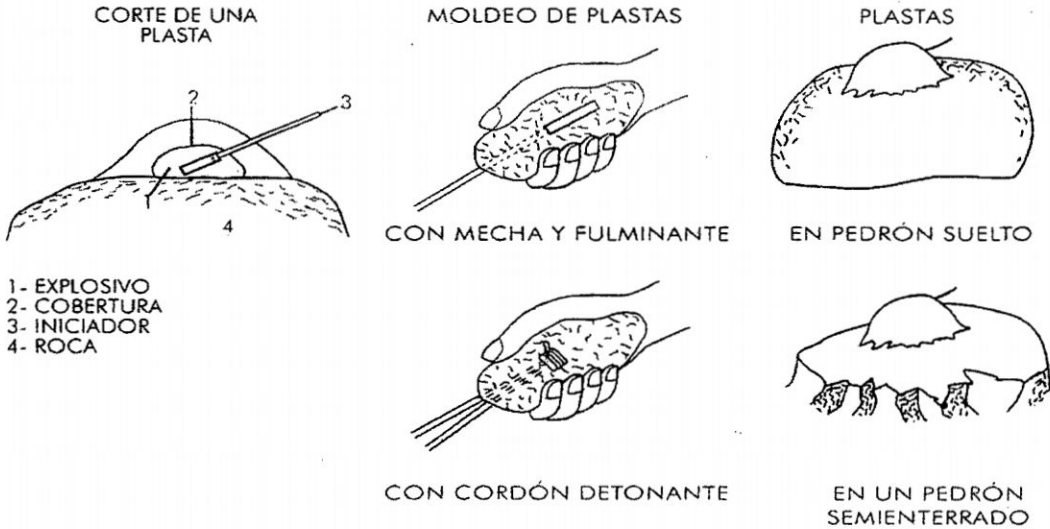
Una plasta de por sí sola transfiere a la roca entre 10 y 30% de su energía nominal, si tenemos en cuenta a la merma por el factor de "tiempo-distancia" que requiere recorrer la onda de choque a bajo régimen antes de llegar a su nivel de equilibrio a alto régimen, e

iniciarla, esta cifra debe ser aún menor. Según esto, un iniciador de bajo poder podría hacer perder a la plasta quizá hasta un 50% de su 10% de energía útil de trabajo.

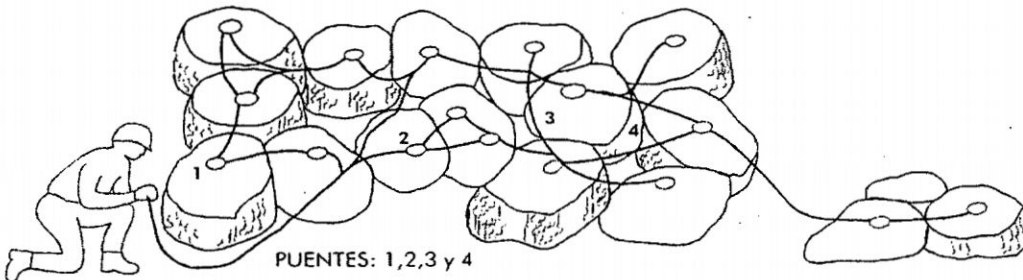
CORTES DE CACHORROS



PLASTAS



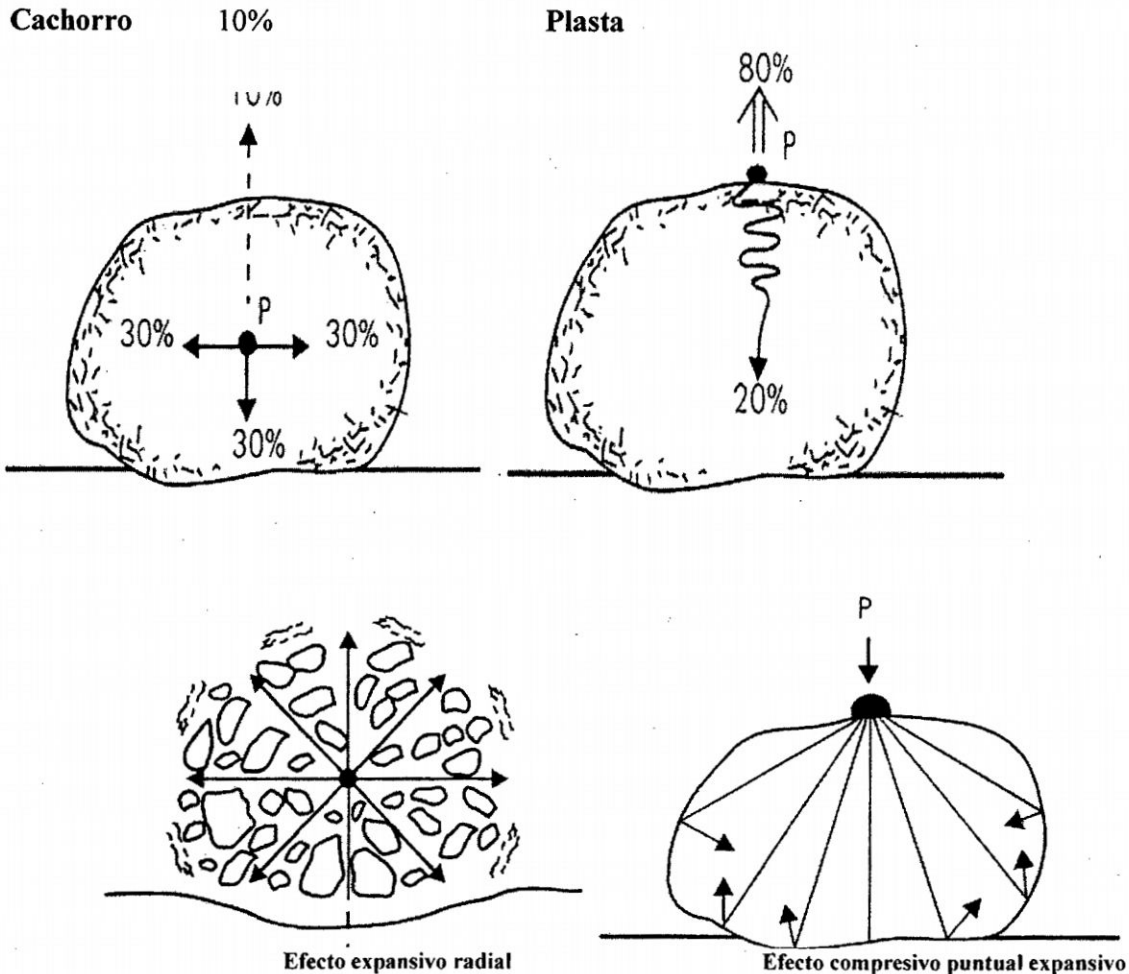
DISPARO SIMULTÁNEO DE PLASTAS CON CORDÓN DETONANTE



Por esta razón se recomienda utilizar iniciadores suficientemente potentes para compensar esta deficiencia inicial, que si bien en un taladro confinado es insignificante, en una plasta sí es significativo, como se quiere mostrar en el gráfico de fases progresivas de detonación.

FASE PROGRESIVO DE LA INICIACION DE UN EXPLOSIVO

Puntos de aplicación de cargas (P) y dispersión estimada de energía



Los cachorros se aplican por lo general a los pedrones de gran tamaño o de material muy tenaz, donde las plastas no harían gran efecto, y las plastas a los pedrones más pequeños en los que resulta más costoso y lento el cachorreo.

Ambos métodos presentan ventajas y desventajas para cuando se trata de aplicarlos como mecánica de rutina, entre las que mencionamos:

Ventajas de los cachorros

- Menor consumo específico de explosivo.
- Fragmentación menuda por el efecto rompedor radial.
- Menor ruido.

Desventajas de los cachorros

- Mayor tiempo de preparación, método lento.
- Mayor costo de perforación, consumo de barrenos, aire comprimido, brocas, aceite, tareas y desgaste de máquinas.
- Mayor proyección de fragmentos a distancia.

Ventajas de las plastas

- Menor tiempo de preparación, método rápido.
- Menor costo operativo por no requerir perforación.
- Menor dispersión de fragmentos.

Desventajas de las plastas

- Mayor consumo específico de explosivo.
- Fragmentación relativamente más gruesa.
- Mayor ruido.

Las plastas requieren de explosivo denso y de alto brisance para su efecto de impacto y para compensar la pérdida de energía al aire. Se recomienda las gelatinas en general y semigelatinas, (ésta en roca dócil), los cachorros por el natural confinamiento son menos exigentes.

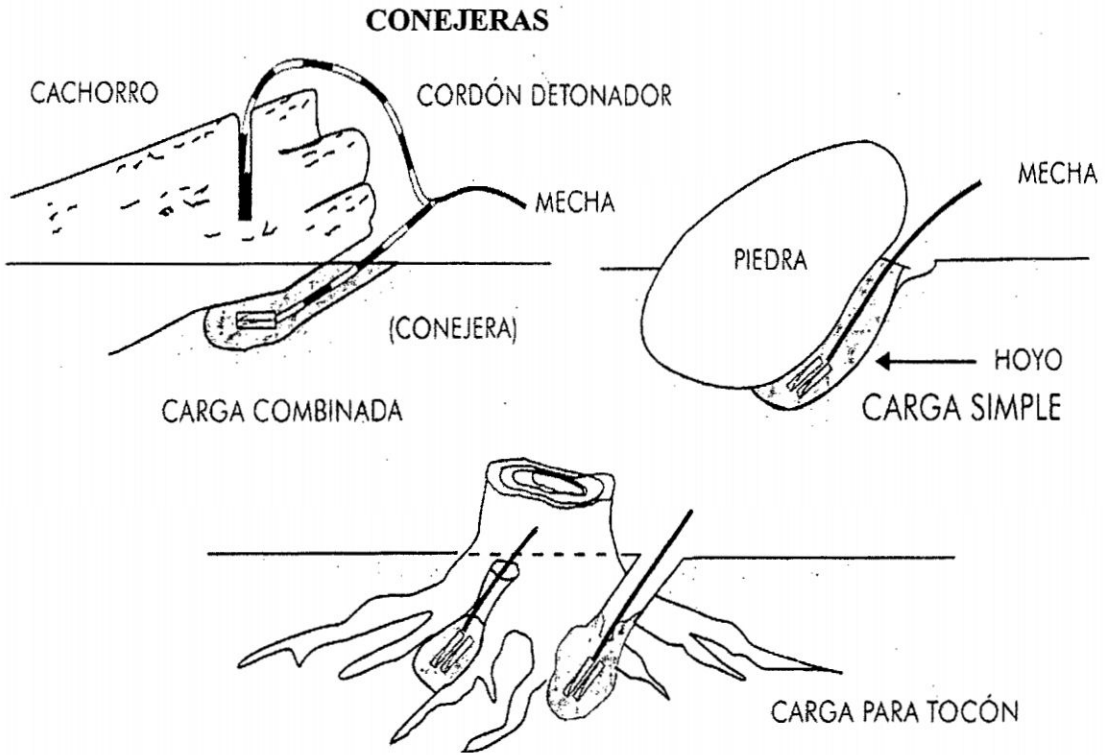
CONEJERAS, MADRIGUERAS O HUECOS DE CULEBRA.

Este tipo de voladura se aplicó en la construcción de carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, para derribar troncos de árboles caídos, levantar bloques de roca enterrada y otros. Un pedrón enterrado es muy difícil de romper por encima con una plasta o aún con un cachorro, debido a que las ondas de colisión resultantes no pueden reflejarse contra las caras libres y se disipan en la tierra.

En este caso es más conveniente colocar la carga por debajo y en contacto con la piedra mediante un hueco excavado en el terreno circundante, que se denomina hueco de culebra, conejera, etc. la carga explosiva romperá el pedrón, o en el peor de los casos lo levantará.

El factor de carga por el natural confinamiento varía usualmente entre 0,8 a 1,5 Kg. /m.

Para romper pedrones grandes semienterrados se puede aplicar simultáneamente una carga en hueco de culebra, por debajo, y una plasta o cachorro por encima. Este método también se aplica para desenterrar tocones de árboles.



CAPITULO IV

4.0.0 OPERACIONES COMPLEMENTARIAS EN OBRAS VIALES.

4.1.0 DIAGNOSTICO OPERACIONAL.

4.1.1 Criterios de Operación Control Tradicional.

La no organización y desarrollo de un adecuado planeamiento de operaciones para el manejo y control de los trabajos de perforación y voladura en anteriores construcciones de carreteras, se reflejan necesariamente en resultados negativos, lo siguiente:

- Distribución del personal en frente donde se lleva la perforación y voladura en 8 hrs. de jornada laboral.
- Los trabajos de perforación y voladura, bajo la única responsabilidad del capataz de obra.
- Falta de metas específicas asignada cada jornada de trabajo, ejecutándose indistintamente dos disparos por jornada de 8 hrs., según el criterio del capataz.
- Aplicación de una malla de perforación y voladura convencional, sin un diseño adecuado de corte, sea en bancos, trincheras, calambucos y frontales.
- Carencia de uniformidad, en la profundidad de perforación, ejecutando disparos de 3, 5 y 8 pies de profundidad en un mismo tipo de roca.
- Empleo de explosivos y agentes de voladura (Dinamita y AN-FO), sin cálculo de cantidad necesaria y carguío deficiente.
- Carencia de una supervisión idónea por parte de las entidades ejecutoras, en los trabajos de perforación y voladura.

- Falta de apoyo logístico oportuno de la entidad ejecutora.
- Falta de un programa de capacitación e incentivos para el personal de mano de obra calificada de operarios y oficiales en trabajos de perforación y voladura.
- Carencia de una programación de mantenimiento preventivo para los equipos y maquinaria en general.

En consecuencia se obtiene finalmente, avances, logros y eficiencias por debajo de los normales, ocasionando mayores costos en perforación y voladura de rocas, además alargamiento el tiempo de ejecución de la obra.

4.1.2 Aplicaciones Técnicas de Operación en la construcción de carretera Puente Mapitunari a Capirushiato.

Las afirmaciones hechas en el acápite anterior fue materia de profunda meditación y reflexión por parte del suscrito y evidentemente fue el punto de partida para formular el presente trabajo de tesis.

Se sabe por principio que en toda excavación en roca superficial y subterránea, los parámetros determinantes para la consecución del éxito señalado, dependen fundamentalmente del manejo racional de los variables controlables, de tiempo, eficiencia y costos. Con esta premisa las consideraciones técnicas en las que se basa la optimización de los sistemas de voladura en las construcciones de carreteras los que valen la pena de mencionar entre otros son los siguientes:

- En el desempeño de mis funciones como Residente en Obra, reorganicé un cuadro funcional de técnicos y operarios idóneos en perforación y voladura.
- Desarrollé un planeamiento operacional ambicioso, trazando metas y objetivos para cada jornada de trabajo bajo la responsabilidad de un profesional idóneo.
- Conforme a los parámetros de voladura de rocas para el presente, calculé y diseñé los criterios más favorables para obtener resultados esperados y beneficiosos.
- Esta aplicación operacional hecha en la construcción carretera Puente Mapitunari a Capirushiato, plasmo en el presente trabajo de tesis.

4.2.0 DESQUINCHE Y PEINADO DE TALUD DE CORTE EN ROCA.

Al realizar un corte en media ladera mediante el uso de explosivos, éstos quedan en talud rocas colgadas, sin estabilidad que cualquier momento se puede desmoronarse o caer por su peso.

Para estabilizarlo el talud de corte, después de la explosión realizada, se hizo un desatado de rocas colgadas y inestables, con uso de barretillas previamente preparadas para este tipo de trabajo, con personal de oficiales entrenados en suspensión con correas de seguridad (ARNISH), lo cuál da seguridad al obrero en taludes altos, siendo esto anclados a una roca con barrenos incrustados, lo que sirve como colgador de los desatadores.

Después de haber realizado el peinado y desatado de rocas, el talud quedará en su estabilidad momentánea, hasta mientras con las infiltraciones de agua al subsuelo, recién sufrirá una caída por gravedad y rotacional originando un derrumbe posterior a la construcción.

4.3.0 LIMPIEZA Y REMOSION DE MATERIAL DE ESCOMBROS.

La limpieza del material derribado se realiza empleando un Tractor Oruga, para remoción a los laterales de la plataforma de carretera, además se utiliza también cargadores frontales para carguío a los volquetes para eliminar a canchas de botadero exclusivamente destinados o también puede servir como enrocado para defensas ribereñas y construcciones muros de sostenimiento de plataforma de carretera.

Los ciclos de eliminación material derribado son: carguío a los volquetes, viaje ida y vuelta, esto siempre el tiempo necesario en función a la distancia de transporte.

Para eliminación de material de escombros a la cancha de botadero, en la obra materia de la presente no se utilizó, solamente remoción lateral con Tractor Oruga y para calcular un rendimiento y costo de eliminación del material derribado.

Tractor Oruga	Empuje Recto	Empuje Angular
D - 7	2.2	2.5
D - 6	1.4	2.0
D - 4	1.2	1.8

Fuente: Información Maquinarias Ferreyros

Marcha	Velocidad	D - 4	D - 6	D - 7
Adelante	1er	2.73	2.25	2.73
	2da	3.86	3.70	3.70
	3er	4.83	5.15	5.51
	4ta	5.96	7.08	5.96
	5ta	8.69	9.34	7.72
Atras	1er	3.06	2.90	3.54
	2da	3.06	4.50	4.83
	3er	3.06	6.28	6.96
	4ta	3.06		

Fuente: Información Maquinarias Ferreyros

Calculo del rendimiento horario del tractor @: m³/hr

$$R = (Q * F * 60 * E) / C_m.$$

- Q = capacidad del lampón m³
- E = eficiencia del tractor 80%
- C_m = cantidad de minutos que requiere movimiento de tierras
- F = factor de conversión del suelo

Para Tractor D7 su rendimiento será:

- Q = 2.20 m³ E = 0.80 % F = 1.0 roca suelta
- Velocidad en 2da = 3.70 km/hr
- Distancia de empuje = 15 m.
- Tiempo de ida: $T_i = (15 * 60) / (3.70 * 1000) = 0.24$ min

Tiempo de vuelta = $T_v = (15 * 60) / (6.96 * 1000) = 0.13$ min Tiempo fijo = 0.30 min

Tiempo fijo = 0.24 + 0.13 + 0.30 = 0.67 minutos

$$R = (1.4 * 1.0 * 0.80 * 60) / 0.67 = 98.82 \text{ m}^3/\text{hr}$$

COSTOS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS (S./m³), según los análisis de costos

unitarios del expediente técnico de la obra en mención.

Excavación de Material suelto	s/. 3.01/m ³
Excavación en roca suelta	S/. 4.52/m ³
Excavación en roca fija	S/. 8.59/m ³

4.4.0 REFINE DE RASANTE DE PLATAFORMA Y CUNETETA.

Excavaciones de rebaje resultado de fallas en sobre perforación, donde han quedado lomos o desniveles para llegar al subrasante de la plataforma de rodadura; además la excavación de cuneta de drenaje lateral de la carretera.

Se utilizó taladros cortos de pequeño diámetro, usualmente de 22 mm (7/8" de diámetro) que se perforaron hacia el centro de gravedad de los lomos o excavación triangular en cunetas a romper hasta una profundidad conforme las cotas del terreno a nivel de subrasante y en cunetas hasta una profundidad conforme al diseño de drenaje presente, que se disparan con cargas pequeñas de explosivo.

Esta carga dependerá del tamaño y dureza del pedrón, de su tenacidad, o si tiene planos de partición definidos, siendo importante la experiencia previa para determinarla cuando no se conoce bien su comportamiento mecánico, o cuando la operación va ha ser rutinaria.

4.5.0 SEGURIDAD EN VOLADURA DE ROCAS Y MANEJO DE EXPLOSIVOS.

4.5.1 NORMAS Y ASPECTOS GENERALES. Estas normas establecidas se han tenido como regla general y permanente divulgación a los obreros en la obra.

Polvorines.- La regla principal es estar seguro de que la detonación fortuita no pueda causar daños a personas e instalaciones, esto significa que explosivos y detonadores deben ser almacenados de tal modo que sean inaccesibles a personas no autorizadas. Varios factores influyen en el diseño y ubicación de los polvorines, entre ellos: la proximidad a áreas de trabajo o vivienda, carreteras, vías férreas, líneas eléctricas troncales, áreas desoladas o altamente pobladas y la protección natural del terreno o necesidad de parapetos adecuados. La construcción y ubicación de polvorines y el transporte de materiales explosivos está especificado por reglamentos de cada país; en el Perú corresponden a los del DICAEC. "Reglamento de Control de Explosivos de Uso Civil D.S. Nro. 019-71/IN", la Ley General de Minería" Nro. 18880 D.S. Nro. 034-73 EM/DGM "Reglamento de bienestar y Seguridad Minera", sección Explosivos.

En las obras que hemos ejecutado, el almacenamiento de explosivos en polvorines contruidos especialmente para este fin, ubicados en cuarteles militar de Pichari, para su custodia y control de salidas del polvorín a la obra por tratarse en zonas de emergencia.

Almacenaje.- Normalmente, se prohíbe almacenar juntos explosivos y detonadores, que deberán guardarse en depósitos independientes y separados a distancia prudencial, debiendo establecerse además que no se almacenarán combustibles ni otros materiales junto con los explosivos. Tampoco podrá efectuarse trabajos de ninguna clase en los polvorines.

De acuerdo a los reglamentos todo polvorín debe contar con extinguidores en buenas condiciones y con herramientas anti-chispa que sean necesarias para la apertura y manipuleo de cajas o envases y con vigilancia efectiva. No se permite fumar o hacer fuego en un polvorín o en su alrededor.

Transporte de explosivos y detonadores.- En el transporte es fundamental reducir los riesgos de incendio, detonación, robo y manipuleo por personas no autorizadas; debe ser efectuado solamente por personas competentes con suficiente conocimiento de su sensibilidad y efectuarse sólo en vehículos en perfectas condiciones de rodaje, llevando los banderines, extinguidores y demás implementos de reglamento.

Los explosivos transportados en camión abierto deberán cubrirse con una lona tanto para prevenir perdidas como el deterioro por lluvia.

4.5.2 RIESGOS PREDOMINANTES.

-En los trabajos de voladura en construcción de carreteras los riesgos predominantes son: la proyección de fragmentos volantes, vibraciones y onda de concusión. Este tipo de operación pueden ocurrir fallas de disparo: como tiros prematuros o retardados, tiros soplados y tiros cortados.

-Los tiros prematuros pueden ocurrir por: maltrato de explosivo o de los detonadores; efecto de descargas eléctricas y corrientes vagabundas sobre detonadores eléctricos no aislados; encendido incorrecto, uso de guías de seguridad de tramos muy cortos.

-En corte abierto de gran altura, los accidentes más serios que puede ocurrir durante la perforación y carga de explosivos la detonación prematura de uno a todos los taladros de una tanda y colapso o desprendimiento de rocas del talud de corte, razón por la que jamás se deberá iniciar un trabajo si el frente de perforación no ha sido previamente “desquinchada” de las rocas que están colgadas o propensas en caer.

-En superficie, el tránsito de vehículos y personas sobre las líneas de cordón detonante y accesorios de disparo, aún sin llegar al extremo de una explosión, puede malograr una voladura bien planificada.

-Otro riesgo latente en la carga es en el empleo de equipos de carga con aire comprimido y manguera para el ANFO, ya que el rozamiento puede originar cargas electrostáticas lo suficientemente activas como para estallar prematuramente el fulminante, por esta razón solo deben emplearse mangueras antiestáticas o semiconductores además de conectar al equipo cargador con línea de tierra.

-Un rayo es perfectamente capaz de activar a un detonador eléctrico sea que éste se encuentre conectado o no. Por ello, en regiones susceptibles a tormentas eléctricas, se preferirá el empleo de accesorios no eléctricos, y suspenderse las operaciones de carga cuando se presente una tormenta eléctrica.

-Durante la perforación se puede golpear o barrenar explosivo, al perforar muy junto a un barreno cargado o a taladros quedados en un frente de voladura anteriormente disparado y que contengan aún tacos de explosivo sin detonar.

-Jamás se debe reperfilar un hueco quedado por facilitar el trabajo, ya que este error ha costado muchas vidas. Los tiros cortados o fallados y los tacos quedados deberán ser limpiados totalmente con aire comprimido o chorro de agua antes de continuar el trabajo.

-Antes de proceder al disparo se deben verificar todos los empalmes y conexiones del tiro, observar que no queden restos de explosivo, accesorios ni herramientas abandonados, y asegurar que todo el personal se haya a un lugar protegido.

-La proyección de fragmentos volantes representa un serio problema en la voladura de construcción de carreteras, no sólo por los hombres que pueden ser impactados y heridos, sino también por los equipos o instalaciones que pueden ser dañados. Puede originarse por exceso de carga explosiva, falta de taco, roca muy suelta o fisurada o también disparo con petardos muy largos entre taladros.

-En la voladura de taladros de gran diámetro y poca profundidad denominada “voladura de cráter”, la menor proporción entre altura de banco y diámetro de taladro no permite mantener un taco sin carga de igual longitud que el Burden, como en la convencional, ya que resultaría en muy factor de carga y deficiencia rendimiento del tiro. Esto obliga a compensar el factor cargando los taladros hasta muy cerca de la superficie lo que lamentablemente produce fuerte proyección de fragmentos volantes. Por esta razón como medida de precaución se tratará de evitar su ocurrencia.

-El mismo problema presenta la voladura secundaria de plastas y cachorros. Como los fragmentos volantes viajan a distancias y en direcciones impredecibles, se debe tener especial cuidado en la evacuación de personas y equipos a la mayor distancia de seguridad posible, y colocar vigías bien instruidos en todos los accesos al área de disparo.

-Estos efectos pueden ser reducidos mediante el empleo adecuado de detonadores de retardo, el cálculo cuidadoso de la carga específica de explosivo por taladro, su orientación y buen taponado, habiendo casos incluso en que será necesario el empleo de mallas pesadas de retención para los fragmentos volantes.

4.5.3 TIROS FALLADOS.

Son un punto especial en voladura, a pesar de todas las recomendaciones de preparación y disparo todo dinamitero eventualmente se encontrará con este problema por lo general afecta a uno o más taladros de un tiro, y debe estar preparado para dar solución inmediata.

Tiro retardado.- Es el que no sale a su tiempo o junto con el resto de una tanda. Presenta grave riesgo para el personal que reingrese al frente de disparo, sin haber dejado pasar un tiempo prudencial.

No es común y puede ocurrir por defecto del detonador de retardo y por mecha de seguridad defectuosa o demasiado lenta. Menos factible por deterioro del explosivo.

Tiro soplado.- Es un tiro que sale sin “fuerza”, no hay rotura ni empuje adecuado del material. El explosivo es expulsado del taladro o simplemente deflagra sin llegar a detonar.

Generalmente ocurre por mala dosificación de la carga o mala selección del explosivo respecto a la dureza de la roca, mal atacado, falta de potencia del iniciador, falta de taco inerte o uso de explosivo húmedo.

Tiro cortado.- Es un tiro que no sale por falla de cualquiera de los elementos principales: iniciador, guía o explosivo. Es muy peligroso por que deja “testigos” que deben eliminarse para poder continuar el trabajo.

4.5.4 CAUSAS PARA TIROS FALLADOS.

Fallas de iniciador con fulminantes.- Pueden ser por falla de fábrica; falta de fuerza para iniciar; mal ajuste de la mecha; demasiado separación entre la pólvora de la mecha y la carga del fulminante; deterioro por humedad, extremos de la mecha deshilachados y falla del conector de mecha rápida.

Fallas de la mecha o del cordón detonante.- Falla por defecto de fabricación: por discontinuidad del alma de pólvora o de pentrita; velocidad de quemado irregular; fallas en la cobertura o forro que permitan el humedecimiento del explosivo; rompimiento bajo tensión al ser estirado e irregularidades en el diámetro exterior que no permitan el perfecto ajuste del fulminante. Fallas por maltrato: doblez o aplastamiento; corte con navajas sin filo o con golpe de piedra, y cortes de las líneas tendidas por piedras o fragmentos volantes durante el disparo.

Fallas del explosivo.- Son menos comunes, podrían ocurrir por uso de explosivo en malas condiciones, deteriorado o humedecido, debido a almacenaje muy prolongado en ambiente inadecuado.

4.5.5 TRATAMIENTO DE FALLAS

1.- Esperar un tiempo prudencial antes de acercarse al frente de disparo (aproximadamente de 30 minutos)

- 2.- Retirar a todo el personal no necesario o no vinculado al trabajo de eliminación de tiros fallados.
- 3.- En obras de carreteras, El profesional especializado dará instrucciones precisas a los vigías y dinamiteros para efectuar una labor coordinada.
- 4.- Examinar el frente de disparo con cuidado en su totalidad, ubicar los tacos quedados, buscar los restos del explosivo y accesorios no explotados entre los escombros de la voladura, recogerlos si es factible y llevarlos al lugar seguro para eliminarlos (los que son peligros se podrán plastear).
- 5.- Eliminar los tacos quedados con chorro de agua, o colocarles un nuevo cebo y volverlos a disparar. Jamás se tratará de extraer el explosivo de un taco quedado mediante el cucharón o atacador. Esta es una operación delicada y deberán efectuarla sólo personal capacitado.
- 6.- Después de terminada la operación de limpieza, al iniciarse la nueva perforación se debe asegurar que el personal no vuelva a taladrar en las cañas de taladros anteriores aunque no se vea explosivo en ellos.

4.5.6 GASES DE EXPLOSION.

Los gases tóxicos comprenden mayormente al monóxido de carbono, óxido de nitrógeno y eventualmente anhídrido sulfuroso, todos dañinos para la salud. Diferentes explosivos generan diferentes cantidades de estos gases de acuerdo a su composición química e incluso a las condiciones ambientales del frente de trabajo.

4.5.7 EVALUACION DE VOLADURA – SEGURIDAD.

Después del disparo y solamente después de haber pasado un tiempo prudencial el encargado de la operación regresará al lugar de la voladura para efectuar su evaluación de la fragmentación, empuje, volumen removido y sobre rotura. Es en este momento que deberá tener presentes los riesgos de gases tóxicos remanentes, restos de explosivo o accesorios no detonados (tiros fallados) y el desprendimiento de los bloques de roca capaces de causar daño. En estos casos prohibirá el acceso al lugar hasta no haber conjurado el peligro.

CAPITULO V

5.0.0 DETERIORO Y DEGRADACION DEL MEDIO AMBIENTE CON LA CONSTRUCCION CARRETERA PUENTE MAPITUNARI – CAPERUSHIATO.

5.1.0.0 INTRODUCCIÓN

La determinación de impactos ambientales en el presente estudio construcción carretera Puente Mapitunari hasta Capirushiato, presenta aspectos singulares, determinados por la topografía y las actuales condiciones de la futura vía, la ocupación territorial y los aspectos poblacionales están caracterizados por una naturaleza bastante dinámica, cuyos componentes ambientales presentan alteraciones con un alto contenido sinérgico.

La Municipalidad de Kimbiri considerada como una entidad administrativa distrital en el manejo de proyectos de inversión y caracterizado con el cuidado del medio ambiente dentro del área de influencia de los trabajos que vienen ejecutando, también pretende dentro de la ejecución del presente proyecto construcción carretera Puente Mapitunari – Capirushiato, continuar de manera similar a fin de mantener el equilibrio ambiental dentro del área de influencia de trabajos.

La metodología utilizada para elaborar el estudio de impacto ambiental (EsIA) me basé en la relación causa – efecto, con lo cual se construyeron las matrices para la identificación de los probables impactos ambientales.

5.2.0.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Los objetivos del estudio Impacto Socio Ambiental correspondiente al Tramo construcción carretera Puente Mapitunari hasta Capirushiato, del desvío de la carretera troncal Kimbiri - Kipashiato son los siguientes:

- 1.- Efectuar el diagnóstico de los componentes ambientales existentes en el ámbito geográfico por donde discurre la carretera Puente Mapitunari - Capirushiato (Km. 0+000 – Km. 08+240) y su área de influencia, así como, aportar las consideraciones ambientales pertinentes y necesarias para un adecuado proceso de construcción y mantenimiento de la vía.
- 2.- Determinar y analizar los posibles impactos, positivos y negativos, directos e indirectos, que se puedan derivar de las actividades comprendidas en el proceso de construcción y mantenimiento de la vía.
- 3.- Identificar los pasivos ambientales existentes en el ámbito de influencia directa de la vía y que alteran las condiciones actuales del medioambiente, y plantear su recuperación mediante la estructuración de medidas específicas para cada caso.
- 4.- Identificar y cuantificar las afectaciones: viviendas, terrenos agropecuarios o eriazos y cualquier otro tipo de infraestructura, que se puedan producir como consecuencia del proceso de construcción y mantenimiento de la vía. Asimismo, estructurar los planes de expropiación y/o reasentamientos, de acuerdo a la naturaleza de las afectaciones orientadas a la compensación de la población
- 5.- Estructurar un Plan de Manejo Ambiental, con la finalidad de armonizar medidas orientadas a minimizar y/o compensar probables alteraciones en los parámetros ambientales que se puedan originar como resultado del proceso de construcción de la vía y procurar la conservación de los recursos naturales y el desarrollo sostenido del ámbito del proyecto.

6.- Determinar el Costo Ambiental que demande la ejecución de las medidas de mitigación y la de recuperación de pasivos ambientales, estipuladas en el Plan de Manejo Ambiental respectivo.

7.- Proponer medidas ambientales específicas para ser incluidas en los diseños de ingeniería, así como, las especificaciones ambientales para las obras.

5.3.0 MARCO LEGAL

El alcance del presente Estudio de Impacto Ambiental comprende desde el punto inicial del tramo Puente Mapitunari hasta el punto final del mismo, ubicado en comunidad nativa de Capirushiato; Distrito de Kimbiri, dentro del recorrido se encuentran las Localidad más importantes es centro poblado Helares.

LEGISLACIÓN NACIONAL RELEVANTE A LA ACTIVIDAD DESARROLLADA

REGULACIÓN	I. DESCRIPCIÓN	II. FECHA
--	Constitución Política del Perú	29/12/1 993
	Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2001)	
	Especificaciones Generales para Carreteras (EG-2000)	
	Manual de Diseño de carreteras no Pavimentadas de bajo volumen de tránsito	
	Manual de Diseño de carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito	
	Manual para la conservación de carreteras Pavimentadas de bajo volumen de tránsito	

Fuente: Diario El Peruano -- Elaboración Propia

LEGISLACIÓN NACIONAL RELEVANTE EN MATERIA AMBIENTAL

REGULACIÓN	III. DESCRIPCIÓN	FECHA
Ley N° 27314	Ley General de Residuos Sólidos	21/07/2004
D.S. N° 057-2004-PCM	Reglamento de La Ley General de los Residuos Sólidos	22/07/2004
D.S. N° 074-2001-PCM	Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire	22/06/2001

R.M. N° 026-ITINCI/DM	Protocolo de Monitoreo de Efluentes Líquidos y Emisiones Atmosféricas.	23/02/2000
Ley N° 26482	Ley General de Salud	20/07/1997
D.S. N° 085-2003-PCM	Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido	30/10/2003
Decreto Legislativo No. 613.	Código del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales : Artículo 9, 14, 59, 96, 113.	
Decreto Supremo No. 056-97-PCM	Que establece casos en que la aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental y Programas de Adecuación de Manejo Ambiental requerirán la opinión técnica del INRENA.	
Ley N°17752	Ley General de Aguas Decreto	
Ley N° 27308	Ley Forestal y de Fauna Silvestre	

Fuente: Diario El Peruano - Elaboración Propia

NORMATIVA AMBIENTAL

NORMA	DESCRIPCIÓN
Agenda 21	
US EPA 40 CFR-Chapter I-part 52. Julio del 2001 Límites Máximos Permisibles para Emisiones Atmosféricas.	Límites Máximos Permisibles para emisiones atmosféricas.
Convenio de diversidad biológica	
Convenio sobre cambio climático	
Convenio de lucha contra la desertificación	
Convenio de lucha contra la pobreza	

Fuente: Elaboración Propia

5.4.0 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

1.- Area de Influencia Indirecta

Los límites del área de influencia corresponden a los de las cuencas donde se efectúan las relaciones entre los diferentes parámetros ambientales y cuyo patrón de drenaje se orienta hacia las quebradas por donde discurre la vía. Naturalmente se incluye todos los poblados desde Puente Mapitunari hasta Capirushiato, cuya actividad socioeconómica es generada principalmente en la parte alta de la cuenca y que consecuentemente sustentan los límites antes expresados.

Desde el punto de vista ambiental el Tramo (km 0 + 000 – 08 + 240), discurre íntegramente por media ladera y a partir de Puente Mapitunari desvío de la carretera Kimbiri Kipashiato: Helares y Capirushiato, los mismos que se encuentran ubicados a un costado de la vía, y lo constituyen pobladores que durante el proceso de migración hacia el Valle del Apurímac se han asentado temporalmente en esas zonas y posteriormente por las necesidades propias de supervivencia han ido desarrollando pequeñas actividades (agricultura, comercio), que actualmente sustentan su economía.

2.- Area de Influencia Directa

El ámbito de influencia directa en el presente estudio es bastante preciso y claro, y comprende una faja de 250m a cada lado de la vía la misma que ha sido determinada en función de las características del ámbito geográfico por donde discurre la vía, y que podría ser afectada directamente por las obras de construcción y mantenimiento.

5.5.0 DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

5.5.1 AMBIENTE FISICO

A.- Aspectos Climatológicos y meteorológicos

Presenta características climatológicas sub-tropicales con fuertes precipitaciones de características bosque húmedo sub-tropical. (bmh-s).

Vientos con velocidades mínimas por presencia de vegetación tupida y presencia de montañas.

B.- Ecología

Presenta una diversidad ecológica con ecosistemas diversos característicos de zonas sub-tropicales.

C.- Aspectos Hidrológicos

Presencia de cuenca hidrológica:

- Cuenca Río Helares: caudal medio anual 4.140 m³/s.

D.- Aspectos Geomorfológico y Edáficos

Se distingue dos unidades:

- Selva Alta: Puente Mapitunari – Capirushiato (entre 600 a 1200 m.s.n.m.)
- Relieve encarpado, predominando rocas metamórficas, pocas fallas geológicas, con deslizamiento de rocas y barro.

E.- Zonificación

Comprende las siguientes unidades:

- Bosque pluvial – Sub-tropical (bp – S) Capirushiato
- Bosque muy húmedo – Sub-tropical (bmh – S) Puente Mapitunari

5.5.3 AMBIENTE BIOLÓGICO

A.- Flora

Presencia de flora variada con especies forestales y frutales diversos, cultivos para consumo humano y animal, plantas aromáticas y medicinales.

B.- Fauna

Presencia de fauna diversa con especies silvestres nativas y emigrantes formando parte de la cadena alimenticia natural. Presencia de especies endémicas como: Gallito de las rocas, Samaño, Osos, Aves silvestres, Tegrillos, Reptiles, Sihuas y diversas animales propias de la Selva Alta.

5.5.4 CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DEL MEDIO SOCIOECONÓMICO

No existen actividades industriales en la zona del proyecto, esto debido a la falta de una vía adecuada que les facilite realizar diferentes actividades.

A.- Población

Se encuentran 02 centros poblados colonos y comunidad nativa, con un promedio poblacional de 160 familias colonos y 40 familias nativas, dando un total de 200 familias las cuales conforman una población total de 1000 habitantes beneficiarios directos, aproximadamente.

B.- Servicios básicos

Agua potable:

El 95 % de centros poblados colonos cuenta con agua, pero con proceso de desinfección simple es decir sin una planta de tratamiento, la comunidad nativa no cuenta con agua potable.

Alcantarillado:

El 97% de la población no cuenta con el sistema de alcantarillado.

Salud:

Presencia de zonas endémicas con índices de morbilidad y mortalidad a causa de enfermedades como la fiebre amarilla, paludismo, hepatitis.

Educación:

Se cuenta con Institución Educativa de nivel primario unidocente en los centros poblados y escasos, Institución Educativa de nivel secundario. El nivel de analfabetismo es de un 70% aproximadamente.

C.- Actividades Económicas

- a. industriales: Presencia de la industria de extracción maderera.
- b. Comercio: La actividad comercial se basa en el comercio de abarrotes, artículos domésticos diversos, etc.

5.6.0 PRINCIPALES ACTORES DEL AMBIENTE

La zona del proyecto, se encuentra ubicada en una zona considerada como zona de Ceja de selva y selva baja: Capiushiato – Puente Mapitunari (1200 a 600 m.s.n.m.), donde no se tiene mucha actividad industrial, con la realización del proyecto se abrirá muchos centros de producción.

Entorno de la Ejecución

Ejecuta: Municipalidad de Kimbiri.

Institución relacionada al proyecto

Gobierno Local: Municipalidad Distrital de Kimbiri

5.7.0 CARACTERIZACION DE LOS ASPECTOS CULTURALES

Costumbres y Cultura: Gastronomía, festividades con danzas y bailes ancestrales.

Comunidades nativas: Centro poblado de Ashánincas.

Restos arqueológicos: No se encuentran restos arqueológicos.

5.8.0 MONITOREO DE LA LINEA BASE

El monitoreo de la línea base se realiza para identificar las condiciones actuales de la zona de influencia y prevenir las posibles variaciones en el medio ambiente como producto de las operaciones del proyecto.

5.8.1 DETERMINACION DE INDICADORES DE LINEA DE BASE

Como parte de la caracterización de las condiciones ambientales pre-existentes en el área de estudio, se ha considerado elaborar la línea base evaluando la calidad de aire, ruidos y aguas, (Cuadro N° 06).

A.- Calidad de Aire

Para determinar la línea base ambiental del área de estudio, fue necesario evaluar la calidad de aire existente en el área de estudio, así como identificar las posibles fuentes de emisión dentro del entorno del mismo. En este sentido es necesario mencionar que en el entorno del área del proyecto existen áreas urbanas y rurales donde se realizan actividades agrícolas.

La evaluación de la calidad de aire ha considerado el monitoreo de partículas en suspensión PM10 y gases, con la finalidad de determinar los agentes contaminantes más comunes.

a. Parámetros Monitoreados

- Partículas en Suspensión - PM10.
- Dióxido de Azufre - SO₂.
- Dióxido de Nitrógeno - NO₂.
- Monóxido de Carbono – CO.

- Hidrógeno Sulfurado – H₂S

b. Métodos y Técnicas de Muestreo y Análisis

La metodología empleada en el presente monitoreo ha sido preparada tomando en cuenta en primer lugar los lineamientos, protocolos y guías establecidas en la Legislación Ambiental vigente en el país, así como las Normas y Metodologías aplicadas a nivel internacional.

A continuación se describen los métodos de muestreo, equipos y metodología de análisis empleados.

Partículas en Suspensión (PM-10)

Para el muestreo de Partículas en Suspensión PM10 se empleó un muestreador de bajo volumen PM10, modelo PARTISOL. La concentración de las partículas en suspensión se calculó por gravimetría, determinando el peso de la masa recolectada y el volumen de aire muestreado. La concentración es expresada en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dióxido de Azufre (SO₂)

El monitoreo de Dióxido de Azufre (SO₂) se realizó con el método estandarizado de West-Gaeke, también conocido como el método de la Pararosanilina, empleando sistemas dinámicos para el muestreo. Los resultados son expresados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

Es determinado por el método de Griess Saltzman Reaction. Para captar la muestra se empleó un tren de muestreo. El período de muestreo es de 24 horas. El análisis químico se realizó por colorimetría, siendo los resultados expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio para 24 horas.

Monóxido de Carbono (CO)

Para el muestreo de este gas se empleó un tren de muestreo (método dinámico) y ha sido determinado por el método Turbidimétrico. Los resultados son expresados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Hidrógeno Sulfurado (H₂S)

El monitoreo de Hidrógeno Sulfurado (H₂S) se realizó con el método de Azul de Metileno Jacob, empleando un tren de muestreo, que consiste en un sistema dinámico, compuesto por una bomba presión-succión, un controlador de flujo y una solución de captación, a razón de flujo de 1,0 litro por minuto, en un período de muestreo de 01 hora aproximadamente. El análisis químico se efectuó por colorimetría, expresándose los resultados en µg/m³.

c. Metodología de Análisis

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los métodos de análisis empleados:

Métodos de Análisis Empleados (Calidad de Aire)

PARÁMETROS	NORMAS DE REFERENCIA
Partículas en Suspensión PM10	EPA IO 3,1
Dióxido de Azufre - SO ₂	ASTM D 2914*
Dióxido de Nitrógeno - NO ₂	COLORIMETRICO
Monóxido de Carbono - CO	TURBIDIMETRICO
Hidrógeno Sulfurado - H ₂ S	Methods of Air Sampling and Analysis (3ra edición - 701)

EPA: Environmental Protection Agency - USA

ASTM: American Society for Testing and Material

* Methods of air sampling and analysis, intersociety

B.- Calidad de Aguas

Se evaluó la calidad del agua a la salida en los ríos de la zona del proyecto, de donde se ha utilizado agua para el uso en los diferentes trabajos. La información que se presenta es:

a. Parámetros Monitoreados

- Temperatura (°C)
- pH a 20°C
- Turbidez
- Cloruro
- alcalinidad total

- Dureza total min.
- Sólidos Totales Disueltos
- Conductividad Eléctrica CE

C.- Medición de Niveles de Ruido

Para el presente estudio a fin de establecer la línea base se realizaron mediciones de los niveles de ruidos en diversos puntos ubicados en el entorno del Proyecto.

a. Equipo Empleado

Para realizar la medición de ruidos se utilizó un sonómetro digital marca Monarch, con un rango de medición de 30 a 130 dBA., el cual se calibró antes de ser utilizado en el trabajo de campo. Durante las mediciones se programó para que el equipo opere con un nivel de respuesta LOW y en la escala de ponderación "A".

b. Puntos de Medición

Para el presente estudio se consideró evaluar los niveles de ruido en el área de influencia del proyecto entre Puente Mapitunari hasta Capirushiato.

5.8.2. VALORES DE LOS INDICADORES DE LA LINEA DE BASE

A.- Monitoreo de Calidad de Aire

Los datos o resultados de monitoreo debe ser menor que los límites permisibles de acuerdo a normativa. En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de calidad de aire.

Resultados del Monitoreo de Calidad de Aire

Nº de Muestra	Fecha de Muestreo	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
		PM10	SO ₂	NO _x	CO	H ₂ S
Barlovento	27-28/08/09	69,32	N.D.	34,95	9224,31	N.D.
Sotavento	28-29/08/09	106,62	N.D.	11,65	6751,95	N.D.
Estándar y Límite Permisible		150 ⁽¹⁾	365 ⁽¹⁾	200 ⁽²⁾	30000 ⁽²⁾	30 ⁽³⁾

N.D. = Límite Mínimo de Detección <3,762 $\mu\text{g}/\text{muestra}$

(1) D.S. Nº 074-2001-PCM.- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Concentración media de 24 horas.

(2) D.S. N° 074-2001-PCM.- Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. Concentración de 01 hora.

(3) D.S. N° 046-93-EM – Concentración máxima aceptable de contaminantes del aire. Promedio para 1 hora

B.- Monitoreo de Calidad de Aguas

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos.

Resultados del Monitoreo de Calidad de Aguas

Parámetros	Unidad	Puntos de muestreo CA-01
pH	-	7.05
Temperatura °C	°C	19
Turbidez	mg/l	8.75
Cloruro	mg/l	40.00
alcalinidad total	mg/l	50.00
Dureza total min.	mg/l	178.00
Solid.Tot.Disueltos	mg/l	429.00
Conduc. Electrica CE	MS/cm	640.00

C.- Niveles de Ruido

El monitoreo de ruido ambiental comprendió diversos puntos del área de influencia del proyecto. El cuadro siguiente nos presenta los niveles de ruido obtenidos durante el estudio.

Resultados de Mediciones de Niveles de Ruidos Fecha de Medición: 28/12/2009

Punto de medición	Ubicación	Nivel Medido (DBA) ⁽¹⁾
		LAeqT ⁽²⁾
R-1	Lado NorOeste C.P. Helares	68.2
R-2	Entrada a la C.P. Helares	68.1
R-3	Lado NorEste Puente Mapitunari	68.3
R-4	Lado SurEste C.P. Capirushiato	68.2
R-5	Lado Sur C.P. Capirushiato	68.4
R-6	Lado SurOeste Puente Mapitunari	68.2
Estándar Nacional (D.S. N° 085-2003-PCM)		70.0

1. Unidades expresadas en decibeles en la escala de ponderación "A"

2. Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente.

5.9.0 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.9.1. ORGANIZACIÓN DE LA ENTIDAD EJECUTORA

A.- Personal

La Entidad tiene establecido un esquema de organización, donde la responsabilidad recae al Residente de Obra, procesador de información, supervisor, mantenimiento y encargados de línea; a continuación se presenta la distribución del personal.

ÁREA GENERAL	ÁREA ESPECÍFICA	Nº DE PERSONAS
Producción	Personal movimiento de tierras	6
	Guardián, Almacenero	2
	Alimentación	2
	Obras de Arte menor	12
	Asistente técnico	1
	Operadores	5
	Ayudantes de equipo	5
	Brigada de Topografía	5
	Monitoreo ambiental	3
TOTAL		41

Fuente: Elaboración Propia

B.- Obras Civiles e Instalaciones

La Entidad ejecutora durante la ejecución del proyecto realizará las siguientes actividades:

Etapas:
Obras Preliminares
Movimiento de Tierras
Obras de Arte y Drenaje
Transporte
Protección ambiental

C.- Instalaciones Civiles

La Entidad ejecutora realizará la instalación de diferentes infraestructuras civiles para la ejecución de trabajos, tales como campamentos, muros de contención de protección de ambientes y otros menores.

D.- Instalaciones Sanitarias

En este rubro se instalará servicios sanitarios (silos), para el uso del personal obrero y el personal técnico – administrativo.

5.10.0 DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD CONSTRUCTIVA

La actividad que consistirá desde la ejecución de los trabajos preliminares, movimiento de tierras, explanaciones a nivel de la sub rasante, obras de arte menor y la mitigación ambiental.

5.10.1 MATERIA PRIMA E INSUMOS

A. Recepción y Almacenamiento

Dinamita, Anfo, Mecha de seguridad, Fulminante, Cemento Portland Tipo I, diferentes aditivos, combustibles y otros.

B. Consumo de materia prima e insumos

Agregados: Piedra chancada, arena gruesa, arena fina, piedra mediana y gruesa y otros insumos transportados: Dinamita, Anfo, Mecha de seguridad, Fulminante, Cemento Portland Tipo I, diferentes aditivos, combustibles y otros.

5.10.2 ABASTECIMIENTO Y CONSUMO DE RECURSOS

a.- consumo agua: Fuentes de agua: río Helares

b.- Energía eléctrica: Mini Central Hidroeléctrica de Kimbiri, energía hidráulica de 4.5 Mv.

5.10.3. DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

Etapa	Características
Obras Preliminares	Consiste en la realización de las actividades iniciales, tales como adecuación de campamentos para el equipo mecánico, acondicionamiento de oficinas para el personal, movilización de equipo mecánico y otras actividades antes del inicio de los trabajos de la obra.
Movimiento de Tierras	Actividades de corte de material y relleno, perforación y voladura en explanación a nivel de sub rasante y otros.
Obras de Arte y Drenaje	Ejecución de las actividades de construcción de obras de arte y menores (tajeas, alcantarillas y muros de contención).

Transporte	Actividad consistente en el transporte de materiales, insumo y otros para la ejecución de las diferentes actividades de la obra.
Protección ambiental	Actividades de mitigación ambiental, consistente en la prevención y adecuación de canteras y campamentos, revegetación, protección de taludes y depósito adecuado de desechos y otros.

5.11.0 DESCRIPCION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES

A. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Los efluentes generados durante el proceso del proyecto serán descargados hacia un centro de tratamiento de efluentes líquidos descentralizado generado para el uso específico del proyecto.

B.- Otros servicios auxiliares

Para la eliminación de los residuos sólidos generados se construirá un relleno sanitario, al cual se eliminarán todos los desechos sólidos generados durante el proceso del proyecto.

5.12.0 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.12.1.0 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES NEGATIVOS

Se identificaron los impactos generados en las etapas de ejecución, auxiliares y cierre de la ejecución de trabajos y la fase de operación y mantenimiento.

En la etapa de ejecución los impactos ambientales negativos serán:

- Alteración de la calidad del aire
- Emisiones Sonoras
- Alteración de Taludes
- Efecto de Barrera
- Interacción de Cauces y Fuentes de Agua
- Pérdida de Calidad de Aguas Superficiales
- Alteración de zonas hidromórficas
- Pérdida Directa del Suelo
- Disminución de la Calidad Edáfica
- Incremento de procesos erosivos

- 11.- Compactación del Suelo
- 12.- Alteración de la Cobertura Arbórea
- 13.- Alteración de la Vegetación Agrícola
- 14.- Alteración del Hábitat de Especies
- 15.- Alteración del Paisaje
- 16.- Efectos en la salud y seguridad
- 17.- Afectación de la Propiedad
- 18.- Alteraciones socioeconómicas
- 19.- Cambios en la estructura demográfica
- 20.- Uso de espacios de terceros Temporal y permanente
- 21.- Reubicación de Viviendas,
- 22.- Modificación de Formas de Vida

5.12.2 ETAPAS DE OPERACION

- 1.- Alteración de la calidad del aire
- 2.- Emisiones Sonoras
- 3.- Alteración de la Cobertura Arbórea
- 4.- Alteración de la Vegetación Agrícola
- 5.- Alteración del Hábitat de Especies
- 6.- Alteración del Paisaje
- 7.- Efectos en la salud y seguridad
- 8.- Afectación de la Propiedad
- 9.- Alteraciones socioeconómicas

5.12.3 ETAPA DE CIERRE

En infraestructuras viales no existe generalmente la fase cierre, salvo las actividades de cierre de campamentos, canteras, botaderos y otros dentro de la fase de ejecución.

5.12.4 IMPACTOS AMBIENTALES POSITIVOS

- 1.- Capacitación permanente del personal en temas relacionados al medio ambiente.

2.- Mejora de la economía mediante el incremento de puestos de trabajo y comercio local.

ETAPAS AUXILIARES AL PROCESO CONSTRUCTIVO

E T A P A	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS
	E J E C U C I Ó N	Transporte de la materia prima a la obra. Mantenimiento de la maquinaria.	Residuos sólidos del mantenimiento de la maquinaria y de los lodos provenientes del sistema de tratamiento.
Transporte de la materia prima a la obra.		Emisiones de gases de combustión.	Al Aire -Contaminación por malos olores causando malestar en el personal de la Obra. -Emisión de gases de combustión como el CO, NO _x y el SO ₂ incrementando ligeramente los gases de invernadero.
Transporte de la materia prima a la obra.		Ruido de las maquinarias	Al Aire Incremento en el nivel de ruido el cual proviene del funcionamiento de los motores.
ACTIVIDADES		ASPECTOS SOCIALES	IMPACTOS
Transporte de la materia prima a la obra.		Salud y Seguridad Ocupacional	Riesgos de accidentes laborales producto de las actividades.

Fuente: Elaboración Propia

3.- Uso racional de los recursos e inversión para el cuidado del medio ambiente.

4.- Ventajas a los Usuarios de la Vía

5.- Ahorro de costo de transporte y tiempo de traslados

6.- Nuevos circuitos comerciales

- 7.- Incremento del turismo
- 8.- Generación de Empleo
- 9.- Cambio en el Valor de la Propiedad
- 10.- Implementación de Servicios
- 11.- Optimización de la Vía

5.13.0 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La evaluación del impacto ambiental es una herramienta predictiva de la gestión ambiental, permite conocer qué consecuencias va a tener una actividad sobre el medio ambiente.

5.13.1 METODOLOGIA DE EVALUACION

La matriz de Leopold se desarrolla con el objeto de establecer relaciones causa-efecto de acuerdo con las características particulares de cada proyecto, a partir de dos listas de chequeo que contienen las acciones proyectadas y los factores ambientales susceptibles de verse modificados por el proyecto, (Cuadro de matriz de Leopold).

5.14.0 PLAN DE GESTION AMBIENTAL

El objetivo principal de la entidad ejecutora es cubrir con la mitigación ambiental durante la ejecución del proyecto y así evitar efectos de los diferentes aspectos ambientales.

Por lo tanto, a fin de atenuar los impactos negativos y fortalecer los impactos positivos se plantean los siguientes programas de gestión:

- 1.- Ejecución de Medidas de Mitigación Ambiental (Cuadro N° 07)
- 2.- Plan de Respuestas a Emergencias (Cuadro N° 10)
- 3.- Programa de Capacitación (Cuadro N° .3)
- 4.- Programa de Monitoreo (Cuadro N° 05)
- 5.- Plan de Manejo de Residuos Sólidos
- 6.- Plan de Mantenimiento de Instalaciones, Equipos, Maquinarias y Vehículos de Transportes (Cuadro N° 04).

7.- Plan de Operación

5.14.1 MEDIDAS DE MITIGACION EN ETAPA DE OPERACIÓN

Las medidas de mitigación identificados como alteraciones y están orientadas a minimizar los efectos dentro de la fase de operación del proyecto es:

- a.- Consideraciones Ambientales para la Realización de Trabajos y Actividades Preliminares
- b.- Consideraciones Ambientales para mitigar y/o evitar los impactos ambientales identificados
- c.- Consideraciones Ambientales para la construcción y manejo de las instalaciones para las obras viales
- d.- Consideraciones Ambientales en el Movimiento de Tierras
- e.- Consideraciones Ambientales en la Excavación para Explanaciones
- f.- Consideraciones Ambientales para la Remoción de Derrumbes
- g.- Consideraciones Ambientales para Construcción de Terraplenes
- h.- Consideraciones Ambientales en Obras de Arte y Drenaje
- i.- Consideraciones Ambientales en el Transporte de Materiales

5.14.2 PLAN DE RESPUESTAS A EMERGENCIAS

El Plan de respuestas a emergencias está conformado por un conjunto de procedimientos que incluye todas las medidas que deben adoptarse, para reducir los daños potenciales determinados como producto de la evaluación de riesgos mayores.

A.- Introducción

La ejecución de la carretera Puente Mapitunari - Capirushiato, generarán impactos ambientales directos e indirectos, como consecuencia de los procesos de construcción que comprende, entre otros, movimiento de maquinarias y vehículos, cortes y excavaciones, transporte de materiales, uso de material de canteras, uso de explosivos y conformación de botaderos, para ello se debe prever los mecanismos adecuados para responder a diferentes eventualidades.

B.- Procedimiento de respuestas a emergencias

En la construcción de la carretera consciente de su compromiso con los trabajadores y población cuenta con un plan de respuesta ante emergencias para la toma de acciones durante la ocurrencia de riesgos, tales como:

- 1.- Incendios y Explosiones
- 2.- Fuga de Gas Refrigerante
- 3.- Derrame de Combustible

5.14.3 PROGRAMA DE CAPACITACIÓN

La capacitación de todos los trabajadores en temas de seguridad y prevención se da como inicio de la inducción, instrucción y formación; en tal motivo, el alcance del programa abarca a cada trabajador, de la empresa independientemente de su nivel de instrucción o cargo laboral recibirá la información adecuada avalando así el mejor desempeño en sus actividades.

5.14.4 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL

Para la Entidad, se ha elaborado un programa de monitoreo para los siguientes componentes ambientales: efluentes líquidos, emisiones atmosféricas, nivel de ruido, calidad de aire y residuos sólidos, cuya finalidad es mantener bajo observación todos los parámetros que influyan en el deterioro al medio ambiente, consistirá:

- a. Programa de Medidas Preventivas y/o Correctivas.
- b. Programa de Seguimiento y Monitoreo Ambiental
- c. Programa de Educación y Capacitación Ambiental.
- d. Programa de Compensación y Reasentamiento de la Población Afectada
- e. Programa de Contingencias
- f. Programa de Abandono y Restauración de Obra.
- g. Programa de Inversión para la ejecución del Plan de Manejo Socio ambiental.

5.14.5 PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos (LGRS) y su Reglamento establece, obligaciones, atribuciones y responsabilidades del generador en este caso de la entidad ejecutora el Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la ejecución del proyecto; será garantizando de esta manera una manejo apropiado de los residuos que se generen.

5.14.6 PROGRAMA MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPOS

Estandarizar las actividades para la ejecución del mantenimiento preventivo a los equipos y maquinarias que intervendrán en la ejecución de actividades del proyecto a fin de garantizar la operatividad y continuidad del proceso constructivo, (Cuadro N° 04).

5.14.7 PLAN DE CIERRE

Como ya se indicó en los proyectos de infraestructura vial, no existe la fase cierre, salvo en la fase de ejecución el abandono y/o cierre de los campamentos, botaderos, canteras y otros, para el cual la entidad ejecutora asume el compromiso de reducir y evitar cualquier impacto dentro del desarrollo del proyecto y garantizar la calidad del proyecto.

5.15.0 VALORACIÓN AMBIENTAL

El presente capítulo tiene por objetivo, cuantificar los costos para la incorporación de los Programas Preventivos y de Monitoreo Ambiental, Las actividades que serán valorizadas se presentan a continuación (Cuadro 09):

- 1.- Programa de Medidas Preventivas y/o Correctivas.
- 2.- Programa de Seguimiento y Monitoreo Ambiental
- 3.- Programa de Educación y Capacitación Ambiental.
- 4.- Programa de Compensación y Reasentamiento de la Población Afectada
- 5.- Programa de Contingencias
- 6.- Programa de Abandono y Restauración de Obra.
- 7.- Programa de Inv. Para la ejecución del Plan de Manejo Socio ambiental.
- 8.- Monitoreo de Emisiones Atmosférica
- 9.- Monitoreo de Calidad de Aire

10.- Monitoreo de Ruido Ambiental

11.- Curso y Asesoría para la Implementación de un Plan de Residuos Sólidos

5.16.0 PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Las actividades constructivas de la entidad ejecutora, generan disconformidades en el sector social y económico, es por ello que se necesita la utilización de una herramienta que sirva de soporte para la toma de decisiones.

La Entidad ejecutora, plantearon la entrega de información necesaria, permitiendo así la intervención pública, con el objetivo de conocer las medidas tomadas que puedan incidir directa e indirectamente sobre la calidad de vida, logrando así beneficios que involucran a la localidad.

De este modo las encuestas realizadas permitirán a la entidad ejecutora centrar sus campañas de promoción en áreas específicas a ejecutar.

Así mismo se coordinará con las autoridades competentes para el desarrollo y realización de la Audiencia Pública del Estudio.

5.16.1 METODOLOGÍA

A.-Trabajo de Gabinete

Se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Designación del equipo encargado de llevar a cabo la Participación Ciudadana.
- 2.- Recopilación y revisión de información básica: datos censales y planos de ubicación para determinar la población a encuestar.
- 3.- Elaboración de las encuestas.
- 4.- Análisis y procesamiento de las encuestas realizadas.

B.- Trabajo de Campo

En el trabajo de campo se realizó las siguientes actividades:

- 1.- Al inicio del estudio se realizó la visita a las zonas cercanas al proyecto, con el objetivo de identificar los principales actores que intervienen en el área de influencia.

Para la recopilación de esta información se utilizó un formato con preguntas.

2.- Se realizó la consulta a la población de la zona de influencia del proyecto, dándose a conocer la realización del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

C.- Limitación del Área de Trabajo

El área del proyecto está distribuida en comunidades y centros poblados, como Capirushiato, Helares, Mapitunari y los Angeles.

D.- Lineamientos de la Participación Ciudadana

Los criterios que se consideraron para el desarrollo del programa de participación ciudadana en la zona del proyecto fueron los siguientes:

- 1.- Determinar que actores sociales se encuentran afectados directa e indirectamente con las actividades de la construcción.
- 2.- Emplear las normas legales y políticas sobre participación y gestión ambiental.
- 3.- Garantizar el acceso a los procesos de participación y toma de decisión.
- 4.- Proponer los criterios de accesibilidad a la información sobre las alternativas viables de gestión ambiental.
- 5.- Elaboración de una encuesta sencilla y rápida, con el fin de que el poblador contribuya con sus ideas y opiniones.

E.- Metodología de la Participación Ciudadana

La metodología para la participación ciudadana involucra una serie de consideraciones, el cual se tomó en cuenta para el desarrollo adecuado.

F.- Encuestas

Las encuestas se realizaron con la finalidad de recoger las contribuciones de la población cercana a la zona del proyecto y de esta manera adquirir indicadores y formular estrategias de mitigación ambiental. (Formato de encuestas en anexo)

VI CONCLUSIONES

A- Se ha demostrado, que el uso de explosivos para voladura de rocas técnicamente seleccionadas y diseñadas en diferentes formaciones rocosas en la construcción de carreteras resulta beneficioso con mayor rendimiento, optimizando la operación con menores costos y mayor seguridad durante la voladura.

B- Conforme la información Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), de la sismicidad histórica indica, que, en el área influencia de la carretera Puente Mapitunari - Capirushiato (Cusco), se han producido intensidades de hasta grado V con efecto sacudida sentida casi por todo los habitantes, caída de objetos inestables, perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos, en la escala Mercalli Modificada son sismos intermedios de intensidad baja a nula con índice de 1 al 50. En cuanto a la magnitud de causa en escala Richter 2.5; por lo tanto no habrá mayores riesgos en cuanto a Estabilidad de Taludes de corte, por los posibles derrumbes, deslizamientos después de la construcción.

C.- De las actividades específicas en la construcción operación y mantenimiento de la carretera generan la degradación y deterioro del medio ambiente inicial, afectando en aspectos: Físico, Biológico (fauna y flora), biodiversidad, humano y social, que son impactos negativos.

D.- Se ha realizado la evaluación del Medio Ambiente antes y después de la construcción de la carretera Puente Mapitunari hasta capirushiato en área de influencia para identificar la degradación y deterioro después de la construcción, proponiendo la mitigación para recuperar parte del Medio Ambiente natural y para su cumplimiento se establece el Programa de Gestión Ambiental.

VII RECOMENDACIONES

A- Para obtener un resultado ventajoso en voladura de rocas, se recomienda realizar el análisis, cálculo y diseño de voladura, con todos los factores que intervenga en el terreno de los hechos.

B- Para el método de diseño pseudo-estático de taludes y muros, se recomienda un valor de 0.15 para el coeficiente lateral sísmico.

C- Es importante la perforación en roca, siempre teniendo presente la estratigrafía, rumbo, buzamiento y otras características in situ, para diseñar la forma de carga del taladro, secuencia de salida de los disparos y desplazamiento de escombros.

D- En ejecución de Calambucos, se debe tomar precauciones críticas en momento de perforación del túnel de pequeña sección y los cruceros para cámara de explosión, las formaciones de la roca o también del suelo conglomerado, por posibles colapsamientos o derrumbes, lo cual propiciaría accidentes fatales para el perforista.

E- En momentos de realizar voladura secundaria con Cachorros y Plastas con uso de cordón detonante, debe tener bastante cuidado en preparar las conexiones, realizar nudos, cargar el cebo inclusive el chispeo, para obtener un resultado provechoso, caso contrario podría sufrir accidentes fatales y resultados malos.

F- Es importante el entrenamiento del personal operario designado para prácticas de voladura, en cuanto de manipulación, transporte, almacenaje de explosivos y ante todo la seguridad en el ámbito del polvorín por otros extraños circundantes.

G- Al realizar una voladura en serie, se debe tener precauciones de seguridad para transeúntes de la zona, avisando la alerta de peligro con uso de silbatos o serenas, y control del movimiento personal de obra, hasta 15 a 30 minutos después de la voladura.

I- Al explosionar una voladura, desprenden rocas a grandes distancias, deteriorando el hábitat de la fauna silvestre; Después de culminar la construcción se debe tratar de mitigar con reforestaciones nativas y propiciar el retorno de la fauna que emigraron a otras zonas.

VIII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- 1.- **LANGFORS Y WLF**; Smooth Blasting, Urmo – 1980.
- 2.- **AGUILAR B. FRANCISCO**; Los Explosivos y sus Aplicaciones Blume – 1985.
- 3.- **COATES D. F.**; Fundamentos de Mecánica de Rocas, Blume – 1986.
- 4.- **STWILKI ANTHONY B.**; Aspectos de Mecánica de Rocas en voladura de Rocas, Misión Británica – 1989.
- 5.- **STAGG Y ZEINKIEWCZ**; Mecánica de Rocas en la Ingeniería, Blume – 1988.
- 6.- **V. BELOUSOV.**; Geología Estructural – Editorial MIR- MOSCU - 1979
- 7.- **CASTILLO GONZALES M.**; Curso de impacto Ambiental. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. México, D.F. – 1995.
- 8.- **INSTITUTO MEXICANO DE TRANSPORTE**, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Catálogo de Impactos Ambientales generados por las carreteras y sus medidas de Mitigación, IMT/SCT. Publicación Técnica N° 133. Sanfandila, Qro - 1999
- 9.- **MARTINEZ SOTO A. Y SERGIO DAMIAN HERNANDEZ**, Catálogo de Impactos Ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación. Instituto Mexicano del Transporte/Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Querétaro, Qro – 1999
- 10.- **MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO**, Guías Metodológicas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental “Carreteras y Ferrocarriles”. Centro de Publicaciones – Secretaría General Técnica, Madrid, España – 1989.
- 11.- **EXSA, DIVISION DE EXPLOSIVOS.**; Productos para Voladura, Edición -1993-1994

12.- **BRADY B. H. G. & BROWN E. T.** Rock Mechanics For Underground Mining, George Allen & Unwin Ltd. 1985 Londres. UK.

13.- **Dr. CARLOS AGREDA, Ing. AUGUSTO TEVES R.**

Curso de Modelización Matemática, Sociedad Peruana de Perforación y Voladura de Rocas. Noviembre de 1993.

14.- **FERDINAD L. SINGER & ANDREW PYTEL.**

Resistencia de Materiales, Harper & Row Latinoamericana. 1980 Nueva York. U.S.A.

15.- **RAMIREZ OYANGUREN.**

Mecánica de Rocas, Mc Graw-Hill. 1982. Madrid. España.

16.- **HOEK E. & BROWN E. T.**

Underground Excavations in Rock, Mc Graw-Hill. 1980. Co. U.S.A.

17.- **Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión**

I Seminario "Mecánica de Rocas en la Industria Minera", Talleres de Impresiones y Publicaciones. Julio de 1989. Cerro de Pasco. Perú.

18.- **ALFREDS R. JUMIKIS**

Rock Mechanics, Gulf Publishing Company. Londres. UK.

20.- **DUNCAN N.**

Engineering Geology y Rock Mechanics, Leonard Hill. 1969. Londres. UK.

22.- **NERIO ROBLES ESPINOZA.**

Excavación y Sostenimiento de Túneles en Roca, Editorial Libertad E. I. R. L. 1994 Perú Trujillo.



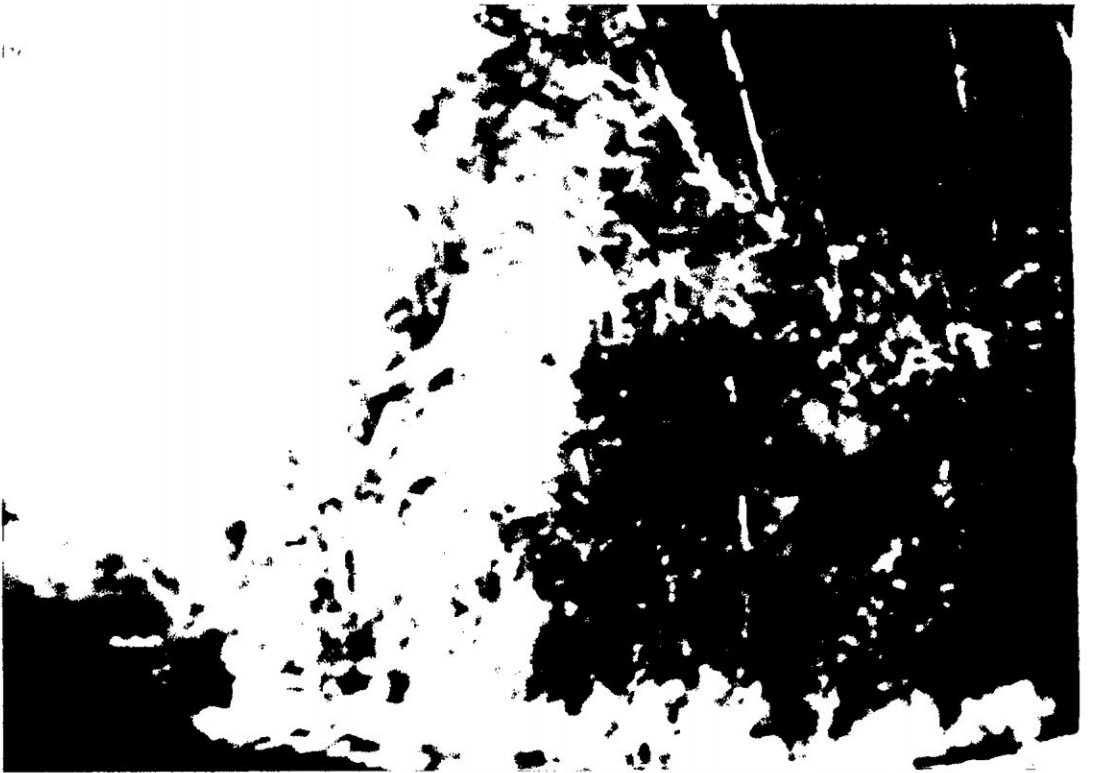
FARALLON DESECANTE AL RIO HELARES POR DONDE SE CORTA EN ROCA FIJA



LIMPIEZA MANUAL DE BLOQUES DE ROCA DESPUES DE VOLADURA



LIMPIEZA DE ESCOMBROS CON USO DE TRACTOR ORUGA



FARALLON AMBIENTE INICIAL ANTES DE EJECUTAR LA VOLADURA (PROG. 0.080)



LABORATORIO DE
MECANICA DE ROCAS
FIMGC - UNSCH

Av. Independencia s/n
Telef. (066) - 312610 Anexo 161
Ayacucho - Perú

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

SOLICITADO POR:
TESIS:

Bach. Vicente Vilca Yance
Tesis de Ingeniería Civil.

ESTRUCTURA:
PROCEDENCIA:

Lugar: Puente Mapitunari Progresiva Km. 0+150
Distrito: Kimbiri Provincia: La Convención Departamento: Cusco

MUESTRA	PROBETA		CARGA DE ROTURA Kg	RESISTENCIA COMPRESIVA		OBSERVACIONES
	Diámetro cm.	Longitud cm.		Area cm ²	Kg/cm ²	
Corte Talud Carretera	2.98	6.05	14,875	2,134.15	209.29	Cuarcita

CORRECCION: Protodyakonov : L/D = 2

FECHA: 16 de abril del 2010



Jimmy Ruelas



LABORATORIO DE
MECANICA DE ROCAS
FIMGC

Av. Independencia s/n
Teléf.(066) - 312510 Anexo 151
Ayacucho - Perú

RESULTADOS ENSAYO TRACCION

SOLICITADO POR:
PROYECTO:

Bach. Vicente Vilca Yance
Tesis Ingeniería Civil.

PROCEDENCIA:

Lugar: Puente Maptunari Progresiva Km. 0+150
Distrito: Kimbiri
Provincia: La Convención
Depto.: Ayacucho

MUESTRA N°	D cm.	L cm.	Carga Rotura Kg	Resist. Tracción Kg/cm ²	OBSERVACIONES
Corte talud carretera	4.98	2.50	1,965	250.95	Cuarcita

FECHA: 16 de abril del 2010





LABORATORIO DE
MECANICA DE ROCAS
FIMGC - UNSCH

Av. Independencia s/n
Telef. (066) - 312610 Anexo 161
Ayacucho - Perú

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

SOLICITADO POR:
TESIS:

Bach. Vicente Vilca Yance
Tesis de Ingeniería Civil.

ESTRUCTURA:
PROCEDENCIA:

Lugar: Carretera Puente Mapitunari - Kapihuclato Progresiva Km. 6+250
Distrito: Kimbiri Provincia: La Convención Departamento: Cusco

MUESTRA	PROBETA			CARGA DE ROTURA Kg	RESISTENCIA COMPRESIVA		OBSERVACIONES
	Díámetro cm.	Longitud cm.	Area cm ²		Kg/cm ²	MPa	
Corte Talud Carretera	2.98	5.98	6.97	13,950	2,001.43	196.28	Cuarcita

CORRECCION: Protodyakonov : L/D = 2

FECHA: 16 de abril del 2010



Handwritten signature



LABORATORIO DE
MECANICA DE ROCAS
FIMGC

Av. Independencia s/n
Teléf.(066) - 312510 Anexo 151
Ayacucho - Perú

RESULTADOS ENSAYO TRACCION

SOLICITADO POR:
PROYECTO:

Bach. Vicente Vilca Yance
Tesis Ingeniería Civil.

PROCEDENCIA:

Lugar: Puente Mapitunari - Kapihuiciato Progresiva Km. 6+250
Distrito: Kimbiri
Provincia: La Convención
Depto.: Ayacucho

MUESTRA N°	D cm.	L cm.	Carga Rotura Kg	Resist. Tracción Kg/cm ²	OBSERVACIONES
Corte cerrado Trinchera	4.98	2.47	1.852	236.52	Cuarcita

FECHA: 16 de abril del 2010



ANEXO II

Figura 6: a) Mapa de sismicidad asociada al proceso de subducción y deformación de la placa de Nazca por debajo del continente; sismos con foco superficial (círculos rojos),

intermedios (círculos verdes) y profundos (triángulos). b) secciones verticales perpendiculares y paralelas a la línea de costa, según la orientación AA', BB', CC' y DD'. Las

regiones Norte, Centro y Sur son indicados con RN, RC y RS respectivamente. c) Mapa con la distribución de la sismicidad asociada a la deformación continental y los principales

sistemas de falla: HP = Huaypira, MB = Moyobamba, CB = Cordillera Blanca, HU = Huaytapallana, AY = Ayacucho, TM = Tambomachay, MA = Marcona y HC = Huanvo

y cabanaconde

Gráfico polar para la ciudad de Ayacucho: El gráfico polar indica que la ciudad de Ayacucho puede ser afectada por sismos que ocurren en dirección del segundo y tercer cuadrante a distancias medias del orden de 160 y 220km. Estos sismos tienen su origen en la falla de Huaytapallana y en el proceso de subducción. Sin embargo, la fuente más importante se localiza en dirección Norte a una distancia de 10km de la ciudad de Ayacucho, la misma que está asociada al sistema de fallas de Ayacucho y en la cual tuvo su origen el sismo de 1981 (5.5mb) que produjo intensidades del orden de VI (MM) en la ciudad de Ayacucho. En dirección del cuarto cuadrante no se observa actividad sísmica.

Gráfico polar para la ciudad de Abancay: En este gráfico se observa que la ciudad de Abancay puede ser afectada por un número mínimo de sismos ubicados a distancias medias del orden de 180 km en dirección del primer y segundo cuadrante, siendo los más importantes debidos al sistema de falla de Ayacucho. En otras direcciones, el índice de sismicidad es casi nulo.

Gráfico polar para la ciudad de Cuzco: El número de sismos que afectarían a la ciudad del Cuzco es mínimo y los pocos considerados en este estudio se ubican a una distancia de 230 km desde esta ciudad. Sin embargo, en la dirección NE se observa la presencia de un sismo ubicado a 10 km de distancia y que corresponde al ocurrido en 1986 (5.3 mb), el mismo que afectó directamente a la ciudad de Cuzco con intensidades del orden de VMM.

"SISMICIDAD NULA": Considera a todos los departamentos en los cuales no se ha sentido sismos con intensidades del orden de IV (MM).

- **"SISMICIDAD BAJA":** Agrupa a los departamentos en los que la frecuencia de sismos con intensidad IV es mínima.

- **"SISMICIDAD MEDIA":** Considera a los departamentos en los cuales la frecuencia de sismos con intensidad IV es regular.

- **"SISMICIDAD ALTA":** Toma en cuenta a los departamentos en los cuales la frecuencia de sismos con intensidades mayores a IV (MM) es grande.

Esta clasificación es propuesta en función de asignar un número índice a cada departamento como resultado de multiplicar el número total de sismos ocurridos con intensidades iguales o mayores a IV por el valor de I_{min} igual a IV. Así, cada departamento es clasificado en función de los niveles antes indicados, según los valores de la Tabla 1.

Tabla 1: Correspondencia entre el nivel e índice de sismicidad.

Niveles de Sismicidad Índice

Sismicidad Nula 0
 Sismicidad Baja 1 - 50
 Sismicidad Media 51 - 300
 Sismicidad Alta Más de 300

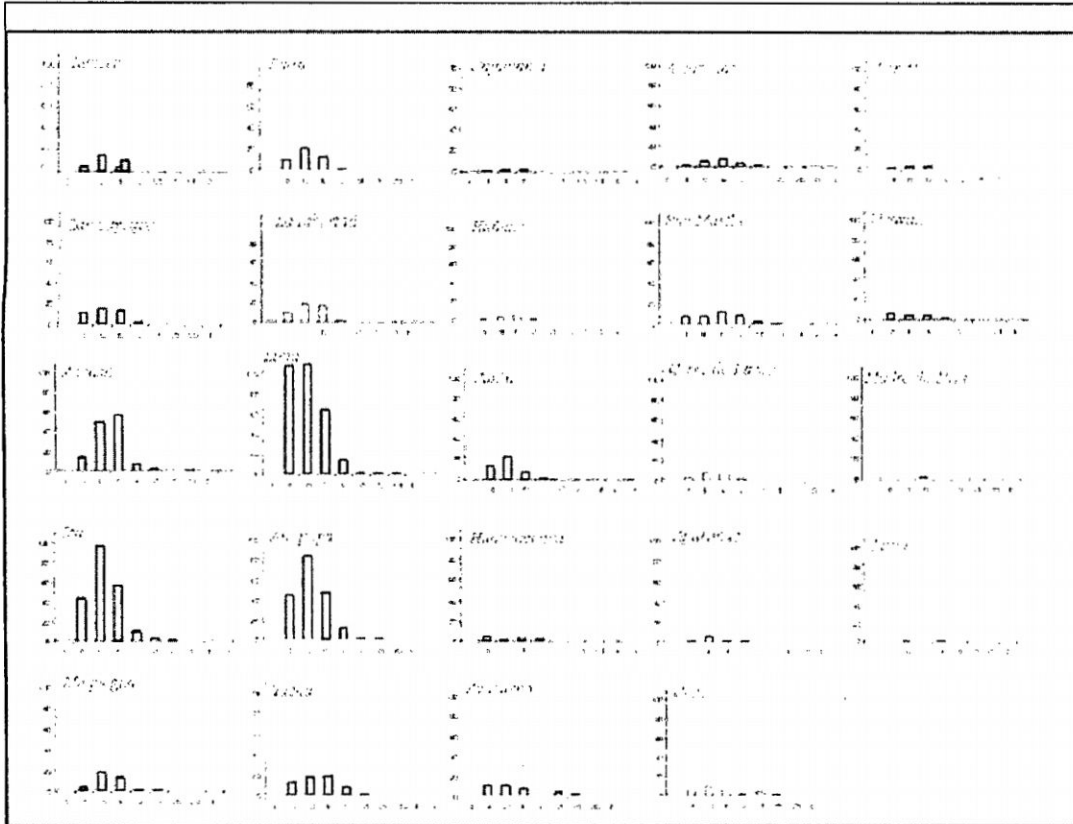


Figura 5: Gráficos de frecuencia-intensidad por departamento para sismos ocurridos entre Perú 1964 – 2000.

Los resultados obtenidos en este artículo permite considerar que la distribución espacial de los sismos en el Perú es por demás compleja; sin embargo, ha sido posible identificar las principales fuentes sismogénicas. Los sismos con foco superficial son debidos a la presencia de dos fuentes la primera asociada a la fricción de placas dentro del proceso de subducción y la segunda a los principales sistemas de fallas presentes en el interior del continente. Los sismos con foco intermedio son debidos a tres fuentes asociadas directamente con el proceso de deformación de la placa oceánica de Nazca por debajo del continente y los sismos con foco profundo deben su origen a dos fuentes, una ubicada en el límite Perú con Brasil y otra entre Perú y Bolivia.

La distribución de los sismos en profundidad sugiere que la placa de Nazca subduce de dos modos diferentes, uno subhorizontal en la región Norte-Centro y otro normal en la región Sur, ambos con un ángulo de inclinación del orden de 30° hasta una profundidad de 120 y 250km respectivamente. Entre ambos modos de subducción, se produce la contorsión de la placa de Nazca sobre una longitud de 200 km. La placa de Nazca por debajo del continente alcanza distancias de 750 (región Norte), 500 (región centro) y 450km (región sur) respecto de la línea de fosa. Sobre la latitud 10° S y a una distancia de 550 km desde la fosa, la placa de Nazca muestra un claro hundimiento que puede ser asociado a una posible y futura ruptura de la placa oceánica, tal como lo sugiere Bernal et al (2001).

En el interior del continente, la distribución de los sismos indica que las deformaciones superficiales se producirían en promedio hasta Zonas Sismogénicas en Perú 43 profundidades de 40 km, siendo esta más notoria en la Zona Subandina.

El cálculo del volumen esférico de deformación y su radio proyectado en superficie, ha permitido tener un concepto más claro del tamaño de los sismos y de la energía sísmica acumulada y liberada.

A partir de los gráficos polares, se concluye que las ciudades distribuidas a lo largo de la zona de costa son generalmente afectadas por sismos asociados al proceso de subducción; es decir, por sismos ubicados en dirección NW y SW, a distancias que pueden ser de pocos kilómetros hasta un máximo de 250 km. Otras ciudades como Ancash y Arequipa, por ejemplo, pueden ser afectadas también por sismos con origen en fallas activas distribuidas en el interior del continente. Ciudades como Moyobamba, Ayacucho y Huancayo son únicamente afectadas por sismos asociados a fallas activas desde el punto de vista sísmico.

Las curvas de acumulación de energía sísmica sugieren que para el Perú es difícil proponer tiempos de recurrencia de grandes sismos debido principalmente a la complejidad con que se produciría este fenómeno en cada una de las fuentes sismogénicas. Sin embargo, los resultados indican que para sismos con foco superficial la mayor cantidad de energía acumulada se ha liberado en el área S3, costa de Ancash y Lima ($4.8E+21$ ergios).

Igualmente, la mayor cantidad de energía liberada por sismos con foco intermedio se produjo en el área I3 (zona Subandina de la región Norte y Centro) y para sismos con foco profundo en el área P2 (límite Perú - Bolivia).

La información disponible sobre intensidades en la escala Mercalli Modificada, para cada uno de los sismos contenidos en la base de datos, ha permitido proponer un Mapa de Zonificación Sísmica Preliminar para el Perú. Así, los departamentos de Ancash, Lima, Ica y Arequipa fueron identificados en Zonas de Sismicidad Alta, los departamentos de Tumbes, Lambayaque, La Libertad, San Martín, Moquegua y Tacna como Zonas de Sismicidad Media y el resto de departamentos como Zonas de Sismicidad Baja o Nula.

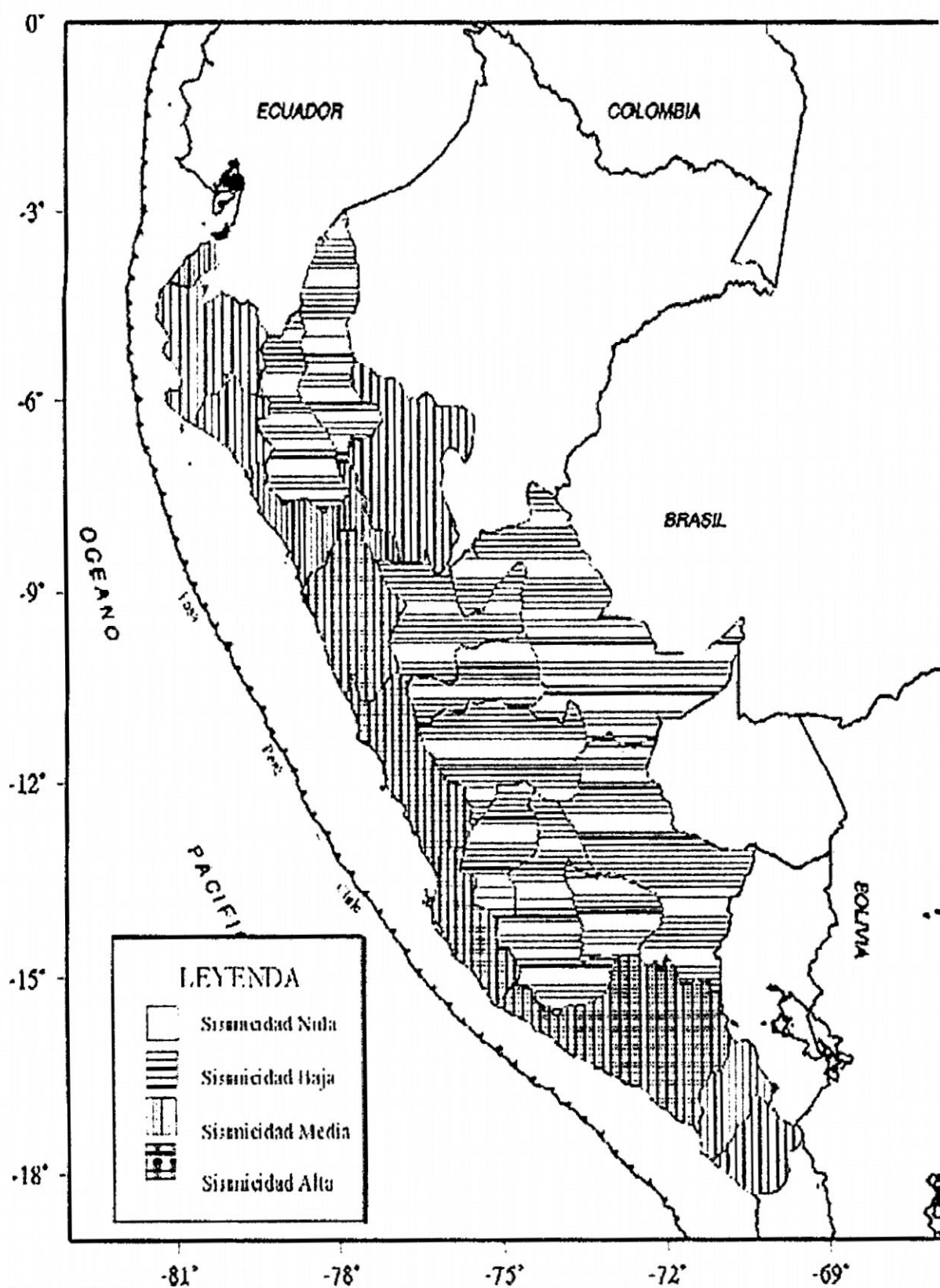
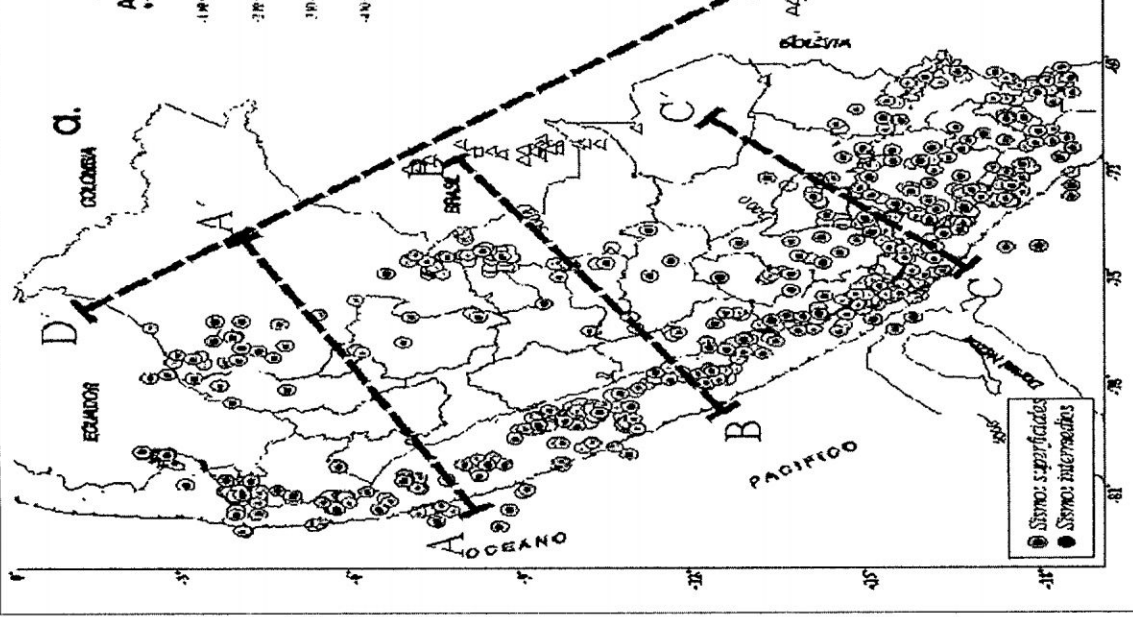
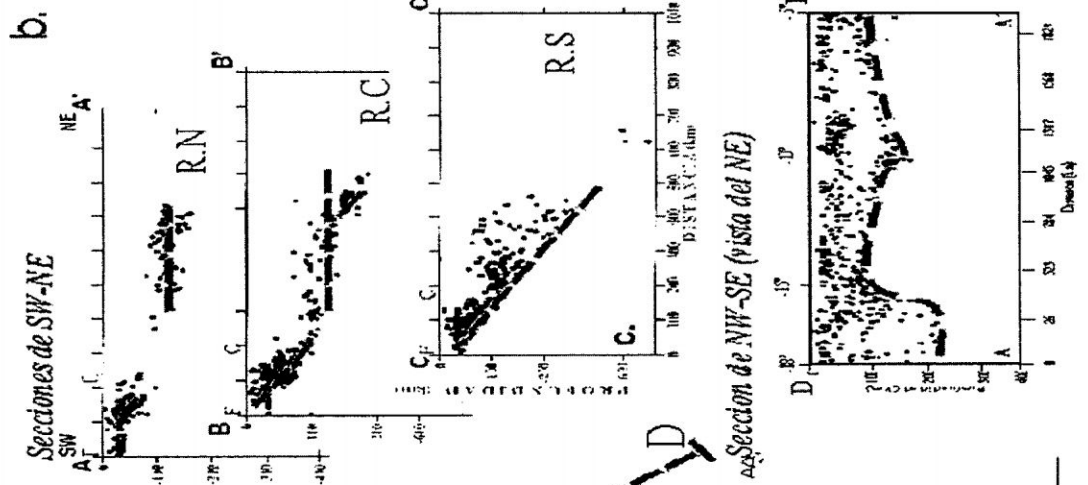
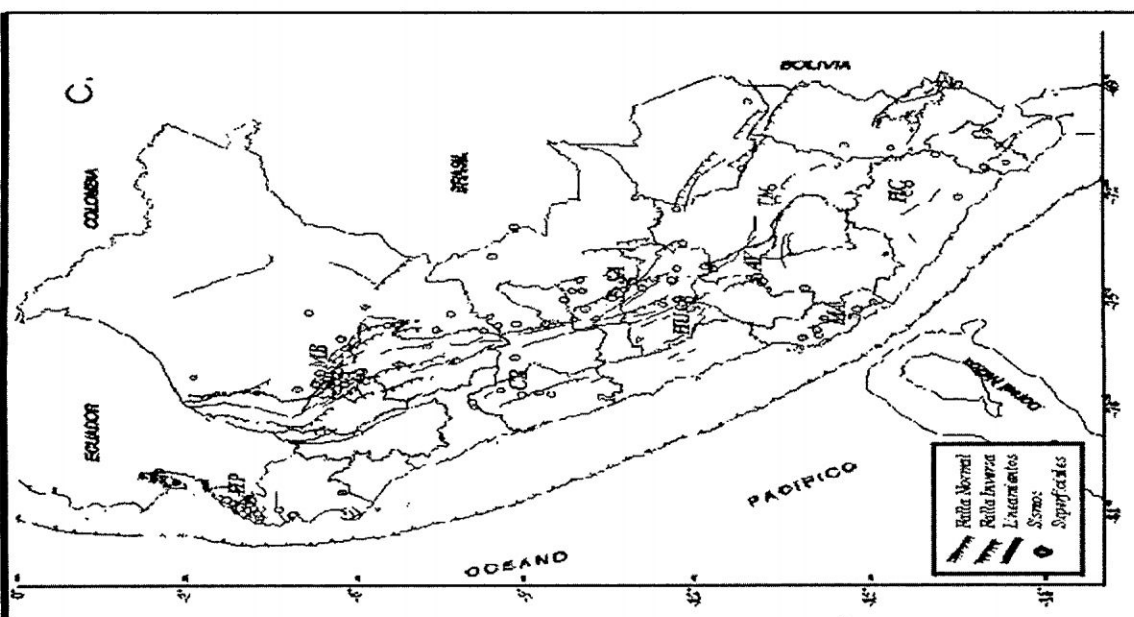
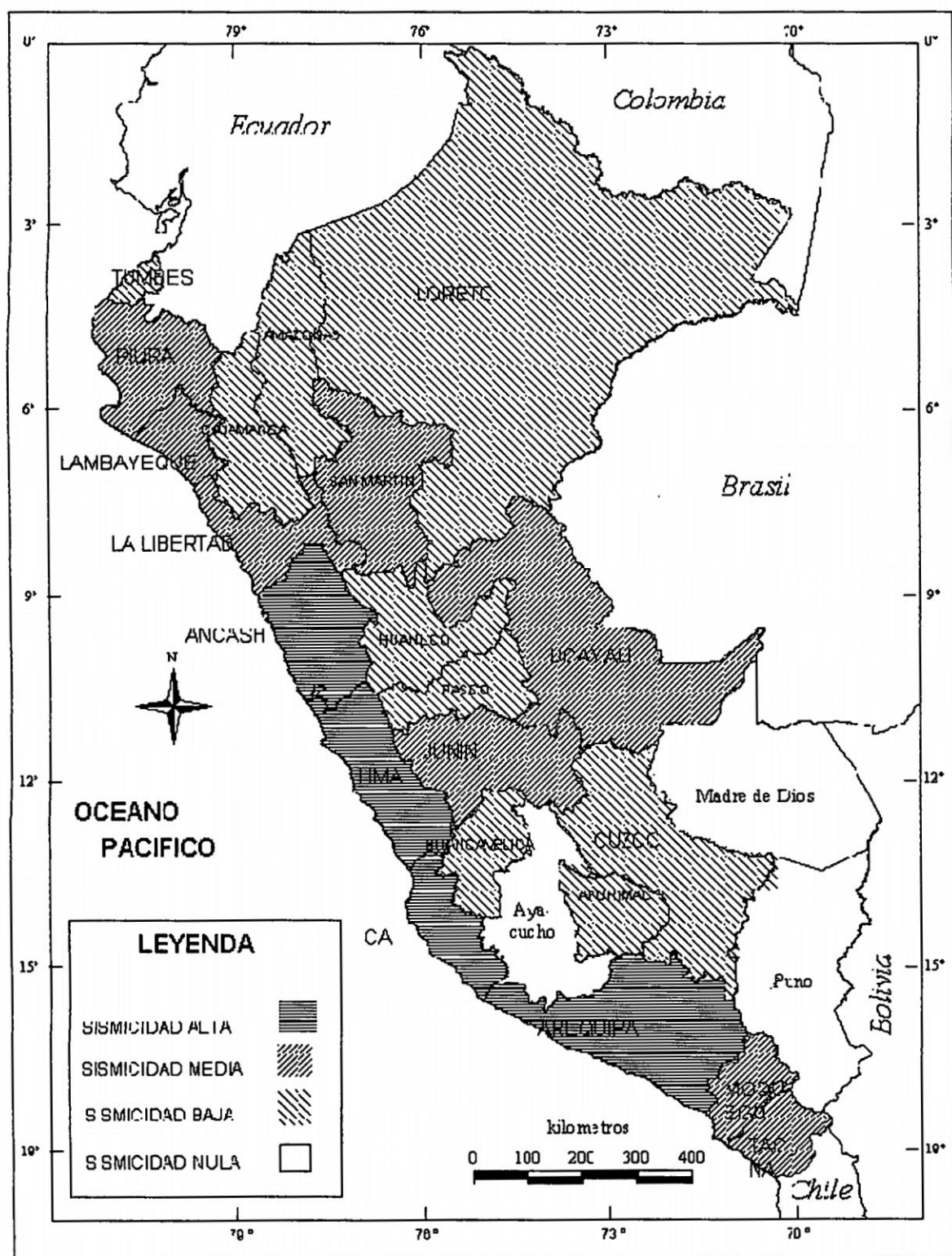


Figura 6.- Mapa de Zonificación Preliminar para el Perú a partir de la frecuencia-intensidad de los sismos ocurridos entre 1964 - 2000





Escala sismológica de Richter

Magnitud Richter	Equivalencia de la energía TNT	Referencias
-1,5	1 g	Rotura de una roca en una mesa de laboratorio
1,0	170 g	Pequeña explosión en un sitio de construcción
1,5	910 g	Bomba convencional de la II Guerra Mundial
2,0	6 kg	Explosión de un tanque de gas
2,5	29 kg	Bombardeo a la ciudad de Londres
3,0	181 kg	Explosión de una planta de gas
3,5	455 kg	Explosión de una mina
4,0	6 t	Bomba atómica de baja potencia.
5,0	199 t	Terremoto en Albolote (Granada, España; 1956)
5,5	500 t	Terremoto en Bogotá (El Calvario, Meta, Colombia; 2008)
6,0	1.270 t	Terremoto de Double Spring Flat, Nevada (Estados Unidos), 1994
6,5	31.550 t	Terremoto de Northridge (California, Estados Unidos, 1994); Terremoto de Caracas (Distrito Capital, Venezuela, 1967)

7,0	199.000 t	Terremoto de Hyogo-Ken Nanbu (Japón, 1995)
7,3	400.000 t	Terremoto de Veracruz de 1973 (México, 1973)
7,5	750.000 t	Terremoto de Santiago (Chile, 1985)
7,6	800.000 t	Terremoto de Guatemala (Guatemala, 1976)
7,8	1.250.000 t	Terremoto de Sichuan (China, 2008)
8,0	6.270.000 t	Terremoto de México (Costa de Michoacán, México; 1985)
8,5	31,55 millones de t	Terremoto de Anchorage (Alaska, Estados Unidos; 1964)
9,2	220 millones de t	Terremoto del Océano Índico de 2004
9,6	260 millones de t	Terremoto de Valdivia (Chile, 1960)
10,0	6.300 millones de t	Estimado para el choque de un meteorito rocoso de 2 km de diámetro que impacte a 25 km/s
12,0	1 billón de t	Fractura de la Tierra por el centro Cantidad de energía solar recibida diariamente en la Tierra

Intensidad en Escala de Mercalli

(Modificada en 1931 por Harry O. Wood y Frank Neuman)

Grado I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
Grado II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.

Grado III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable
Grado IV	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
Grado V	Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.
Grado VI	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
Grado VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
Grado VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en la personas que guían vehículos motorizados.
Grado IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
Grado X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
Grado XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.

Grado XII

Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

¿Cómo se mide un Sismo?



**se utilizan dos escalas: Richter
y Mercalli**

**RICHTER MIDE LA MAGNITUD
= Causa**

**MERCALLI MIDE LA
INTENSIDAD = Efecto**

Cuadro N° 01

MATRIZ DE INTERACCION DE DEGRADACION Y DETERIORO
CONSTRUCCION CARRETERA: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

SIMBOLOGIA			CONSTRUCCION				OPERACIÓN		MANTENIMIENTO					
			TRAZO Y REPLANTEO	MOVIMIENTO DE TIERRAS	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	PAVIMENTO DE RODADURA	APERTURA AL PUBLICO	SEÑALIZACION	ROSE Y TALA DE ARBUSTOS	LIMPIEZA DE CUNETAS	TRANSPORTE DE MATERIAL	BACHEO Y RENOVACION	LIMPIEZA DE DERRUMBES	
 IMPACTO ADVERSO  IMPACTO BENEFICIO														
NS NO SIGNIFICATIVO PS POCO SIGNIFICATIVO S SIGNIFICATIVO														
FISICOS	CLIMA	MICROCLIMA	S	S	PS	S			S		PS		PS	
	AIRE	CALIDAD	S	S	PS	S			S		PS		PS	
	SUELO	FERTILIDAD		S	S	PS	PS					PS		PS
		CARACTERISTICAS FISICAS		S	S	S	PS					S		PS
		ERODABILIDAD		S	S	S	PS					S		PS
	AGUA SUPERFICIAL	PATRON DE DRENAJE	NS	S	S	PS				S	PS		PS	
	AGUA SUPERFICIAL	CALIDAD DE AGUA	NS	S	S	S				S	PS		PS	
	AGUA SUBTERRANEA	RECARGA DE ACUIFEROS	NS	S	S	PS				S	PS		PS	
	AGUA SUBTERRANEA	CALIDAD DE AGUA	NS	S	S	S				S	PS		PS	
	DINAMICA GEOMORFOLOGICA	PROCESOS GEOMORFICOS	S	S	PS	S					PS		PS	
	DINAMICA GEOMORFOLOGICA	RELIEVE	S	S	S	S					PS		PS	
	BIOLOGICOS	VEGETACION	DENSIDAD	S	S	PS	PS			S				
			ABUNDANCIA	S	S	PS	PS		PS	S				
DISTRIBUCION			S	S	PS	PS		PS	S					
HABITAT			S	S	PS	PS			PS					
FAUNA		DIVERSIDAD	S	S	S	PS			S					
		ABUNDANCIA	S	S	S	PS	PS		S					
		INTERRELACION POBLACIONES	S	S	S	PS	S		S					
		HABITAT	S	S	S	PS			PS					
SOCIOECONOMIA	EMPLEO		PS	S	S	S	PS		S	S		PS	PS	
	CALIDAD DE VIDA		PS	S	PS	S	S		S	S		PS	PS	
	ASPECTO VISUAL		PS	S	S	S	S		S			PS	PS	
	INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS		PS	S	S	S	S			S		PS		
	ACTIVIDADES ECONOMICAS		PS	S	PS	S	S			S				
	EFFECTOS A LA SALUD		PS	S	PS	S	NS							

Construcción carretera: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

TEMA	AREA	PERSONAL A CAPACITAR
Seguridad en ejecución de obra construcción de carretera	Area de ejecución: Movimiento de tierras, perforación y voladura de rocas	Obreros , Operadores de Equipo pesado, perforistas, Calambuqueros, personal técnico
Aspectos ambientales para ejecución de obra construcción de carretera	Area de ejecución: Movimiento de tierras, perforación y voladura de rocas	Obreros , Operadores de Equipo pesado, personal técnico, albañiles, carpinteros
Manejo de Residuos Sólidos y Elementos Líquidos	Todas las áreas de ejecución	todo el personal involucrado
Educación y Salud ambiental	Todas las áreas de ejecución	Todo el personal involucrado

CUADRO N° 04 PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO

Construcción carretera: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

Equipo/maquinaria	Código maq./equipo	Trabajo de amntenimiento	Area
tractor oruga	1	Mantenimiento General	Taller de mantenimiento de maquinarias
Comprensora y perforadora	2	Cambio de Aceita	
Cargador frontal	3	Cambio de filtro	
Volquetes	4		
Motoniveladora	5		
Rodillo vibratorio	6		
Rodillo Donden	9		

CUADRO N° 05 PLAN ANUAL DE MONITOREO

Construcción carretera: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

N°	COMPONENTE	INDICADOR
1	AIRE	CO,CO2,NO2
2	AGUA	PH,DBO
3	SUELO	FERT. (N,k), ESTRUCTURA
4	FLORA	DENSIDAD
5	FAUNA	CANATIDAD Y DIVERSIDAD
6	POBLACION	PEA, EDUCACION,CAPAC. ADQUISITIVA, DEMOGRAFIA
7	SALUD Y BIENESTAR	MORBILIDAD, MORTALIDAD, ENF. VENEREAS

CUADRO N° 06 : DETERMINACION DE COMPONENTES E INDICADORES PARA EL ESTUDIO DE LINEA DE BASE DE MONITOREO AMBIENTAL

Construcción carretera: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIAT

	ASPECTO AMBIENTAL	INDICADORES
FISICO	AIRE	Calidad del aire en el ambiente del entorno Emisión de gases en el ambiente del entorno Emisión de partículas en el entorno contaminación sonora cambios mesoclimáticos en el entorno
	AGUA	Calidad de agua en los afluentes del entorno Contaminación de aguas sub-terráneas Cambios en los flujos de caudales Interrupción de flujos de aguas subterráneas
	SUELO	Materiales de construcción agregados diversos Destrucción de suelos Erosión de suelos naturales Reposición del deterioro del suelo Estabilidad de Taludes en cortes a media ladera Compactación y Asentamientos de suelos Cambio en las características físico y químicas
BIOLOGICO	FLORA	Diversidad de flora nativa Productividad en flora nativa Especies endémicas Especies amenazadas en peligro extensión
	FAUNA	Destrucción de hábitad de fauna silvestre Diversidad de fauna silvestre Especies endémicas o en peligro de extensión Riesgos
SOCIO- ECONOMICOS	POBLACION	Producción Empleo estacional y fijo PEA Densidad Beneficios económicos Comercialización de productos Relaciones sociales Consumo energético y prod. Agrícola Salud y seguridad Calidad de vida Molestias Desarmonía
	CULTURAL	Valores históricos artísticos
	INFRAESTRUCTURA	Red de servicio de transporte y comunicaciones Equipamiento comercial e industrial Acceso a diferentes servicios

CUADRO Nº 07 IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO

Construcción carretera: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

IMPACTO AMBIENTAL SIGNIFICATIVO	EMISION DE GASES
CAUSA DEL IMPACTO	Movimiento de tierras
	Voladura de rocas
	Transporte de materiales de construcción
	Transporte de materiales de agregados y relleno
OBJETIVO DE LA MEDIDA A TOMAR	Disminuir la emisión de gases producidos
RESPONSABLE	Responsable ambiental
MEDIDAS PREVENTIVAS O DE MITIGACION	Mantenimiento permanente de las maquinarias

CUADRO Nº 10

PLAN ANUAL DE EMERGENCIA AMBIENTAL

Construcción carretera: PUENTE MAPITUNARI

EMERGENCIA AMBIENTAL	CAUSA	IMPACTO
Derrame de Combustible al río	Transporte del Combustible	Contaminación del agua
	equipo de transporte en condiciones inadecuadas	Contaminación del suelo
		Contaminación del flora
		Contaminación del fauna
		Emisión de Gases
Derrame de Concreto	Volcadura al transportar	Contaminación del agua
		Contaminación del suelo
		Contaminación del flora
		Contaminación del fauna
Explosión de maquinaria y/o equipo	Desperfecto mecánico	Contaminación del aire
		Contaminación del suelo
		Contaminación del agua
		Contaminación del flora
		Contaminación del fauna
Explosión del Polvorín	Manejo inadecuado	Emisión de Gases
	Transportes de explosivos	Contaminación del aire
		Contaminación del suelo
		Contaminación del agua
		Contaminación del flora
		Emisión de Gases

CUADRO N° 08 IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

Proyecto: Carretera: PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

IMPACTO	CAUSA	MEDIDAS
EMISSION DE GASES	Movimiento de tierras Sub-base y base Pavimento asfaltico Transporte de materia	mantenimiento permanente de maquinaria Riego a presion del area de trabajo Capacitación y concientización para uso de auriculaes (personal de obra)
CONTAMINACION SONORA	Movimiento de tierras Sub-base y base Pavimento asfaltico Transporte	Uso de auriculares Empleo de silenciadores para las maquinarias
CONTAMINACION DE AGUA	Movimiento de tierras Sub-base y base Pavimento asfaltico	Evitar la contaminación del agua Capacitación en el uso adecuado del agua Capacitación a todo el personal en uso adecuado de RR.SS. Limpieza y recojo de materiales
DEGRADACION DE SUELOS	Movimiento de tierras Sub-base y base Pavimento asfaltico	Reposición de material extraido Revegetación
ALTERACION DE LA FLORA	Movimiento de tierras Sub-base y base Pavimento asfaltico	Revegetación y reforestación con especies nativas
EXTINCION DE FAUNA SILVESTRE	Movimiento de tierras Sub-base y base Pavimento asfaltico	Reconstrucción del hábitad natural Cuidado en el manejo de animales nativos

CUADRO N° 09

VALORACIÓN AMBIENTAL

PROYECTO: CONSTRUCCION CARRETERA PUENTE MAPITUNARI - CAPIRUSHIATO

ECONOMICO		SOCIAL		AMBIENTAL	
BENEFICIO	COSTO	BENEFICIO	COSTO	BENEFICIO	COSTO
Ingreso Peaje	costo total del proyecto	Ingreso por generación de comercio	Ingreso por cobro de peaje	Ahorro de multa por no realizar EIA	Elaboración de impacto ambiental
S/. 1,200.00	S/. 250,000.00	S/. 600,000.00	S/. 12,000.00	S/. 35,500.00	S/. 19,600
Ingreso por jornales		Ingreso por generación Industrias	Ocurrencia de accidentes de tránsito	Ahorro de multa por no cumplir EIA	Medidas preventivas
S/. 43,200.00		S/. 60,000.00	S/. 10,000	S/. 17,750.00	S/. 12,000
			Indemnización por accidente de personas	Ahorro por combustible	Medidas de Mitigación
			S/. 35,000	S/. 3,750.00	S/. 50,000
				Ahorro en reparación vehiculos	Monitoreo y seguimiento
				S/. 12,000.00	S/. 10,000
					Medidas de Emergencia
					3200
					Medidas de Cierre
					0
					Participación ciudadana
					3000
S/. 44,400.00	S/. 250,000.00	S/. 660,000.00	S/. 57,000	S/. 69,000.00	S/. 97,800
BE < CE		BS > CS		BA < CA	