

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DEL USO DE COBERTORES EN EL
PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN ÉPOCA DE
PRECIPITACIONES**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

FÉLIX FERNANDO ESCOBAR CATAORA

LIMA-PERÚ

2015

ÍNDICE

RESUMEN	6
LISTA DE CUADROS	8
LISTA DE TABLAS	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	17
1.1 ANTECEDENTES.....	17
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.2.1 Objetivos Generales	21
1.2.2 Objetivos Específicos.....	22
1.3 ASPECTOS CONTRACTUALES ENTRE EL CONTRATISTA Y LA ENTIDAD.....	22
1.3.1 Contrato de Obra	22
1.3.1.1 Expediente Técnico de Obra.....	23
1.3.1.2 Bases Integradas.....	23
1.3.1.3 Propuesta Técnica y Económica del Contratista	24
1.3.2 ADICIONALES Y REDUCCIONES, AMPLIACIONES DE PLAZO.....	24
1.3.2.1 Adicionales y Reducciones	24
1.3.2.2 Ampliación de Plazo Contractual.....	24
1.3.3 Incumplimiento de Plazos y Penalidades	25
1.4 MEDIO AMBIENTE Y ASPECTOS SOCIO CULTURALES.....	27
1.4.1 Medio Ambiente	27
1.4.2 Aspectos Socio Culturales y Comunidad.....	28
CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	31
2.1 PROCESOS EN LOS PROYECTOS DE CARRETERAS	31
2.2 DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA DE LAS FASES DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN.....	35
2.2.1 Extendido y Compactado de la Subbase Granular.....	36
2.2.2 Extendido y Compactado de la Base Granular.....	38
2.2.3 Imprimación de la Base Granular.....	40
2.2.4 Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica	42

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES Y ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS EN EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN.....	45
2.3.1 De la Subbase Granular.....	45
2.3.2 De la Base Granular	47
2.3.3 De la Imprimación Asfáltica.....	51
2.3.4 Del concreto asfáltico en caliente.....	52
2.4 ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES.....	55
2.4.1 Tipos de Precipitaciones	55
2.4.2. Medición de la Precipitación.....	56
2.4.2.1 <i>Pluviómetro</i>	57
2.4.2.2 <i>Pluviógrafo</i>	58
2.4.3 Clasificación de la Intensidad de Lluvias.....	59
2.4.4 Precipitaciones en los Proyectos	59
2.4.4.1 <i>Precipitaciones en la Carretera Cajamarca Celendín Balsas, Tramo: Km 52+000 a Celendín</i>	59
2.4.4.2 <i>Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo: Alfamayo-Chaullay-Quillabamba</i>	61
2.4.4.3 <i>Carretera Ayacucho-Abancay, Tramo II</i>	62
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL CASO A INVESTIGAR	64
3.1 PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES.....	64
3.1.1 Extendido y Compactado de la Subbase Granular.....	65
3.1.2 Extendido y Compactado de la Base Granular.....	67
3.1.3 Imprimación de la Base Granular.....	68
3.1.4 Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica	69
3.2 RESTRICCIONES Y EFECTOS EN EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS EN EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES	70
3.2.1 Restricciones en el Extendido y Compactado de la Subbase Granular	70
3.2.2 Restricciones en el Extendido y Compactado de la Base Granular.....	72
3.2.3 Restricciones en la Imprimación de la Base Granular	74
3.2.4 Restricciones en el Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica.....	75
3.3 PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE CARRETERAS	76
3.3.2 Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas	78
3.3.2.1 <i>Productividad en la Fase de P-8 (Extendido y Compactado de la Base Granular)</i>	79
A) Productividad de la Mano de Obra.....	80

B) Productividad de Equipos	80
C) Productividad de los Materiales	80
3.3.2.2 Productividad en la Fase de P-10 (Imprimación Asfáltica).....	84
3.3.2.2 Productividad en la Fase de P-11B (Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica).....	88
3.3.3 Productividad en la Carretera Alfamayo-Quillabamba.....	94
3.3.3.1 Productividad en la Fase de P-7 (Extendido y Compactado de la Subbase Granular).....	94
3.3.3.2 Productividad en la Fase de P-8 (Extendido y Compactado de la Base Granular).....	95
3.3.3.3 Productividad en la Fase de P-10 (Imprimación Asfáltica).....	96
3.3.3.4 Productividad en la Fase de P-11B (Extendido y Compactado de la Carpeta Asfáltica).....	97
3.3.4 Productividad en la Carretera Ayacucho Abancay	98
3.3.4.1 Productividad en la fase de P-7 (Extendido y Compactado de la Subbase Granular).....	99
3.3.4.2 Productividad en la fase de P-8 (Extendido y Compactado de la Base Granular).....	99
3.3.4.3 Productividad en la fase de P-10 (Imprimación Asfáltica).....	100
3.3.4.4 Productividad en la Fase de P-11B (Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica).....	101
CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DE SOLUCIONES	103
4.1 MODELOS DE COBERTORES	103
4.1.1 Cobertores Tipo Insuflados	103
4.1.1.1 Tipos de Estructuras Insufladas	105
4.1.2 Cobertores Arriostrados	106
4.2 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS DIMENSIONES DE LOS COBERTORES PARA EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN	106
4.2.1 Parámetros Horizontales.....	110
4.2.2 Parámetros Verticales.....	113
4.2.2.1 Descripción de Equipos Usados en el Proceso de Pavimentación	113
4.2.3 Secciones Mínimas para el Uso de Cobertores.....	115
4.2.3.1 Tramos en Tangente.....	117
4.2.3.2 Tramos en Curva	118
4.3 CONDICIONES TÉCNICAS EN EL USO DE COBERTORES	119
4.3.1 Drenajes de las Aguas Superficiales.....	119

4.3.2 Drenaje Longitudinal en los Cobertores	119
4.3.2.1 <i>Planteamiento del Drenaje Longitudinal Usando los Cobertores</i>	120
4.3.3 Drenaje Transversal.....	122
4.3.3.1 <i>Planteamiento del Drenaje Transversal Usando los Cobertores</i>	123
4.3.2 Taludes.....	124
4.3.3 Sistemas de Sujeción de los Cobertores.....	125
4.4 CONDICIONES DE TRABAJO Y SEGURIDAD	126
4.5.1 Niveles de Iluminación	127
4.5.2 Límites de Exposición Ocupacional para Agentes Químicos.....	127
4.4.3 Posibles Fuentes de Contaminación en los Trabajos a Realizar	130
CAPÍTULO V: ANALISIS DE LAS MEJORAS OBTENIDAS	132
5.1 MODELOS A PROPUESTOS PARA LA EVALUACIÓN	132
5.1.1 Propuesta Cobertor Tipo Insuflado.....	132
5.1.2 Propuesta Cobertor Tipo Arriostrado.....	134
5.1.4 Gastos Generales Diarios en los Proyectos	135
5.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL USO DE COBERTORES	135
5.2.1 Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas	136
5.2.1.1 <i>Características de la Vía</i>	136
5.2.1.2 <i>Tramos a Cubrir</i>	136
5.2.1.3 <i>Porcentajes de Avance en los Trabajos de las Fases del Proceso de Pavimentación</i>	138
5.2.1.4 <i>Producción Proyectada en las Fases del Proceso de Pavimentación con el Uso del Sistema de Cobertores</i>	139
5.2.1.5 <i>Impacto en Tiempo del Proyecto</i>	143
5.2.1.6 <i>Periodos de Uso</i>	143
5.2.2 Factibilidad Técnica de Uso de Cobertores en la Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo Alfamayo-Chaullay-Quillabamba	144
5.2.2.1 <i>Características de la Vía</i>	144
5.2.2.2 <i>Tramos a cubrir</i>	144
5.2.2.3 <i>Avance de las Fases en la Temporada de Precipitaciones</i>	146
5.2.2.4 <i>Planeamiento en la Ejecución de los Trabajos del Proceso de Pavimentación</i>	147
5.2.2.5 <i>Impacto en Tiempo para el Proyecto</i>	150
5.2.2.6 <i>Periodos de Uso</i>	151

5.2.3 Factibilidad Técnica de Uso de Cobertores en la Carretera Ayacucho-Abancay, Tramo II.....	151
5.2.3.1 Características de la Vía.....	151
5.2.3.2 Tramos a Cubrir.....	152
5.2.3.3 Porcentajes de Avance en los Trabajos del Proceso de Pavimentación en Temporada de Precipitaciones.....	153
5.2.3.4 Avance Proyectado.....	154
5.2.3.5 Impacto en Tiempo del Proyecto.....	157
5.2.2.6 Periodos de Uso.....	158
5.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS.....	158
5.3.1 Factibilidad Económica del Uso de Cobertores en la Carretera Cajamarca-Celendín.....	163
5.3.2 Factibilidad Económica de Uso de Cobertores en la Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo Alfamayo-Chaullay-Quillabamba.....	164
5.3.3 Factibilidad Económica de uso de Cobertores en la Carretera Ayacucho-Abancay, Tramo II.....	165
5.4 COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS PLANTEADOS.....	169
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	172
6.1 CONCLUSIONES.....	172
6.2 RECOMENDACIONES.....	176
BIBLIOGRAFÍA.....	177
ANEXOS.....	178

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de los cobertores aplicados al proceso de pavimentación (extendido y compactado de la subbase y base granular, la imprimación asfáltica y la colocación y compactación de la carpeta asfáltica), durante la época de precipitaciones, dado que estos trabajos durante esta temporada se realizan de manera deficiente y en otros casos simplemente se paraliza el proyecto.

Por ello se ha analizado las restricciones de los trabajos, así como sus efectos en cada fase del proceso de pavimentación en temporada de precipitaciones, en los proyectos ejecutados por COSAPI S.A.

- Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, Tramo Km. 52+000-Celendín
- Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo: Alfamayo-Chaullay-Quillabamba
- Carretera Ayacucho – Abancay, tramo Km. 50+000 – Km. 98+800.

Una vez definido el problema, se evaluó las características que deberán de contar las alternativas de solución, tanto geométricas como técnicas además de las condiciones que deberán proporcionar los sistemas evaluados (luminosidad, drenaje longitudinal y transversal, sistemas de sujeción entre otros).

Se encontraron dos tipos de sistemas de cobertores en el mercado peruano, estas son el cobertor tipo insuflado (lona soportada solo por aire) y el cobertor tipo arriostrado (armazón de acero), en base a las características y costos de cada sistema se evaluó su factibilidad técnica (longitudes trabajables con los cobertores, avance proyectado, impacto en tiempo, características de la vía entre otros) y económica (inversión inicial y costos indirectos con el uso del sistema) para cada proyecto.

En la investigación se comprobó que en los proyectos evaluados, la temporada de precipitaciones no dura de Diciembre a Marzo como considera comúnmente en la mayoría de proyectos, sino que estos oscilan entre los meses de Octubre a Abril, siendo los de mayor precipitación los meses de Enero a Marzo.

El uso de cobertores permitirá un adelanto en la entrega de los proyectos en promedio de tres meses por temporada de uso, siendo su inversión costada por

el ahorro de los gastos generales ahorrados en los proyectos, dando una rentabilidad considerable.

El sistema de cobertores insuflados técnicamente es la mejor alternativa por ser adaptable a los cambios de ancho de la calzada de secciones en tangente-curva, que según la investigación para las características de los proyectos evaluados varían de siete a doce metros, sin dejar de lado las consideraciones mínimas que deben tener para la realización de los trabajos del proceso de pavimentación, otro punto importante es su fácil transporte interno.

En cuanto a la evaluación económica ambos sistemas presentan un tiempo de retorno de la inversión inicial en el cuarto proyecto donde será aplicado o utilizado, posteriormente el sistema insuflado generará un mayor margen de utilidad con respecto a arriestrado pese a su mayor costo de alquiler a los proyectos, esto debido a los costos indirectos del sistema (cuadrilla de armado y desarmado, costo del drenaje, entre otros), por lo que se concluye que económicamente el sistema de cobertores insuflados es el más adecuado para este tipo de actividades.

El uso de cobertores permitiría un ahorro en tiempo y aumentaría la rentabilidad de los proyectos en donde se apliquen.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1	Fases del Proceso de Pavimentación.....	21
Cuadro N° 2	Partidas en un Proyecto Vial	31
Cuadro N° 3	Plan de Fases de un Proyecto Vial de COSAPI S.A.....	32
Cuadro N° 4	Descripción Constructiva de la Subbase Granular.....	36
Cuadro N° 5	Descripción Constructiva de la Base Granular.....	38
Cuadro N° 6	Proceso Operacional para la Imprimación Asfáltica.....	41
Cuadro N° 7	Descripción Constructiva de la Carpeta Asfáltica.	43
Cuadro N° 8	Clasificación de la intensidad de las lluvias según el SENAMHI. .	59
Cuadro N° 9	Estación Hidrológicas de la carretera Cajamarca-Celendín	60
Cuadro N° 10	Estación Hidrológicas de la carretera Cusco-Quillabamba	61
Cuadro N° 11	Estación Hidrológicas de la carretera Ayacucho-Abancay	62
Cuadro N° 12	Alcance de las fases del proceso de pavimentación.....	78
Cuadro N° 13	Fases del Proceso de Pavimentación.....	78
Cuadro N° 14	Productividad en la Fase P-8 de la Mano de Obra de la Base Granular en Época de Precipitaciones	81
Cuadro N° 15	Productividad en la Fase P-8 del Extendido y Colocado de la Base Granular en Época de Precipitaciones	82
Cuadro N° 16	Productividad en la Fase P-8 del Compactado de la Base Granular en Época de Precipitaciones	83
Cuadro N° 17	Productividad en la Fase P-10 de la Mano de Obra en Época de Precipitaciones.....	86
Cuadro N° 18	Productividad en la Fase P-10 del Camión Imprimador en Época de Precipitaciones.....	87
Cuadro N° 19	Productividad en la Fase P-11B de la Mano de Obra en Época de Precipitaciones.....	90
Cuadro N° 20	Productividad en la Fase P-11B de la Colocación de la Carpeta Asfáltica en Época de Precipitaciones.....	91
Cuadro N° 21	Productividad en la Fase P-11B de la Compactación en Época de Precipitaciones.....	92
Cuadro N° 22	Productividad en la Fase P-11B de la Compactación en Época de Precipitaciones.....	93
Cuadro N° 23	Fases del Proceso de Pavimentación.....	94

Cuadro N° 24 Fases del proceso de pavimentación en la Carretera	
Ayacucho-Abancay	98
Cuadro N° 25 Clasificación de las vías en los proyectos estudiados.....	107
Cuadro N° 26 Parámetros de diseño de la carretera Cusco Quillabamba.....	108
Cuadro N° 27 Parámetros de diseño de la carretera Cajamarca - Celendín	109
Cuadro N° 28 Parámetros de diseño de la carretera Ayacucho - Abancay	109
Cuadro N° 29 Limitaciones de la investigación de acuerdo a la clasificación	
de vías	110
Cuadro N° 30 Parámetros Horizontales	110
Cuadro N° 31 Maquinas usadas en el proceso de pavimentación.....	113
Cuadro N° 32 Descripción de equipos usados en el proceso de	
pavimentación.....	114
Cuadro N° 33 Ancho de secciones en tangente.....	117
Cuadro N° 34 Ancho de secciones en curva.....	118
Cuadro N° 35 Restricciones en el uso de cobertores insuflados	124
Cuadro N° 36 Valores referenciales para taludes en corte relación (H:V).....	125
Cuadro N° 37 Anclajes de acuerdo al tipo de suelo	125
Cuadro N° 38 Luminosidad mínima de acuerdo al trabajo a realizar.....	127
Cuadro N° 39 Tipos de límites permisibles	128
Cuadro N° 40 Límites de exposición ocupacional para agentes químicos.....	129
Cuadro N° 41 Potencia de motores en los equipos en el proceso de	
pavimentación.....	130
Cuadro N° 42 Descripción de la oferta.....	132
Cuadro N° 43 Propuesta del cobertor tipo arriostrado.....	134
Cuadro N° 44 Gastos Generales Diarios en los Proyectos Analizados.	135
Cuadro N° 45 Características de la Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas.....	136
Cuadro N° 46 Avance Acumulados de las Fases en el Proceso de	
Pavimentación	138
Cuadro N° 47 Rendimientos planeados en las fases	139
Cuadro N° 48 Secuencia de actividades para las fases P-8 y P-10,	
Cajamarca-Celendín.	140
Cuadro N° 49 Tren de actividades para las fases P-8 y P-10.....	140
Cuadro N° 50 Secuencia de actividades para las fases P-11B,	
Cajamarca-Celendín.	141
Cuadro N° 51 Tren de actividades para la fase P-11B.....	141
Cuadro N° 52 Producción planeada con el uso del cobertor	142

Cuadro N° 53 Avance proyectado con el uso de cobertores, Cajamarca-Celendín	142
Cuadro N° 54 Descripción de escenarios para el cálculo del ahorro en tiempo en el proyecto Cajamarca-Celendín	143
Cuadro N° 55 Porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación.....	143
Cuadro N° 56 Características de la carretera Alfamayo-Quillabamba	144
Cuadro N° 57 Avances acumulados de las fases en temporada de precipitaciones	146
Cuadro N° 58 Rendimientos planeados en las fases	147
Cuadro N° 59 Secuencia de trabajos en un cuerpo de cobertor de 400.00 m..	148
Cuadro N° 60 Tren de actividades para las fases P-7, P-8 y P-10	148
Cuadro N° 61 Secuencia de actividades para las fases P-11B	149
Cuadro N° 62 Tren de actividades para la fase P-11B.....	149
Cuadro N° 63 Avances proyectados en el proceso de pavimentación con el cobertor.....	150
Cuadro N° 64 Descripción de escenarios para el cálculo del ahorro en tiempo en el proyecto Alfamayo-Quillabamba.....	150
Cuadro N° 65 Porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación.....	150
Cuadro N° 66 Características de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas.....	151
Cuadro N° 67 Avances acumulados de las fases.....	153
Cuadro N° 68 Rendimientos planeados en las fases	154
Cuadro N° 69 Secuencia de trabajos en un cuerpo de cobertor de 400.00 m..	155
Cuadro N° 70 Tren de actividades para las fases P-7, P-8 y P-10	155
Cuadro N° 71 Secuencia de actividades para las fases P-11B	156
Cuadro N° 72 Tren de actividades para la fase P-11B.....	156
Cuadro N° 73 Porcentaje de avance en la temporada de precipitaciones.....	157
Cuadro N° 74 Descripción de escenarios para el cálculo del ahorro en tiempo en el proyecto Ayacucho-Abancay	157
Cuadro N° 75 Porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación.....	157
Cuadro N° 76 Consideraciones para la elaboración del flujo de caja del alquiler de los sistemas de cobertores.	159
Cuadro N° 77 Evaluación económica para el costo de alquiler del cobertor tipo insuflado.....	161

Cuadro N° 78 Evaluación económica para el costo de alquiler del cobertor tipo arriostrado	161
Cuadro N° 79 Flujo de caja para el proyecto Cajamarca-Celendín para el cobertor insuflado.....	163
Cuadro N° 80 Flujo de caja para el proyecto Cajamarca-Celendín para el cobertor arriostrado.....	163
Cuadro N° 81 Flujo de caja para el proyecto Alfamayo-Quillabamba para el cobertor insuflado.....	164
Cuadro N° 82 Flujo de caja para el proyecto Alfamayo-Quillabamba para el cobertor arriostrado.....	165
Cuadro N° 83 Flujo de caja para el proyecto Ayacucho-Abancay para el cobertor insuflado.....	166
Cuadro N° 84 Flujo de caja para el proyecto Ayacucho-Abancay para el cobertor arriostrado.....	166
Cuadro N° 85 Cuadro resumen utilidad en los proyectos de acuerdo al sistema de cobertor a usar.....	167
Cuadro N° 86 Sensibilización del Margen variando las ventas y el costo directo para el cobertor Insuflado	167
Cuadro N° 87 Sensibilización del Margen variando las ventas y el costo directo para el cobertor Arriostrado	168
Cuadro N° 88 Comparación entre los sistemas de cobertores arriostrados e insuflados.....	169
Cuadro N° 89 Tiempo de retorno de la inversión del cobertor insuflado.....	171
Cuadro N° 90 Tiempo de retorno de la inversión cobertor arriostrado.....	171
Cuadro N° 91 Ahorro en tiempo en los proyectos a evaluar.....	172
Cuadro N° 92 Actividades críticas para el avance de los trabajos con el uso de cobertores	173
Cuadro N° 93 Longitudes aprovechables durante la temporada de precipitaciones en los proyectos.	174

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1	Normatividad Ambiental Peruana.....	28
Tabla N° 2	Normatividad Peruana en Aspectos Socio Culturales y Comunidad.....	29
Tabla N° 3	Requerimientos Granulométricos para la Subbase Granular.....	46
Tabla N° 4	Ensayos Especiales del Material de la Subbase Granular.....	46
Tabla N° 5	Requerimientos Granulométricos para la Base Granular.....	48
Tabla N° 6	Requerimientos Granulométricos para la Base Granular.....	48
Tabla N° 7	Requerimientos Granulométricos para la Base Granular.....	48
Tabla N° 8	Requerimientos Granulométricos para la Base Granular.....	49
Tabla N° 9	Ensayos y Frecuencias del Material de Base.....	50
Tabla N° 10	Especificaciones para Asfaltos Líquidos.....	51
Tabla N° 11	Requerimientos para agregados gruesos.....	53
Tabla N° 12	Requerimientos para agregados finos.....	53
Tabla N° 13	Gradación para Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC).....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1	Diagrama Gantt Vigente a Diciembre del 2011, Carretera Cajamarca Celendín.....	19
Figura N° 2	Aplicación de Cobertores en Obras Civiles	20
Figura N° 3	Pluviómetro usado en los proyectos viales.....	57
Figura N° 4	Pluviómetros usados por entidades estatales.....	58
Figura N° 5	Precipitación mensual acumulada en la estación Celendín.....	60
Figura N° 6	Precipitación mensual acumulada en la estación Quillabamba	61
Figura N° 7	Precipitación mensual acumulada en la estación Andahuaylas.....	62
Figura N° 8	Precipitación mensual acumulada en la estación Vilcashuaman...	63
Figura N° 9	Saturación de la subrasante en Carretera Chongoyape-Llama	64
Figura N° 10	Saturación de la Subrasante carretera Alfamayo-Quillabamba	66
Figura N° 11	Protección de las obras de arte en época de precipitaciones.....	68
Figura N° 12	Derrumbes de taludes Inestables Carretera Chongoyape-Llama ..	72
Figura N° 13	Condiciones desfavorables de trabajo, carretera Chongollape-Llama	74
Figura N° 14	Relación existente entre Productividad, Eficiencia y Efectividad ..	77
Figura N° 15	Producción semanal de la Fase P-8 en época de precipitaciones.	79
Figura N° 16	Producción Semanal de la Fase P-10 en Época de Precipitaciones.....	84
Figura N° 17	Producción Semanal de la Fase P-11B en Época de Precipitaciones.....	88
Figura N° 18	Producción Semanal de la Fase P-7 en Época de Precipitaciones Carretera Alfamayo Quillabamba	95
Figura N° 19	Producción Semanal de la Fase P-8 en Época de Precipitaciones Carretera Alfamayo Quillabamba	96
Figura N° 20	Producción semanal de la Fase P-10 en época de precipitaciones Carretera Alfamayo-Quillabamba	97
Figura N° 21	Producción semanal de la Fase P-11B en época de precipitaciones Carretera Alfamayo-Quillabamba.....	98
Figura N° 22	Producción en la Fase P-7 en época de precipitaciones, Carretera Ayacucho-Abancay.....	99
Figura N° 23	Producción en la Fase P-8 en época de precipitaciones, Carretera Ayacucho-Abancay.....	100

Figura N° 24 Producción en la Fase P-10 en época de precipitaciones, Carretera Ayacucho-Abancay.....	101
Figura N° 25 Producción en la Fase P-11B en Época de Precipitaciones, Carretera Ayacucho-Abancay.....	102
Figura N° 26 Trabajos de movimiento de tierra bajo cobertores insuflados.....	103
Figura N° 27 Trabajos en movimiento de tierra.....	104
Figura N° 28 Vista frontal del cobertor insuflado tipo mixto.....	104
Figura N° 29 Cobertor arriostrado.....	106
Figura N° 30 Formas de los sistemas de cobertores arriostrado e insuflados ..	107
Figura N° 31 Sección típica en tangente, corte cerrado.....	111
Figura N° 32 Sección típica en tangente, media ladera.....	111
Figura N° 33 Secciones típicas en tangente, relleno.....	112
Figura N° 34 Secciones típicas en curva, corte cerrado.....	112
Figura N° 35 Secciones típicas en curva, media ladera.....	112
Figura N° 36 Secciones típicas en curva, relleno.....	113
Figura N° 37 Superposición de equipos en una sección de trabajo	115
Figura N° 38 Superposición de equipos claves en el proceso de pavimentación	¡Error! Marcador no definido.
Figura N° 39 Sección típica de una cuneta triangular	119
Figura N° 40 Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica	120
Figura N° 41 Típico Talud en Relleno	121
Figura N° 42 Típico Talud en Corte.....	121
Figura N° 43 Propuesta 1 para el Drenaje Longitudinal	122
Figura N° 44 Propuesta 2 para el Drenaje Longitudinal	122
Figura N° 45 Imagen referencial del cobertor tipo insuflado, Fuente: KS&H INDUSTRIAL S.A.C.....	133
Figura N° 46 Imagen referencial de la propuesta Fuente: Cotización del cobertor arriostrado.....	134
Figura N° 47 Longitudes Trabajables con Cobertores.....	137
Figura N° 48 Frecuencia de las Longitudes Trabajables	137
Figura N° 49 Longitudes trabajables con cobertores.....	145
Figura N° 50 Frecuencia de las longitudes trabajables	145
Figura N° 51 Longitudes trabajables con cobertores.....	152
Figura N° 52 Frecuencia de las longitudes trabajables	153

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

CAO:	Calendario de Avance de Obra
CC:	Construcción civil
DME:	Depósito de material excedente
EG-2013:	Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras 2013
HH:	Horas hombre
HM:	Horas maquina
KPH:	Kilómetros por hora
ISP:	Informe Semanal de Producción
MGP:	Manual de Gestión de Proyecto (COSAPI S.A.)
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PAC:	Porcentaje de Actividades Completadas
PRI:	Periodo de retorno de la inversión
RC:	Régimen común
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
TIR:	Tasa Interna de Retorno
VAN:	Valor Actual Neto
VD:	Velocidad directriz

INTRODUCCIÓN

Los efectos de las lluvias o precipitaciones en la construcción de proyectos viales en la zona de sierra y selva del Perú, son una de las principales causas de retraso de los proyectos. Esto se ve, a su vez, reflejado en la reducción de los márgenes de utilidad en cada obra. Si se tiene en cuenta que debido a los efectos del calentamiento global, se está generando cada vez mayor variabilidad del clima es necesario buscar alternativas constructivas que levanten tales restricciones y así optimizar los tiempos de entrega con los márgenes de utilidad deseados.

El proceso de pavimentación (Extendido y compactado de la subbase y base granular, la imprimación asfáltica y la colocación y compactación de la carpeta asfáltica), es uno de los más afectados por las lluvia, y estando estas actividades, en casi la totalidad de proyectos, dentro de la ruta crítica, es necesario buscar alternativas de solución. Por ello la investigación se centrara en la evaluación del uso de cobertores en el proceso de pavimentación.

La evaluación se realizará en base a los proyectos de COSAPI S.A detallados a continuación:

- Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, Tramo Km. 52+000-Celendín
- Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo: Alfamayo-Chaullay-Quillabamba
- Carretera Ayacucho – Abancay, tramo Km. 50+000 – Km. 98+800.

Se tendrá que evaluar las características mínimas que deberán brindar los sistemas de cobertores que actualmente se tienen en el mercado Peruano siendo estos los cobertores tipo inflados (lona soportada a presión de aire) y los arriostrados (estructuras metálicas).

En base a los sistemas mencionados anteriormente, se realizará la evaluación técnica y económica para los proyectos ejecutados por COSAPI S.A, que nos dará conclusiones importantes para la aplicación o descarte del uso de cobertores en el proceso de pavimentación.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La construcción de vías de transporte parten de la necesidad social de unir los pueblos de nuestro país, en ello juega un papel fundamental el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), que tiene como misión diseñar y aplicar políticas y estrategias para integrar racionalmente al país con vías de transportes y servicios de comunicaciones, y tiene como brazo ejecutor de obras a PROVIAS NACIONAL que tiene como objetivo otorgar una infraestructura vial transitable y segura para el país, a través de la construcción, rehabilitación y mejoramiento; así como la preservación, conservación, mantenimiento y operación de la infraestructura de transporte relacionada a la Red Vial Nacional, con la finalidad de adecuarla a las exigencias del desarrollo y de la integración nacional e internacional.

Durante la ejecución de los proyectos PROVIAS NACIONAL se ve representada mediante la Supervisión que a su vez estará encargada de la revisión, supervisión, inspección, control técnico, económico y administrativo de las actividades a ejecutarse. Dentro de esos controles que se dan cabe destacar el seguimiento del Calendario de Avance de Obra (CAO) que el Contratista presentó a PROVIAS NACIONAL, este calendario será revisado de ser el caso, corregidos y/o modificados por el Contratista y el Supervisor, además de controlar la Programación y Avance de Obras a través de un Cronograma PERT-CPM y diagrama de barras con el detalle suficiente de cada una de las actividades desde el inicio hasta su conclusión, incidiendo en la Ruta Crítica, estos documentos serán presentados por la supervisión para la revisión de PROVIAS NACIONAL mensualmente.

En el CAO tanto del Expediente Técnico como el ofertado por EL CONTRATISTA consideran la temporada de lluvias como un tiempo crítico, para la realización de los trabajos. El "Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras 2013" (EG-2013), indica en cada partida sus restricciones, siendo la lluvias uno de las más importantes.

Se consideran por lo general a la temporada de lluvias de diciembre a marzo, en el mejor de los casos, sin embargo las lluvias suelen extenderse por algunas semanas más, lo que se refleja en el incremento de los costos unitarios de las

partidas, para estos casos hay herramientas legales como la Ampliación de Plazo Contractual avalados en la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento que en su artículo 200° nombra las causales de ampliaciones de plazo, una de las causales es "Atrasos y/o paralizaciones por causales no atribuibles a EL CONTRATISTA". Los efectos de las lluvias es una causal de retraso no atribuible al contratista, que además deberá de estar la actividad incluida dentro de la ruta crítica y a su vez no estar adelantado en la realización de esta actividad, es decir no todos las afectaciones serán pagadas por lo consiguiente la suma de estos, causa pérdidas considerables en todas las obras ejecutadas.

Una de las obligaciones de EL CONTRATISTA es planear y ser responsable por los métodos de trabajo y eficiencia de equipos; es allí que en esta investigación se buscara implementar nuevas tecnologías y/o métodos alternativos, aplicados al proceso de pavimentación, ya que el efecto de las lluvias es una restricción que afecta el rendimiento y la productividad y estos luego se reflejan en el no cumplimiento de los cronogramas programados y en el costo elevado de dichos procesos. En la mayoría de obras se trabaja en época de lluvias aplicando la intuición de los ingenieros para la programación de los trabajos más no métodos constructivos que permitan garantizar realizar las metas programadas. En la figura N° 1 muestra el diagrama Gantt del proyecto Carretera Cajamarca-Celendín.

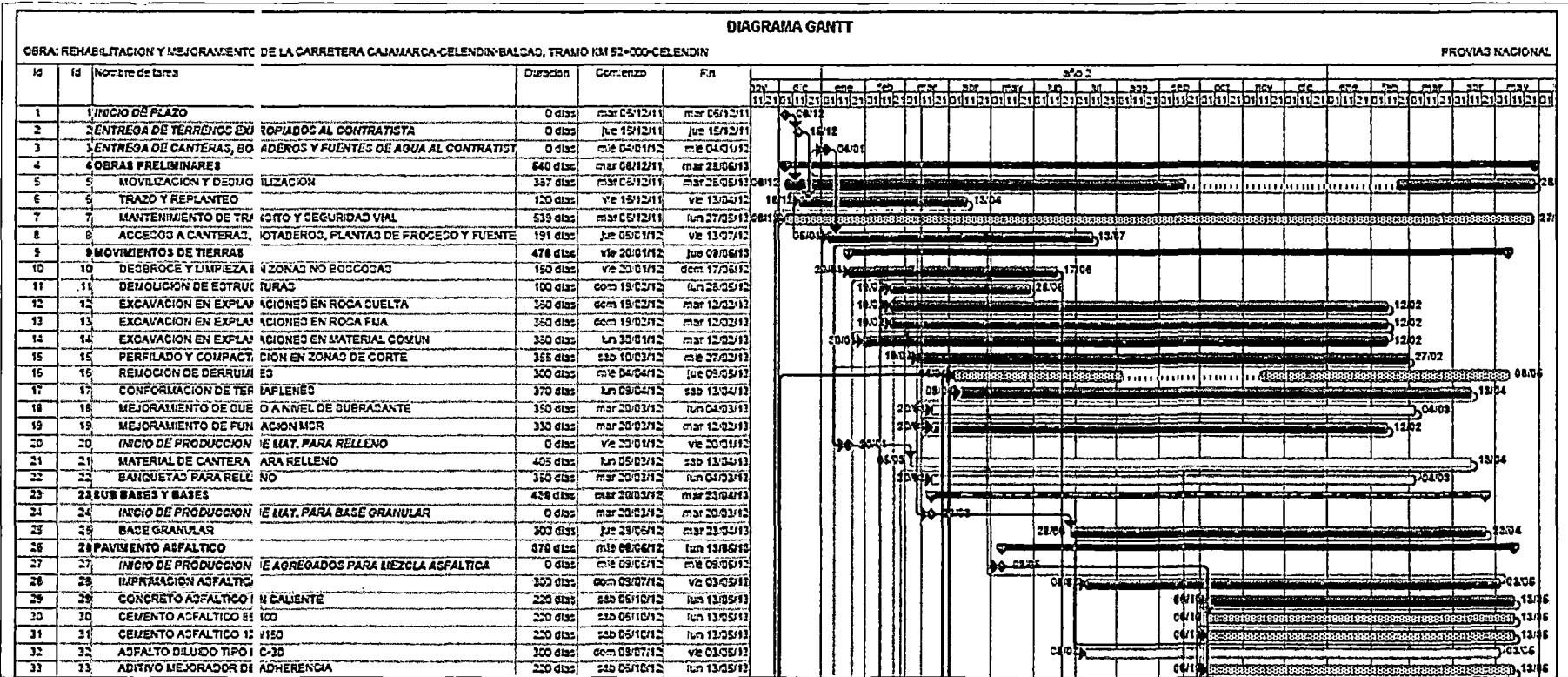


Figura N° 1 Diagrama Gantt Vigente a Diciembre del 2011, Carretera Cajamarca Celendin

En el diagrama se aprecia la ruta crítica (rojo), siendo las fases del proceso de pavimentación parte de ellas y programadas durante la temporada de precipitaciones. En la figura N°2 se muestran la aplicación de los cobertores en obras civiles.

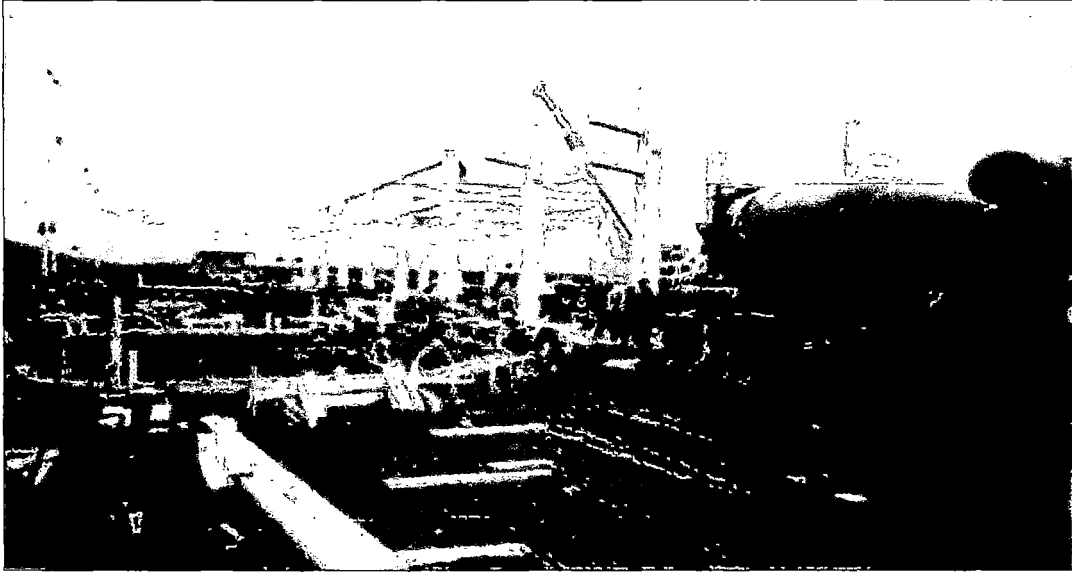


Figura N° 2 Aplicación de Cobertores en Obras Civiles

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las fases del proceso de pavimentación en época de precipitaciones presentan un descenso en sus rendimientos de avance a comparación a temporadas regulares sin precipitaciones, esta baja en la productividad se ve reflejado en el alza de los costos unitarios de cada fase, así como también en el retraso en el cumplimiento de las actividades programadas, sabiendo que las actividades de este proceso en casi la totalidad de proyectos se incluyen dentro de la ruta crítica de trabajos, eso nos lleva a retrasos en la entrega del proyecto.

El retraso de cualquier actividad que este dentro de la ruta crítica de un proyecto genera un aplazamiento en la entrega final de los proyectos que está estipulado en el contrato de obra y conlleva a penalidades por lo que muchas empresas constructoras para evitar esos riesgos hacen uso de mayores recursos y reducen sus márgenes de utilidad. Es allí donde surge una necesidad de buscar alternativas para enfrentar los trabajos de pavimentación en toda época del año minimizando las restricciones para su desarrollo.

El propósito de esta investigación es analizar los efectos negativos que producen las lluvias en los subprocesos del proceso de pavimentación, para luego plantear métodos alternativos y/o nuevas tecnologías que optimicen los trabajos, en el Cuadro N° 1, el cual también es usado en el plan de fases de los proyectos para un mejor control de los costos y productividad.

Cuadro N° 1 Fases del Proceso de Pavimentación

CÓDIGO DE FASE	SUBPROCESOS DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN
P-7	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE SUBBASE GRANULAR
P-8	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR
P-10	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA
P-11B	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

Fuente: Plan de fases en proyectos de carreteras de COSAPI.S.A.

Cada una de estas fases en época de lluvia es afectada de manera particular en el desarrollo de sus actividades. Si bien hay aspectos legales con los cuales se puede solicitar una ampliación de plazos con reconocimiento de los Gastos Generales, para ello deben de cumplir ciertos requisitos, primero que la actividad este considerada dentro de la ruta crítica del proyecto, y segundo no estar adelantado en la ejecución de la actividad, es por ello que no siempre proceden estas gestiones, por lo que los ejecutores de proyectos prefieren implementar mayores recursos para acabar el proyecto en el tiempo pactado y evitar sanciones estipuladas en los contratos.

En la presente investigación se procederá a analizar las fases del proceso de pavimentación tomando en consideración sus variables más incidentes: productividad, costos, plazos, producción y calidad. Una vez analizada las fases plantaremos métodos alternativos y/o nuevas tecnologías.

El estudio amerita ciertas limitaciones como el apoyo en el análisis de los procesos en época de lluvia por parte de especialistas. La aplicación de métodos alternativos está limitada a la aprobación de los responsables del proyecto considerando una evaluación inversión-retorno.

1.2.1 Objetivos Generales

- Evaluar el uso de cobertores en el proceso de pavimentación en época de precipitaciones, definir las consideraciones mínimas que deberán prever los sistemas de cobertores, valorar la factibilidad técnica y económica de estos en los proyectos realizados por COSAPI S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Describir como se realizan los trabajos de las fases del proceso de pavimentación en época de precipitaciones realizando un análisis de restricciones para cada fase del proceso.
- Demostrar la necesidad de implementar nuevas tecnologías en el proceso de pavimentación que en temporada de precipitaciones.
- Demostrar que el uso de cobertores nos permitirá realizar los trabajos del proceso de pavimentación en época de precipitaciones, reduciendo el tiempo de entrega del proyecto aumentando su rentabilidad.

1.3 ASPECTOS CONTRACTUALES ENTRE EL CONTRATISTA Y LA ENTIDAD

Los aspectos contractuales o legales inmersos desde la adjudicación de la obra hasta que finalice con la entrega a los entes responsables son de suma importancia, y se rige mediante la Ley de Contrataciones del Estado aprobada mediante Decreto Legislativo N°1017. Esta Ley nos da las pautas que se seguirán en toda la vida del proyecto de la cual se describirá las partes más importantes y relevantes para el tema de investigación.

1.3.1 Contrato de Obra

Es el acuerdo para crear, regular, modificar o extinguir una relación jurídica dentro de los alcances de la Ley de Contrataciones del Estado y su Reglamento

El contrato será suscrito por la Entidad, a través del funcionario competente o debidamente autorizado, y por el contratista, ya sea directamente o por medio de su apoderado, tratándose de persona natural, y tratándose de persona jurídica, a través de su representante legal.

Para suscribir el Contrato, el postor ganador de la Buena Pro deberá presentar, además de los documentos previstos en las Bases, los siguientes:

- Constancia vigente de no estar inhabilitado para contratar con el Estado.
- Garantías, salvo casos de excepción.
- Contrato de consorcio con firmas legalizadas, de ser el caso.
- Código de cuenta interbancaria (CCI).
- Traducción oficial efectuada por traductor público juramentado de todos los documentos de la propuesta presentados en idioma extranjero que fueron acompañados de traducción certificada.

El contenido de los contratos de las obras viales de inversión pública consta de los siguientes documentos:

- Expediente Técnico
- Bases Integradas (Absolución de Consultas y Observaciones)
- Propuesta Técnica y Económica de EL CONTRATISTA
- Los documentos derivados del proceso de selección que establezcan obligaciones para las partes y que hayan sido expresamente señalados en el contrato.

1.3.1.1 Expediente Técnico de Obra

El conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución, metrados, presupuesto de obra, fecha de determinación del presupuesto de obra, Valor referencial, análisis de precios, calendario de avance de obra valorizado, formulas polinómicas y, si el caso lo requiere, estudio de suelos, estudio geológico, de impacto ambiental u otros complementarios.

1.3.1.2 Bases Integradas

Las bases es el documento que contiene el conjunto de reglas formuladas por la Entidad convocante donde se especifica el objeto del proceso, las condiciones a seguir en la preparación y ejecución del contrato y los derechos y obligaciones de los participantes, postores y del futuro contratista, en el marco de la Ley y el Reglamento de la Ley de Contrataciones del Estado.

Luego las bases integradas son las reglas definitivas del proceso de selección cuyo texto contempla todas las aclaraciones y/o precisiones producto de la absolución de consultas, así como todas las modificaciones y/o correcciones derivadas de la absolución de observaciones y/o pronunciamiento del Titular de la Entidad o del OSCE; o, cuyo texto coincide con el de las bases originales en caso de no haberse presentado consultas y/u observaciones.

Contenidos mínimos de las bases de un proceso de selección son las siguientes

- Sistema de contratación (Sistema a Suma Alzada; Sistema a Precios Unitarios; Esquema mixto de suma Alzada y Precios Unitarios)
- Modalidad de ejecución (Llave en mano; Concurso oferta)

- Especificaciones del contenido de los sobres de propuesta (Propuesta técnica y Propuesta económica)
- Factores de evaluación para l contratación de obras.
- Fórmulas de reajuste
- Elevación de Observaciones

1.3.1.3 Propuesta Técnica y Económica del Contratista

La propuesta técnica presentada por el contratista consta de documentación de presentación obligatoria y facultativa, y la propuesta económica deberá contener la oferta económica y el detalle de precios unitarios cuando este sistema haya sido establecido en las bases.

1.3.2 ADICIONALES Y REDUCCIONES, AMPLIACIONES DE PLAZO.

1.3.2.1 Adicionales y Reducciones

En el caso de obras, las prestaciones adicionales pueden ser hasta por el quince por ciento (15%) del monto total del contrato original, restándole los presupuestos deductivos vinculados, entendidos como aquellos derivados de las sustituciones de obra directamente relacionadas con las prestaciones adicionales de obra, los pagos correspondientes para estos efectos los aprobara la Entidad.

En el supuesto de que resulte indispensable la realización de prestaciones adicionales de obra por deficiencias del Expediente Técnico o situaciones imprevisibles posteriores a la suscripción del contrato, mayores al quince por ciento (15%) y hasta un máximo del cincuenta por ciento (50%) del monto original del contrato, tendrá que no solo ser la entidad sino que deberá ser aprobado por la Contraloría General de la Republica

1.3.2.2 Ampliación de Plazo Contractual

Procede la ampliación de plazo en los siguientes casos

- Cuando se aprueba el adicional, siempre y cuando afecte el plazo. En este caso, el contratista ampliara el plazo de las garantías que hubiere otorgado.
- Por atrasos o paralizaciones no imputables al contratista.
- Por atrasos o paralizaciones en el cumplimiento de la prestación del contratista por culpa de la Entidad; y,
- Por caso fortuito o fuerza mayor.

El contratista deberá solicitar la ampliación dentro de los siete (7) días hábiles siguientes a la notificación de la aprobación del adicional o de finalizado el hecho generador del atraso o paralización. La entidad debe resolver sobre dicha solicitud y notificar su decisión al contratista en el plazo de diez (10) días hábiles, desde el día siguiente de su prestación. De no existir pronunciamiento expreso, se tendrá por aprobada la solicitud del contratista bajo responsabilidad del Titular de la Entidad.

La ampliación de plazo obligara al contratista a presentar al inspector o supervisor un calendario de avance de obra valorizada actualizada y la programación PERTCPM correspondiente, considerando para ello solo las partidas que se han visto afectadas y en armonía con la ampliación de plazo concedida.

Las ampliaciones de plazo en los contratos de obra darán lugar al pago de mayores gastos generales variables iguales al número de días correspondientes a la ampliación multiplicados por el gasto general variable diario, salvo en los casos de prestaciones adicionales de obra

1.3.3 Incumplimiento de Plazos y Penalidades

Durante la ejecución de la obra, el contratista está obligado a cumplir los avances parciales establecidos en el calendario de avance de obra vigente. En caso de retraso injustificado, cuando el monto de la valorización acumulada ejecutada a una fecha determinada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto de la valorización acumulada programada a dicha fecha, el inspector o supervisor ordenara al contratista que presente dentro de los siete (7) días siguientes, un nuevo calendario que contemple la aceleración de los trabajos de modo que garantice el cumplimiento de la obra dentro del plazo previsto anotando tal hecho en el cuaderno de obra.

La falta de presentación de este calendario dentro del plazo señalado en el párrafo precedente podrá ser causal para que opere la intervención económica de la obra o la resolución del contrato. El nuevo calendario no exime al contratista de la responsabilidad por demoras injustificadas, ni es aplicable para el cálculo y control de reajustes.

Cuando el monto de la valorización acumulada sea menor al ochenta por ciento (80%) del monto acumulado programado del nuevo calendario, el inspector o el supervisor anotara el hecho en el cuaderno de obra e informara a la Entidad. Dicho

retraso podrá ser considerado como causal de resolución del contrato o de intervención económica de la obra, no siendo necesario apercibimiento alguno al contratista de obra.

Penalidad por mora en la ejecución de la prestación, en caso de retraso injustificado en la ejecución de las prestaciones objeto del contrato, la Entidad le aplicara al contratista una penalidad por cada día de atraso, hasta por un monto máximo equivalente al diez por ciento (10%) del monto del contrato vigente o, de ser el caso, del ítem que debió ejecutarse. Esta penalidad será deducida de los pagos a cuenta, del pago final o en la liquidación final; o si fuese necesario se cobrara del monto resultante de la ejecución de las garantías de fiel cumplimiento o por el monto diferencial de propuesta.

En todos los casos, la penalidad se aplicara automáticamente y se calculara de acuerdo con la siguiente formula:

$$\text{Penalidad diaria} = \frac{0.10 \times \text{Monto}}{F \times \text{Plazo en días}}$$

Donde F tendrá los siguientes valores

- a) Para plazos menores o iguales a sesenta (60) días, para bienes, servicios y ejecución de obras: $F=0.40$
- b) Para plazos mayores a sesenta (60) días:
 - b.1) Para bienes y servicios: $F=0.25$
 - b.2) Para Obras: $F=0.15$

Cuando se llegue a cubrir el monto máximo de la penalidad, la Entidad podrá resolver el contrato por incumplimiento. Para efectos del cálculo de la penalidad diaria se considerara el monto del contrato vigente.

En las bases se podrán establecer penalidades distintas a la mencionada en el artículo precedente, siempre y cuando sean objetivas, razonables y congruentes con el objeto de la convocatoria, hasta por un monto máximo equivalente al diez por ciento (10%) del monto del contrato vigente o, de ser el caso, del ítem que debió ejecutarse. Estas penalidades se calcularan de forma independiente a la penalidad por mora.

Causales de resolución del contrato por incumplimiento

La entidad podrá resolver el contrato de conformidad con el inciso c) del artículo 40° de la Ley de Contrataciones del Estado en que el contratista

- Incumpla injustificadamente obligaciones contractuales, legales o reglamentarias a su cargo, pese a haber sido requerido para ello.
- Haya llegado a acumular el monto máximo de la penalidad por mora o el monto máximo para otras penalidades, en la ejecución de la prestación a su cargo; o
- Paralice o reduzca injustificadamente la ejecución de la prestación, pese a haber sido requerida para corregir la situación.

1.4 MEDIO AMBIENTE Y ASPECTOS SOCIO CULTURALES

El medio ambiente es un amplio espectro que involucra tanto a la ecología, como a los aspectos sociales, culturales y económicos que se desarrollan en un área determinada. Todo proyecto de carreteras desde el planeamiento y durante la ejecución se deberá garantizar la sostenibilidad ambiental, procurando evitar impactos negativos que pueden producirse en el desarrollo de obras de infraestructura.

1.4.1 Medio Ambiente

Los impactos ambientales que se presentan durante la construcción de carreteras, sobre los diferentes componentes de su entorno, lo que han sido identificados en diferentes proyectos de carreteras en todo el mundo, entre los impactos pueden citarse entre los efectos directos sobre el medio físico lo siguiente:

- La desestabilización de los taludes naturales.
- Interrupciones de los drenajes (quebradas, ríos).

Sobre el medio biótico, debido al cruce por zonas boscosas, tala de vegetación y ahuyentamiento de la fauna, como efectos directos y en la alteración de los ecosistemas por efectos inducidos, como la colonización de áreas selváticas, con todas las implicaciones sobre la flora y fauna regionales, como el tráfico ilegal de especies, muchas de ellas en peligro de extinción.

En el Perú existe normatividad que se deberá cumplir en todo proyecto de infraestructura, en la tabla N° 1 describe las reglamentaciones ambientales reconocidas por el Estado.

Tabla N° 1 Normatividad Ambiental Peruana

Numero	Descripción	Fecha de Publicación
D.S. N°012-2009-MINAM	Política Nacional del Ambiente	23 MAY.2009
Ley N° 28611 D. L. N° 1055	Ley General del Ambiente que modifica la Ley N° 28611	15 OCT.2005 27 JUN.2008
Ley N° 28245 D.S. N° 08-2005-PCM	Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental Reglamento	04 JUN.2004 28 ENE.2005
D. L. N° 1078 que modifica la Ley N° 27446	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	28 JUN.2008
D. S. N° 019-2009-MINAM	Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental	25 SET.2009
Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídricos	31 MAR.2009
D.S. N° 001-2010-AG	Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos	24 MAR.2010
D.S. N° 002-2009-MINAM	Reglamento sobre Transparencia acceso a la información pública ambiental y participación y consulta ciudadana en asuntos ambientales	17 ENE.2009
D. L. N° 1065 modifica Ley N° 27314	Modifica Ley General de Residuos Sólidos	28 JUN.2008
Ley N° 29785	Ley del Derecho a la Consulta Previa a los Pueblos Indígenas u Originarios, reconocidos en el Convenio 169 de la OIT	6 SET.2011
D.S. N° 001-2012-MC	Reglamento de la Ley N° 29785	2 ABR.2012

Fuente: EG-2013, Tabla 02-02

1.4.2 Aspectos Socio Culturales y Comunidad

Los componentes socioeconómicos y culturales son temas de suma importancia que si no son manejados adecuadamente causan pérdidas en los proyectos, a su vez las zonas de importancia arqueológica y la presencia de los campamentos con gran cantidad de obreros, podrían generar algún tipo de desajustes sociales. Por esto es de suma importancia facilitar la relación entre trabajadores de la empresa contratista y las comunidades o localidades, para así se genere un clima de estabilidad y para ambas partes, las recomendaciones para cumplir con todo ello son las siguientes:

- Establecer una relación cordial con cada una de las comunidades beneficiarias por el proyecto de la construcción de la carretera, respetando sus creencias, valores y costumbres de los pobladores.

- Mantener una relación continua y directa, basada en información veraz y oportuna con las autoridades de cada comunidad beneficiaria por el proyecto de la construcción de la carretera.
- Prevenir y resolver conflictos entre la empresa contratista y pobladores de las diferentes comunidades beneficiarias por la carretera.

En el manual EG-2013 proporciona los documentos legales el tema de comunidad habiendo una reglamentación vigente, en la tabla N° 2 se describen dichos documentos.

Tabla N° 2 Normatividad Peruana en Aspectos Socio Culturales y Comunidad

Numero	Déscripción	Fecha de Publicación
Art. 21 Patrimonio Cultural de la Nación	Constitución Política del Perú	1993
Ley N.º 27972	Ley Orgánica de Municipalidades	27 MAY.2003
Ley N.º 27616	Ley que restituye recursos a los gobiernos Municipales	29 DIC.2001
Ley N° 27867	Ley Orgánica de Gobiernos Regionales	26 JUN.2007
Ley N.º 29313 que modifica la Ley N.º 26300	Ley de los Derechos de Participación y Control Ciudadanos	07 ENE.2009
D.S. N° 002-2009-MINAM	Reglamento sobre Transparencia Acceso a la Información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales	16 ENE.2009
Ley N.º 27580	Ley que dispone medidas de protección que debe aplicar el Instituto Nacional de Cultura para la ejecución de obras en bienes culturales inmuebles	06 DIC.2001
D.L. N.º 696	Ley de Promoción de la Inversión Privada en Acciones de Renovación Urbana	1991
D.S. N.º 11-95-MTC	Reglamento del Decreto Legislativo N° 696.	1995
Ley N° 27181	Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre	1995

Tabla N° 3 Normatividad Peruana en Aspectos Socio Culturales y Comunidad

Numero	Descripción	Fecha de Publicación
Ley N° 27752	Ley que modifica Art. 82 del Código Procesal Civil sobre Patrocinio de Intereses Difusos	08 JUN.2002
Ley N° 27444 art.34 Procedimiento de Evaluación Previa con silencio negativo , cuando la solicitud versa sobre asuntos de interés público (..) la defensa nacional y el patrimonio histórico cultural de la Nación.	Ley de Procedimiento Administrativo General	ABR.2001
Ley N.° 29060 Primera Disposición Transitoria Complementaria y Final	Ley del Silencio Administrativo	07 JUL.2007
D.S. N° 010-09-VIVIENDA Norma G.050 Seguridad durante la Construcción	Actualización del Reglamento Nacional de Edificaciones	09 MAY.2009
Ley N.° 27117	Ley General de Expropiaciones	1999
Ley N.° 27628	Ley que facilita la ejecución de obras públicas viales	09 ENE.2002
Ley N.° 29171	Ley que establece medidas para agilizar el procedimiento de expropiación de los inmuebles afectados por la ejecución de obras públicas de infraestructura de gran envergadura	22 DIC.2007
Ley N.° 26512	Ley de Saneamiento de Inmuebles del Estado	27 JUL.1995
R.M. N° 631-2007-VIVIENDA	Que precisa que la Dirección Nacional de Construcción será el órgano responsable de llevar a cabo las tasaciones	12 DIC.2007
R.M. N° 126-2008-VIVIENDA	Reglamento Nacional de Tasaciones del Perú	13 MAY.2007
D.L. N.° 1089	Que regula el régimen temporal extraordinario de formalización y Titulación de Predios Rurales (que no es aplicable para el caso de los pueblos indígenas)	28 JUN.2008
D.S. N° 032-2008-VIVIENDA	Reglamento del D. L. N.° 1089	14 DIC.2008

Fuente: EG-2013, Tabla 02-06

CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 PROCESOS EN LOS PROYECTOS DE CARRETERAS

Los metrados, costos y presupuestos de un proyecto vial tanto en estudios en la fase de pre inversión y definitivos, como los expedientes técnicos y demás documentación técnica y contractual se rigen en base a las partidas y sub partidas definidas por MTC en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte, en el cuadro N° 2 se describen las partidas generales de un proyecto.

Cuadro N° 2 Partidas en un Proyecto Vial

CÓDIGO	NOMBRE DE LA PARTIDA
100.00	Trabajos Preliminares
200.00	Movimiento de Tierras
300.00	Afirmados
400.00	Pavimentos
500.00	Drenaje
600.00	Obras complementarias
700.00	Transporte
800.00	Señalización y Seguridad Vial
900.00	Protección Ambiental

Fuente: Manual "EG-2013"

En los proyectos de construcción de carreteras realizados por COSAPI S.A y sus consorcios se ejecutan de acuerdo a su "Manual de Gestión de Proyectos" (MGP). El área de planeamiento es el encargado del análisis de desempeño del proyecto, y tiene por finalidad detectar problemas y sugerir medidas preventivas antes de que ocurra algún retraso, e identificar las causas que generaron los retrasos para evitar repetirlos recomendando medidas correctivas; para el análisis del desempeño se emplean reportes tales como:

- Porcentaje de Actividades Completadas (PAC): mide la confiabilidad de la planificación.
- Indicador Semanal de producción (ISP): Para identificar el estado de la programación con respecto a lo planificado.
- Causas de No Cumplimiento: Referidas a la planificación.

Fases¹

Se denominan así a la agrupación de Partidas o actividades afines para su seguimiento y control; que se utilizan para preparar los informes de Control de Proyectos.

Proceso²

Se define como proceso a la agrupación de fases

El plan de fases se desglosa de documentos de control internos como el ISP (Informe semanal de Producción) y el PAC (Porcentaje de Actividades Cumplidas).

El plan de fases de los proyectos viales de la empresa COSAPI S.A. y consorcios se muestran en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 3 Plan de Fases de un Proyecto Vial de COSAPI S.A.

PROCESO	FASE/DESCRIPCIÓN	PARTIDA GENERICA
INDIRECTOS	CAMPAMENTO Y GASTOS GÉNERALES	
	Construcción y Mantenimiento de Campamento (Inc. traslado de camp, habilitación, equipamiento)	INDIRECTOS
	GERENCIA / ADMINISTRACION / OFICINA TECNICA	
	Supervisión	INDIRECTOS
	Área de Administración	INDIRECTOS
	Área de Laboratorio y Control de Calidad	INDIRECTOS
	Área de Oficina Técnica	INDIRECTOS
	SEGURIDAD Y OTROS	
	Área de Seguridad (incluye Vigilancia)	INDIRECTOS
	OTROS	
	Suministro a Terceros	INDIRECTOS
OBRAS PRELIMINARES	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN, MONTAJE Y DESMONTAJE DE PLANTAS INDUSTRIALES	
	Movilización y desmovilización de Equipos, Instalación de planta chancadora primaria-secundaria, Instalación de chancadora terciaria, Instalación de planta de asfalto, Instalación de zaranda de gravedad e Instalación de planta de concreto	OBRAS PRELIMINARES
	MANTENIMIENTO DE TRÁNSITO Y SEG. VIAL	
	Mantenimiento de vías	OBRAS PRELIMINARES
	Acceso a canteras, DMES, desvíos (Incluye desvíos de pontones)	OBRAS PRELIMINARES

¹ Manual de Gestión de Proyectos de COSAPI S.A

² Manual de Gestión de Proyectos de COSAPI S.A

PROCESO	FASE/DESCRIPCIÓN	PARTIDA GENERICA
OBRAS PRELIMINARES	TRAZO Y REPLANTEO	
	Trazo y replanteo	OBRAS PRELIMINARES
EXPLANACIONES	CORTE EN MATERIAL SUELTO, ROCA SUELTA Y ROCA FIJA	
	Desbroce y Limpieza , Corte en material suelto (MS), Corte en Roca Suelta (RS) y Remoción de Derrumbes	EXPLANACIONES
	Corte roca fija (RF)	EXPLANACIONES
	PERFILADO Y CONFORMACION PARA EXPLANACIONES, MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE Y BANQUETAS	
	Mejoramiento de subrasante, mejoramiento fundación MSR (Incluye excavación). Perfilado y Conformación de Terraplenes y Banquetas para relleno	EXPLANACIONES
	Perfilado y Conformación de Terraplenes y Banquetas para relleno	EXPLANACIONES
PAVIMENTOS	COLOCACIÓN SUBBASE GRANULAR	
	Extendido y compactado de la subbase granular	SUBBASE
	COLOCACIÓN BASE GRANULAR	
	Extendido y compactado de la base granular	BASE
	IMPRIMACIÓN ASFALTICA	
	Imprimación Asfáltica	PAVIMENTOS
	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO	
	Preparación de Mezcla Asfáltica	PAVIMENTOS
	Colocación y Compactación de Mezcla asfáltica	PAVIMENTOS
	MATERIALES PARA IMPRIMACION Y ASFALTO	
Cemento Asfáltico PEN 85/100 y PEN 120/150, Asfalto diluido MC-30, Filler mineral, Aditivo mejorador de adherencia	PAVIMENTOS	
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	
	Excavación alcantarillas TMC, marco, muro, badén, gavión, enrocado, pontón, Demolición de estructuras existentes, Eliminación Alcantarillas TMC existentes, Encauzamiento para alcantarillas	OBRAS DE ARTE
	RELLENO PARA ESTRUCTURAS	
	Relleno alcantarillas TMC, marco, badén, muros, pontón	OBRAS DE ARTE
	SUB DRENES	
Sub drenes, colector drenaje tipo I (Excavación, Relleno, Geotextil, Filtro drenante, Tubería PVC)	OBRAS DE ARTE	

PROCESO	FASE/DESCRIPCIÓN	PARTIDA GENERICA
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	CUNETAS REVESTIDAS Y CUNETAS DE CORONACION	
	Cuneta triangular, cuneta rectangular con tapa, cuneta-canal trapezoidal revestido y cuneta de coronación, Zanjas revestidas y Zanjas de coronación, Canal Trapezoidal revestido H=0.30m y Canal Rectangular revestido H=0.30 m y 0.60m (inc. Excavación, Relleno, Colocación concreto, Encofrado)	OBRAS DE ARTE
	Encofrado y desencofrado alcantarillas TMC, Alcantarillas Marco, muros, badenes, bordillos, sardineles, pontón y falso puente	OBRAS DE ARTE
	CONCRETO	
	Preparación de concreto	OBRAS DE ARTE
	Transporte de concreto	OBRAS DE ARTE
	Colocación de concreto en estructuras de Obras de Arte y Pontón	OBRAS DE ARTE
	Transporte de agregados para concreto, transporte de piedra mediana y grande	OBRAS DE ARTE
	Transporte de concreto y Transporte de agregados para concreto, transporte de piedra mediana y grande	OBRAS DE ARTE
	ACERO DE REFUERZO	
	Habilitación y colocación de acero en Obras de Arte y Pontón	OBRAS DE ARTE
	ALCANTARILLAS TMC	
	Suministro y colocación de alcantarilla D=0.90 m, D=1.20m y Alcantarillas abovedadas	OBRAS DE ARTE
	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MATERIALES DE OBRAS DE ARTE	
	Gaviones tipo caja y tipo colchón	OBRAS DE ARTE
	Elemento muro suelo reforzado	OBRAS DE ARTE
	OTROS TRABAJOS DE OBRAS DE ARTE	
	Emboquillado de piedra e= 0.20 m	OBRAS DE ARTE
	Tubería HDPE corrugada de 4", 6", 18"y 24" para muros	OBRAS DE ARTE
	Veredas, sardineles, pases peatonales y pases vehiculares, Buzones (inc. Excavación, Perforación, Colocación de concreto, Encofrado)	OBRAS DE ARTE
Varios (geotextil tipo 1-2, geomallas, junta badenes, junta muros, barandas)	OBRAS DE ARTE	
Pedraplenes	OBRAS DE ARTE	
SEÑALIZACIÓN	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	
	Postes, señales, pintura, gibas y guardavías	SEÑALIZACIÓN

PROCESO	FASE/DESCRIPCIÓN	PARTIDA GENERICA
TRANSPORTE	TRANSPORTE MATERIAL DE RELLENO Y GRANULAR DE CANTERA	
	Transporte material granular para explanaciones, obras de arte y puentes, para pavimentos. También incluye transporte de roca.	TRANSPORTE
	Transporte de material de la cantera a la planta	TRANSPORTE
	Transporte material granular para explanaciones, obras de arte y puentes, para pavimentos. También incluye transporte de roca y Transporte de material de la cantera a la planta	TRANSPORTE
	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	
	Transporte de asfalto	TRANSPORTE
	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE	
	Transporte para eliminación de material excedente para explanaciones, obras de arte y derrumbes	TRANSPORTE
MEDIO AMBIENTE	READECUACION DE CANTERAS Y ACONDICIONAMIENTO DE BOTADERO	
	Readecuación de canteras y Conformación de botaderos	PROTECCIÓN AMBIENTAL
	PROTECCION AMBIENTAL	
	Mitigación de impacto ambiental, Reposición de tuberías PVC agua SP Clase 10, Monitoreo Ambiental	PROTECCION AMBIENTAL
CANTERAS	EXPLOTACIÓN DE CANTERAS	
	Extracción de Material para Base y Agregados (Incluye Desbroce y limpieza de áreas p/extracción), perforación y voladura, selección y transporte interno	CANTERAS
	Zarandeo de material para relleno	CANTERAS
	Selección de piedra mediana y grande	CANTERAS
	Procesamiento material base granular	CHANCADORA
	Procesamiento de agregado para concreto	CHANCADORA ZARANDA
	Procesamiento de agregado para asfalto	CHANCADORA ZARANDA
	Procesamiento de agregado para filtro	ZARANDA

Fuente: Plan de fases del proyecto Carretera Cajamarca-Celendín Balsas.

2.2 DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA DE LAS FASES DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN

El proceso de pavimentación de acuerdo al plan de fases desarrollado por COSAPI S.A. viene dada por la agrupación de las siguientes fases: a) extendido y compactado de la subbase granular, b) extendido y compactado de la base



granular, c) imprimación de la base granular, y d) colocación y compactado de la carpeta asfáltica.



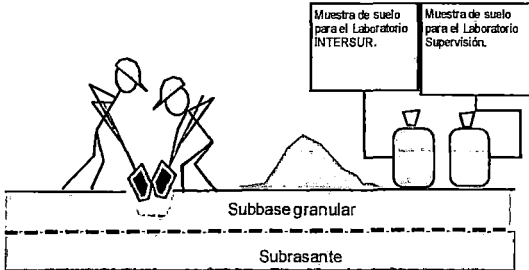


El desarrollo de cada una de estas actividades da como resultado las partes del pavimento flexible que según diseño se definen en subbase, base y carpeta asfáltica, es importante conocer el desarrollo operacional de la actividad es por ello que se procederá a describir cada una de ellas.


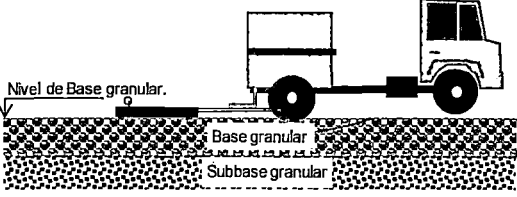
2.2.1 Extendido y Compactado de la Subbase Granular.

El proceso constructivo de esta fase se realiza de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, y consiste en la construcción de una capa de material granular que puede ser obtenida de forma natural o procesada. Todo esto es descrito en el cuadro N°4.

Cuadro N° 4 Descripción Constructiva de la Subbase Granular

<i>Actividades en el Extendido y Compactado de la Subbase Granular</i>	<i>Descripción Grafica</i>
<p>1.- Estacar y acotar con topografía nivel de subbase granular.</p>	
<p>2.- Transporte de material zarandeado de cantera para conformación de subbase y acopiar sobre la subrasante aprobada en cordón de sección uniforme.</p>	

<p>3.- Mezclar, extender, homogeneizar el material zarandeado en una capa de espesor uniforme.</p>	
<p>4.- Riego con camión cisterna, para obtener la humedad apropiada u óptima.</p>	
<p>5.- Obtener muestra de material granular de subrasante para verificar la calidad del producto terminado. Según las especificaciones técnicas del proyecto.</p>	
<p>6.- Compactación con rodillo liso vibratorio, para obtener el 100% M.D.S sobre la capa subbase granular.</p>	
<p>7.- Control topográfico de la subbase terminada. Tolerancia < 10mm.</p>	


<p>8.- Control de compactación, mínimo 100% de la Máxima Densidad Seca sobre la subbase, efectuando la corrección por partículas de agregado grueso.</p>	
<p>9.- Control deflectométrico para evaluar deflexiones máximas, sobre la subbase terminada, cada 25m alternados.</p>	

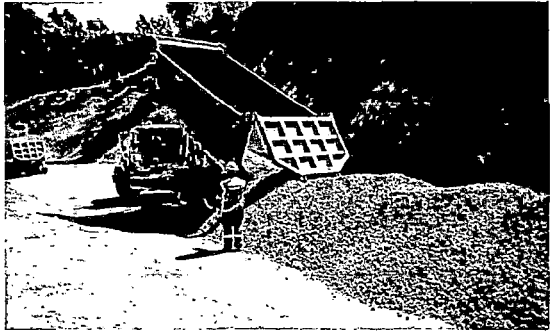
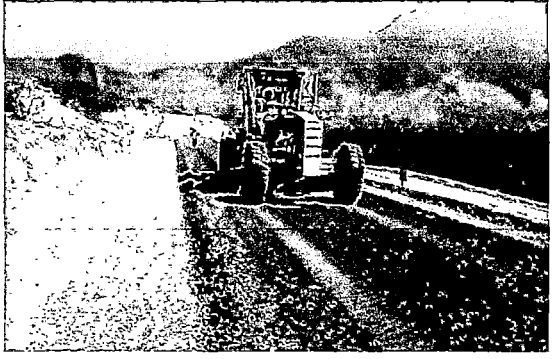

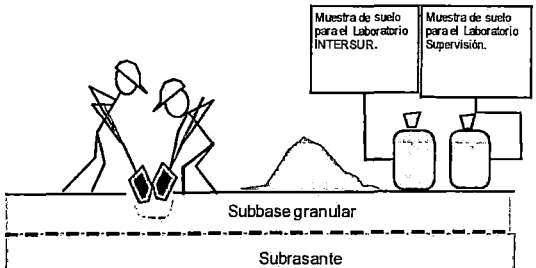
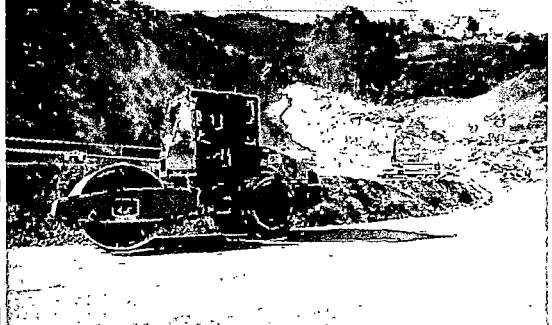
Fuente: Elaboración Propia



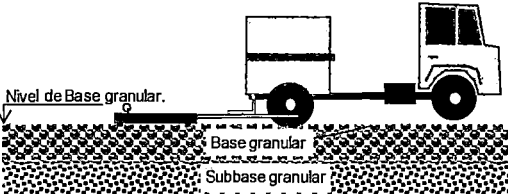
2.2.2 Extendido y Compactado de la Base Granular.

Esta actividad consiste en la construcción de una capa de material granular que puede ser obtenida de manera natural o procesados, se coloca sobre la subbase ya aprobada, incluye el suministro el suministro, transporte, colocación y compactación de material de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicadas en los planos, Todo esto es descrito en el cuadro N°5.

Cuadro N° 5 Descripción Constructiva de la Base Granular

<p><i>Actividades en el Extendido y Compactado de la Base Granular</i></p>	<p><i>Descripción Grafica</i></p>
<p>1.- Estacar y acotar con topografía nivel de subbase granular.</p>	

<p>2.- Transporte de material chancado de cantera para conformación de base y acopiar sobre la subbase aprobada en cordón de sección uniforme.</p>	
<p>3.- Mezclar, extender, homogeneizar el material zarandeado en una capa de espesor uniforme.</p>	
<p>4.- Riego con camión cisterna, para obtener la humedad apropiada u óptima.</p>	
<p>5.- Obtener muestra de material granular de subrasante para verificar la calidad del producto terminado. Según las especificaciones técnicas del proyecto</p>	 <p>Muestra de suelo para el Laboratorio INTERSUR.</p> <p>Muestra de suelo para el Laboratorio Supervisión.</p> <p>Subbase granular</p> <p>Subrasante</p>
<p>6.- Compactación con rodillo liso vibratorio, para obtener el 100% Máxima Densidad Seca sobre la capa de base granular.</p>	





<p>7.- Control topográfico de la subbase terminada. Tolerancia < 10mm.</p>	
<p>8.- Control de compactación, mínimo 100% de la Máxima Densidad Seca sobre la base granular, efectuando la corrección por partículas de agregado grueso, también la humedad no debe variar en +/- 1.5% del O.C.H.</p>	
<p>9.- Control deflectométrico para evaluar deflexiones máximas, sobre la base granular terminada, cada 25m alternados.</p>	

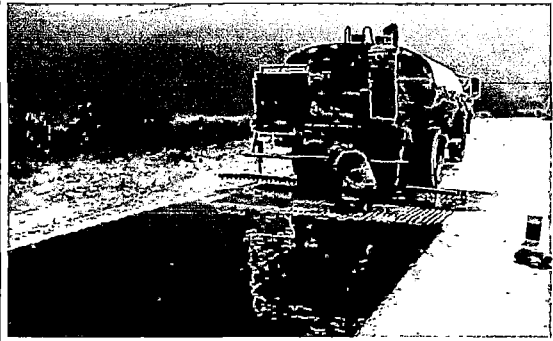


Fuente: Elaboración Propia.

2.2.3 Imprimación de la Base Granular.

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base granular debidamente aprobada, con la finalidad de recibir una capa de pavimento asfáltico, y evitar la disgregación de la base construida, en el cuadro N°6 se describe el proceso constructivo de la Base Granular.

Cuadro N° 6 Proceso Operacional para la Imprimación Asfáltica

<p><i>Actividades en la Imprimación Asfáltica de la Base Granular</i></p>	<p><i>Descripción Grafica</i></p>
<p>1.- <i>Autorización por la Supervisión para el inicio de etapa constructiva, verificar la superficie de base granular esté limpia, seca y de textura abierta.</i></p>	
<p>2.- <i>Limpiar la superficie de base granular con barredora mecánica.</i></p>	
<p>3.- <i>Ejecutar limpieza de la superficie de base granular con soplete mecánico.</i></p>	
<p>4.- <i>Colocar bandejas espaciadas uniformemente; para el cálculo de tasa de imprimación. Verificar la temperatura del material bituminoso. Considerar la temperatura del medio ambiente en las especificaciones técnicas.</i></p>	

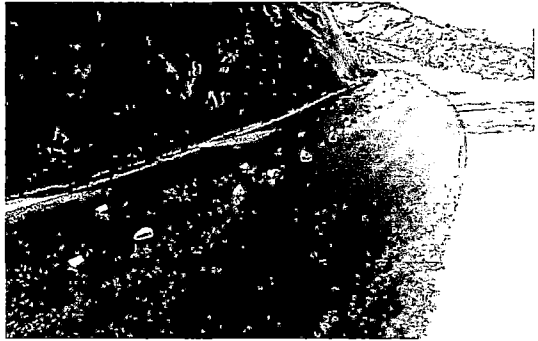
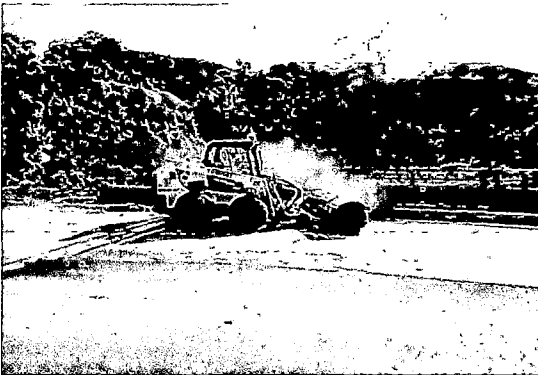
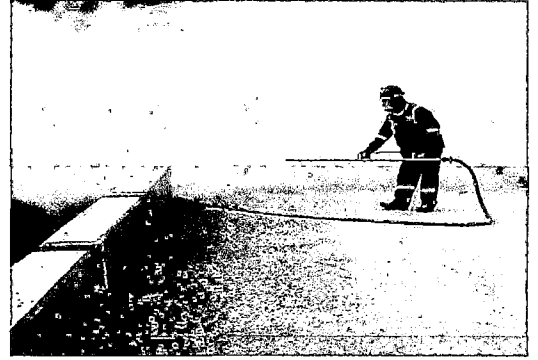

<p>5.- Iniciar trabajos de imprimación: controlar la velocidad del camión termo tanque; verificar los orificios de la barra, estarán libres para lograr una uniforme distribución del MC-30.</p>	
<p>6.- Calcular tasa de imprimación; el valor estará en función a trabajos preliminares de pruebas en pista.</p>	
<p>7.- Verificar y aprobar el espesor de penetración del asfalto diluido sobre la superficie de base granular, $e > 7\text{mm}$.</p>	

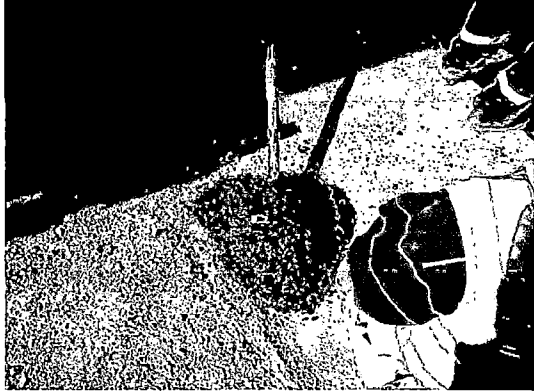



Fuente: Elaboración Propia.

2.2.4 Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica.

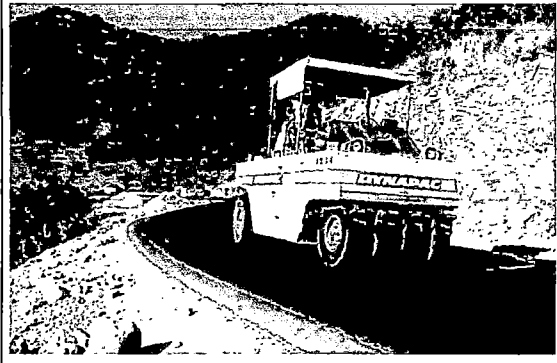
Previo a la colocación de la carpeta asfáltica, la supervisión deberá haber aprobado la imprimación y comprobar el espesor de la penetración del material bituminoso, una vez aprobada se procede a limpiar el arenado de la base imprimada primero con ayuda de la barredora y luego para poder limpiar las impurezas restantes se procede a usar la compresora de aire. Todo esto descrito en el cuadro N°7.

Cuadro N° 7 Descripción Constructiva de la Carpeta Asfáltica.

<p><i>Actividades de la Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica</i></p>	<p><i>Descripción Grafica</i></p>
<p>1.- <i>Previo al inicio de la colocación de la carpeta asfáltica se verificará el espesor de penetración en el imprimado.</i></p>	
<p>2.- <i>Limpeza, remoción del arenado, o material suelto con barredora mecánica, sobre la base imprimada.</i></p>	
<p>3.- <i>Limpiar con compresora de aire las concentraciones de material fino, residuos de agua o materiales sueltos.</i></p>	
<p>4.- <i>Solo se aplicara el riego de liga en las siguientes condiciones:</i></p> <p>a) <i>Sobre superficies bituminosas o de concreto hidráulico</i></p> <p>b) <i>Cuando exista desgaste, peladura, bacheo, en las áreas afectadas de base granular imprimada.</i></p>	

<p>5.- Control de la mezcla asfáltica para verificar la calidad del producto: Los ensayos de control: Temperatura de bacheo, % de cemento asfáltico, granulometría de faja, Densidad Máxima (RICE), Peso Unitario de briqueta, estabilidad retenida, UCL, LOTTOMAN.</p>	
<p>6.- La mezcla se extenderá con la maquina pavimentadora, de modo que se cumplan los alineamientos, anchos y espesores señalados en los planos. La colocación de la mezcla se realizara con la mayor continuidad posible, verificando que la pavimentadora deje la superficie a las cotas previstas</p>	
<p>7.- Verificar el espesor de la capa asfáltica, asimismo no deberá exceder el espesor especificado en el diseño.</p> <p>Verificar la temperatura de la mezcla asfáltica para el inicio de la compactación, con el ingreso del rodillo tándem.</p>	
<p>8.- La compactación se autorizara cuando la temperatura de la mezcla asfáltica in situ sea mayor a 140°C, se inicia la compactación del pavimento asfaltico con el rodillo liso.</p>	

9.- Compactación del pavimento asfáltico de la MAC con rodillo neumático.



Fuente: Elaboración Propia.

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES Y ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS EN EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN.

Las especificaciones técnicas tienen como fin uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a obras de infraestructura vial, y así poder obtener mejores índices de calidad de las obras, estas especificaciones técnicas se encuentran dentro del Manual de "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013" que forman parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el reglamento Nacional de Gestión de infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC, y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo y cumplimiento de carácter obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial en los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

2.3.1 De la Subbase Granular

El Manual de "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción" nos da parámetros en cuanto a la calidad de los materiales que se usaran en la construcción de esta capa granular.

El material a usar deberá cumplir con los requisitos granulométricos según sea el caso especificado en la tabla N° 3, extraída del Manual EG-2013.

Tabla N° 4 Requerimientos Granulométricos para la Subbase Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9,5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG-2013, Tabla 402-01

(1) La curva de gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm.

A su vez el material también deberá cumplir con los requisitos de calidad indicados en la tabla N° 4.

Tabla N° 5 Ensayos Especiales del Material de la Subbase Granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx.	50 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx.	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	6% máx.	4% máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín.	35% mín.
Sales Solubles	MTC E 219	--	--	1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas	--	D 4791	--	20% máx.	20% máx.

Fuente: EG-2013, Tabla 402-02

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" (2.5mm)

(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

La calidad del trabajo terminado de la subbase granular está dado por los controles y criterios de aceptación siendo estos: a) Controles; b) Calidad de los Materiales; y c) Calidad del trabajo terminado.

a) Controles

Los controles que debe de seguir la supervisión durante la ejecución de los trabajos se harán de acuerdo a la subsección 400.07(a) del Manual de EG-2013, entre los más destacados tenemos comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos; verificar la densidad de las capas compactadas; y tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles.

b) Calidad de los Materiales

El material de la subbase deberá ser evaluado y para cualquier volumen previsto se tomaran 4 muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la tabla N°4, nunca aceptando un material contaminado con tierra vegetal, material orgánico o granulometría superiores al máximo especificado en la tabla N°3.

c) Calidad del trabajo terminado

La superficie de la subbase terminada deberá ser uniforme y deberán aplicar los controles y criterios de la subsección 301.10 (c.) del Manual de EG-2013. La cota en cualquier punto de la subbase granular conformada y compactada no debe variar en más de 1 cm para arriba o abajo con respecto a la cota proyectada. Previo a la liberación del producto y cumplido con lo anterior citado se procederá a realizar el ensayo de deflectometría sobre la subbase.

2.3.2 De la Base Granular

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción” nos da parámetros en cuanto a la calidad de los materiales que se usaran en la construcción de esta capa granular.

- Granulometría

El material a usar deberá cumplir con los requisitos granulométricos según sea el caso especificado en la tabla N° 5 extraída del Manual EG-2013.

Tabla N° 6 Requerimientos Granulométricos para la Base Granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm. ($\frac{3}{8}$ ")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: EG-2013, Tabla 403-01

Para zonas mayores a 3000 msnm. Se deberá seleccionar la gradación "A"; el material también deberá cumplir además con las características de la tabla N° 6.

Tabla N° 7 Requerimientos Granulométricos para la Base Granular

Valor relativo de soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes (<10°)	Min. 80%
		Tráfico en ejes equivalentes (≥10°)

Fuente: EG-2013. Tabla 403-02

▪ Agregado grueso

Se denomina al material grueso a los materiales retenidos en la malla N°4, del material de Base que pueden provenir de fuentes naturales o procesados o combinación de ambos y deben de cumplir con lo indicado en la tabla N° 7.

Tabla N° 8 Requerimientos Granulométricos para la Base Granular

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos Altitud	
				< 3.000 msnm	≥ 3.000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (1)		D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888		0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	T 104		18% máx.

Fuente: EG-2013, Tabla 403-03

- **Aragado Fino**

Se denomina aragado fino al material que pasa por la malla N°4, que puede provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos, además de cumplir con lo indicado en la tabla N° 8.

Tabla N° 9 Requerimientos Granulométricos para la Base Granular

Ensayo	Norma	Requerimientos Altitud	
		<3.000 msnm	>3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC F 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	—	15%

Fuente: EG-2013, Tabla 403-04

La calidad del trabajo terminado de la base granular está dado por los controles y criterios de aceptación siendo estos: a) Controles; b) Calidad de los Materiales; y c) Calidad del trabajo terminado.

a) **Controles**

Los controles que debe de seguir la supervisión durante la ejecución de los trabajos se harán de acuerdo a la subsección 400.07(a) del Manual de EG-2013, entre los más destacados tenemos comprobar que los materiales cumplan con los requisitos de calidad exigidos; verificar la densidad de las capas compactadas; y tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles.

b) **Calidad de los Materiales**

El material de base deberá ser evaluado y para cualquier volumen previsto se tomaran 4 muestras para los ensayos y frecuencias que se indican en la tabla N° 9. El material de base no deberá presentar contaminación con material de tierra vegetal, materia orgánica, o granulometría superior al máximo especificado.

Tabla N° 10 Ensayos y Frecuencias del Material de Base

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Base Granular	Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	750 m ³	Cantera (2)
	Límite líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	750 m ³	Cantera (2)
	Índice de plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 90	750 m ³	Cantera (2)
	Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C131	T 96	2.000 m ³	Cantera (2)
	Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	2.000 m ³	Cantera (2)
	Sales Solubles	MTC E 219			2.000 m ³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas fracturadas	MTC E 210	D 5821		2.000 m ³	Cantera (2)
	Partículas Chatas y Alargadas		D 4791		2.000 m ³	Cantera (2)
	Durabilidad al Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 83	T 104	2.000 m ³	Cantera (2)
	Densidad y Humedad	MTC E 115	D 1557	T130	750 m ²	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 4718 D 2922	T191 T238	250 m ²	Pista

Fuente: Manual EG-2013, Tabla 403-05

- (1) O antes, si por su génesis, existen variación estratigráfica horizontal y vertical que originen cambios en las propiedades físico-mecánicas de los agregados. En caso de que los metrados del Proyecto no alcancen las frecuencias mínimas especificadas se exigirá como mínimo un ensayo de cada propiedad y/o característica.
- (2) Material preparado previo al uso.

c) Calidad del trabajo terminado

La capa de base terminada deberá presentar una superficie uniforme y respetar Compactación; las determinaciones de la densidad se efectuarán cuando menos una vez cada 250 m² y los tramos por aprobar se definirán e base a 6 medidas de densidad exigiéndose que los valores individuales (Di) sean mayores o iguales al 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado (De).

La humedad de trabajo no debe variar en +/- 1.5% respecto del Optimo Contenido de Humedad (OCH), en caso de no cumplirse se rechazara el tramo.

Espesor; sobre la base de los tramos escogidos para el control de compactación se definirá el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al del diseño (ed). Además el valor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser como mínimo, igual al 95% del espesor del diseño, en caso contrario se rechazara el tramo controlado.

Uniformidad de la Superficie; La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada será comprobada por cualquier metodología que permita determinar tanto en forma paralela como transversal, al eje de la vía, que no existan variaciones superiores a 10mm.

2.3.3 De la Imprimación Asfáltica

Consiste en la aplicación de un riego asfáltico sobre la superficie de una base que cumpla con los requerimientos técnicos de diseño. El manual de EG-2013, da los parámetros de materiales y calidad de la imprimación, en cuanto a tipo de material bituminoso se tiene las emulsiones asfálticas y el asfalto líquido, de acuerdo a los proyectos que se citarán en la investigación, todos ellos usaron el asfalto líquido, por ello solo se analizara este material. En la tabla N° 10 se describen las especificaciones de los asfaltos líquidos.

Tabla N° 11 Especificaciones para Asfaltos Líquidos

Tipo	Material Bituminoso Diluido					
	MC-30		MC-70		MC-250	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso						
-Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	30	60	70	140	250	500
-Punto de Inflamación, °C	38		38		66	
-Ensayo de destilación						
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C						
-a 225 °C	-	25	-	20	-	10
-a 260 °C	40	70	20	60	15	55
-a 315 °C	75	93	65	90	60	87
Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:						
Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s., (P) ^(*)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25°C), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro – etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ^(**)						
Solvente Nafta – Estándar	Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, % Xileno	Negativo		Negativo		Negativo	

Fuente: Manual de EG-2013, Tabla 416-02

(*) En reemplazo del ensayo de viscosidad absoluta del residuo, se puede reportar el ensayo de penetración a 100g, 5s a 25°C, siendo el rango de 120 a 250 para materiales bituminosos citados.

(**) Porcentaje de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Nota: Si la ductilidad a 25°C es menor a 100cm, el material será aceptado si la ductilidad a 15°C, 5cm/min es como mínimo 100cm.

Aceptación de los trabajos

a) **Controles;** Los controles durante la etapa de ejecución de los trabajos de imprimación que debe de realizar el supervisor para obtener un producto con la calidad esperada son: comprobar que los materiales por utilizar cumpla con los requisitos estipulados; supervisar la correcta aplicación del método aceptado como resultado del tramo de prueba; efectuar ensayos para verificar la dosificación del material imprimante; entre otros.

b) **Calidad del material asfáltico**

El contratista esta abligado a presentar al supervisor el certificado de calidad del material, lo cual no exceptua a la ejecución de los ensayos de comprobación por parte del supervisor, en el caso del asfalto liquido se tomara una muestra cada 40m³ o antes, en relación a los resultados de las pruebas no se admitira minguna tolerancia sobre los limites establecidos en las Tablas 415-04, 415-05 ó 415-06 del Manual EG-2013.

c) **Tasa de aplicación**

La tasa de aplicación de las area imprimadas no deberá variar en mas del 10%, con respecto al diseño aprobado

2.3.4 Del concreto asfáltico en caliente

El concreto asfáltico en caliente es el material utilizado en mayor porcentaje en la pavimentación de las vías en el Perú, este debe de cumplir en su elaboración y en su estado final parámetros de calidad que garanticen su durabilidad. La calidad de los materiales del concreto asfaltico deberán ser los siguientes:

1) **Agregados minerales gruesos**

En la tabla N° 11 se describe los parámetros para los agregados minerales gruesos para el concreto asfáltico.

Tabla N° 12 Requerimientos para agregados gruesos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual EG-2013, Tabla 423-01

- Excepcionalmente se aceptaran porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.
- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02 del Manual EG-2013:
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y el 50% tiene dos caras fracturadas.

2) Requerimiento para los Agregados Finos

En la tabla N° 12 se describe los parámetros para los agregados finos necesarios para el concreto asfáltico.

Tabla N° 13 Requerimientos para agregados finos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* **	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual EG-2013, Tabla 423-02

(**) Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores solo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla.

3) Gradación

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la tabla N° 13, alternativamente se emplean las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Tabla N° 14 Gradación para Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC)

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-57	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual EG-2013, Tabla 423-03

Aceptación de los trabajos

a) Controles

Durante la ejecución de los trabajos el supervisor deberá de tener controles en el desarrollo de las actividades para garantizar la calidad del producto, entre los controles más importantes se tiene: Comprobar que los materiales a utilizar cumplan todos los requisitos de calidad requeridos; efectuar ensayos de control de la mezcla asfáltica compactada in situ, así como las temperaturas de mezclado, descarga, extendido y compactado; realizar medidas necesarias para determinar espesores, levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la uniformidad de la superficie, entre otros.

b) Calidad del cemento asfáltico

Comprobación mediante muestras representativas, para efectuar los ensayos con las frecuencias que se indica en las tablas 423-16 y 423-03 del Manual EG-2013.

c) Calidad del trabajo terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se está construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en el proyecto. La cota de cualquier punto de la mezcla densa compactada en capas de base o rodadura, no deberá variar en más de 5mm de la proyectada.

2.4 ANÁLISIS DE LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES

Definición precipitación³

Las precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de: (a) lluvias, (b) granizadas, (c) garuas, y (d) nevadas. Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria de agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Formas de Precipitación

- Llovizna, pequeñas gotas de agua, cuyo diámetro varía entre 0.1 y 0.5 mm, las cuales tienen velocidades de caída muy bajas.
- Lluvia, gotas de agua de diámetro mayor 0.5 mm.
- Escarcha, capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente tiene bolsas de aire.
- Nieve, compuesta por cristales de hielo blanco translucido, principalmente compleja.
- Granizo, precipitación en forma de bolsas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas, pueden ser esféricos, cónicos o de forma irregular, su diámetro varía de 5 y 125 mm.

2.4.1 Tipos de Precipitaciones

La formación de la precipitación, requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera, de tal manera que se enfríe y parte de su humedad se condense.

³ Máximo Villón Béjar, "Hidrología"

Atendiendo al factor que provoca la elevación del aire en la atmósfera, la precipitación se clasifica en:

a) Precipitación de convección

En tiempo caluroso, se produce una abundante evaporación a partir de la superficie del agua, formando grandes masas de vapor de agua, que por estar más calientes, se elevan sufriendo un enfriamiento de acuerdo a la adiabática seca o húmeda. En el curso de su ascenso, se enfrían según su gradiente adiabático seco ($1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), o saturado ($0.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$).

Las masas de vapor se acumulan en los puntos llamados células de convección. A partir de este punto, estas masas pueden seguir elevándose hasta llegar a grandes alturas, donde encuentran condiciones que provocan la condensación y la precipitación. Generalmente viene acompañada de rayos y truenos. Son precipitaciones propias de las regiones tropicales, donde las mañanas son muy calurosas, el viento es calmo y hay predominancia de movimiento vertical del aire.

b) Precipitación orográfica

Se producen cuando el vapor de agua que se forma sobre la superficie de agua es empujado por el viento hacia las montañas, y aquí las nubes siguen por las laderas de las montañas, y ascienden a grandes alturas, hasta encontrar condiciones para la condensación y la consiguiente precipitación.

c) Precipitación ciclónica

Se produce cuando hay un encuentro de dos masas de aire, con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a las partes más altas, donde pueden producirse la condensación y precipitación. Están asociadas con el paso de ciclones o zonas de baja presión.

Todas estas formas de originarse las lluvias, en la naturaleza se presentan combinadas, de modo que una lluvia determinada puede provenir de cualquiera de las formas o de la combinación de ellas.

2.4.2. Medición de la Precipitación

La precipitación se mide en términos de la altura de lámina de agua, y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua indica la altura del agua

que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición, se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro tipo de precipitación, registrando su altura. Los aparatos de medición, se clasifican de acuerdo con el registro de precipitaciones en pluviómetros y pluviógrafos.

2.4.2.1 Pluviómetro

Consiste en un recipiente cilíndrico de lámina, de aproximadamente 20cm de diámetro y de 60 cm de alto. La tapa del cilindro es un embudo receptor, el cual se comunica con una probeta de sección 10 veces menor que la tapa. Esto permite medir la altura de lluvia en la probeta, con una aproximación de decimas de milímetro ya que cada centímetro medido en la probeta corresponde a un milímetro de altura de lluvia; para medirla se saca la probeta y se introduce una regla graduada, con la cual se toma la lectura; generalmente se acostumbra hacer una lectura cada 24 horas.

Cuando hay necesidad de conocer la pluviometría mensual o estacional, de una zona de difícil acceso, donde se va unas pocas veces al año, se utilizan los pluviómetros totalizadores. Estos pluviómetros, acumulan el agua llovida, durante un periodo de tiempo más o menos largo. Para proteger el agua de la congelación se usa cloruro de calcio u otro anticongelante, y para proteger de la evaporación se usa una capa de aceite, en la figura N° 3 se muestra un pluviómetro.

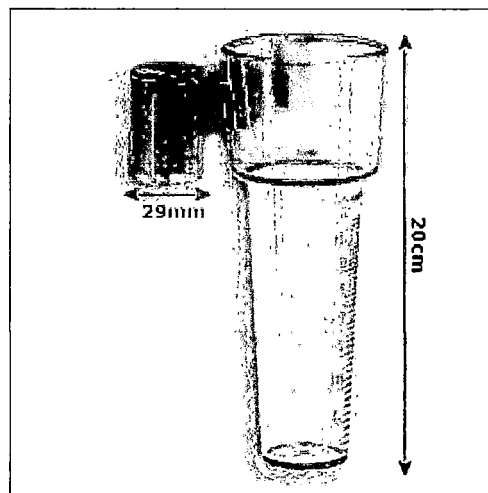


Figura N° 3 Pluviómetro usado en los proyectos viales

2.4.2.2 Pluviógrafo

Es un instrumento que registra la altura de la lluvia en función del tiempo, lo cual permite determinar la intensidad de la precipitación, dato importante para el diseño de estructuras hidráulicas. Los pluviógrafos más comunes son de forma cilíndrica, y el embudo receptor está ligado a un sistema de flotadores, que originan el movimiento de una aguja sobre un papel registrador, montado en un sistema de reloj. Como el papel registrador tiene un cierto rango en cuanto a la altura del registro, una vez que la aguja llega al borde superior automáticamente regresa al borde inferior y sigue registrando. El grafico resultante recibe el nombre de pluviograma, en la figura N°4 se aprecia un pluviómetro.

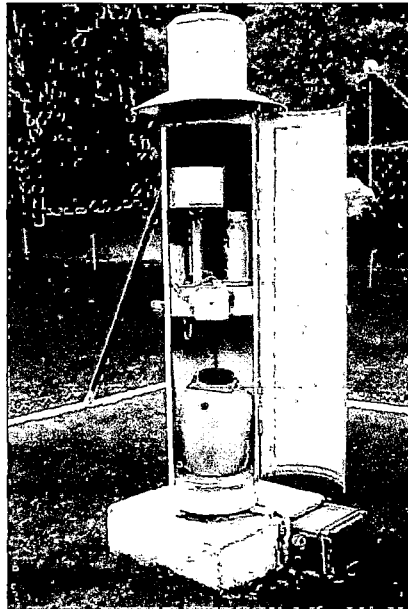


Figura N° 4 Pluviómetro usados por entidades estatales.

2.4.3 Clasificación de la Intensidad de Lluvias

La intensidad de las lluvias se clasifica de acuerdo al SENAMHI según el cuadro N° 8.

Cuadro N° 8 Clasificación de la intensidad de las lluvias según el SENAMHI.

INTENSIDAD (MM/DÍA)	DENOMINACIÓN	RECOMENDACIÓN
$I < 1.5$	Intensidad débil o leve	Se pueden desarrollar trabajos a intemperie
$1.5 < I < 3.0$	Intensidad ligera	Se pueden ejecutar trabajos a la intemperie, aunque con dificultad
$3.0 < I < 9.0$	Intensidad Moderada	No permiten desarrollar trabajos a la intemperie
$9.0 < I < 36.0$	Intensidad fuerte	No se puede llevar a cabo ningún trabajo a la intemperie, prácticamente resulta imposible realizar algún tipo de labor
$36.0 < I < 180$	Intensidad muy fuerte	Resulta peligroso intentar realizar algún trabajo a la intemperie
$I > 180$	Intensidad extraordinarias	

Fuente: SENAMHI

2.4.4 Precipitaciones en los Proyectos

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) es el ente encargado de organizar, operar, controlar y mantener la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas, Hidrológicas y Agrometeorológicas, de conformidad con las normas técnicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

En base a los datos proporcionados por el SENAMHI de las estaciones próximas a los proyectos viales en estudio, y que a su vez sirven para el diseño de las obras de arte y drenajes, se realizará una descripción del comportamiento de las lluvias en cada proyecto en el transcurso de un año.

2.4.4.1 Precipitaciones en la Carretera Cajamarca Celendín Balsas, Tramo: Km 52+000 a Celendín.

La estación oficial del SENAMHI en el proyecto es la estación Celendín, descrita en el cuadro N° 9.

Cuadro N° 9 Estación Hidrológicas de la carretera Cajamarca-Celendín

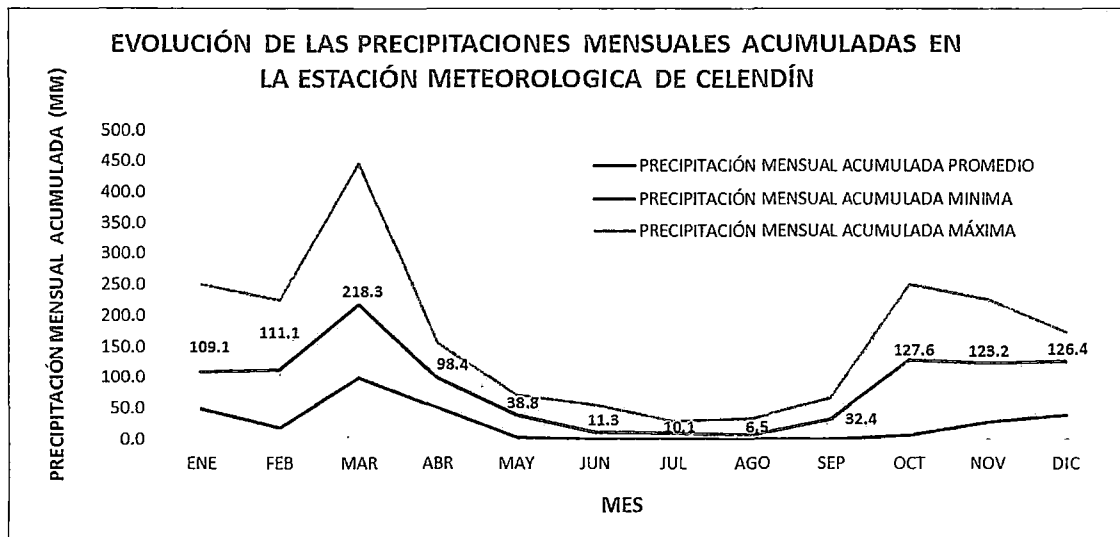
Estación Pluviométrica	Ubicación		Provincia	Altitud msnm
	Latitud	Longitud		
CELENDIN	06° 51'	78° 8'	Celendín	2620

Fuente: SENAMHI

Se sabe que el radio de influencia de una estación hidrológica son de 10.00km a la redonda, la longitud de este proyecto es de 42.00 Km aproximadamente, siendo de suma importancia contar con registros de precipitaciones confiables para solicitar algún tipo reconocimiento ante la entidad contratante a causa de las precipitaciones, dado este vacío es que se hacen uso de los pluviómetros, que son de fácil instalación, sin embargo los datos de estos no son tomados de manera homogénea todos los días del año y son variables en posición, conforme avanzan las actividades.

La estación Celendín nos proporciona una idea de cómo se desarrollan las precipitaciones en la zona, dado esto en la figura N° 5 se muestra la precipitación mensual acumulada, la data tomada fue obtenida del SENAMHI, en base a la precipitación acumulada diaria, en el periodo del año 2000 a 2013, teniendo en cuenta que el proyecto fue ejecutado entre los año 2011 a 2013.

Figura N° 5 Precipitación mensual acumulada en la estación Celendín



Fuente: Data de precipitación diaria, estación Celendín, SENAMHI.

☞ De la gráfica se aprecia que la temporada de lluvias tiene un arranque considerable en el mes de octubre, siendo el mes de marzo el mes de mayor precipitación.

☞ Del gráfico se podría concluir que la temporada de lluvias se desarrolla entre los meses de octubre a abril.

2.4.4.2 Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo: Alfamayo-Chaullay-Quillabamba

El tramo de estudio comprendido en el expediente técnico del proyecto, contempla data de tres estaciones, de las cuales solo una está en actividad siendo esta la estación Quillabamba, descrita en el cuadro N° 10.

Cuadro N° 10 Estación Hidrológicas de la carretera Cusco-Quillabamba

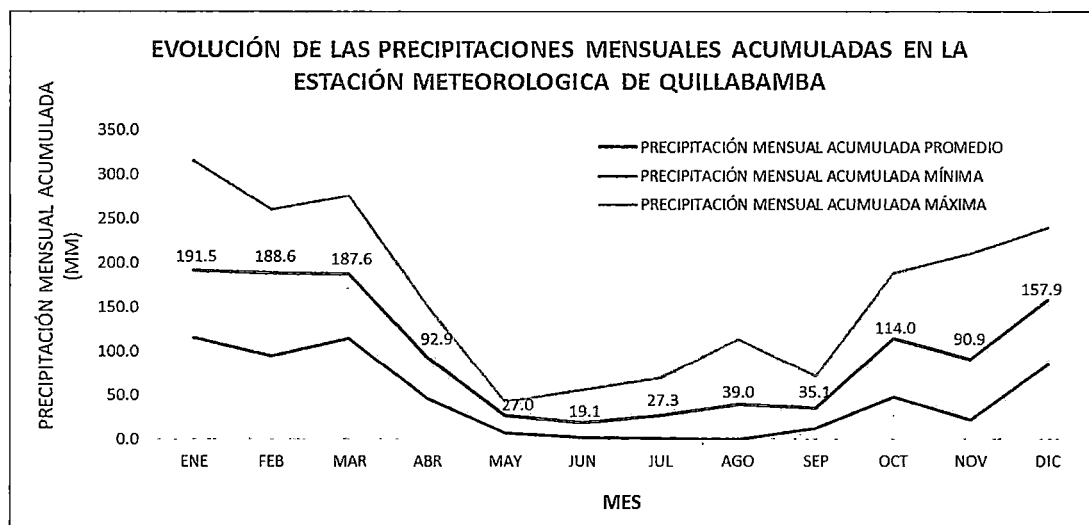
Estación Pluviométrica	Ubicación		Provincia	Altitud msnm
	Latitud	Longitud		
QUILLABAMBA	12° 51'	72° 41'	La Convención	990
(*)MARANURA	12° 57'	72° 40'	La Convención	1500
(*)HUYRO	13°4'	72° 27'	La Convención	1700

Fuente: SENAMHI

(*) Estaciones Meteorológicas no operativas.

Con data oficial proporcionada por SENAMHI de la estación Quillabamba se elaboró una gráfica de la precipitación acumulada mensual, la data procesada está comprendida entre los años 2000 al 2013, cabe resaltar que el radio de influencia de una estación es aproximadamente de 10.00 Km, en la Figura N° 6 se describe lo anterior mencionado.

Figura N° 6 Precipitación mensual acumulada en la estación Quillabamba



Fuente: SENAMHI

☞ De acuerdo al grafico se tiene que las primeras lluvias se presentan con moderada intensidad a partir del mes de octubre, siendo el mes de enero el mes de mayor precipitación.

☞ Del grafico se podría decir que la temporada de precipitaciones se da entre los meses de octubre a abril.

2.4.4.3 Carretera Ayacucho-Abancay, Tramo II.

El estudio hidrológico del proyecto se desarrolla en base a la información histórica de cuatro estaciones, de las cuales solo dos estaciones se encuentran operativas, las estaciones y sus características se describen en el cuadro N° 11.

Cuadro N° 11 Estación Hidrológicas de la carretera Ayacucho-Abancay

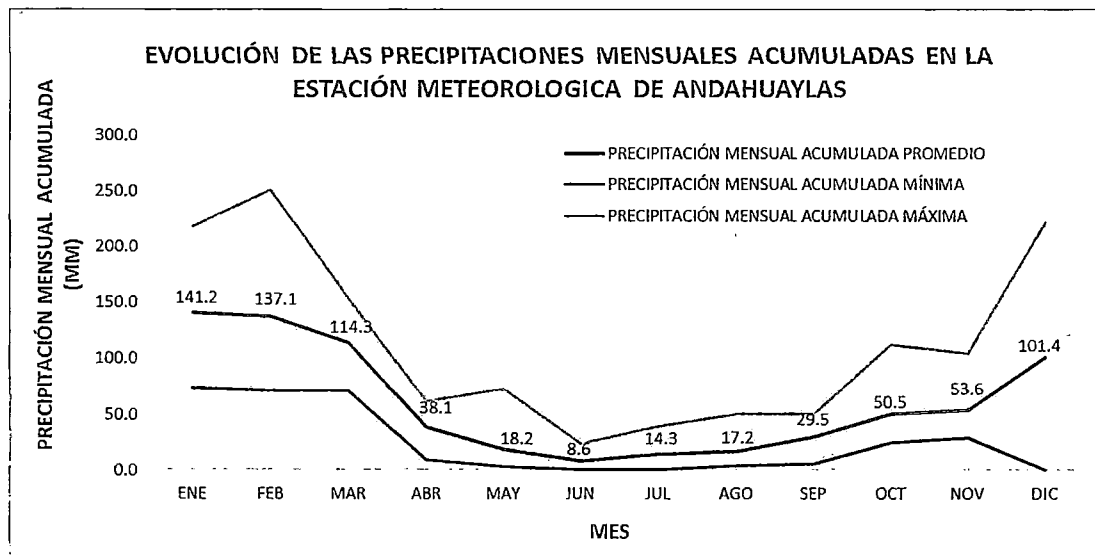
Estación Pluviométrica	Ubicación		Provincia	Altitud msnm
	Latitud	Longitud		
Ayacucho (*)	13° 09'	74° 12'	Huamanga	2761
Vilcashuamán	13° 33'	73° 56'	Vilcashuaman	3540
Uripa (*)	13° 32'	73° 41'	Chincheros	3280
Andahuaylas	13° 39'	73° 22'	Andahuaylas	2939

Fuente: SENAMHI

(*) Estaciones Meteorológicas no operativas.

Con data oficial proporcionada por SENAMHI de las estaciones Andahuaylas y Vilcashuaman se elaboró una gráfica de la precipitación acumulada mensual, la data procesada está comprendida entre los años 2000 al 2013, cabe resaltar que el radio de influencia de una estación es aproximadamente de 10.00 Km a la redonda, en la Figura N° 7 y N° 8 se grafica lo anterior descrito.

Figura N° 7 Precipitación mensual acumulada en la estación Andahuaylas

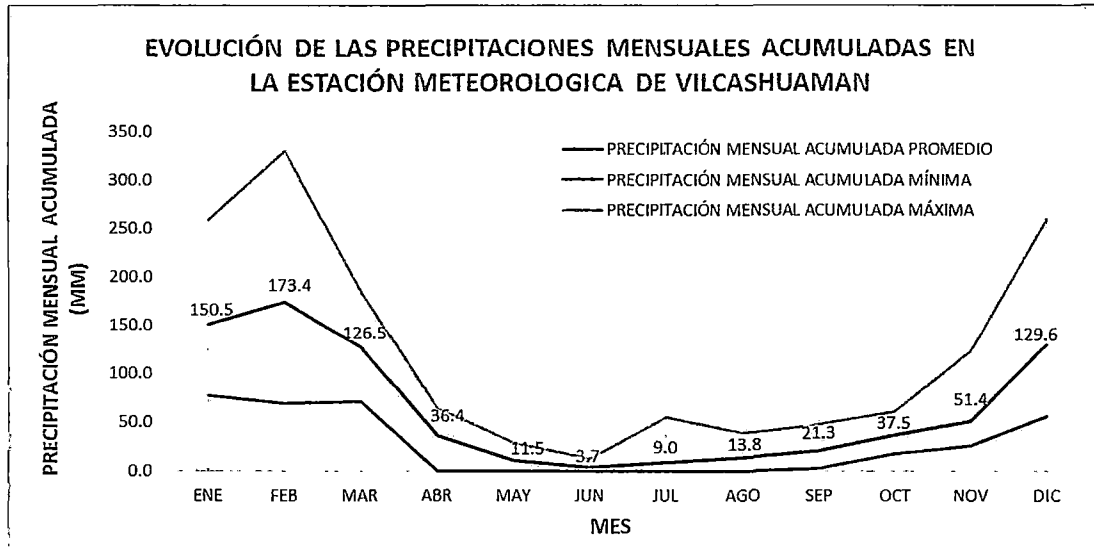


Fuente: SENAMHI

☞ De acuerdo al grafico se tiene que las primeras lluvias se presentan con moderada intensidad a partir del mes de octubre, siendo el mes de enero el mes de mayor precipitación.

- ☞ Del grafico se podría decir que la temporada de precipitaciones se da entre los meses de octubre a marzo.

Figura N° 8 Precipitación mensual acumulada en la estación Vilcashuaman



Fuente: SENAMHI

- ☞ De acuerdo al grafico se tiene que las primeras lluvias se presentan con moderada intensidad a partir del mes de octubre, siendo el mes de enero el mes de mayor precipitación.
- ☞ Del grafico se podría decir que la temporada de precipitaciones se da entre los meses de noviembre a marzo.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL CASO A INVESTIGAR

3.1 PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES

Tanto en la sierra y selva de nuestro territorio nacional en época de precipitaciones, el clima es muy inestable y con muchas probabilidades de lluvias. En la ejecución de proyectos viales hay actividades que limitan su desarrollo a consecuencia de los efectos de las lluvias, el proceso de pavimentación no es ajeno a esto y en la totalidad de sus actividades se ven restringidas al buen clima.

Sin embargo en gran porcentaje de obras viales estas actividades están presentes dentro de la ruta crítica de los proyectos, y en procura de cumplir con los plazos de entrega de obra estipulados en los contratos, se ejecutan cuando el estado del clima lo permita, usando más personal y en algunos casos haciendo retrabajos, muchas veces teniendo personal y a maquinarias paralizados, esto acarrea un alza en los costos que se ve reflejado en sus costos unitarios.

El manual de carreteras, "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013" nos especifica que "No se podrá ejecutar las actividades colocación de la subbase granular durante precipitaciones pluviales o cuando la temperatura ambiental sea inferior a los 6°C" esto es aplicable también para la base granular imprimación asfáltica y colocación de carpeta asfáltica, en la figura N° 9 se grafica la saturación de la subrasante.



Figura N° 9 Saturación de la subrasante en Carretera Chongoyape-Llama

Para la realización de esta investigación se recopiló información de gente experta en el tema, así como proyectos viales de la empresa COSAPI S.A y sus consorcios.

3.1.1 Extendido y Compactado de la Subbase Granular

Los trabajos de extendido y compactación de la subbase granular en época de precipitaciones se realiza de la forma convencional siempre y cuando el clima lo permita tal y como describiremos, el Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para la construcción de carreteras EG-2013” nos dice en el ítem 402.11 Conservación, que “si después de aceptada la subbase granular, el contratista demora por cualquier motivo la construcción de la capa inmediata superior, deberá reparar, a su cuenta, costo y riesgo, todos los daños en la subbase y restablecer el mismo estado en que se aceptó”, siendo este documento de valor legal en la obras contratadas con el Estado.

a) Liberación del trabajo por la Supervisión

Antes de iniciar las labores de colocación del material de subbase la superficie sobre la que se va asentar la capa de subbase debe de estar liberada por la supervisión tanto en calidad (ensayos al material, grado de compactación, etc.), como en topografía (cotas, alineamientos y pendientes).

b) Transporte y descarga del material

El transporte de material de subbase se realiza conforme al procedimiento y consideraciones normales, en caso de presentarse precipitaciones se paraliza el transporte de material, en algunos casos se cuentan con mantas impermeables que servirán para cubrir las pilas de material acopiado.

c) Mezcla y extendido del Material

La mezcla y extendido de material de subbase se realiza cuando el clima lo permita y nunca en presencia de lluvias debido a que las especificaciones técnicas lo prohíben, algunos contratistas contemplan el uso de mantas impermeables para cubrir el material extendido en caso se produzcan precipitaciones y protegerlos de la saturación y continuar con los trabajos en cuanto se pueda.

d) Humedad optima del material

Según las especificaciones técnicas para un óptimo grado de compactación de la capa granular esta deberá tener cierto grado de humedad, en temporada de precipitaciones en la mayoría de los casos el material granular presenta más humedad de lo permitida, lo cual trae consigo retrabajos usando mayores recursos (horas máquina y hombre), incidiendo directamente en el costo de la fase.

e) Compactación

Esta actividad se realiza solo si las condiciones del clima lo permiten nunca en lluvia y así evitar el fenómeno de “acolchonamiento” que es la compactación de material saturado, en estos casos por mas pasadas que se realicen del rodillo compactador no se lograra el grado de compactación estipulados en las especificaciones técnicas.

f) Control topográfico y de calidad

La supervisión procederá a la liberación topográfica y de calidad de la actividad de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.



Figura N° 10 Saturación de la Subrasante carretera Alfamayo-Quillabamba

3.1.2 Extendido y Compactado de la Base Granular

Los trabajos de extendido y compactación de la base granular en época de precipitaciones se realizan con ciertas características que se describirán a continuación:

a) Liberación del trabajo por la Supervisión

Antes de iniciar las labores de colocación del material de base la superficie sobre la que se va asentar esta capa, debe de estar liberada por la supervisión tanto en calidad (ensayos al material, grado de compactación, etc.), como en topografía (cotas, alineamientos y pendientes).

b) Transporte y descarga del material

El transporte de material de base se realiza conforme al procedimiento y consideraciones normales, en caso de presentarse precipitaciones se paraliza el transporte de material, en algunos casos se cuentan con mantas impermeables que servirán para cubrir las pilas de material acopiado en caso se produzcan precipitaciones.

c) Mezcla y extendido del Material

La mezcla y extendido de material de base se realiza cuando el clima lo permita y nunca en presencia de lluvias debido a que las especificaciones técnicas lo prohíben, algunos contratistas contemplan el uso de mantas impermeables para cubrir el material extendido en caso se produzcan precipitaciones y protegerlos de la saturación y continuar con los trabajos en cuanto acabe la precipitación.

d) Humedad óptima del material

Según las especificaciones técnicas para un óptimo grado de compactación en la capa granular esta deberá tener cierto grado de humedad, en temporada de precipitaciones en la mayoría de los casos el material granular se humedece más de lo debido, lo cual trae consigo retrabajos con ello mayores horas máquina y hombre, incidiendo directamente en el costo de la fase.

e) Compactación

Esta actividad se realiza solo si las condiciones del clima lo permiten nunca en lluvia y así evitar el fenómeno de “acolchonamiento” que es la compactación de material saturado, en estos casos por mas pasadas que se realicen del rodillo compactador no se lograra el grado de compactación estipulados en las especificaciones técnicas.

f) Control topográfico y de calidad

La supervisión procederá a la liberación topográfica y de calidad de la actividad de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.



Figura N° 11 Protección de las obras de arte en época de precipitaciones

3.1.3 Imprimación de la Base Granular

Los trabajos de imprimación de la asfáltica de la base granular en temporada de precipitaciones se realiza de acuerdo a las especificaciones técnicas, estas nos restringen a realizar estos trabajos a cuando la superficie a imprimir este seca y con temperatura ambiente mayor a 6°C, que las condiciones climáticas sean apropiadas y sin presencia de lluvia, debiendo contar con la aprobación previa del supervisor.

a) Preparación de la superficie

Para iniciar el trabajo de la imprimación asfáltica es necesaria tener base granular limpia y este trabajo se realiza en dos etapas primero se procede a usar la barredora mecánica y luego se procede a usar soplete mecánico, la función principal de estas máquinas es limpiar la superficie de material fino y

pequeñas rocas, si en la ejecución de sus labores se produce una precipitación estas se paralizan inmediatamente, estas actividades no solo se ven afectadas por la lluvia en sí, sino también por sus efectos es decir después de las lluvias tendremos una base húmeda, para su secado se utiliza la maquina denominada "Dragón" que sopletea fuego a la base acelerando la evaporación del agua almacenada en los poros de la capa granular procediéndose luego a continuar con el procedimiento habitual.

b) Aplicación de la capa de imprimación

La aplicación del material bituminoso sobre la base granular se realiza en temporada de precipitaciones cuando los pronósticos del clima sean favorables, los trabajos se realizan previa aprobación de la supervisión, se procede al riego del material desde el camión imprimador esta labor en caso de presentarse precipitaciones se paraliza inmediatamente ya que las lluvias en estos casos lavan el material de la base y no permiten la penetración del material en la base en la profundidad mínima dada en las especificaciones técnicas del proyecto.

c) Protección de las estructuras adyacentes

La superficie de todas las estructuras adyacentes al área de trabajo se deben de proteger evitando salpicaduras y manchas, en el caso del riego de imprimación cuando esta se paraliza por presencia de precipitaciones se debe de tomar medidas para evitar contaminar suelos y discurrimento de aguas provenientes del drenaje ya que se puede afectar a la población debido a la toxicidad del material bituminoso a usar.

d) Apertura al tráfico y mantenimiento

El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas

3.1.4 Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica

Los trabajos de extendido y compactado de la carpeta asfáltica en caliente según el Manual de EG-2013, no se podrá desarrollar cuando hallan precipitaciones y la temperatura ambiente sea menor al 6°C.

a) Preparación de la superficie

Para iniciar el trabajo de colocación y compactación de la carpeta asfáltica es necesaria tener base imprimada limpia y seca este trabajo se realiza en dos

etapas primero se procede a usar la barredora mecánica y luego se procede a usar soplete mecánico, si se produce precipitaciones durante el desarrollo de esta actividad, esta se paraliza, esperando que termine la lluvia, para hacer uso del equipo denominado “dragón” que permitirá acelerar el secado de la base imprimada.

b) Colocación de la carpeta asfáltica

Las especificaciones técnicas no permiten la realización de esta actividad en presencia de precipitaciones, por lo que si se presenta, se paraliza dado que el efecto del agua en el asfalto afectara la calidad del entregable.

c) Compactación de la carpeta asfáltica

Las especificaciones técnicas no permiten la realización de esta actividad si se presentan precipitaciones por lo que llegase a producirse ese evento se suspenden los trabajos, para no afectar la calidad del entregable.

3.2 RESTRICCIONES Y EFECTOS EN EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS EN EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES

Definición de restricción⁴

Acción y efecto de restringir, limitación o reducción impuesta en el suministro de productos de consumo, generalmente escasez de estos.

El término restricciones o restricción puede utilizarse en diferentes ámbitos, sin embargo en la mayoría de estos implicará lo mismo; una limitación o una reducción ya sea natural o impuesta, según corresponda.

En época de precipitaciones el proceso de pavimentación y las actividades o trabajos inmersos es esta, se ven limitados a causa de algunas restricciones debido a la lluvia o los efectos de esta en el área de trabajo, es importante dentro del desarrollo de un proyecto poder identificar estas restricciones y tomar acciones para contrarrestarlas y realizar los trabajos sin complicaciones.

3.2.1 Restricciones en el Extendido y Compactado de la Subbase Granular

En esta fase del proceso de pavimentación se ha logrado identificar las siguientes restricciones en época de precipitaciones:

a) Saturación del material granular extendido o apilado de subbase

⁴ Real Academia Española

De acuerdo al Manual de EG-2013, los trabajos de la subbase no se podrán realizar en presencia de precipitaciones, esta consideración está directamente ligada con el porcentaje de humedad con la que el material se compactará.

- b) La saturación de la capa inmediata inferior (subrasante) donde se colocará la capa granular.

Si el área donde se cimentara la subbase está saturada o dañada con empozamiento de agua, impedirá el desarrollo de los trabajos dado que el material absorberá mayor humedad de la necesaria para su óptima compactación.

- c) Derrumbe de taludes inestables.

Los taludes de corte que se encuentren en zonas geológicamente inestables, suelen desprenderse impidiendo el desarrollo de los trabajos.

- d) Condiciones climáticas en la zona de trabajo.

En época de precipitaciones el clima es muy variable, y sectorizado a lo largo de toda la vía.

- e) Fenómeno de acolchonamiento de la subbase.

El fenómeno de acolchonamiento se produce cuando en una subbase con un contenido de humedad mayor al permitido se procede a compactar, por más presión que se ejerza no se logra el grado deseado quedando la base acolchonada y propensa a deformaciones.

- f) Costos elevados de producción por equipos y personal en "stand by".

Los constantes retrabajos debido a los efectos de las lluvias en las zonas de trabajos que se cuantifican en HM (motoniveladora, pavimentadora y rodillo tándem) y HH, de los equipos que se emplean en esta actividad, hacen disminuir la productividad, y aumentar el costo de la partida

- g) Rendimientos de la cuadrilla.

El rendimiento es lo inverso a la productividad, es la relación entre los recursos y la producción, el rendimiento aumenta es decir se necesita más recursos para poder producir lo planeado.

h) Condiciones de trabajo

En temporada de precipitaciones las bajas temperaturas y la lluvia intensa, no son condiciones para realizar trabajos, debido a que los trabajadores tienen alta probabilidad de contraer enfermedades, además de que el rendimiento de una persona en estas condiciones no será el óptimo.



Figura N° 12 Derrumbes de taludes Inestables Carretera Chongoyape-Llama

3.2.2 Restricciones en el Extendido y Compactado de la Base Granular

En el desarrollo de esta fase en época de precipitaciones identificamos las siguientes restricciones:

a) Saturación del material granular extendido o apilado.

De acuerdo al Manual EG-2013, los trabajos de la base granular no se podrá realizar en presencia de precipitaciones, esta consideración está directamente relacionada con el porcentaje de humedad con la que el material se compactará.

b) Saturación de la capa inmediata inferior (subbase) donde se colocará la capa granular.

Si el área donde se cimentara la base granular (subrasante o subbase) está saturada o dañada con empozamiento de agua, impedirá el desarrollo de los trabajos dado que el material absorberá mayor humedad de la necesaria para su óptima compactación.

c) Derrumbes de taludes inestables.

Los taludes de corte que se encuentren en zonas geológicamente inestables, suelen desprenderse impidiendo el desarrollo de los trabajos.

d) Condiciones climáticas en la zona de trabajo.

En época de precipitaciones el clima es muy variable, y sectorizado a lo largo de toda la vía.

e) Fenómeno de acolchonamiento de la base

El fenómeno de acolchonamiento se produce cuando en una base con un contenido de humedad mayor al permitido se procede a compactar, por más presión que se ejerza no se logra el grado deseado quedando la base acolchonada y propensa a deformaciones.

f) Costos elevados de producción por equipos y personal en "stand by".

Los constantes retrabajos debido a los efectos de las lluvias en las zonas de trabajos que se cuantifican en HM (Motoniveladora, pavimentadora y rodillo tándem) y HH, de los recursos que se emplean en esta actividad, hacen disminuir la productividad, y aumentar el costo de la partida

g) Bajos rendimientos de la cuadrilla.

El rendimiento es lo inverso a la productividad, es la relación entre los recursos y la producción, el rendimiento aumenta es decir se necesita más recursos para poder producir lo planeado.

h) Condiciones de trabajo

En temporada de precipitaciones las bajas temperaturas y la lluvia intensa, no son condiciones para realizar trabajos, debido a que los obreros podrían enfermarse, además de que el rendimiento de una persona en estas condiciones no será el óptimo.



Figura N° 13 Condiciones desfavorables de trabajo, carretera Chongollape-Llama

3.2.3 Restricciones en la Imprimación de la Base Granular

En el desarrollo de la fase de imprimación en época de precipitaciones identificamos las siguientes restricciones:

a) Base Granular húmeda

El manual de EG-2013 indica que esta actividad no se podrá desarrollar en presencia de precipitaciones, la imprimación se hará en una superficie seca, para permitir una buena adherencia entre la base y el material imprimante.

b) Lavado del material bituminoso de la base imprimada

El material bituminoso una vez regado en la base granular, tarda en penetrar a la base granular, las especificaciones dicen que el tiempo optimo es de 24 horas, luego se procederá al arenado, sin embargo si durante el transcurso de esas horas ocurre una precipitación moderada a intensa, el material es lavado, en ciertos sectores, afectando la calidad del entregable.

c) Condiciones climáticas desfavorables en la zona de trabajo

En época de precipitaciones el clima es muy variable, y sectorizado a lo largo de toda la vía.

d) Derrumbes de taludes inestables

Los taludes de corte que se encuentren en zonas geológicamente inestables, suelen desprenderse impidiendo o retrasando el desarrollo de los trabajos.

e) Condiciones de trabajo

En temporada de precipitaciones las bajas temperaturas y la lluvia intensa, no son condiciones para realizar trabajos, debido a que los obreros podrían enfermarse, además de que el rendimiento de una persona en estas condiciones no será el óptimo.

3.2.4 Restricciones en el Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica

En el desarrollo de la fase de colocación y compactación de la carpeta asfáltica en época de precipitaciones, identificamos las siguientes restricciones:

a) Pérdida de trabajabilidad del asfalto.

La pérdida de trabajabilidad tiene relación directa con la temperatura del asfalto en campo y extendido en pista para la compactación dada en el Manual EG-2013, a su vez restringe los trabajos para una temperatura ambiente menor a 6°C.

b) Contaminación del asfalto con agua.

La contaminación del asfalto con agua producto de las precipitaciones afecta a este, ya que este perderá adherencia y se crearán cavidades que perjudican directamente en la calidad del entregable.

c) Condiciones climáticas en la zona de trabajo

En temporada de precipitaciones el clima es muy inestable sectorizada a lo largo de la vía lo cual podría generar retrasos o paralizaciones siendo el asfalto un material muy sensible si se enfría deberá ser desechado generando pérdidas.

d) Derrumbes de taludes inestables

Los taludes de corte que se encuentren en zonas geológicamente inestables, suelen desprenderse impidiendo o retrasando el desarrollo de los trabajos.

e) Costos elevados de producción por equipos y personal en "stand by".

Los constantes retrabajos debido a los efectos de las lluvias en las zonas de trabajos que se cuantifican en HM y HH, de los recursos que se emplean en esta actividad, hacen disminuir la productividad, y aumentar el costo de la partida.

f) Bajos rendimientos de la cuadrilla.

El rendimiento es lo inverso a la productividad, es la relación entre los recursos y la producción, el rendimiento aumenta es decir se necesita más recursos para poder producir lo planeado.

g) Condiciones de trabajo

En temporada de precipitaciones las bajas temperaturas y la lluvia intensa, no son condiciones para realizar trabajos, debido a que los obreros podrían enfermarse, además de que el rendimiento de una persona en estas condiciones no será el óptimo.

3.3 PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE CARRETERAS

En los proyectos de carreteras y en general en todo tipo de proyecto constructivo, debido a la alta competencia en el mercado nacional como extranjero, las empresas constructoras buscan aumentar su productividad, lo que significa producir más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos trabajo.

Productividad⁵

La productividad se define como la medición de la eficiencia con que los recursos son utilizados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Es decir, la productividad comprende tanto de la eficiencia (buena utilización de recursos) como la efectividad (logro de metas).

Matemáticamente puede ser expresado como la relación entre la cantidad producida (m², m³, m, Kg, etc.) y los recursos empleados en ello (HH, HM, cantidad de materiales, etc.).

$$Productividad = \frac{Cantidad\ producida}{Recursos\ empleados}$$

⁵ Procedimiento para la Mejora de Procesos Constructivos, COSAPI S.A.

		Utilización de Recursos	
		Buena	Pobre
Logros de metas	Alto	Eficiente y Efectivo ALTA PRODUCTIVIDAD	Ineficiente pero Efectivo
	Bajo	Eficiente pero Inefectivo	Ineficiente e Inefectivo

Figura N° 14 Relación existente entre Productividad, Eficiencia y Efectividad

☞ Rendimiento

El rendimiento es el inverso de la productividad siendo la relación de los recursos empleados en la cantidad producida.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Recursos empleados}}{\text{Cantidad producida}}$$

☞ Tipos de productividad

Considerando los distintos tipos de recursos en un proyecto es posible hablar de lo siguiente:

A) Productividad de la Mano de Obra

La productividad de la mano de obra mide las cantidades producidas con relación a las horas hombre empleadas, es decir unidades de construcción entre horas hombre.

B) Productividad de los Equipos

La productividad de los equipos mide las cantidades producidas en relación a las horas maquinas empleadas, es decir, unidades de construcción entre horas maquinas.

C) Productividad de Materiales

La productividad de los materiales mide las cantidades producidas con relación al recurso material, es decir, unidades de construcción entre cantidad de materiales.

El proceso de pavimentación en el plan de fases se disgrega por lo general en cuatro fases descritas en los capítulos anteriores, en todos los casos estas fases no incluyen los materiales con los que se desarrollarán los trabajos tal y como se explica en cuadro N° 12.

Cuadro N° 12 Alcance de las fases del proceso de pavimentación

CODIGO DE FASE	NOMBRE DE FASE	CONSIDERACIONES
P-7	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE LA SUBBASE GRANULAR	NO INCLUYE MATERIAL DE SUBBASE, NI EL TRANSPORTE
P-8	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE LA BASE GRANULAR	NO INCLUYE MATERIAL DE BASE, NI EL TRANSPORTE
P-10	IMPRIMACIÓN ÁSFALTICA	NO INCLUYE MATERIAL IMPRIMANTE ASFALTICO (MC-30)
P-11B	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA CARPETA ASFALTICA	NO INCLUYE MATERIAL DEL CONCRETO ÁSFALTICO, NI EL TRANSPORTE

Fuente: Adaptación del plan de fases COSAPI S.A.

De acuerdo a esto se analizará solo la productividad de la Mano de Obra y la de Equipos, dado que el materiales solo se incluye el combustible usado por las máquinas y herramientas, siendo estas poco incidentes en el precio de las fases.

Los proyectos de carreteras en los que se evaluara su productividad en época de lluvias son:

- Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas
- Carretera Ayacucho-Abancay
- Carretera Alfamayo-Quillabamba

3.3.2 Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

Para la evaluación de la productividad para las fases del proceso de pavimentación se consideraran los recursos más incidentes para cada caso, en la Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, según el plan de fases que se muestra en la cuadro N° 13, una característica de este proyecto es que el diseño del pavimento no contempla la construcción de la subbase granular.

Cuadro N° 13 Fases del Proceso de Pavimentación

CÓDIGO DE FASE	SUBPROCESOS DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN
P-8	EXTENDIDO Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR
P-10	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA
P-11B	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

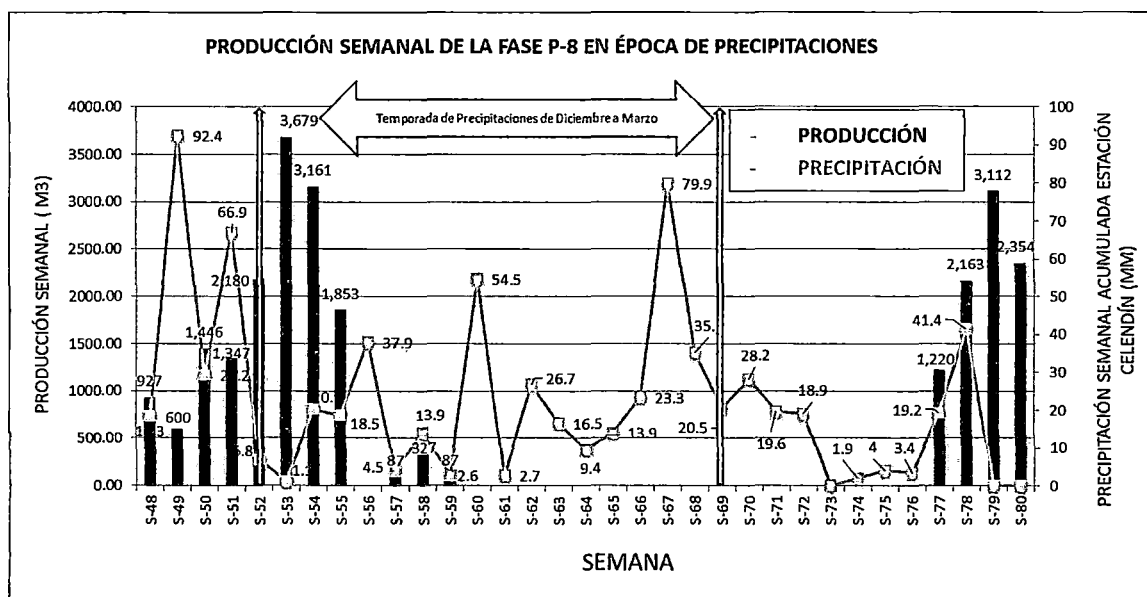
Fuente: Plan de fases del proyecto

El proceso de pavimentación para este proyecto en particular consta de tres fases, y en base a estas se realiza el control del avance (programación) y económico, una herramienta de uso interno que nos ayuda a medir estos indicadores es el ISP. En el periodo de precipitaciones definido en este estudio entre los meses de diciembre a marzo, se analizara su producción y productividad de acuerdo a los equipos, materiales y mano de obra, que pertenezcan a cada fase en particular del proceso.

3.3.2.1 Productividad en la Fase de P-8 (Extendido y Compactado de la Base Granular)

La fase P-8 Extendido y Compactado de la Base Granular, considerada en el plan de fases, incluye mano de obra, equipos y materiales menores. Para el análisis de la productividad de los recursos usados para la realización de esta fase en época de precipitaciones, se considerarán los recursos de mayor incidencia económica, en la Figura N° 15 grafica la producción de la fase en la temporada de análisis.

Figura N° 15 Producción semanal de la Fase P-8 en época de precipitaciones



Fuente: ISP consolidado de la Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

Los recursos usados en la fase P-8 en época de precipitaciones fueron tomados del ISP histórico del proyecto, los cuales son acumulados semanalmente, en base a ellos se medirá la productividad de la mano de obra (HH) y de los equipos (HM) según sea el caso.

La temporada de precipitaciones considerada en esta investigación de diciembre a marzo comienza para este proyecto en la semana S-52 (26/11/12) y culmina en

la semana S-69 (31/03/13). El avance acumulado de la fase a la semana S-52 fue 25.76% y a la semana S-69 fue 34.25%.

A) Productividad de la Mano de Obra

La productividad de la Mano de Obra viene dada por las HH del régimen de construcción civil (CC) y HH del régimen común (RC), dado que el costo de las HH en los dos regímenes son se ponderan las HH para un mejor análisis de la siguiente forma :

$$HH \text{ TOTALES} = HH*(RC)*0.5 + HH*(CC)... (1)$$

Dada esta relación tenemos que la productividad de la mano de obra en el cuadro N° 14, teniendo como referencia la productividad la planeada y la productividad acumulada alcanzada por el proyecto.

B) Productividad de Equipos

La productividad de esta fase será medida de acuerdo a dos actividades, la primera es el extendido y colocado del material y el segundo es la compactación.

- En la actividad de extendido de material granular viene dado por las HM de la Pavimentadora y la Motoniveladora que trabajan en conjunto teniendo cada una de ellas un rendimiento previsto de trabajo se realiza esto se simplifica en la siguiente relación:

$$\text{Productividad} = \text{Producción} / (\text{HM Pavimentadora} * 1.5 + \text{HM Motoniveladora} * 1)$$

Dada esta relación la productividad de extendido y colocación (M3/HM) se describe en el cuadro N° 15, teniendo como referencia la productividad planeada y la productividad acumulada alcanzada por el proyecto.

- En la actividad de compactado viene dada por las HM del rodillo tándem, en el cuadro N° 16 se describe la productividad de esta, en referencia a la productividad planeada y la productividad acumulada alcanzada por el proyecto.

C) Productividad de los Materiales

Esta fase al considerar solo el combustible de los equipos usados, y herramientas manuales, siendo en comparación con la mano de obra y equipos muy pequeña por lo que no se analizará su productividad.

Cuadro N° 14 Productividad en la Fase P-8 de la Mano de Obra de la Base Granular en Época de Precipitaciones

MANO DE OBRA																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-8																																																																												
<p>PRODUCTIVIDAD SEMANAL DE LA MANO DE OBRA EN LA FASE P-8 EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>Data for Productivity Graph</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>Productividad Planeada (m³/hh)</th> <th>Productividad Obtenida (m³/hh)</th> <th>Productividad en Época de Lluvias (m³/hh)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>9.64</td><td>2.22</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>9.64</td><td>3.62</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>9.64</td><td>2.01</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>9.64</td><td>1.80</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>9.64</td><td>0.00</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>9.64</td><td>1.53</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>9.64</td><td>1.20</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>9.64</td><td>0.75</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>9.64</td><td>2.03</td><td>1.80</td></tr> </tbody> </table>	Semana	Productividad Planeada (m³/hh)	Productividad Obtenida (m³/hh)	Productividad en Época de Lluvias (m³/hh)	S-52	9.64	2.22	1.80	S-53	9.64	3.62	1.80	S-54	9.64	2.01	1.80	S-55	9.64	1.80	1.80	S-56	9.64	0.00	1.80	S-57	9.64	1.53	1.80	S-58	9.64	1.20	1.80	S-59	9.64	0.75	1.80	S-60	9.64	2.03	1.80	S-61	9.64	2.03	1.80	S-62	9.64	2.03	1.80	S-63	9.64	2.03	1.80	S-64	9.64	2.03	1.80	S-65	9.64	2.03	1.80	S-66	9.64	2.03	1.80	S-67	9.64	2.03	1.80	S-68	9.64	2.03	1.80	S-69	9.64	2.03	1.80	
Semana	Productividad Planeada (m³/hh)	Productividad Obtenida (m³/hh)	Productividad en Época de Lluvias (m³/hh)																																																																										
S-52	9.64	2.22	1.80																																																																										
S-53	9.64	3.62	1.80																																																																										
S-54	9.64	2.01	1.80																																																																										
S-55	9.64	1.80	1.80																																																																										
S-56	9.64	0.00	1.80																																																																										
S-57	9.64	1.53	1.80																																																																										
S-58	9.64	1.20	1.80																																																																										
S-59	9.64	0.75	1.80																																																																										
S-60	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-61	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-62	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-63	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-64	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-65	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-66	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-67	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-68	9.64	2.03	1.80																																																																										
S-69	9.64	2.03	1.80																																																																										
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> ☒ Las horas hombre consideradas en el grafico son la sumas de HH(Régimen Común) y HH(Construcción Civil), la ponderación de las HH fue como se describe en la relación (1) $HH \text{ TOTALES} = HH*(RC)*0.5 + HH*(CC) \dots (1)$ ☒ La productividad planeada para la fase fue 9.64 m3/hh ☒ La productividad acumulada de la fase al 95% de los trabajos: fue de 2.03 m3/hh ☒ La productividad es muy variable de las 18 semanas consideradas solo se trabajaron 7, con una clara tendencia negativa, en comparación con lo planeado y lo obtenido a la fecha de corte. 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Liberaciones: previas a realizar las actividades de la fase P-8. ☒ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ☒ Retrabajos: el material extendido de la base al tener una mayor humedad de la requerida, necesita airearse, generando tiempos muertos. ☒ Eventualidades: derrumbes, avería de equipos, falta de material granular, etc. 																																																																												

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 15 Productividad en la Fase P-8 del Extendido y Colocado de la Base Granular en Época de Precipitaciones

EXTENDIDO Y COLOCADO DE LA BASE GRANULAR																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL EXTENDIDO Y COLOCADO DE LA BASE GRANULAR	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-8																																																																												
<p style="text-align: center;">PRODUCTIVIDAD EN LA FASE P-8, EXTENDIDO DE MATERIAL DE LA BASE GRANULAR EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>Data for Productivity Graph</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>Productividad Planeada (m³/HM)</th> <th>Productividad Obtenida (m³/HM)</th> <th>Productividad en Época de Lluvias (m³/HM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>30.10</td><td>30.11</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>30.10</td><td>22.79</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>30.10</td><td>25.03</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>30.10</td><td>28.60</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>30.10</td><td>0.00</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>30.10</td><td>17.44</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>30.10</td><td>20.06</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>30.10</td><td>0.00</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>30.10</td><td>30.10</td><td>35.20</td></tr> </tbody> </table>	Semana	Productividad Planeada (m³/HM)	Productividad Obtenida (m³/HM)	Productividad en Época de Lluvias (m³/HM)	S-52	30.10	30.11	35.20	S-53	30.10	22.79	35.20	S-54	30.10	25.03	35.20	S-55	30.10	28.60	35.20	S-56	30.10	0.00	35.20	S-57	30.10	17.44	35.20	S-58	30.10	20.06	35.20	S-59	30.10	0.00	35.20	S-60	30.10	30.10	35.20	S-61	30.10	30.10	35.20	S-62	30.10	30.10	35.20	S-63	30.10	30.10	35.20	S-64	30.10	30.10	35.20	S-65	30.10	30.10	35.20	S-66	30.10	30.10	35.20	S-67	30.10	30.10	35.20	S-68	30.10	30.10	35.20	S-69	30.10	30.10	35.20	
Semana	Productividad Planeada (m³/HM)	Productividad Obtenida (m³/HM)	Productividad en Época de Lluvias (m³/HM)																																																																										
S-52	30.10	30.11	35.20																																																																										
S-53	30.10	22.79	35.20																																																																										
S-54	30.10	25.03	35.20																																																																										
S-55	30.10	28.60	35.20																																																																										
S-56	30.10	0.00	35.20																																																																										
S-57	30.10	17.44	35.20																																																																										
S-58	30.10	20.06	35.20																																																																										
S-59	30.10	0.00	35.20																																																																										
S-60	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-61	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-62	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-63	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-64	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-65	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-66	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-67	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-68	30.10	30.10	35.20																																																																										
S-69	30.10	30.10	35.20																																																																										
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> ☒ Las horas maquina (HM) de la fase se realiza con el uso en conjunto de la motoniveladora y la esparcidora de base (pavimentadora) de acuerdo a la siguiente relación. $HM(\text{Extendido}) = (HM \text{ Pavimentadora}) \times 1.5 + (HM \text{ Motoniveladora}) \times 1$ ☒ La productividad planeada en la fase fue de 35m³/hh ☒ La productividad acumulada obtenida en el proyecto al 95% de los trabajos fue de 30.10m³/hh ☒ La productividad es muy variable de las 18 semanas consideradas solo se trabajaron 6, con una tendencia negativa con respecto a la productividad planeada y la obtenida. 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Liberaciones: La realización de los trabajos en esta fase son dependientes de la liberación o aprobación de la actividad previa por parte del Supervisor. ☒ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ☒ Retrabajos: el material extendido de la base al tener una mayor humedad de la requerida, necesita airearse, generando tiempos muertos. ☒ Eventualidades: derrumbes, avería de equipos, falta de material granular, etc. 																																																																												

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 16 Productividad en la Fase P-8 del Compactado de la Base Granular en Época de Precipitaciones

COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL RODILLO TÁNDEM	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-8																																																																												
<p>PRODUCTIVIDAD EN LA FASE P-8, COMPACTADO DE LA DE BASE GRANULAR EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>Data for Productivity Graph</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>Productividad Planeada (m³/hm)</th> <th>Productividad Obtenida (m³/hm)</th> <th>Productividad en Época de Lluvias (m³/hm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>35.20</td><td>32.54</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>35.20</td><td>30.66</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>35.20</td><td>23.24</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>35.20</td><td>21.06</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>35.20</td><td>0.00</td><td>24.74</td></tr> </tbody> </table>	Semana	Productividad Planeada (m³/hm)	Productividad Obtenida (m³/hm)	Productividad en Época de Lluvias (m³/hm)	S-52	35.20	32.54	24.74	S-53	35.20	30.66	24.74	S-54	35.20	23.24	24.74	S-55	35.20	21.06	24.74	S-56	35.20	0.00	24.74	S-57	35.20	0.00	24.74	S-58	35.20	0.00	24.74	S-59	35.20	0.00	24.74	S-60	35.20	0.00	24.74	S-61	35.20	0.00	24.74	S-62	35.20	0.00	24.74	S-63	35.20	0.00	24.74	S-64	35.20	0.00	24.74	S-65	35.20	0.00	24.74	S-66	35.20	0.00	24.74	S-67	35.20	0.00	24.74	S-68	35.20	0.00	24.74	S-69	35.20	0.00	24.74	
Semana	Productividad Planeada (m³/hm)	Productividad Obtenida (m³/hm)	Productividad en Época de Lluvias (m³/hm)																																																																										
S-52	35.20	32.54	24.74																																																																										
S-53	35.20	30.66	24.74																																																																										
S-54	35.20	23.24	24.74																																																																										
S-55	35.20	21.06	24.74																																																																										
S-56	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-57	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-58	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-59	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-60	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-61	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-62	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-63	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-64	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-65	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-66	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-67	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-68	35.20	0.00	24.74																																																																										
S-69	35.20	0.00	24.74																																																																										
<p>Descripción del Gráfico</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ Para esta fase la productividad del compactado está relacionada a las HM del rodillo tándem usadas para realizar los trabajos. ☒ La productividad planeada para esta fase fue de 35.20m³/hh ☒ La productividad acumulada obtenida al 95% del avance de la fase fue de 24.74m³/hh ☒ La productividad es muy variable de las 18 semanas consideradas solo se trabajaron 7, con una tendencia negativa, es decir se produce menos con la misma cantidad de recursos (hh). ☒ En el proyecto la productividad acumulada obtenida fue del 70% con respecto a lo planeado. 	<p>Factores que influyen en la baja productividad en época de lluvias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ☒ Liberaciones: Previo a realizar esta actividad el material deberá de tener el porcentaje de humedad necesario, de no comprobarse esto no se realizaran los trabajos. ☒ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ☒ Retrabajos: el material extendido de la base al tener una mayor humedad de la requerida, necesita airearse, generando tiempos muertos. ☒ Eventualidades: derrumbes, avería de equipos, etc. 																																																																												

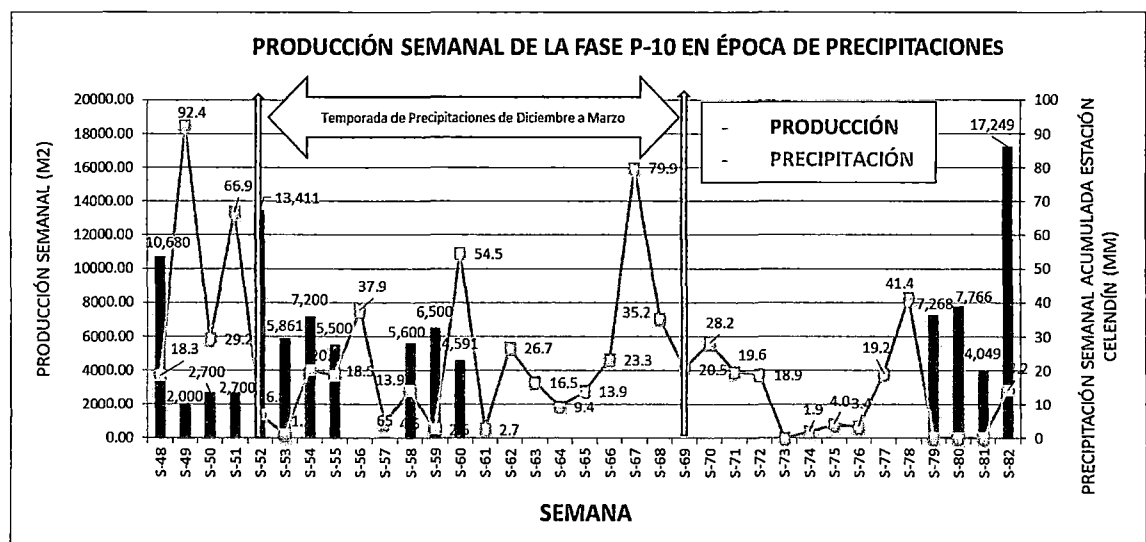
Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.2 Productividad en la Fase de P-10 (Imprimación Asfáltica)

La fase de P-10 Imprimación Asfáltica, considerada en el plan de fases, incluye la mano de obra, equipos y materiales, no incluye el material bituminoso (MC-30)

Para el análisis de la productividad de los recursos usados para la realización de esta fase en época de precipitaciones, se considerarán los recursos de mayor incidencia económica, en la Figura N° 16 se grafica la producción de esta fase en la temporada de análisis.

Figura N° 16 Producción Semanal de la Fase P-10 en Época de Precipitaciones



Fuente: ISP consolidado de la Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

Los recursos usados en la fase P-10 en época de precipitaciones fueron tomados del ISP histórico del proyecto, los cuales son acumulados semanalmente.

La temporada de precipitaciones considerada en esta investigación de diciembre a marzo comienza para este proyecto en la semana S-52 (26/11/12) y culmina en la semana S-69 (31/03/13). El avance acumulado de la fase a la semana S-52 fue 20.75% y a la semana S-69 fue 30.03%.

A) Productividad de la Mano de Obra

La productividad de la Mano de Obra viene dada por las HH del régimen de construcción civil (CC) y HH del régimen común (RC), dado que el costo de las HH en los dos regímenes son se ponderan las HH para un mejor análisis de la siguiente forma :

$$HH \text{ TOTALES} = HH*(RC)*0.5 + HH*(CC)... (1)$$

Dada esta relación tenemos que la productividad de la mano de obra en el cuadro N° 17, teniendo como referencia la productividad la planeada y la productividad acumulada alcanzada por el proyecto.

B) Productividad de los Equipos

El equipo incidente de esta fase es el camión imprimador, que está directamente relacionado con el riego del material bituminoso. La productividad de este equipo se describe en el cuadro N° 18 teniendo como referencia la productividad la planeada y la productividad acumulada alcanzada por el proyecto.

C) Productividad de los Materiales

Esta fase solo considera el combustible de los equipos y herramientas manuales, siendo el costo de este pequeño en referencia a la mano de obra y equipos, por lo que no será evaluada.

Cuadro N° 17 Productividad en la Fase P-10 de la Mano de Obra en Época de Precipitaciones

MANO DE OBRA	
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-10
<p>PRODUCTIVIDAD SEMANAL DE LA MANO DE OBRA EN LA FASE P-10 EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p>	
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:
<ul style="list-style-type: none"> ⊘ Las horas hombre consideradas en el gráfico son la sumas de HH(Régimen Común) y HH(Construcción Civil), la ponderación de las HH fue la como se describe en la relación (1) $HH \text{ TOTALES} = HH*(RC)*0.5 + HH*(CC)... (1)$ ⊘ La productividad planeada para la fase fue 39.11 m2/hh ⊘ La productividad acumulada de la fase al 95% de los trabajos: fue de 18.06 m2/hh ⊘ La productividad es muy variable de las 18 semanas consideradas solo se trabajaron 8, con una clara tendencia negativa, en comparación con lo planeado y lo obtenido a la fecha de corte. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊘ Liberaciones: Para la realización de esta fase se deberá de tener la liberación por parte de la supervisión de la actividad precedente (P-8). ⊘ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ⊘ Retrabajos: para poder imprimir la base esta deberá estar completamente seca, por lo cual se usa mayores HH para las actividades de barrido y sopleteo. ⊘ Eventualidades: derrumbes, avería de quipos, etc.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 18 Productividad en la Fase P-10 del Camión Imprimador en Época de Precipitaciones

IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CAMIÓN IMPRIMADOR	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-10																																																																												
<p>PRODUCTIVIDAD SEMANAL DEL RIEGO DE MATERIAL EN LA FASE P-10 EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>Data for Productivity Graph</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>Productividad Planeada (m²/HM)</th> <th>Productividad Obtenida (m²/HM)</th> <th>Productividad en Época de Lluvias (m²/HM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>352.00</td><td>268.22</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>352.00</td><td>117.23</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>352.00</td><td>144.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>352.00</td><td>110.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>352.00</td><td>1.30</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>352.00</td><td>112.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>352.00</td><td>130.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>352.00</td><td>154.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>352.00</td><td>0.00</td><td>352.00</td></tr> </tbody> </table>	Semana	Productividad Planeada (m ² /HM)	Productividad Obtenida (m ² /HM)	Productividad en Época de Lluvias (m ² /HM)	S-52	352.00	268.22	352.00	S-53	352.00	117.23	352.00	S-54	352.00	144.00	352.00	S-55	352.00	110.00	352.00	S-56	352.00	0.00	352.00	S-57	352.00	1.30	352.00	S-58	352.00	112.00	352.00	S-59	352.00	130.00	352.00	S-60	352.00	154.00	352.00	S-61	352.00	0.00	352.00	S-62	352.00	0.00	352.00	S-63	352.00	0.00	352.00	S-64	352.00	0.00	352.00	S-65	352.00	0.00	352.00	S-66	352.00	0.00	352.00	S-67	352.00	0.00	352.00	S-68	352.00	0.00	352.00	S-69	352.00	0.00	352.00	
Semana	Productividad Planeada (m ² /HM)	Productividad Obtenida (m ² /HM)	Productividad en Época de Lluvias (m ² /HM)																																																																										
S-52	352.00	268.22	352.00																																																																										
S-53	352.00	117.23	352.00																																																																										
S-54	352.00	144.00	352.00																																																																										
S-55	352.00	110.00	352.00																																																																										
S-56	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-57	352.00	1.30	352.00																																																																										
S-58	352.00	112.00	352.00																																																																										
S-59	352.00	130.00	352.00																																																																										
S-60	352.00	154.00	352.00																																																																										
S-61	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-62	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-63	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-64	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-65	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-66	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-67	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-68	352.00	0.00	352.00																																																																										
S-69	352.00	0.00	352.00																																																																										
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> ✘ En esta fase el equipo principal es el camión imprimador y solo es usado en esta fase a diferencia de otros equipos por ello se considerara las HM mínimas pagadas del equipo. ✘ La productividad planeada para esta fase fue de 352.00m²/HM ✘ La productividad acumulada obtenida al 95% del avance de la fase fue de 154.00m²/HM. ✘ La productividad no es constante en el periodo de análisis, y presenta una clara tendencia negativa, es decir se produce menos con la misma cantidad de recursos (HM). ✘ En el proyecto la productividad acumulada obtenida fue del 43.75% con respecto a lo planeado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✘ Liberaciones: El riego imprimante es una actividad muy rápida, el limitante principal es el área de base liberada (P-8). ✘ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ✘ Retrabajos: para poder imprimir la base esta deberá estar completamente seca, mientras tanto el camión tiene que mantener el material imprimante en la temperatura requerida, generando tiempos improductivos. ✘ Eventualidades: derrumbes, avería de quipos, desabastecimiento de material imprimante, etc. 																																																																												

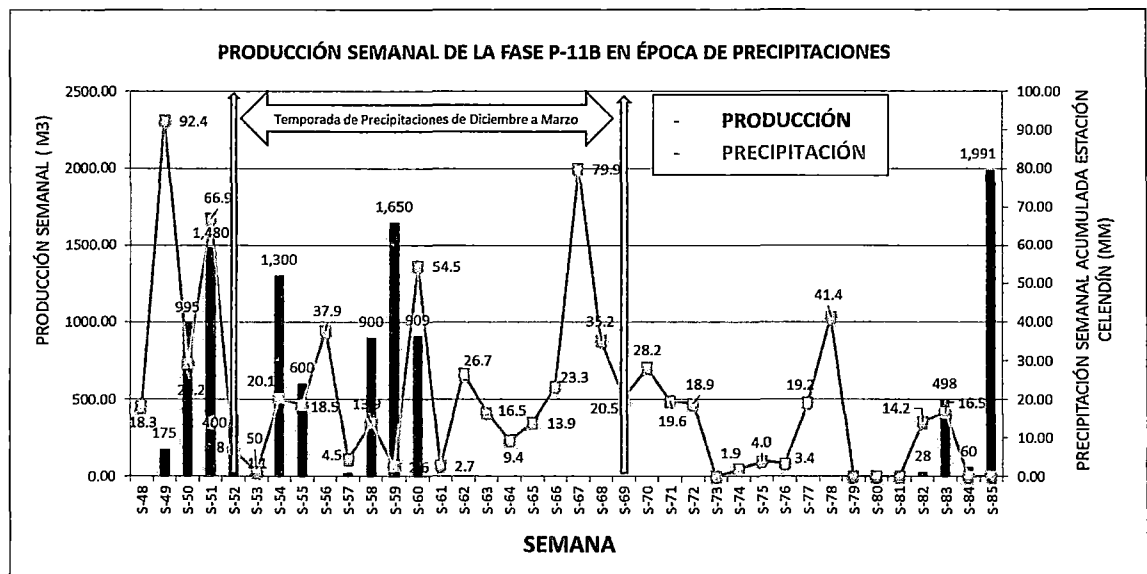
Fuente: Elaboración Propia

3.3.2.2 Productividad en la Fase de P-11B (Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica)

La fase P-11B colocado y compactado de la carpeta asfáltica, considerada en el plan de fases, incluyen la mano de obra, equipos y materiales, no incluye la mezcla asfáltica en caliente.

Para el análisis de la productividad de los recursos usados para la realización de esta fase en época de precipitaciones, se considerarán los recursos de mayor incidencia económica, en la figura N° 17 se describe la producción semanal de la fase en las semanas de análisis.

Figura N° 17 Producción Semanal de la Fase P-11B en Época de Precipitaciones



Fuente: ISP consolidado del proyecto Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

Los recursos usados en la fase P-11B en época de precipitaciones fueron tomados del ISP histórico del proyecto, los cuales son acumulados semanalmente, en base a ello se medirá su productividad de manera semanal.

La temporada de precipitaciones considerada en esta investigación de diciembre a marzo comienza para este proyecto en la semana S-52 (26/11/12) y culmina en la semana S-69 (31/03/13). El avance acumulado de la fase a la semana S-52 fue 10.82% y a la semana S-69 fue 30.08%.

A) Productividad de la Mano de Obra

La productividad de la Mano de Obra viene dada por las HH del régimen de construcción civil (CC) y HH del régimen común (RC), dado que el costo de las HH en los dos regímenes son se ponderan las HH para un mejor análisis de la siguiente forma :

$$HH \text{ TOTALES} = HH*(RC)*0.5 + HH*(CC)... (1)$$

Dada esta relación tenemos que la productividad de la mano de obra en el cuadro N° 19, teniendo como referencia la productividad la planeada y la productividad acumulada alcanzada por el proyecto.

B) Productividad de los Equipos

La productividad de esta fase será medida de acuerdo a dos actividades, la primera es el colocado del material y el segundo es la compactación.

- ➔ En la actividad del colocado del material el equipo en el que se medirá la productividad será la pavimentadora. En el cuadro N° 20 se describe la productividad de esta.
- ➔ En la actividad de compactado viene dada por las HM de los rodillos tándem y neumáticos en el cuadro N° 21 y N° 22 se describe la productividad estos equipos.

C) Productividad de los Materiales

Esta fase solo considera el combustible de los equipos y herramientas manuales, siendo el costo de este pequeño en referencia a la mano de obra y equipos, por lo que no será evaluada.

Cuadro N° 19 Productividad en la Fase P-11B de la Mano de Obra en Época de Precipitaciones

MANO DE OBRA	
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-11B
<p>PRODUCTIVIDAD SEMANAL DE LA MANO DE OBRA EN LA FASE P-11B EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p>	
<p>DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Las horas hombre consideradas en el gráfico son la sumas de HH(Régimen Común) y HH(Construcción Civil), la ponderación de las HH fue la como se describe en la relación (1) $HH \text{ TOTALES} = HH * (RC) * 0.5 + HH * (CC) \dots (1)$ <ul style="list-style-type: none"> ⊗ La productividad planeada para la fase fue 2.2 m³/HH ⊗ La productividad acumulada de la fase al 93.84% de los trabajos: fue de 1.79 m³/HH. ⊗ La productividad es muy variable de las 18 semanas consideradas solo se trabajaron 6, con una clara tendencia negativa, en comparación con lo planeado y lo obtenido a la fecha de corte. ⊗ La productividad acumulada a la semana S-52 fue de 9.39%, y al término de la semana S-69 fue de 30.25% dando un total de 20.94% de producción en la temporada de análisis. 	<p>FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊗ Liberaciones: Los trabajos de esta fase se desarrollan sobre una base liberada por la supervisión y en buen estado de lo contrario se realiza un recapado de la imprimación, generando retrasos y tiempos muertos. ⊗ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ⊗ Eventualidades: derrumbes, avería de quipos, baja producción de la planta de asfalto, etc.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 20 Productividad en la Fase P-11B de la Colocación de la Carpeta Asfáltica en Época de Precipitaciones

COLOCACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PAVIMENTADORA DE ASFALTO	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-11B																																																																												
<p>PRODUCTIVIDAD EN LA FASE P-11B, COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>PRODUCTIVIDAD EN LA FASE P-11B, COLOCACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</caption> <thead> <tr> <th>SEMANA</th> <th>PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (M3/HM)</th> <th>PRODUCTIVIDAD OBTENIDA (M3/HM)</th> <th>PRODUCTIVIDAD PLANEADA (M3/HM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>35.71</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>31.33</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>32.09</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>35.86</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>34.38</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>30.00</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>0.00</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>0.00</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>0.00</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>0.00</td><td>39.11</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>34.43</td></tr> </tbody> </table>	SEMANA	PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD OBTENIDA (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD PLANEADA (M3/HM)	S-52	35.71	39.11	34.43	S-53	31.33	39.11	34.43	S-54	32.09	39.11	34.43	S-55	35.86	39.11	34.43	S-56	34.38	39.11	34.43	S-57	30.00	39.11	34.43	S-58	0.00	39.11	34.43	S-59	0.00	39.11	34.43	S-60	0.00	39.11	34.43	S-61	0.00	39.11	34.43	S-62	0.00	0.00	34.43	S-63	0.00	0.00	34.43	S-64	0.00	0.00	34.43	S-65	0.00	0.00	34.43	S-66	0.00	0.00	34.43	S-67	0.00	0.00	34.43	S-68	0.00	0.00	34.43	S-69	0.00	0.00	34.43	
SEMANA	PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD OBTENIDA (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD PLANEADA (M3/HM)																																																																										
S-52	35.71	39.11	34.43																																																																										
S-53	31.33	39.11	34.43																																																																										
S-54	32.09	39.11	34.43																																																																										
S-55	35.86	39.11	34.43																																																																										
S-56	34.38	39.11	34.43																																																																										
S-57	30.00	39.11	34.43																																																																										
S-58	0.00	39.11	34.43																																																																										
S-59	0.00	39.11	34.43																																																																										
S-60	0.00	39.11	34.43																																																																										
S-61	0.00	39.11	34.43																																																																										
S-62	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-63	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-64	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-65	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-66	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-67	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-68	0.00	0.00	34.43																																																																										
S-69	0.00	0.00	34.43																																																																										
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> ☒ La productividad del colocado de la carpeta asfáltica se mide de acuerdo a las HM de la pavimentadora usadas en la fase. ☒ La productividad planeada para esta fase fue de 34.43M3/HM ☒ La productividad acumulada obtenida al 93.84% del avance de la fase fue de 39.11M3/HM. ☒ La productividad de este equipo no presenta variaciones bruscas y su productividad es mayor a la planeada. ☒ En el proyecto la productividad acumulada obtenida fue del 114% con respecto a lo planeado. ☒ La productividad acumulada a la semana S-52 fue de 9.39%, y al término de la semana S-69 fue de 30.25% dando un total de 20.94% de producción en la temporada de análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> ☒ Liberaciones: Los trabajos de esta fase se desarrollan sobre una base liberada por la supervisión y en buen estado de lo contrario se realiza un recapado de la imprimación, generando retrasos y tiempos muertos. ☒ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ☒ Esperas: tiempo de espera en la frecuencia de llegada de los camiones con el asfalto en caliente. ☒ Eventualidades: derrumbes, avería de quipos, baja producción de la planta de asfalto, etc. 																																																																												

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 21 Productividad en la Fase P-11B de la Compactación en Época de Precipitaciones

COMPACTACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL RODILLO TÁNDEM	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-11B																																																																												
<p>PRODUCTIVIDAD EN LA FASE P-11B, COMPACTACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA (RODILLO TÁNDEM) EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>Data for Productivity Graph</caption> <thead> <tr> <th>Semana</th> <th>Productividad en época de lluvias (M3/HM)</th> <th>Productividad obtenida (M3/HM)</th> <th>Productividad planeada (M3/HM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>23.67</td><td>23.67</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>27.78</td><td>27.78</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>22.39</td><td>22.39</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>26.95</td><td>26.95</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>31.13</td><td>31.13</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>37.10</td><td>37.10</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>38.83</td><td>38.83</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>33.33</td><td>33.33</td><td>33.33</td></tr> </tbody> </table>	Semana	Productividad en época de lluvias (M3/HM)	Productividad obtenida (M3/HM)	Productividad planeada (M3/HM)	S-52	23.67	23.67	33.33	S-53	0.00	0.00	33.33	S-54	27.78	27.78	33.33	S-55	22.39	22.39	33.33	S-56	0.00	0.00	33.33	S-57	0.00	0.00	33.33	S-58	26.95	26.95	33.33	S-59	31.13	31.13	33.33	S-60	37.10	37.10	33.33	S-61	0.00	0.00	33.33	S-62	38.83	38.83	33.33	S-63	33.33	33.33	33.33	S-64	33.33	33.33	33.33	S-65	33.33	33.33	33.33	S-66	33.33	33.33	33.33	S-67	33.33	33.33	33.33	S-68	33.33	33.33	33.33	S-69	33.33	33.33	33.33	
Semana	Productividad en época de lluvias (M3/HM)	Productividad obtenida (M3/HM)	Productividad planeada (M3/HM)																																																																										
S-52	23.67	23.67	33.33																																																																										
S-53	0.00	0.00	33.33																																																																										
S-54	27.78	27.78	33.33																																																																										
S-55	22.39	22.39	33.33																																																																										
S-56	0.00	0.00	33.33																																																																										
S-57	0.00	0.00	33.33																																																																										
S-58	26.95	26.95	33.33																																																																										
S-59	31.13	31.13	33.33																																																																										
S-60	37.10	37.10	33.33																																																																										
S-61	0.00	0.00	33.33																																																																										
S-62	38.83	38.83	33.33																																																																										
S-63	33.33	33.33	33.33																																																																										
S-64	33.33	33.33	33.33																																																																										
S-65	33.33	33.33	33.33																																																																										
S-66	33.33	33.33	33.33																																																																										
S-67	33.33	33.33	33.33																																																																										
S-68	33.33	33.33	33.33																																																																										
S-69	33.33	33.33	33.33																																																																										
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> ✘ La productividad del compactado de la carpeta asfáltica viene dada por las HM usadas del rodillo tándem y neumático, en este grafico se analiza la productividad del rodillo tándem. ✘ La productividad planeada para esta fase fue de 33.33M3/HM ✘ La productividad acumulada obtenida al 93.84% del avance de la fase fue de 38.83M3/HM. ✘ La productividad de este equipo no presenta variaciones bruscas y su productividad es menor a la planeada en las semanas de análisis. ✘ En el proyecto la productividad acumulada obtenida fue del 117% con respecto a lo planeado. ✘ La productividad acumulada a la semana S-52 fue de 9.39%, y al término de la semana S-69 fue de 30.25% dando un total de 20.94% de producción en la temporada de análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> ✘ Liberaciones: Liberaciones de la fase predecesora (P-10) ✘ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ✘ Controles: El conductor del equipo de acuerdo a su experiencia en la actividad, dando más pasadas de las indicadas en el tramo de prueba, generando mayores horas máquina. ✘ Eventualidades: derrumbes, avería de quipos, baja producción de la planta de asfalto, etc. 																																																																												

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 22 Productividad en la Fase P-11B de la Compactación en Época de Precipitaciones

COMPACTACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA																																																																													
GRÁFICO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL RODILLO NEUMÁTICO	IMAGEN DE LOS TRABAJOS EN LA FASE P-11B																																																																												
<p>PRODUCTIVIDAD EN LA FASE P-11B, COMPACTACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA (RODILLO NEUMÁTICO) EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES</p> <table border="1"> <caption>Data for Productivity Graph</caption> <thead> <tr> <th>SEMANA</th> <th>PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (M3/HM)</th> <th>PRODUCTIVIDAD OBTENIDA (M3/HM)</th> <th>PRODUCTIVIDAD PLANEADA (M3/HM)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>S-52</td><td>17.54</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-53</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-54</td><td>16.97</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-55</td><td>20.27</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-56</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-57</td><td>18.25</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-58</td><td>16.47</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-59</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-60</td><td>24.90</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-61</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-62</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-63</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-64</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-65</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-66</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-67</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-68</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> <tr><td>S-69</td><td>0.00</td><td>20.15</td><td>21.43</td></tr> </tbody> </table>	SEMANA	PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD OBTENIDA (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD PLANEADA (M3/HM)	S-52	17.54	20.15	21.43	S-53	0.00	20.15	21.43	S-54	16.97	20.15	21.43	S-55	20.27	20.15	21.43	S-56	0.00	20.15	21.43	S-57	18.25	20.15	21.43	S-58	16.47	20.15	21.43	S-59	0.00	20.15	21.43	S-60	24.90	20.15	21.43	S-61	0.00	20.15	21.43	S-62	0.00	20.15	21.43	S-63	0.00	20.15	21.43	S-64	0.00	20.15	21.43	S-65	0.00	20.15	21.43	S-66	0.00	20.15	21.43	S-67	0.00	20.15	21.43	S-68	0.00	20.15	21.43	S-69	0.00	20.15	21.43	
SEMANA	PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD OBTENIDA (M3/HM)	PRODUCTIVIDAD PLANEADA (M3/HM)																																																																										
S-52	17.54	20.15	21.43																																																																										
S-53	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-54	16.97	20.15	21.43																																																																										
S-55	20.27	20.15	21.43																																																																										
S-56	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-57	18.25	20.15	21.43																																																																										
S-58	16.47	20.15	21.43																																																																										
S-59	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-60	24.90	20.15	21.43																																																																										
S-61	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-62	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-63	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-64	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-65	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-66	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-67	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-68	0.00	20.15	21.43																																																																										
S-69	0.00	20.15	21.43																																																																										
DESCRIPCIÓN DEL GRÁFICO	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA BAJA PRODUCTIVIDAD EN ÉPOCA DE LLUVIAS:																																																																												
<ul style="list-style-type: none"> ⊗ La productividad del compactado de la carpeta asfáltica viene dada por las HM usadas del rodillo tándem y neumático, en este grafico se analiza la productividad del rodillo neumático. ⊗ La productividad planeada para esta fase fue de 21.43 M3/HM ⊗ La productividad acumulada obtenida al 93.84% del avance de la fase fue de 20.15 M3/HM. ⊗ La productividad de este equipo en las semanas de análisis es menor a la productividad promedio acumulada. ⊗ La productividad acumulada a la semana S-52 fue de 9.39%, y al término de la semana S-69 fue de 30.25% dando un total de 20.94% de producción en la temporada de análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊗ Liberaciones: Liberación de la fase predecesora (P-10) ⊗ Precipitaciones: Las especificaciones técnicas restringen el desarrollo de estos trabajos en presencia de precipitaciones. ⊗ Controles: El conductor del equipo de acuerdo a su experiencia en la actividad, dando más pasadas de las indicadas en el tramo de prueba, generando mayores HM. ⊗ Eventualidades: derrumbes, avería de quipos, baja producción de la planta de asfalto, etc. 																																																																												

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Productividad en la Carretera Alfamayo-Quillabamba

La evaluación de la productividad en la Carretera Alfamayo-Quillabamba se hará de acuerdo al plan de fases del proyecto descrito en el cuadro N° 23.

Cuadro N° 23 Fases del Proceso de Pavimentación

CÓDIGO DE FASE	SUBPROCESOS DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN
P-7	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE SUBBASE GRANULAR
P-8	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR
P-10	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA
P-11B	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

Fuente: COSAPI S.A., Plan de fases de la Carretera Alfamayo Quillabamba

El proceso de pavimentación para este proyecto consta de cuatro fases, en base a estas se realiza el control del avance (programación) y económico, una herramienta de uso interno que nos ayuda a medir estos indicadores es el ISP. En el periodo de precipitaciones definido en este estudio entre los meses de diciembre a marzo, se analizara su producción y productividad de acuerdo a los equipos, materiales y mano de obra incidentes que pertenezcan a cada fase en particular del proceso.

La temporada de precipitaciones considerada en esta investigación para este proyecto es de diciembre a marzo y se inició en la semana S-38 (26/11/12) y culminó en la semana S-55 (31/03/13), teniendo una duración de 18 semanas.

3.3.3.1 Productividad en la Fase de P-7 (Extendido y Compactado de la Subbase Granular)

La fase P-7 Extendido y Compactado de la Base Granular, considerada en el plan de fases, incluye mano de obra, equipos y materiales menores. Para el análisis de la productividad de los recursos usados en esta fase en época de precipitaciones, se considerarán los recursos de mayor incidencia económica. En la Figura N° 18 grafica la producción semanal de la fase.

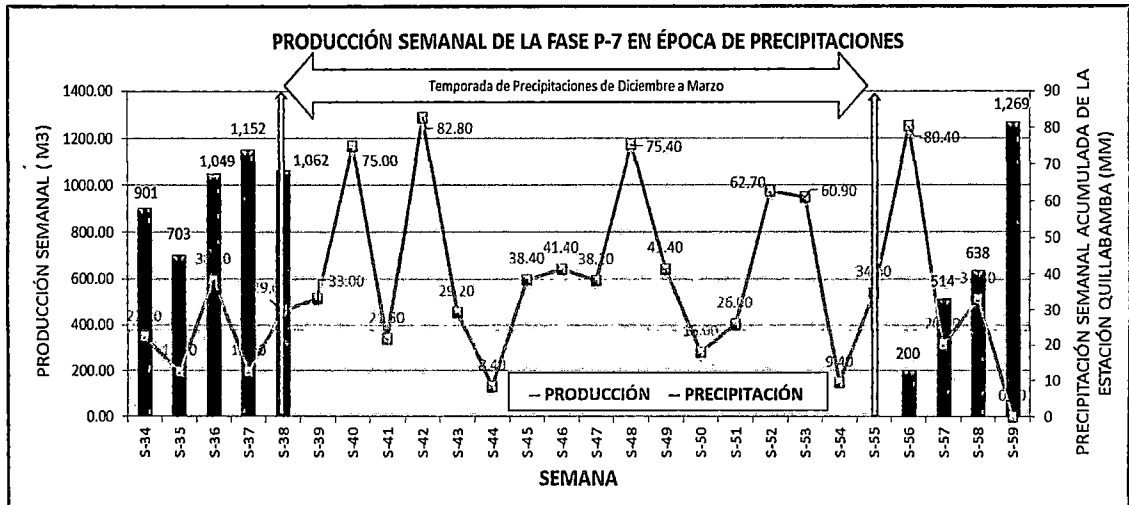


Figura N° 18 Producción Semanal de la Fase P-7 en Época de Precipitaciones, Carretera Alfamayo Quillabamba

- Dado que solo hubo producción en una de las dieciocho semanas, no se realizara el análisis de la productividad.
- La producción acumulada a la semana S-38, fue de 67.92%, y al finalizar la temporada de análisis S-55 fue de 73.97%, obteniendo una producción del 6.05%.
- A partir de la semana S-56 se reanuda la productividad de manera pausada.

3.3.3.2 Productividad en la Fase de P-8 (Extendido y Compactado de la Base Granular)

La fase P-8 Extendido y Compactado de la Base Granular, considerada en el plan de fases, incluye mano de obra, equipos y materiales menores. Para el análisis de la productividad se consideraran los recursos de mayor incidencia económica, en la figura N° 19 se describe la producción semanal de la fase en la temporada de precipitaciones.

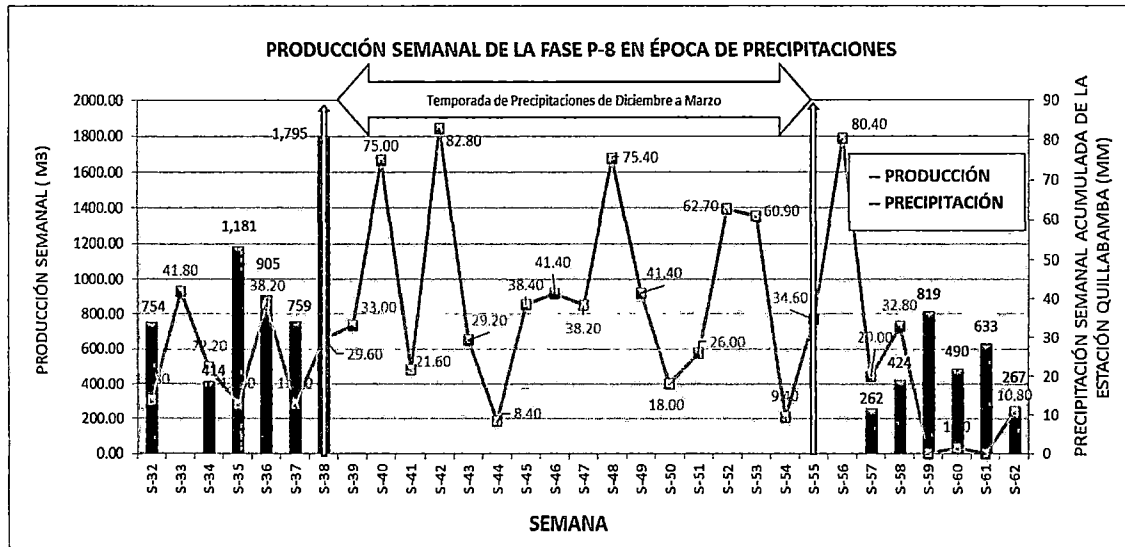


Figura N° 19 Producción Semanal de la Fase P-8 en Época de Precipitaciones, Carretera Alfamayo Quillabamba

- Solo hubo producción en una de las dieciocho semanas consideradas en el análisis, por lo tanto no se analizara la productividad.
- La producción acumulada a la semana S-38 (inicio), fue de 69.92% y a la semana S-55 fue de 73.5%, dando una producción total de 5.44% en relación con a lo planificado.
- A partir de la semana S-57 la producción se reanuda de forma pausada.

3.3.3.3 Productividad en la Fase de P-10 (Imprimación Asfáltica)

La fase de P-10 Imprimación Asfáltica, considerada en el plan de fases, incluye la mano de obra, equipos y materiales, no incluye el material bituminoso (MC-30). Para el análisis de la productividad de los recursos usados para la realización de esta fase en época de precipitaciones, se considerarán los recursos de mayor incidencia económica, en la Figura N° 20 se grafica la producción de esta fase en la temporada de análisis.

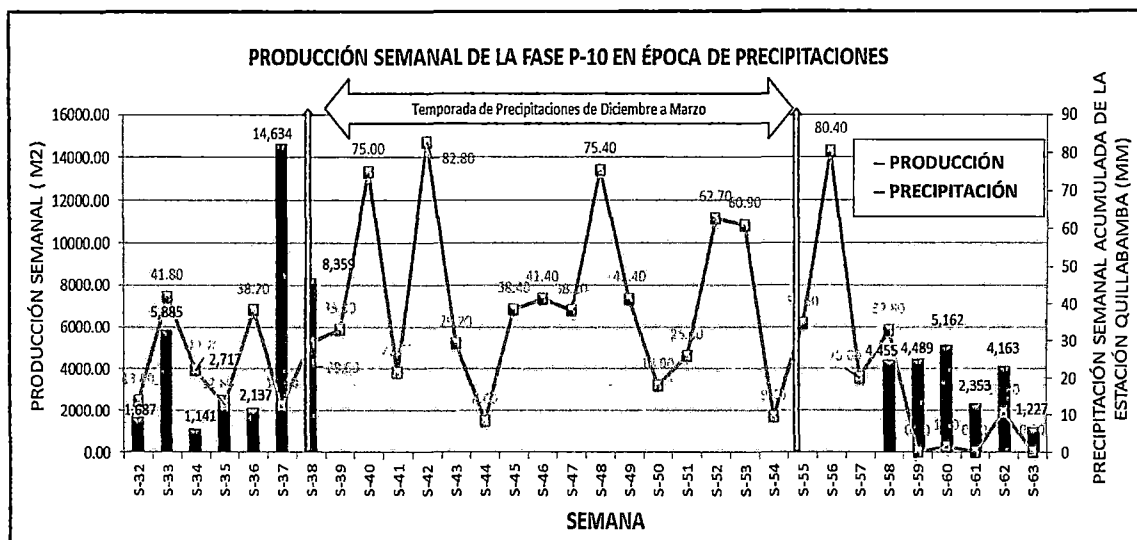


Figura N° 20 Producción semanal de la Fase P-10 en época de precipitaciones, Carretera Alfamayo-Quillabamba

- ✘ De las 18 semanas consideradas en el análisis (de la semana S-38 hasta S-55), solo hubo producción una semana, sin embargo esta fase tuvo una paralización global de 19 semanas, los trabajos recién se reanudaron en la semana S-58.
- ✘ La producción acumulada al inicio de la S38 fue de 70.50% y al finalizar la temporada de análisis S-55 fue de 74.31, lo que significó un avance del 3.81% con respecto a lo planificado.
- ✘ Al solo haber una semana de producción de las 18 consideradas, no sería muy relevante el análisis de la productividad.

3.3.3.4 Productividad en la Fase de P-11B (Extendido y Compactado de la Carpeta Asfáltica)

La fase de P-11B, considerada en el plan de fases, incluye la mano de obra, equipos y materiales, no incluye la mezcla asfáltica en caliente.

Para el análisis de la productividad de los recursos usados para la realización de esta fase en época de precipitaciones, se considerarán los recursos de mayor incidencia económica, en la figura N° 21 se describe la producción semanal de la fase en las semanas de análisis.

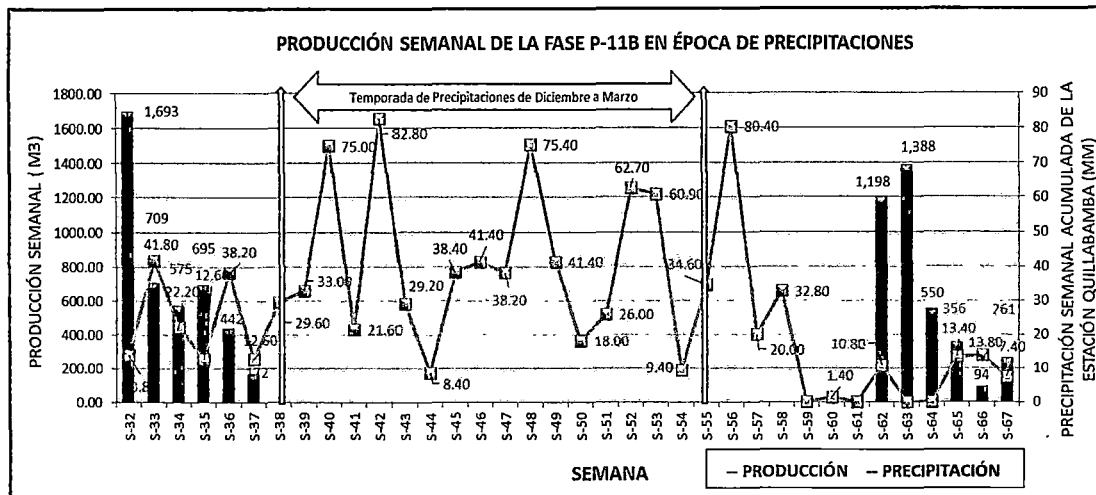


Figura N° 21 Producción semanal de la Fase P-11B en época de precipitaciones, Carretera Alfamayo-Quillabamba

- ⊗ Durante la temporada considerada en el análisis no se desarrollaron trabajos (18 semanas desde S-38 a S-55), se reanuda recién en la semana S-62, es decir 24 semanas de paralizaciones de los trabajos en esta fase.
- ⊗ El porcentaje de avance al iniciar la semana S-38 fue de 62.72%, lo cual se mantuvo hasta la semana S-61.
- ⊗ Dado que no hay producción en las semanas en estudio, no se puede analizar la productividad de los recursos incidentes usados en la fase.
- ⊗ Al ser esta actividad en cadena se deben de realizar los trabajos precedentes (P7, P8 y P10) para su realización, lo que se refleja en 6 semanas más de paralización de las actividades (S-56 a S-61).

3.3.4 Productividad en la Carretera Ayacucho Abancay

El análisis de las precipitaciones está limitado para la investigación entre los meses de Diciembre a Marzo comenzando con las semana S-49 (29/11/12) hasta la semana S-66 (03/04/13), dando un total de 18 semanas

De acuerdo al plan de fases del proyecto el proceso de pavimentación se desarrolla de acuerdo al cuadro N° 24.

Cuadro N° 24 Fases del proceso de pavimentación en la Carretera Ayacucho-Abancay

CÓDIGO DE FASE	SUBPROCESOS DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN
SUB (P-7)	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE SUBBASE GRANULAR
BAS (P-8)	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR
IMP (P-9)	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA
PAV (P-10)	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

Fuente: Plan de fases del Proyecto Carretera Ayacucho-Abancay

3.3.4.1 Productividad en la fase de P-7 (Extendido y Compactado de la Subbase Granular)

La fase P-7 Extendido y Compactado de la Base Granular, considerada en el plan de fases, incluye mano de obra, equipos y materiales menores, en la figura N° 22 grafica la producción semanal de la fase en época de precipitaciones.

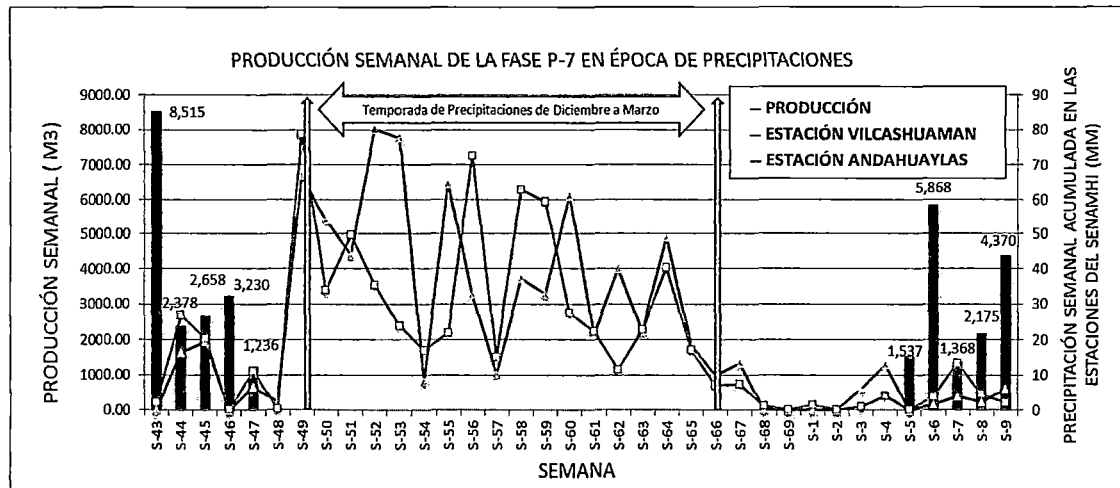


Figura N° 22 Producción en la Fase P-7 en época de precipitaciones, Carreteras Ayacucho-Abancay

- ✘ Se observa que la producción de esta fue cero durante 26 semanas, desde S-48 hasta S-4*.
- ✘ El porcentaje de avance a la semana S-49 fue de 54.27%, y al término de la temporada S-66, fue de 54.27%, lo que significo producción "cero" en las semanas de análisis.
- ✘ No se puede evaluar la productividad de los recursos en esta fase debido a que no hay producción.

3.3.4.2 Productividad en la fase de P-8 (Extendido y Compactado de la Base Granular)

La fase P-8 Extendido y Compactado de la Base Granular, considerada en el plan de fases, incluye mano de obra, equipos y materiales menores, en la figura N° 23 se describe la producción semanal de la fase en la temporada de precipitaciones.

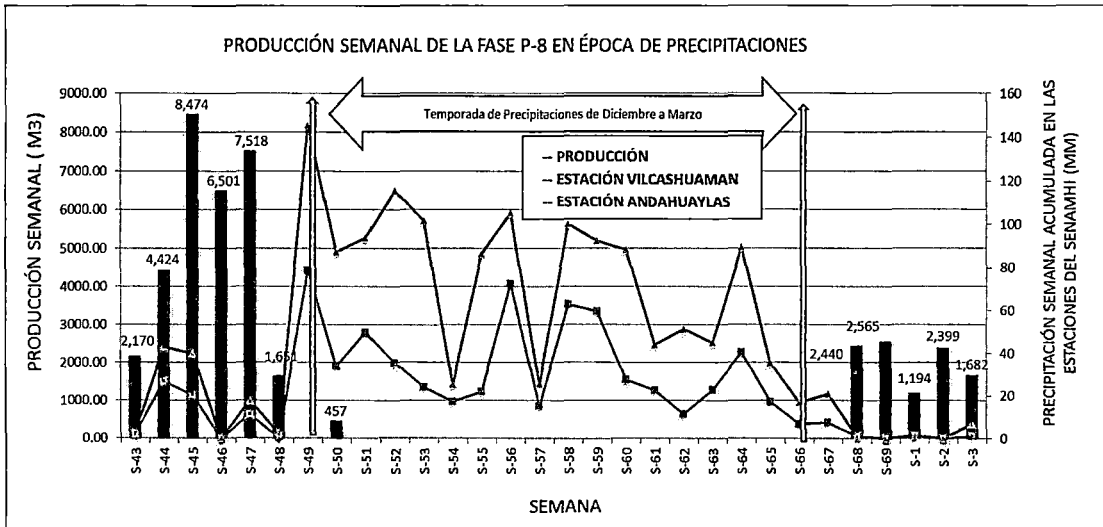


Figura N° 23 Producción en la Fase P-8 en época de precipitaciones, Carreteras Ayacucho-Abancay

- ✘ En este proyecto solo se trabajó una semana de las 18, a partir de la semana S-68 la producción de esta fase se reanuda pero de manera lenta en referencia a los rendimientos alcanzados.
- ✘ El porcentaje de avance a la semana S-49 de la fase fue de 48.46%, y al final de la temporada de análisis S-66 fue de 49.18%, lo que dignifico un avance en la producción del 0.72% con respecto a lo planeado.
- ✘ No se puede evaluar la productividad de los recursos en esta fase debido a que no hay producción.

3.3.4.3 Productividad en la fase de P-10 (Imprimación Asfáltica)

La fase de P-10 Imprimación Asfáltica, considerada en el plan de fases, incluye la mano de obra, equipos y materiales, no incluye el material bituminoso (MC-30), en la figura N° 24 se grafica el comportamiento de la producción semanal de la fase en la temporada de precipitaciones.

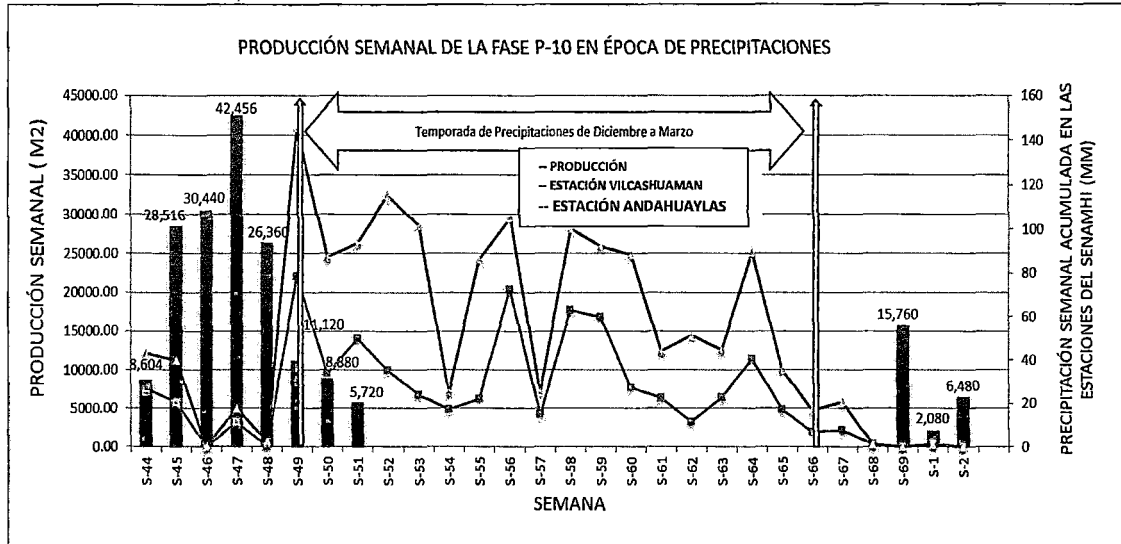


Figura N° 24 Producción en la Fase P-10 en época de precipitaciones, Carreteras Ayacucho-Abancay

- ✎ La producción de esta fase se reanuda aun después de 3 semanas S-69, pero de forma lenta.
- ✎ El porcentaje de avance a la semana S-49 de la fase fue de 39.23%, y al final del periodo S-66 fue de 43.11%, lo que significó una producción del 3.88% durante el periodo de precipitaciones.
- ✎ De las 18 semanas consideradas en el periodo de precipitaciones se trabajaron 3 semanas, debido a no tener datos consistentes en de los recursos no se evaluara la productividad.

3.3.4.4 Productividad en la Fase de P-11B (Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica)

La fase de P-11B, considerada en el plan de fases, incluye la mano de obra, equipos y materiales, no incluye la mezcla asfáltica en caliente, en la figura N° 25 se describe la producción semanal de la fase en la temporada de análisis.

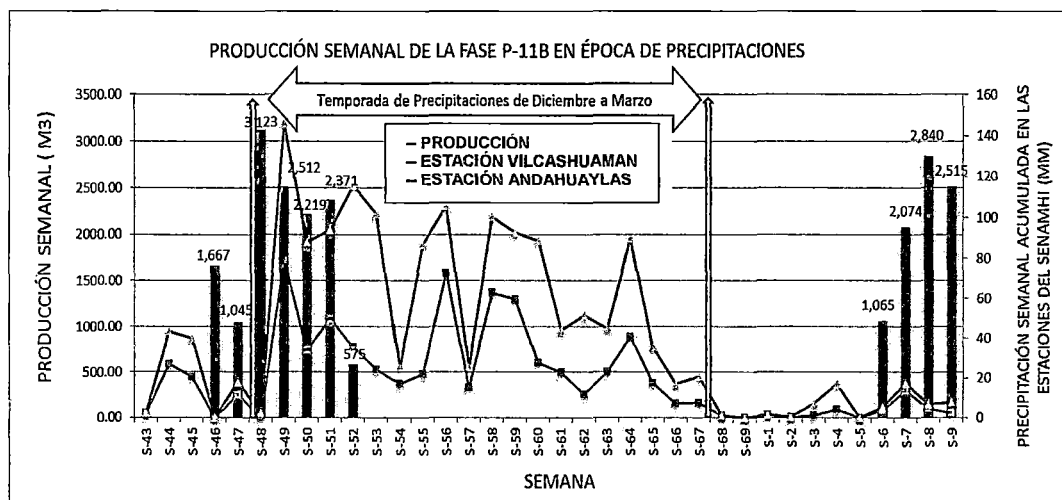


Figura N° 25 Producción en la Fase P-11B en Época de Precipitaciones, Carreteras Ayacucho-Abancay

- ✘ Aun terminado el periodo de análisis, la producción aun después de 8 semanas se reanuda la producción de esta fase (S-6*).
- ✘ El porcentaje de avance a la semana S-49 de la fase fue de 28.78%, a la semana S-66 fue de 46.59%, lo que significó una producción del 17.81% en la temporada de precipitaciones.
- ✘ De las 18 semanas consideradas en el análisis se realizaron trabajos en 4 semanas pero debido a no tener datos consistentes en el uso de recursos no se evaluara la productividad de esta fase.

CAPITULO IV: EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

Para plantear el uso de cobertores primero debemos definir que se va a cubrir o proteger, en el sector construcción los cobertores son usados con frecuencia para protegernos de agentes externos (lluvia, nevada y granizo) y para aislar nuestras actividades (ruido, ecosistema), el propósito de esta investigación es evaluar su uso para la protección contra las lluvias y evitar los efectos negativos en las fases del proceso de pavimentación.

4.1 MODELOS DE COBERTORES

Antes de definir las necesidades de los cobertores, de acuerdo a los trabajos que se van a realizar dentro de ellos, las opciones del mercado en cuanto a cobertores en el Perú, se encontró dos tipos o sistemas de cobertores con los cuales se planteara como alternativas de solución, siendo estos:

- Cobertores tipo insuflados
- Cobertores arriestrados

4.1.1 Cobertores Tipo Insuflados

Los cobertores insuflados son elementos fabricados de lona resistente, anclados y cuyo único soporte es la presión de aire, son usados en Europa y Norte América, en Sudamérica el pinero de su uso en obras de infraestructura es Brasil. Siendo la principal característica de este sistema, el aislamiento y protección de agente externos, sus aplicaciones son muy diversas desde brindar protección en la construcción de cimientos de una planta nuclear, montaje de estructuras metálicas y la construcción del gaseoducto Caraguatatuba a Taubate (2010) en Brasil, entre otros.



Figura N° 26 Trabajos de movimiento de tierra bajo cobertores insuflados.

En el Perú se usó un cobertor tipo mixto (membrana doble y simple), en el proyecto de Rehabilitación y Mejoramiento del Aeropuerto del Cusco ejecutado por el consorcio JJC-JOHESA, en el año 2010.

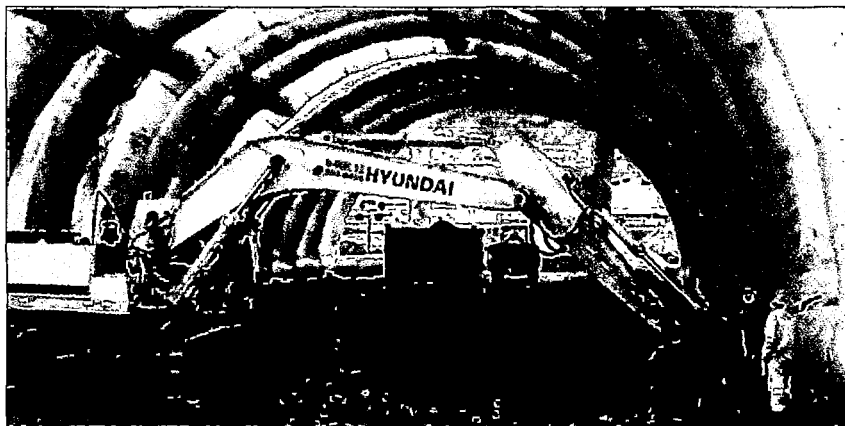


Figura N° 27 Trabajos en movimiento de tierra

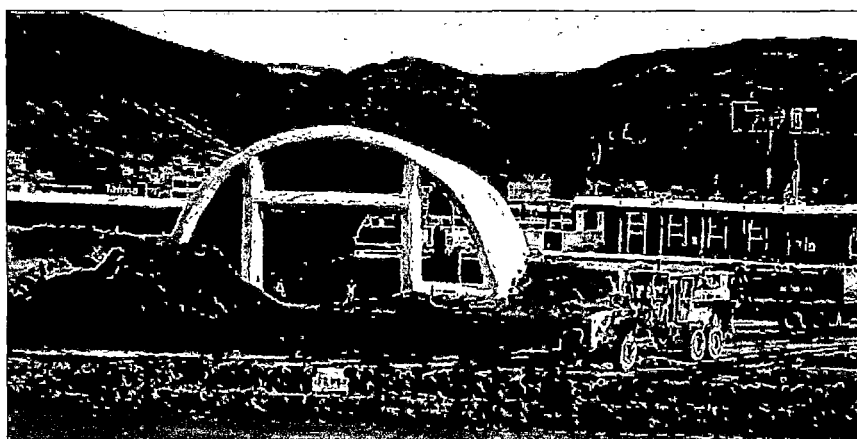


Figura N° 28 Vista frontal del cobertor insuflado tipo mixto.

Las características que presenta el sistema de cobertores insuflados, independientemente del tipo de estructura son los siguientes:

- Formadas y soportadas solo por aire / Grandes vanos libres
- Uso pleno del espacio interior: sin vigas ni columnas interiores
- Tipos: de pared simple, y pared doble / según el tipo requieren de inyección permanente de aire, o en forma intermitente (menor consumo eléctrico)
- Instalación y desmontaje rápidos, en todo tipo de terreno (tierra, arena, cemento, asfalto, etc.)
- Livianas no necesitan cimientos, antisísmicas.
- Móviles fáciles de transportar.

- Materiales: impermeables, no propagan llama, alta resistencia mecánica, resistencia UV, anti moho

4.1.1.1 Tipos de Estructuras Insufladas

En el sistema de cobertores insuflados las estructuras pueden ser de tres tipos, la estructura de simple membrana, doble membrana o la combinación de las dos cada una de ellas es dependiente al proyecto.

a) Estructura de simple membrana

- El cuerpo de la estructura está formado por una sola membrana. El aire inyectado infla la membrana creando un recinto soportado por la presión de aire.
- Es por lo general un recinto cerrado, al que se accede a través de esclusas.
- Se insufla un flujo de aire suficiente como para compensar la cantidad de pérdidas diseñadas.

b) Estructura de doble membrana

- El cuerpo de la estructura está formada por dos membranas que forman cavidades huecas, dentro de las cuales se inyecta aire.
- No es un recinto presurizado por lo que pueden funcionar como recintos abiertos o cerrados según la necesidad.
- En función a las necesidades operativas y al presupuesto de inversión pueden ser inflados permanente (los equipos de inflado funcionan todo el tiempo) o de inflado intermitente automático (los equipos de inflado se encienden cuando la estructura lo requiere y luego se apagan).

c) Estructura de membrana mixta

- Son una combinación de los dos tipos de estructuras anteriores. Constan de un armazón estructural inflado, sobre el cual va una cubierta de lona que forma las paredes del recinto.
- El recinto puede estar abierto al tránsito o no según la necesidad.
- En función a las necesidades operativas y al presupuesto de inversión pueden ser inflados permanente (los equipos de inflado funcionan todo el tiempo) o de inflado intermitente automático (los equipos de inflado se encienden cuando la estructura lo requiere y luego se apagan)

4.1.2 Cobertores Arriostrados

El sistema de cobertores arriostrados es usado como almacén, realización de eventos, etc., entre sus características más resaltantes tenemos su fácil armado, estabilidad (viento) y aislamiento con el medio exterior (lluvias, granizo), los cuales son los requisitos básicos que debe brindar un cobertor para realizar los trabajos de pavimentación, este sistema deberá ser diseñado de acuerdo a nuestros requerimientos de trabajo.

La concepción de este tipo de cobertor, la rescatamos de una investigación interna de innovación de la empresa COSAPI, ella el ingeniero Michael Rojas⁶, plantea el uso de este tipo de cobertores la colocación de la carpeta asfáltica, con ciertas consideraciones en cuanto a tamaño, en la figura N° 29 observamos el planteamiento geométrico de su propuesta.

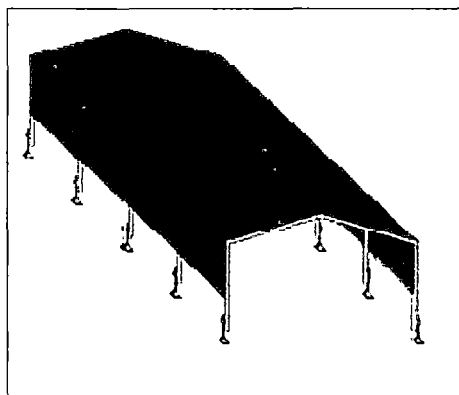


Figura N° 29 Cobertor arriostrado

En esta investigación buscará ampliar los usos de esta propuesta para los otros subprocesos que se realizan dentro del proceso de pavimentación.

4.2 CRITERIOS PARA DEFINIR LAS DIMENSIONES DE LOS COBERTORES PARA EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN

Para poder definir las dimensiones para los cobertores se deberá tomar en cuenta que es lo que se desea proteger o cubrir independiente de la forma que pueda tener el cobertor, para el caso se deberá considerar como se realizan los trabajos

⁶“Colocación de asfalto en lluvias”, Segundo puesto en el Concurso de innovación interno de COSAPI S.A (2013).

del proceso de pavimentación, en la figura N° 30 se observa el área de trabajo y la geometría de los cobertores arriostrado e insuflado.

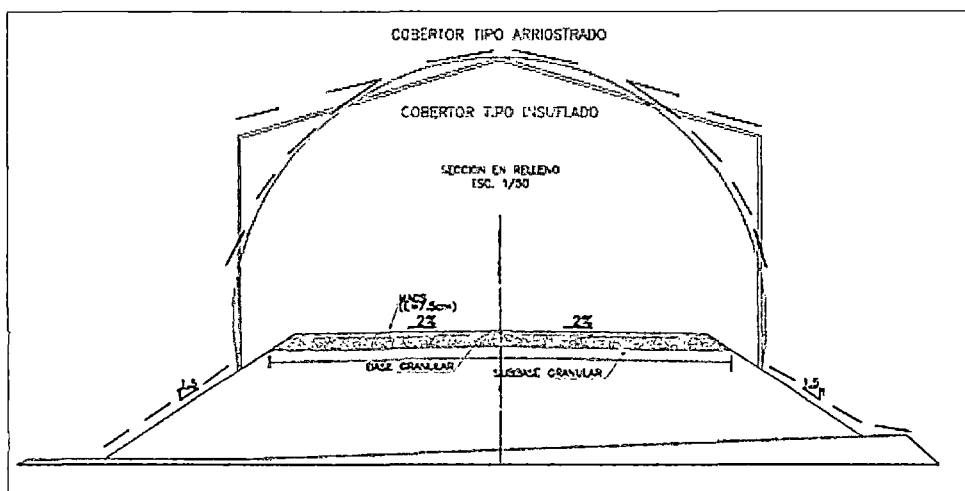


Figura N° 30 Formas de los sistemas de cobertores arriostrado e insuflados

Dada la forma del cobertor deberemos definir nuestros parametros de trabajo en este caso seran la altura mínima necesaria en el centro y los bordes laterales de la plataforma, en ancho de la superficie de trabajo, y por ultimo definir la longitud de los cuerpos del cobertor que dependeran de los ratios de avance promedio de los proyectos estudiados.

Las vías en el Perú se clasifican de acuerdo a tres criterios, según el MTC:

- ✓ Clasificación de las Carreteras según su función.
- ✓ Clasificación por demanda.
- ✓ Según sus condiciones orográficas.

En los proyectos en los cuales se va a considerar el análisis dimensional del cobertor son los que se muestran en el cuadro N° 25, en ella encontramos se describe su clasificación y longitud.

Cuadro N° 25 Clasificación de las vías en los proyectos estudiados

PROYECTO	CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	LONGITUD DEL PROYECTO
CARRETERA CUSCO - QUILLABAMBA TRAMO: ALFAMAYO – CHAULLAY – QUILLABAMBA	RED VIAL NACIONAL 28B CARRETERA DE SEGUNDA CLASE OROGRAFIA TIPO 3 Y 4	42.793 KM
CARRETERA CAJAMARCA – CELENDIN – BALSAS	RUTA VIAL NACIONAL N°8	52.793 KM

TRAMO Km 52+000 - CELENDIN	CARRETERA DE SEGUNDA Y TERCERA CLASE OROGRAFIA TIPO 1, 2, 3 Y 4	
CARRETERA AYACUCHO – ABANCAY TRAMO 2	RED VIAL NACIONAL, RUTA 3S CARRETERA DE TERCERA CLASE OROGRAFÍA 2 Y 3	48.800 KM

Fuente: Memoria descriptiva del proyecto, Diseño geométrico vial

En base a la clasificación de las vías se obtiene los parámetros de diseño, los cuales se encuentran en los expedientes técnicos de cada proyecto en la sección de "Trazo y diseño vial".

En los cuadros N° 26. N° 27, N° 28, se detalla los parámetros de diseño vial de los proyectos evaluados.

Cuadro N° 26 Parámetros de diseño de la carretera Cusco Quillabamba

PARAMETRO	UNIDAD	SECCIÓN TIPO A	SECCIÓN TIPO B
CATEGORIA DE LA VÍA		TERCERA CLASE	SEGUNDA CLASE
CARACTERÍSTICAS		CARRETERA DE DOS CARRILES (DC)	CARRETERA DE DOS CARRILES (DC)
VEHICULO TIPO DE DISEÑO		C2	C2
TIPO DE PAVIMENTO		CARPETA ASFALTICA	CARPETA ASFALTICA
OROGRAFÍA TIPO		4	2-3
VELOCIDAD DIRECTRIZ DE DISEÑO	Km/h	30	40
ANCHO DE SUPERFICIE DE CALZADA	M	6.00	6.60
ANCHO DE BERMA A CADA LADO	M	0.50	0.90
ANCHO DE PLATAFORMA	M	7.00	8.40
RADIO MINIMO	M	30	50
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL	M	25	45
RADIO MINIMO DE CURVA DE VUELTA	M	20	20
PENDIENTE LONGITUDINAL MAXIMA NORMAL	%	8	8
PENDIENTE LONGITUDINAL EXEPCIONAL	%	9	9
LONGITUD MINIMA DE CURVA VERTICAL	M	40	80
BOMBEO DE CALZADA Y BERMAS	%	2.5	2.5
PERALTE MAXIMO	%	8	8
SOBRE ANCHO MAXIMO	M	2.80	2.80
CUNETAS TRIANGULARES REVESTIDAS		1.00 X 0.50	1.00 X 0.50
CUNETAS RECTANGULARES REVESTIDAS		0.50 X 0.50	0.50 X 0.50
TALUD DE RELLENO		1.5H:1V	1.5H:1V
TALUD DE CORTE			

Fuente: Memoria descriptiva del proyecto, Trazo y diseño geométrico vial

Cuadro N° 27 Parámetros de diseño de la carretera Cajamarca - Celendín

PARAMETRO	SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3	SECCIÓN 4	SECCIÓN 5
VELOCIDAD DIRECTRIZ	VD = 30 KPH	VD = 30 KPH	VD = 30 KPH	VD = 40 KPH	VD = 40 KPH(*)
ANCHO DE CALZADAS	6.00m	6.00m	6.00m	6.60m	6.60m
ANCHO DE BERMAS	0.90m c/lado	1.00m c/lado (cuneta-berma)	0.90m c/lado	0.90m c/lado	0.50m c/lado
BOMBEO	2%	2%	2%	2%	2%
RADIO MINIMO	85m	27m	27m	27m	27m
SOBREANCHO MINIMO	1.00m	2.60m	2.60m	2.60m	2.60m
PERALTE MAXIMO	4%	8%	8%	8%	8%
PENDIENTE MAXIMA	4%	8%	8%	8%	8%
PENDIENTE MINIMA	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%
TALUD DE RELLENO	1.5H:1V	1.5H:1V	1.5H:1V	1.5H:1V	1.5H:1V
TALUD DE CORTE	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material
CUNETAS TRIANGULAR REVESTIDAS	1.00 x 0.50	1.00 x 0.50 Cuneta-berma	1.00 x 0.50	1.00 x 0.50	1.00 x 0.50

Fuente: Memoria descriptiva, Trazo y diseño geométrico vial.

Cuadro N° 28 Parámetros de diseño de la carretera Ayacucho - Abancay

PARAMETRO	UNIDAD	SECCIÓN TIPICA
CATEGORIA DE LA VÍA		TERCERA CLASE
CARACTERÍSTICAS		CARRETERA DE DOS CARRILES (DC)
VEHICULO TIPO DE DISEÑO		C2
TIPO DE PAVIMENTO		CARPETA ASFALTICA
OROGRAFÍA TIPO		3
VELOCIDAD DIRECTRIZ DE DISEÑO	Km/h	30 KM/H
ANCHO DE SUPERFICIE DE CALZADA	M	6.00
ANCHO DE BERMA A CADA LADO	M	0.50
ANCHO DE PLATAFORMA	M	7.00
BOMBEO DE CALZADA Y BERMAS	%	2.5%

Fuente: Memoria descriptiva, Trazo y diseño geométrico vial

Según la clasificación de las vías que presenta el MTC, y las características de los proyectos evaluados, esta investigación podrá ser aplicada para las vías con las características mostradas en el cuadro N°29.

Cuadro N° 29 Limitaciones de la investigación de acuerdo a la clasificación de vías

CLASIFICACIÓN	LIMITACIÓN DEL ANALISIS
CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FUNCIÓN	RED PRIMARIA Y SECUNDARIA
CLASIFICACIÓN POR DEMANDA	CARRETERAS DE SEGUNDA Y TERCERA CLASE
SEGÚN SUS CONDICIONES OROGRAFICAS	NO HAY LIMITACIÓN POR EL TIPO DE OROGRAFÍA

Fuente: Elaboración propia

Bajo esas consideraciones de clasificación, tenemos también parámetros de diseño mínimos y máximos en tramos en tangente como en curva los cuales dependen directamente de la velocidad de diseño, por lo que debemos definir de acuerdo al tipo de vía, toda esta información será extraída del DG-2013.

4.2.1 Parámetros Horizontales

Para definir el ancho del cobertor debemos de evaluar los parámetros de diseño con los que se obtiene el ancho de la vía, estos siendo los principales la clasificación de la vía, la velocidad de diseño, radios mínimos de curvatura, ancho de calzadas, la longitud de berma, y sobre anchos, tanto para secciones en curva como en tangentes según sea el caso. En la Cuadro N° 30 se describen los parámetros para escoger el ancho del cobertor.

Cuadro N° 0'090 Parámetros Horizontales

PARAMETROS HORIZONTALES	COMENTARIOS	ALCANCE DEL ANÁLISIS
VELOCIDAD DE DISEÑO	De acuerdo a la clasificación del tipo de vías en las que se aplicará esta investigación, se escogerán las velocidades de diseño, ya que de estas dependen los otros parámetros que me definen el ancho de la vía.	30, 40 y 50 Km/h; Según sea el caso
CALZADA	Según la velocidad de diseño y la clasificación de la vía definimos el ancho de la calzada considerando orografías tipo 2, 3 y 4, esto lo	6.00, 6.60 y 7.20 m; Según sea el caso

	encontramos en la Tabla 304.01 (1), y definimos el rango del ancho de calzada.	
BERMA	El ancho de berma depende de la clasificación, tipo y orografía de la vía, y es la relación directa con la velocidad de diseño, esto lo encontramos en la Tabla 304.02 del Manual de diseño geométrico para carreteras (DG-2013), de acuerdo a esta tabla definimos el rango del ancho de bermas	0.50, 0.90, 1.20, 1.80 y 2.00; según sea el caso
SOBREANCHO	El sobreancho es necesario para longitudes en curva, este tiene relación directa con la velocidad de diseño y el radio de curvatura	Según sea el caso

Fuente: Elaboración propia

(1) Manual de Diseño Geométrico para Carreteras (DG-2013)

El ancho de la vía dependerá si está en tramo en Tangente o Curva y en secciones de tipos: a) Sección a corte cerrado, b) Sección a media ladera, y c) Sección en relleno

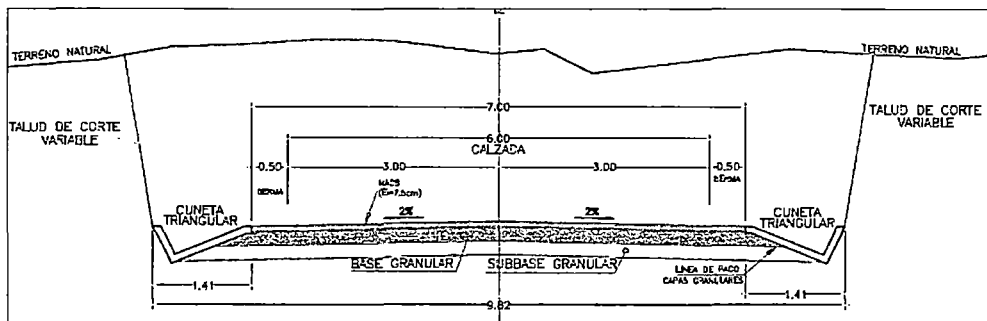


Figura N° 31 Sección típica en tangente, corte cerrado.

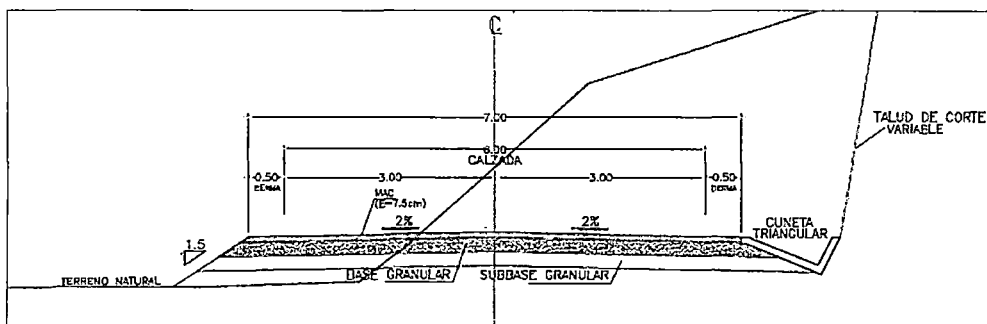


Figura N° 32 Sección típica en tangente, media ladera.

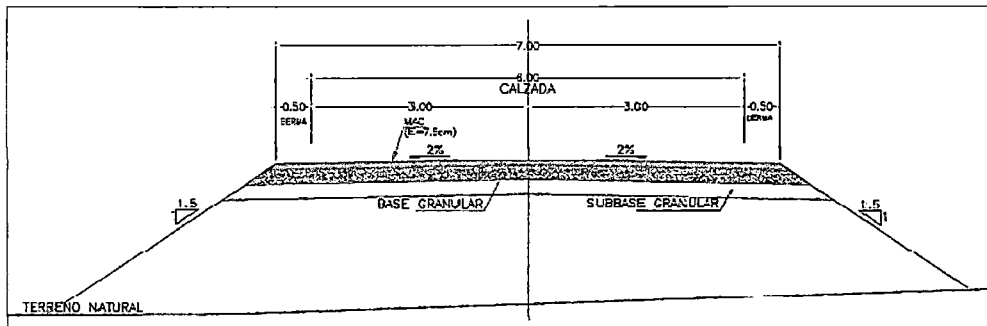


Figura N° 33 Secciones típicas en tangente, relleno.

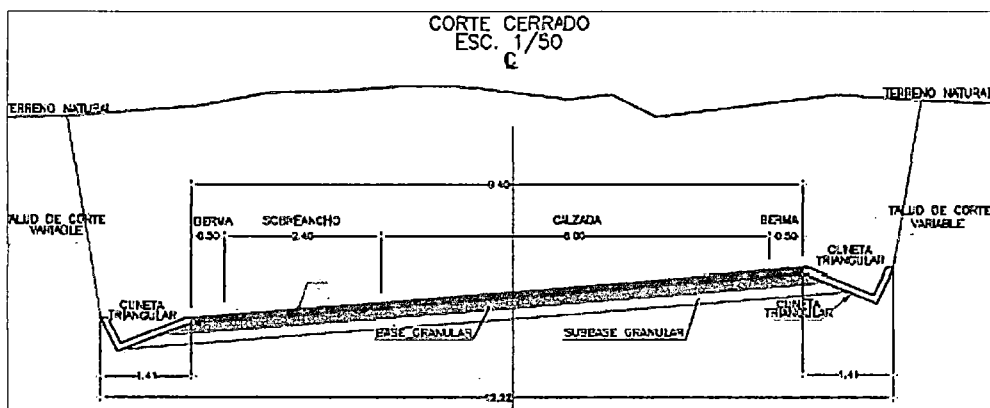


Figura N° 34 Secciones típicas en curva, corte cerrado

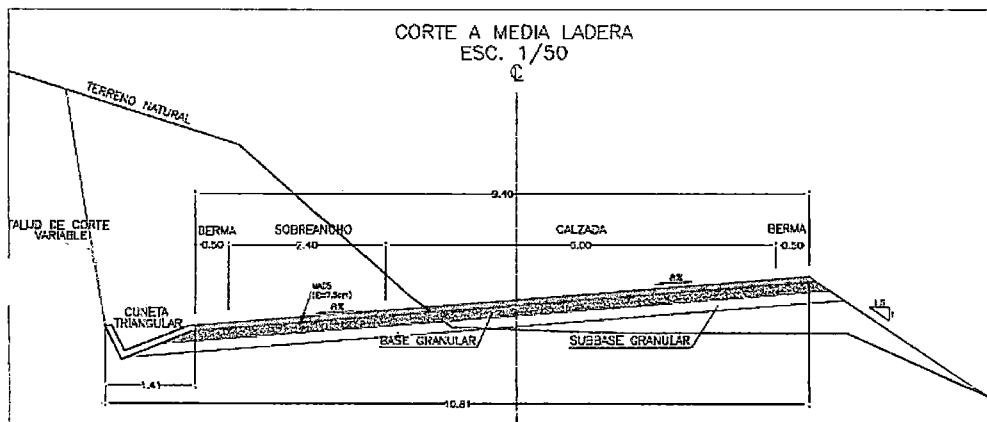


Figura N° 35 Secciones típicas en curva, media ladera.

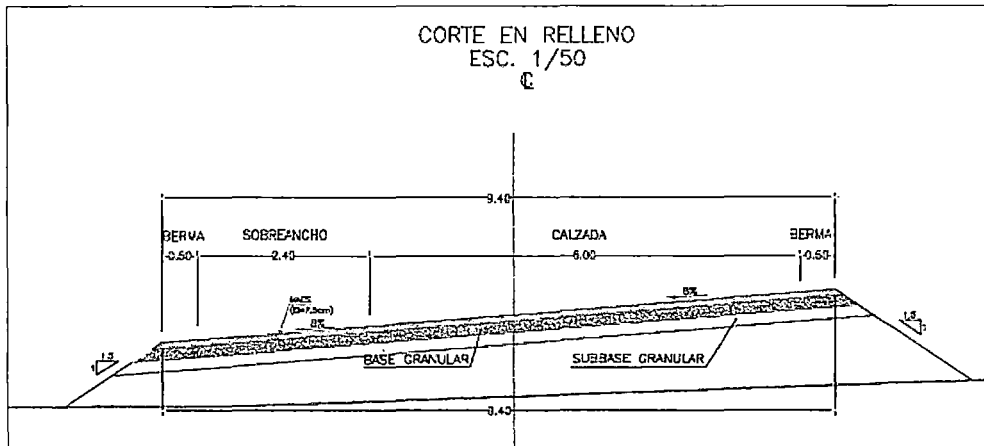


Figura N° 36 Secciones típicas en curva, relleno.

4.2.2 Parámetros Verticales

La altura del cobertor está relacionada a los trabajos que se realizarán dentro él, dado esto se tomó en cuenta los equipos usados durante todo el proceso, siendo necesario definir las alturas en el centro y en los bordes laterales de la plataforma de trabajo,

4.2.2.1 Descripción de Equipos Usados en el Proceso de Pavimentación

En las fases del proceso de pavimentación, cada una de ellas hace uso de equipos, estos son descritos en el cuadro N° 31.

Cuadro N° 30 Maquinas usadas en el proceso de pavimentación

MAQUINARIA USADAS EN EL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN				
MAQUINAS/EQUIPOS	SUBBASE	BASE	IMPRIMACIÓN	CARPETA ASFALTICA
MOTONIVELADORA	X	X		
PAVIMENTADORA DE BASE	X	X		
RODILLO LISO VIBRATORIO	X	X		X
RODILLO NEUMATICO				X
CISTERNA DE AGUA	X	X		
VOLQUETES	X	X		X
CAMION IMPRIMADOR			X	
COMPRESORA NEUMATICA			X	X
BARREDORA MECANICA			X	X
PAVIMENTADORA DE ASFALTO				X
VEHICULO DE TRANSFERENCIA (1)	X	X		X

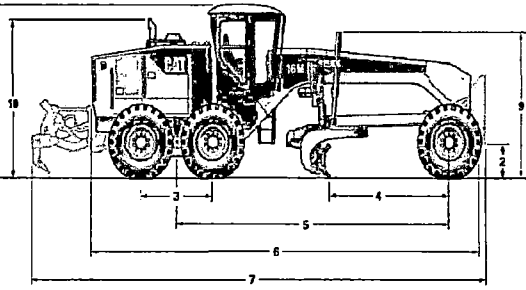
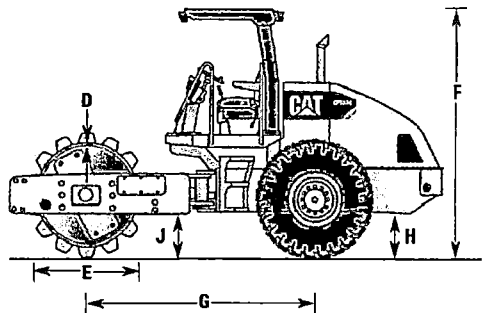
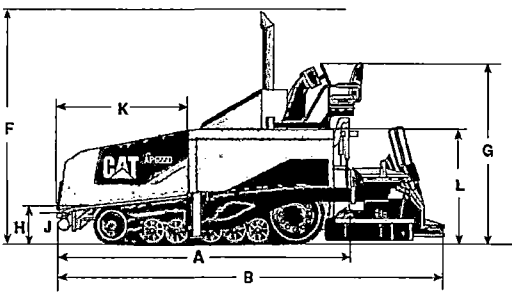
Fuente: Elaboración propia

(1). Este equipo no se usa aun en la línea de producción en las fases del proceso de pavimentación.

De los equipos descritos seleccionamos para el análisis los 4 equipos más grandes, haciendo esa consideración, queda sobreentendido que el resto de equipos por ser de menor tamaño también están siendo analizados. Los equipos seleccionados para el análisis son: a) La Motoniveladora, b) Rodillo vibratorio liso, c) Camión volquete (con la tolva levantada) y, d) La pavimentadora de asfalto o Base (características geométricas similares).

Seleccionamos un modelo de cada equipo teniendo en cuenta los de mayores dimensiones, que se usa actualmente los proyectos de carreteras de COSAPI S.A. considerando la Marca Caterpillar, dado su dominio en el mercado de equipos en el Perú. En el cuadro N° 32 se describen los equipos.

Cuadro N° 31 Descripción de equipos usados en el proceso de pavimentación

EQUIPO	GRAFICO
<p>Motoniveladora(1)</p> <p>Caterpillar 16M es un modelo con características modernas que posee un motor de 221 KW de potencia y longitud de hoja 4.9 m (16 pies),</p>	
<p>Rodillo Compactador(2)</p> <p>CS533E Caterpillar RD-16 es un modelo que se usa actualmente en los proyectos de carreteras, posee un motor de 97 KW de potencia, con una anchura del tambor 2.134 m de 12 TN</p>	
<p>Pavimentadora de asfalto (3)</p> <p>AP655D Caterpillar es un equipo con un motor con potencia bruta de 129 KW, y capacidad de la tolva de 15.5 toneladas, volumen 6.5m³ y cuenta con un ancho máximo de pavimentación de 6.1m.</p>	



Fuente: Elaboración Propia

(1), (2), (3) y (4) Medidas descritas en el Anexo N°3

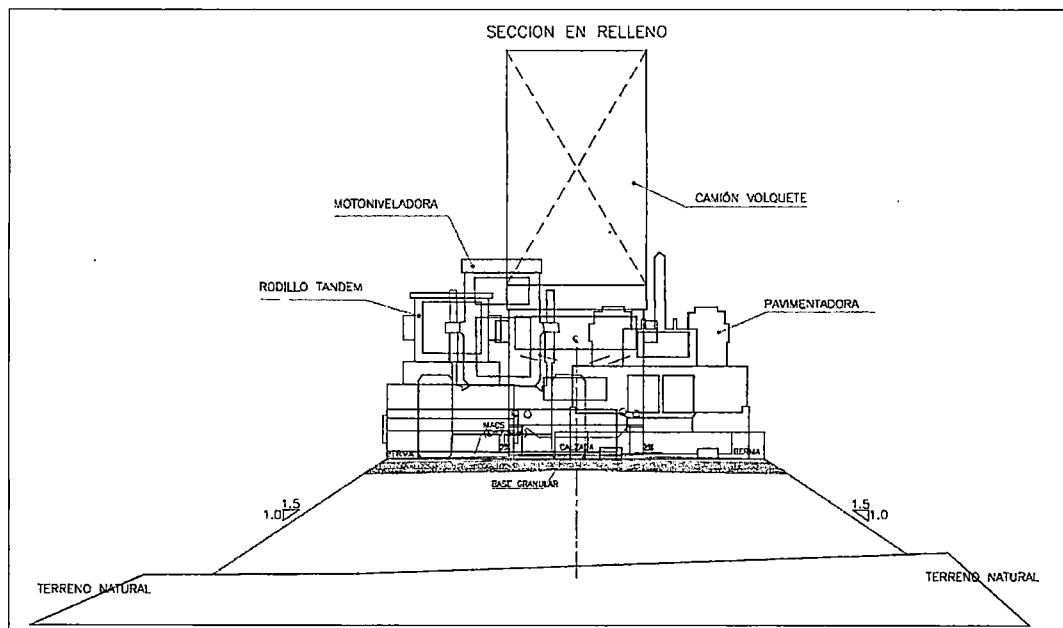


Figura N° 37 Superposición de equipos en una sección de trabajo

4.2.3 Secciones Mínimas para el Uso de Cobertores

De acuerdo a los parámetros verticales y horizontales se realiza un modelamiento, con se tiene las secciones mínimas tanto en sección en tangente como en curva.

El análisis se hará en los puntos críticos de la zona de trabajo, el centro y los bordes extremos, para ello consideraremos una sección de la vía cualquiera, de acuerdo a la actividad realizada se tomaran diferentes consideraciones.

a) Subbase y Base Granular

En los procesos de subbase y base las actividades claves que se consideraran para el análisis son:

- Descarga del material, esta se realizara en el centro de la vía y se considerara la altura del camión con la tolva levantada.
- Compactación, la geometría del rodillo tándem en los extremos de la vía.
- Extendido del material, la posición de la motoniveladora y su cuchilla en los extremos de la vía.

b) Imprimación

El proceso de imprimación las actividades se realizan utilizando equipos menores por lo que no hay consideraciones importantes a tomar en cuenta.

c) Carpeta Asfáltica

En el proceso de pavimentación las actividades a considerar en el análisis son:

- Descarga del material, la pavimentación se realiza un carril a la vez por lo que se tendrá que considerar la altura del camión volquete con la tolva levantada.
- Compactación, la geometría del rodillo compactador en los extremos de la vía.

La altura del cobertor viene dada según el grafico por la altura de la motoniveladora del camión volquete, de la motoniveladora y el rodillo vibratorio siendo el resto de equipos más pequeños por lo tanto no será necesario un mayor análisis.

4.2.3.1 Tramos en Tangente

En tramos en tangente en ancho de la vía depende de la calzada y la berma, de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico para Carreteras (DG-2013), se está considerando lo siguiente:

- Ancho de cuneta de 1.50m
- Borde libre de 1.50m, medido desde el hombro nominal de la carpeta asfáltica hasta el anclaje del cobertor.

En el cuadro N° 33 se describe de acuerdo al alcance de la investigación los anchos del cobertor en tangentes necesarias.

Cuadro N° 32 Ancho de secciones en tangente

PARAMETROS DE DISEÑO, SEGÚN EL MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DEL MTC								
CLASIFICACIÓN POR DEMANDA	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA	ANCHO DE BERMA	ANCHO DE LA VÍA SIN CONSIDERAR CUNETAS (TANGENTE)	ANCHO TÍPICO DE CUNETA	LONGITUD BORDE LIBRE (HOMBRO DE LA SUBRASANTE)	SECCIÓN EN TANGENTE
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ONDULADO (2)	30 Km/h	6.00	0.90	7.80	1.50	1.50	10.80
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	30 Km/h	6.00	0.50	7.00	1.50	1.50	10.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ESCARPADO (4)	30 Km/h	6.00	0.50	7.00	1.50	1.50	10.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	PLANO (1)	40 Km/h	6.60	1.20	9.00	1.50	1.50	12.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ONDULADO (2)	40 Km/h	6.60	0.90	8.40	1.50	1.50	11.40
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	40 Km/h	6.00	0.50	7.00	1.50	1.50	10.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ESCARPADO (4)	40 Km/h	6.00	0.50	7.00	1.50	1.50	10.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	PLANO (1)	50 Km/h	6.60	1.20	9.00	1.50	1.50	12.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ONDULADO (2)	50 Km/h	6.60	0.90	8.40	1.50	1.50	11.40
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	50 Km/h	6.00	0.90	7.80	1.50	1.50	10.80
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ACCIDENTADO (3)	40 Km/h	6.60	1.20	9.00	1.50	1.50	12.00
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ESCARPADO (4)	40 Km/h	6.60	1.20	9.00	1.50	1.50	12.00
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ONDULADO (2)	50 Km/h	7.20	2.00	11.20	1.50	1.50	14.20
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ACCIDENTADO (3)	50 Km/h	6.60	1.20	9.00	1.50	1.50	12.00
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ESCARPADO (4)	50 Km/h	6.60	1.20	9.00	1.50	1.50	12.00
CARRETERA DE PRIMERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	50 Km/h	7.20	2.60	12.40	1.50	1.50	15.40
CARRETERA DE PRIMERA CLASE	ESCARPADO (4)	50 Km/h	7.20	2.60	12.40	1.50	1.50	15.40

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.2 Tramos en Curva

En secciones en tramo curvo el ancho de la vía depende de los factores como la calzada, berma y sobreebanco de acuerdo al DG-2013, y considerando que:

- Ancho de cuneta típico de 1.50m.
- Borde libre de 1.50m, medido desde el hombro nominal de la carpeta asfáltica hasta el anclaje del cobertor

En el cuadro N° 34 se describe de acuerdo al alcance de la investigación los anchos del cobertor en secciones en curva.

Cuadro N° 33 Ancho de secciones en curva

PARAMETROS DE DISEÑO, SEGÚN EL MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DEL MTC										
CLASIFICACIÓN POR DEMANDA	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DE DISEÑO	RADIO DE CURVATURA MIN	ANCHO DE CALZADA	ANCHO DE BERMA	SOBREEBANCO	ANCHO DE LA VÍA SIN CONSIDERAR CUNETAS (CURVAS)	ANCHO TÍPICO DE CUNETA	LONGITUD BORDE LIBRE (HOMBRO DE LA CARPETA ASFALTICA)	SECCIÓN EN CURVA
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ONDULADO (2)	30 Km/h	30.0	6.00	0.90	2.20	10.00	1.50	1.50	13.00
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	30 Km/h	25.0	6.00	0.50	2.40	9.40	1.50	1.50	12.40
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ESCARPADO (4)	30 Km/h	25.0	6.00	0.50	2.40	9.40	1.50	1.50	12.40
CARRETERA DE TERCERA CLASE	PLANO (1)	40 Km/h	55.0	6.60	1.20	1.55	10.55	1.50	1.50	13.55
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ONDULADO (2)	40 Km/h	55.0	6.60	0.90	1.55	9.95	1.50	1.50	12.95
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	40 Km/h	45.0	6.00	0.50	1.80	8.80	1.50	1.50	11.80
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ESCARPADO (4)	40 Km/h	45.0	6.00	0.50	1.80	8.80	1.50	1.50	11.80
CARRETERA DE TERCERA CLASE	PLANO (1)	50 Km/h	90.0	6.60	1.20	1.30	10.30	1.50	1.50	13.30
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ONDULADO (2)	50 Km/h	90.0	6.60	0.90	1.30	9.70	1.50	1.50	12.70
CARRETERA DE TERCERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	50 Km/h	70.0	6.00	0.90	1.50	9.30	1.50	1.50	12.30
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ACCIDENTADO (3)	40 Km/h	45.0	6.60	1.20	1.80	10.80	1.50	1.50	13.80
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ESCARPADO (4)	40 Km/h	45.0	6.60	1.20	1.80	10.80	1.50	1.50	13.80
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ONDULADO (2)	50 Km/h	90.0	7.20	2.00	1.30	12.50	1.50	1.50	15.50
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ACCIDENTADO (3)	50 Km/h	70.0	6.60	1.20	1.50	10.50	1.50	1.50	13.50
CARRETERA DE SEGUNDA CLASE	ESCARPADO (4)	50 Km/h	70.0	6.60	1.20	1.50	10.50	1.50	1.50	13.50
CARRETERA DE PRIMERA CLASE	ACCIDENTADO (3)	50 Km/h	70.0	7.20	2.60	1.50	13.90	1.50	1.50	16.90
CARRETERA DE PRIMERA CLASE	ESCARPADO (4)	50 Km/h	70.0	7.20	2.60	1.50	13.90	1.50	1.50	16.90

Fuente: Elaboración Propia.

4.3 CONDICIONES TECNICAS EN EL USO DE COBERTORES

4.3.1 Drenajes de las Aguas Superficiales

El uso de cobertores en los trabajos del proceso de pavimentación, no sería de utilidad si no se toma en consideración el drenaje tanto longitudinal (pendiente), como transversal (bombeo y peralte), producto de las precipitaciones al momento de realizar las actividades, es por esto que se tiene que considerar en el análisis como poder drenar este flujo de agua producto de la lluvia, para no afectar el área de trabajo.

Para el análisis del drenaje superficial se debe de considerar las tres secciones que podríamos encontrar en una vía siendo estas: (a) Sección en media ladera, (b) Sección a corte cerrado, y (c) Sección en relleno o terraplén.

4.3.2 Drenaje Longitudinal en los Cobertores

El drenaje longitudinal busca encauzar y evacuar el agua que fluye a lo largo de la superficie de la plataforma, tanto de la propia carretera como de lo aportado por los taludes superiores adyacentes, de tal forma que no se produzcan daños a la carretera ni afecte su transitabilidad, el elemento principal del drenaje longitudinal son las cunetas.

✓ Cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o en un solo lado de la carretera, con el objeto de captar y evacuar adecuadamente los flujos de agua superficial.

Se proyectaran para todos los tramos al pie de taludes de corte, longitudinalmente paralela y adyacente a la calzada del camino y serán del tipo triangular, trapezoidal o rectangular siendo preferente la sección triangular.

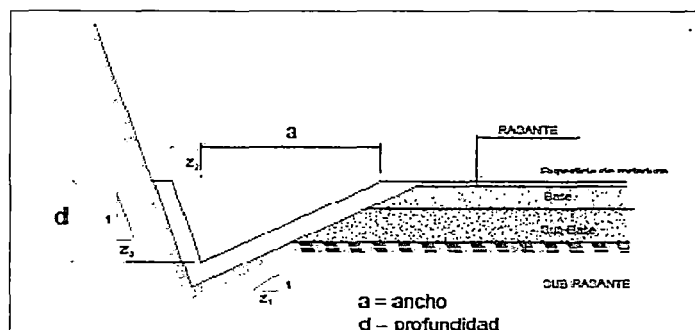


Figura N° 38 Sección típica de una cuneta triangular

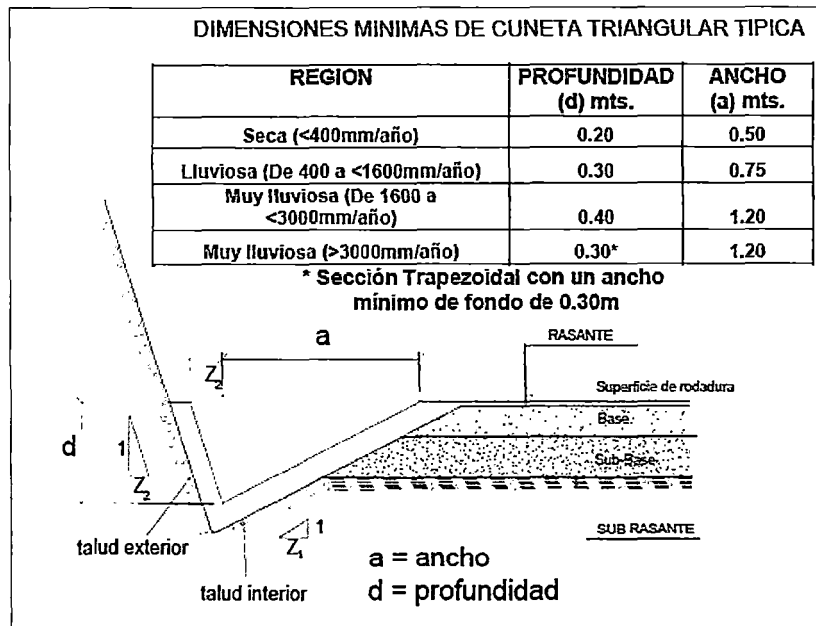


Figura N° 39 Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica

Otros elementos del drenaje longitudinal, son las cunetas o zanjas de coronación, zanjas de drenaje, cunetas de banqueta, bordillos y canales de drenaje, sin embargo para nuestra investigación no es relevante su descripción.

4.3.2.1 Planteamiento del Drenaje Longitudinal Usando los Cobertores

El drenaje longitudinal durante el uso de cobertores ya sea del tipo insuflado o arriostros, es de suma importancia debido a que la presencia de flujo no drenado impediría la realización de los trabajos en todas las fases del proceso de pavimentación.

Para el drenaje longitudinal se hará la misma consideración del diseño del proyecto, en los sectores donde está diseñada cuneta se adaptara una "pseudo cuneta", la cual descargará en el drenaje transversal más próximo, de acuerdo a las secciones típicas de una vía (Sección en relleno, media ladera, o corte cerrado) se tiene dos casos puntuales:

a) Lado en Talud de Relleno.

En el lado en talud de relleno no habría mayor consideración más que cubrir con faldones de lona sintética para que discurra el agua procedente de la lluvia, evitando la afectación de los trabajos, tal y como se grafica en la figura N°40.

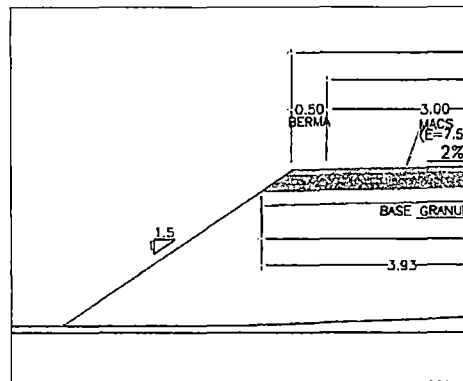


Figura N° 40 Típico Talud en Relleno

b) Lado en talud de corte

En el talud en corte será necesaria la implementación de una “pseudo cuneta” con la que se deberá de solucionar el problema del drenaje longitudinal, tal y como se grafica en la figura N°41.

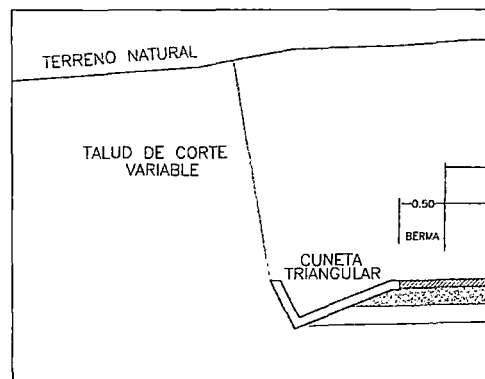


Figura N° 41 Típico Talud en Corte

El sistema trabaja de la siguiente forma:

- Se propone cubrir el talud de corte a una altura de un metro con un material GEOTEXTIL o de similar características, la función de esta cobertura es prevenir la colmatación del drenaje temporal, el costo previsto de este sistema por sus características y recomendaciones de especialistas en costos se tomó como referencia al costo unitario de un subdren tipo.
- El sistema necesitara el uso de formas triangulares de dimensiones dadas en la figura N° 42, estas buscan canalizar las aguas provenientes del cobertor y las provenientes del talud, las cuales tendrán que desfogar en el drenaje transversal más próximo.

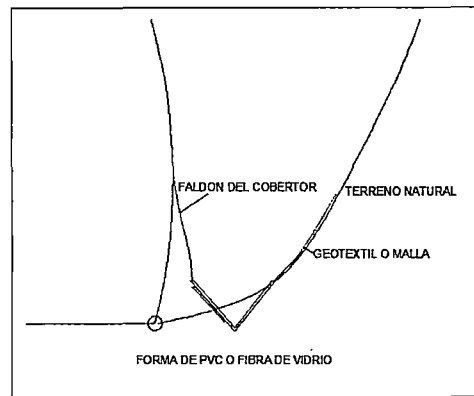


Figura N° 42 Propuesta 1 para el Drenaje Longitudinal

- La forma a usar también puede ser una tubería de PVC cortada por la mitad de un diámetro mayor a las 10 pulgadas, esta debe ser anclada y direccionada de acuerdo a la pendiente de la vía, este sistema deberá ser direccionado hasta el drenaje transversal más cercano, graficado en la figura N°43.

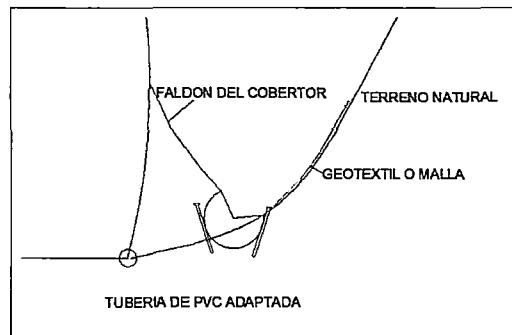


Figura N° 43 Propuesta 2 para el Drenaje Longitudinal

4.3.3 Drenaje Transversal

El drenaje transversal de la carretera tiene como objetivo evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta su infraestructura, la cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria, los elementos del drenaje transversal son las alcantarillas, badenes y el puente, las alcantarillas son el elemento de drenaje con mayor densidad dentro de una carretera.

Siendo el objetivo principal del drenaje transversal permitir el paso libre del flujo líquido y sólido que eventualmente transportan los cursos naturales y conducirlos adecuadamente, sin causar daño a la carretera y a la propiedad adyacente.

✓ Alcantarillas

Se define como alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera, la ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural.

✓ Badenes

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante periodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

✓ Puentes

Son estructuras mayores que forman parte del drenaje transversal de la carretera y permiten salvar o cruzar un obstáculo natural, el cual puede ser una quebrada o un río, es importante tener en cuenta que un puente no será estable si no lo es el tramo pluvial comprendido.

4.3.3.1 Planteamiento del Drenaje Transversal Usando los Cobertores

Para el uso de cobertores tendremos ciertas consideraciones que se deberán cumplir durante la ejecución de los trabajos.

- ✓ Para el uso de los cobertores en la zona de trabajo deberán estar culminadas las obras de arte de drenaje transversal, tal y como lo señalan las especificaciones técnicas como pre-requisito para el inicio de los trabajos del proceso de pavimentación.
- ✓ La puesta en obra del cobertor del tipo insuflado o arriostrado, en la longitud necesaria deberá comenzar lo más cercana posible a cualquiera de las obras de arte que sirven de drenaje transversal (alcantarillas, badenes y puentes) para así evitar el riesgo de filtraciones longitudinales en el área cubierta.

- ✓ Las longitudes del cobertor serán variables (300, 600, 900, etc.) según sea el requerimiento del proyecto, por lo que es posible que cruce elementos de drenaje transversal como puentes, pontones, badenes o alcantarillas.

Cuadro N° 34 Restricciones en el uso de cobertores insuflados

TIPO DE COBERTOR	TIPOS DE DRENAJE TRANSVERSAL	RESTRICCIÓN DE CRUCE	COMENTARIO
Insuflado	Badenes	SI	El cobertor no podrá cruzar un pontón debido a que se corre el riesgo de fuga de presión de aire de manera continua, poniendo en riesgo su estabilidad.
	Alcantarillas	NO	
	Puentes	NO	No hay restricción para poder cruzar el puente sin embargo la superficie de rodadura de los puentes son en su mayoría de concreto armado, es decir no se realizaran las actividades del proceso de pavimentación.
Arriostado	Badenes	SI	
	Alcantarillas	NO	
	Puentes	NO	No hay restricción para poder cruzar el puente sin embargo la superficie de rodadura de los puentes son en su mayoría de concreto armado, es decir no se realizaran las actividades del proceso de pavimentación.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Taludes

Los taludes de corte en una carretera están directamente relacionados al tipo de material, para el uso de los cobertores se necesitara la aprobación del especialista en suelos a manera de recomendación, en el cuadro N° 36 se describen los valores referenciales de los taludes de corte.

Cuadro N° 35 Valores referenciales para taludes en corte relación (H: V)

Clasificación de materiales de corte	Roca fija	Roca suelta	Material		
			Grava	Limoarcilloso o arcilla	Arenas
Altura de corte < 5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 -1:3	1:1	2:1
5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
>10 m	1:8	1:2	*	*	*

Fuente: Manual de Suelos y pavimentos del MTC

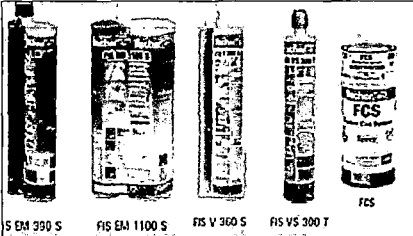
4.3.3 Sistemas de Sujeción de los Cobertores

Los sistemas de sujeción o anclaje de los cobertores con el suelo son dependientes del sistema usado (arriostrado o insuflado),

Los cobertores tipo insuflados al ser un sistema que se comporta como un globo que mantiene su forma debido a la presión de aire, el método de inflado es automático, cuando el área de trabajo este a cierto grado de presión las maquinas que inyectan aire se apagan, es por ello que la sujeción de estos cobertores son importantes, según consideraciones del fabricante el anclaje de las estructuras tenemos lo siguiente:

Cuadro N° 36 Anclajes de acuerdo al tipo de suelo

TIPO DE SUELO	SOLUCIÓN	GRÁFICO
PARA SUELO COMPACTO	Estacas de acero, en perfil "L" de 1.00 m de largo, clavados manualmente con combas, o con martillo percutor manual de alta capacidad	
PARA SUELO NO COMPACTO	Estacas giratorias de acero redondo de 1.10 m de largo, dotadas con un disco helicoidal en la punta, que son introducidas en el suelo mediante una herramienta giratoria	
PARA CONCRETO ESTRUCTURAL O ROCA	Pernos de expansión, o los pernos epoxi (espiga roscada + resina epoxica de fragua)	

<p>PARA OTRO TIPO DE SUELOS</p>	<p>Existen otras diversas opciones de anclaje para fijar el anillo base de la cobertura, sea a suelos de asfalto sobre base compactada de tierra, de polvo de roca (ripio) compactada, suelos inestables, lodo, arena, etc. analizando cada caso en particular se podrá diseñar y recomendar la solución más apropiada.</p>	
---------------------------------	---	--

Fuente: Resumen ejecutivo anclajes – cobertores carreteras (KS&H INDUSTRIAL S.A.C)

El fabricante para el caso típico de construcción de carreteras, siendo este tipo de trabajo continuo recomienda los anclajes de tipo recuperables de acero (suelo compacto y no compacto), debido a que ambos modelos pueden ser clavados o introducidos al suelo y retirados sin mucho esfuerzo con el equipamiento apropiado.

En todos los casos o modelos la fijación del tubo del anillo tubular de la base del cobertor a la estaca, será mediante cadenas y pernos con tuerca, dimensionados para las cargas de tracción involucradas.

4.4 CONDICIONES DE TRABAJO Y SEGURIDAD

Para los trabajos del proceso de pavimentación con el uso de cobertores, se tomaran como referencias las normas legales peruanas, siendo el documento referencial el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería (D.S. N°055-2010-EM). Los puntos más relevantes en el uso de cobertores insuflados son los niveles de iluminación y el control de del aire dentro del confinamiento.

4.5.1 Niveles de Iluminación

Las normas nos dan parámetros en cuanto a la iluminación mínima en lugares cerrados, siendo estos los que a continuación se detallan en el cuadro N° 38.

Cuadro N° 37 Luminosidad mínima de acuerdo al trabajo a realizar.

AREAS DE TRABAJO	EXPRESADO EN LUX
Pasillos, bodegas, salas de descanso, comedores, servicios higiénicos, salas de trabajo con iluminación suplementaria sobre cada máquina, salas que no exigen discriminación de detalles finos o donde hay suficiente contraste	150 LUX
Trabajo prolongado con requerimiento moderado sobre la visión, trabajo mecánico con cierta discriminación de detalles moldes en funciones y trabajos similares	300 LUX
Salas y paneles de control	300-500 LUX
Trabajos con pocos contrastes, lectura continuada en tipo pequeño, trabajo mecánico que exige discriminación de detalles finos, maquinarias, herramientas y trabajos similares	500 LUX
Revisión prolija de artículos, corte y trazado	1000 LUX
Trabajo prolongado con discriminación de detalles finos, montaje y revisión de artículos con detalles pequeños y poco contraste	1500-2000 LUX

Fuente: ⁷Límites de exposición ocupacional para agentes químicos

En túneles:

- En los primeros ochenta (80) metros de la bocamina se instalará fluorescentes de 36W espaciados a cinco (05) metros.
- La iluminación de emergencia mínima en casa de fuerza, hidroeléctrica y hospital, a nivel del piso, debe ser por lo menos de 0.30 a 20 lux.

4.5.2 Límites de Exposición Ocupacional para Agentes Químicos

Tipos de límites a considerados en la exposición ocupacional para agentes químicos se describe en el cuadro N° 39.

Los límites de exposición ocupacional máximo según las normas peruanas para trabajos en minería son los mencionados en el cuadro N° 40.

⁷ Anexo N°10, Reglamento de seguridad y salud ocupacional y otras medidas complementarias en minería (D.S. N°055-2010-EM)

Cuadro N° 38 Tipos de límites permisibles

TWA:	Media Moderada en el Tiempo (Time Weighted Average). Para comparar con el promedio ponderado en el tiempo de exposición a concentraciones individuales durante toda la jornada de trabajo. Los límites TWA para 8 horas necesitan corrección al ser aplicados a jornadas de trabajo diferentes.
STEL	Exposición de Corta Duración: Short Time Exposure Level. Limita las exposiciones a corto tiempo, normalmente 15 minutos. Límite a comparar con la exposición promedio ponderada en el tiempo acumulado durante 15 minutos continuos. La exposición a concentraciones mayores no debe superar los 15 minutos y puede ocurrir un máximo de 4 veces por jornada con descansos de 1 hora mínimo entre exposiciones.
C	Ceiling. Nivel Techo de Exposición. Límite que en ningún momento deberá ser sobrepasado.

Fuente: ⁸Límites de exposición ocupacional para agentes químicos

⁸ Anexo N°4, Reglamento de seguridad y salud ocupacional y otras medidas complementarias en minería (D.S. N°055-2010-EM)

Cuadro N° 39 Límites de exposición ocupacional para agentes químicos.

N°	Agentes Químicos (en el aire)	Límites de Exposición Ocupacional		
		TWA	STEL	Techo (C)
1	Acetona	500 ppm	750 ppm	
2	Ácido Acético	10 ppm	15 ppm	
3	Ácido Clorhídrico			2 ppm
4	Ácido Nítrico	2 ppm	4 ppm	
5	Ácido Sulhídrico (H2S)	10 ppm	15 ppm	
6	Amoniaco Anhidro	25 ppm	35 ppm	
7	Anhídrido Sulfuoso (SO2)	2 ppm	5 ppm	
8	Antimonio	0.5 mg/m ³		
9	Arseniato de Plomo	0.15 mg/m ³		
10	Arseniato de Calcio	1 mg/m ³		
11	Arsénico (can)	0.01 mg/m ³ A1		
12	Benceno (can)	0.5 ppm (p)		
13	Cianuro (Como CN)			5 mg/m ³ (p)
14	Cianuro de Hidrogeno (HCN)			4.7 ppm(p)
15	Cloro	0.5 ppm	0.1 ppm	
16	Clorobenceno	10 ppm	20 ppm	
17	Cloroformo	10 ppm		
18	Cobre (humo)	0.2 mg/m ³		
19	Cobre (polvo/neblina)	1 mg/m ³		
20	Dióxido de Carbono	5000 ppm	30000 ppm	
21	Dióxido de Nitrógeno	3 ppm	5 ppm	
22	Éter Etilico	400 ppm	500 ppm	
23	Fluoruro de Hidrogeno (HF)			2.5 mg/m ³
24	Formaldehído			0.3 ppm
25	Fosgeno	0.1 ppm		
26	Gasolina	500 ppm		
27	Hidrógeno (H)			5000 ppm
28	Humo de Cadmio (can)	0.01 mg/m ³		
29	Humo de Óxido Férrico	5 mg/m ³		
30	Manganeso	0.2 mg/m ³		
31	Mercurio	0.025 mg/m ³ (p)		
32	Metano (CH ₄)			5000 ppm
33	Monóxido de Carbono (CO)	25 ppm		
34	Mónoxido de Nitrogeno	25 ppm		
35	Neblina de ácido sulfúrico	1 mg/m ³	3 mg/m ³	
36	Oxígeno (O ₂)	19.5 %		22.5 %
37	Ozono Trabajo Pesado	0.05 ppm		
38	Ozono Trabajo Moderado	0.08 ppm		
39	Ozono Trabajo Ligero	0.1 ppm		
40	Ozono Trabajo Cualquiera (<= 2 horas)	0.2 ppm		
41	Plomo	0.05 mg/m ³		
42	Polvo de Carbón - Antracita	0.4 mg/m ³		
43	Polvo de Carbón - Bituminoso	0.9 mg/m ³		
44	Polvo inhalable (1)	10 mg/m ³		
45	Polvo respirable (1)	3 mg/m ³		
46	Selenio	0.2 mg/m ³		
47	Sílice Cristalino Respirable (Cristobalita)	0.05 mg/m ³		
48	Sílice Cristalino Respirable (Cuarzo)	0.05 mg/m ³		
49	Sílice Cristalino Respirable (Trídimita)	0.05 mg/m ³		
50	Sílice Cristalino Respirable (Tripoli)	0.1 mg/m ³		
51	Talio, Compuestos solubles de	0.1 mg/m ³ (p)		
52	Telurio	0.1 mg/m ³		
53	Tetracloruro de Carbono	5 ppm(p)	10 ppm(p)	
54	Tolueno	50 ppm(p)		
55	Uranio, Compuesto solubles e insolubles	0.2 mg/m ³	0.6 mg/m ³	
56	Vanadio, Polvos de V ₂ O ₅	0.5 mg/m ³		
57	Vanadio, Humos metálicos de V ₂ O ₅	0.1 mg/m ³		
58	Zinc (humo)	2 mg/m ³	10 mg/m ³	

Fuente: Tomado del D.S. 015-2005-S.A, sin modificar los valores establecidos y D.S.N° 046-2001-EM.

(p): Además de la vía respiratoria se debe considerar absorción dérmica.

(can): Compuesto con alguna calificación cancerígena

(1) Este valor es para material particulado inhalable (total) que no contenga y con menos del 1% de sílice cristalina.

4.4.3 Posibles Fuentes de Contaminación en los Trabajos a Realizar

De acuerdo a los trabajos a realizar en el proceso de pavimentación se tiene cuatro fases o actividades las cuales emplean equipos, las potencias de los motores de estos se muestran en el cuadro N° 41.

Cuadro N° 40 Potencia de motores en los equipos en el proceso de pavimentación.

POTENCIA DE LOS MOTORES EN EQUIPOS (KW)				
MAQUINAS/MODELO	SUBBASE	BASE	IMPRIMACIÓN	CARPETA-ASFALTICA
MOTONIVELADORA/ 16M (CAT)	221	221		
PAVIMENTADORA DE BASE/ 47007001 (VOGELE)	168	168		
RODILLO LISO VIBRATORIO/ CS533E (CAT)	97	97		97
RODILLO NEUMATICO/ CW34 (CAT)				98
CISTERNA DE AGUA/ M1R-835 STRALIS (IVECO)	100	100		
VOLQUETES/ FM 12 (VOLVO)	314	314		314
CAMION IMPRIMADOR/ ATEGO (MERCEDES)			180	
COMPRESORA NEUMATICA/ 250-330 PMC			65	65
BARREDORA MECANICA/ (DEUTZ)			56	56
PAVIMENTADORA DE ASFALTO/ AP665D (CAT)				129
VEHICULO DE TRANSFERENCIA*	(*)	(*)	(*)	(*)

Fuente: Elaboración Propia

(*) Este equipo aún no se usa en las actividades del proceso de pavimentación.

a) Extendido y Compactado de Subbase y Base Granular

En la ejecución de estos trabajos los materiales usados en estas actividades no usan agentes químicos, entonces la única fuente de contaminación sería la proveniente de los equipos, mencionados anteriormente por lo que durante su uso se deberán de monitorear la calidad del aire.

b) Imprimación Asfáltica

Los trabajos de imprimación asfáltica se realizar usando equipos menores sin embargo hay ciertas actividades que se realizan que deberán de considerarse.

- Limpieza de la Base compactada; esta actividad se realiza con ayuda de la barredora mecánica y una compresora neumática, generando en el ambiente de trabajo un aire cargado de partículas (polvo), por lo que deberá ser evaluada el remplazo de estos equipos por una maquina aspiradora de polvo como las usadas en la limpieza pública de las grandes metrópolis.
- Material bituminoso usado para la imprimación; el MC30, MC-70, y MC-250 usan como solvente la gasolina, la cual es evaporada al ambiente dentro de las 24 horas después de realizado el riego, por lo que se deberá considerar el uso de mascarillas al personal que labore dentro de la zona imprimada.

c) Colocado y Compactado de la Carpeta Asfáltica

Las consideraciones que se deben de considerar en las actividades de esta fase son las siguientes:

- Monitoreo del aire debido a la emisión de gases de los equipos (pavimentadora, rodillo tándem, rodillo neumático y camiones).
- El pavimento asfáltico en caliente emana gases que deberán de ser definidos y monitoreados, para no afectar a la cuadrilla de obreros que realiza la actividad, se debe evaluar el uso de mascarillas.

CAPITULO V: ANALISIS DE LAS MEJORAS OBTENIDAS

En este capítulo desarrolla la evaluación técnica y económica de los dos sistemas de cobertores propuestos.

5.1 MODELOS A PROPUESTOS PARA LA EVALUACIÓN

Para la evaluación económica se cotizaron un modelo de cobertor tipo insuflado y otro del tipo arriostrado, en base a estas propuestas, se realizará la evaluación económica.

5.1.1 Propuesta Cobertor Tipo Insuflado

La propuesta cotizada a la empresa KS&H INDUSTRIAL S.A.C, la cual está introduciendo la aplicación de este tipo de cobertores al mercado peruano, de acuerdo a los requerimientos planteados y nuestras necesidades.

Cuadro N° 41 Descripción de la oferta

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
DIMENSIONES	Las dimensiones de la propuesta fueron de 6 estructuras inflables de 300.00m y 2 de 150.00m de longitud dando un total de 2100m; con ancho variable de 14.00m a 10.00m y altura central de 9.00m.
TIPO DE COBERTURA	Fabricados con membrana tipo lona sintética de PVC, impermeable, acondicionada con aditivos anti-inflamable, anti formación de moho y bloqueadores de rayos UV. Membrana fabricada por Mehler-Technologies GmbH (www.mehler-technologies.com), de altos estándares de calidad; con garantía limitada de 5 años, y vida útil estimada de 25 años.
CONSIDERACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • La propuesta incluye 3 sopladores de aire eléctricos, haciendo un total de 24 ventiladores de 10CV • Las esclusas de ingreso y salida son de 4.00m de ancho; 12.00m de largo; y 4.00m de altura. • Vida útil estimada de 25 años.
EMPRESA	

Fuente: Propuesta económica de la empresa KS&H S.A.C.

La propuesta económica del cobertor es la siguiente:

- Cobertor de 2100m de longitud tiene un costo de \$ 1'358,400.00 (Un millón trescientos cincuentaiocho mil, cuatrocientos Dólares Americanos) CIF-Puerto Callao-Perú.

El precio señalado no incluye las esclusas:

- El precio unitario de una esclusa, incluyendo la cubierta de intersección es de \$33,600.00 (treinta y tres mil trescientos sesenta Dólares Americanos) CIF-Puerto Callao-Perú.
- La oferta incluye 2 cobertores de 150.00 m cada uno, adaptables a curvas muy cerradas con un precio unitario de \$42,000.00 (Cuarenta y dos mil Dólares Americanos)

PROPUESTA N°1 - COBERTOR INSUFLADO				
	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
Precio del cobertor	2100.00	m	\$1,358,400.00	\$1,358,400.00
Precio de esclusa	10.00	und	\$33,360.00	\$333,600.00
Precio de una curva en U	2.00	und	\$42,000.00	\$84,000.00
			TOTAL	\$1,776,000.00
			TIPO DE CAMBIO S/.2.80	S/. 4,972,800.00

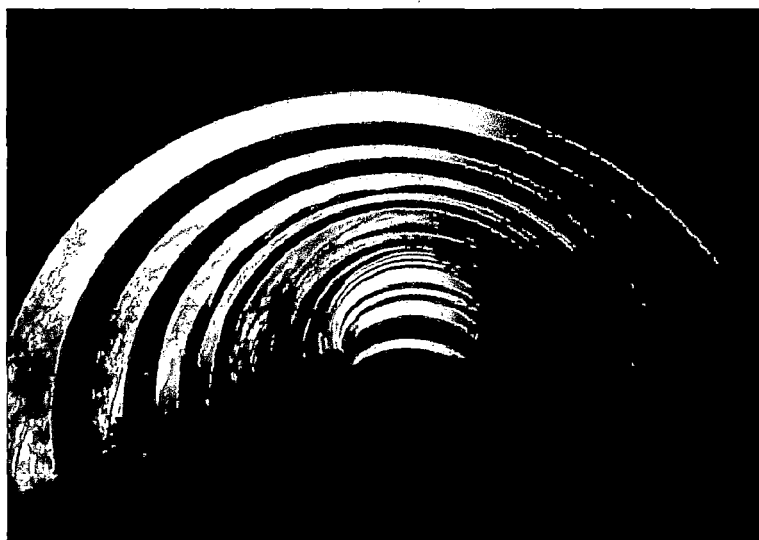


Figura N° 44 Imagen referencial del cobertor tipo insuflado, Fuente: KS&H INDUSTRIAL S.A.C

5.1.2 Propuesta Cobertor Tipo Arriostrado

La propuesta cotizada del cobertor tipo arriostrado fue de un modelo de forma semicircular con las características descritas en el cuadro N° 43.

Cuadro N° 42 Propuesta del cobertor tipo arriostrado.

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
DIMENSIONES	Las dimensiones de los cuerpos cotizados fueron: Largo= 11.00m; Ancho= 8.00m; y Alto de 8.00m
TIPO DE COBERTURA	Cobertura en Flexiona de polietileno Temporal de 200gr (amarillo), incluye solapas, drizas y elementos de sujeción.
CONSIDERACIONES	La estructura permite trabajar curvas en trazos estándares de carreteras, sin embargo aquellas que sean pronunciadas implicaría una revisión de algunos accesorios.

Fuente: Cotización del Cobertor arriostrado.

La propuesta cotizada contempla la construcción de cuerpos de 11.00 m dando una longitud total de 2100m, esta longitud es la óptima para poder trabajar las fases del proceso de pavimentación.

PROPUESTA N°2 - COBERTOR ARRIOSTRADO				
	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO	TOTAL
Precio del cobertor	2100.00	m	\$1,025,383.90	\$1,025,383.90
			TOTAL	\$1,025,383.90
		TIPO DE CAMBIO S/.2.80		S/. 2,871,074.92

El valor de la propuesta económica está en dólares incluye IGV



Figura N° 45 Imagen referencial de la propuesta Fuente: Cotización del cobertor arriostrado

5.1.4 Gastos Generales Diarios en los Proyectos

La propuesta buscara reducir el tiempo de entrega de obra programado, para eso se busca realizar trabajos que forman parte de la ruta crítica de los proyectos durante la temporada de precipitaciones, en el cuadro N° 44 de describen los gastos generales de los proyectos evaluados.

Cuadro N° 43 Gastos Generales Diarios en los Proyectos Analizados.

PROYECTO	GASTOS GENERALES	DURACIÓN DEL PROYECTO "CONTRACTUAL"	GASTOS GENERALES DIARIOS	GASTOS GENERALES 18 SEMANAS "PRECIPITACIONES"
Carretera Cajamarca Celendín Balsas.	20,518,616.24(1)	540 DIAS	37,997.44	S/. 4,787,677.12
Carretera Alfamayo Quillabamba	18,353,498.19(2)	540 DIAS	33,987.96	S/. 4,282,482.91
Carretera Ayacucho Abancay, Tramo II	28,692,539.56(3)	540 DIAS	53,134.33	S/. 6,694,925.58

Fuente: Elaboración propia, Contratos de Obra de los proyectos.

(1) Gastos generales fijos (0.34%) y variables (16.65%), Costo Directo S/.123,234,932.35; Total presupuesto 185'537,831.22

(2) Gastos generales fijos (1.100%) y variables (15.145%), Costo Directo S/.121,185,197.72; Total presupuesto 184,942,608.60

(3) Gastos generales variables (28,692,539.56), Total presupuesto S/.222,395,480.63

5.2 FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA EL USO DE COBERTORES

Definición Factibilidad⁹

Disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señalados. Generalmente la factibilidad se determina sobre un proyecto.

Los puntos a evaluar en la factibilidad técnica son:

- Características de la vía; se tomará en cuenta la ubicación del proyecto y sus características climáticas.
- Tramos a cubrir; se definirá la cantidad y longitud de tramos trabajables con el uso de los cobertores.
- Porcentaje de avances en la temporada de precipitaciones; se analizará el porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación y las ligadas de forma directa o indirectamente.

⁹ Diccionario de la Real Academia Española

- Avance proyectado; se evaluará el avance proyectado aplicando los sistemas de cobertores, y su impacto en avance en el proyecto.
- Impacto en tiempo para el proyecto; cuanto logrará disminuir el tiempo de entrega del proyecto y bajo que consideraciones.
- Periodos de uso; se refiere a cuantos periodos de uso está proyectado el uso de cobertores dentro del proyecto.

5.2.1 Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

Se analizará la factibilidad técnica del uso de cobertores en la carretera citada, para luego dar pase a la factibilidad económica.

5.2.1.1 Características de la Vía

Las características básicas de la vía son el primer parámetro de factibilidad, entre las que se destaca su ubicación y clima, dado que las precipitaciones son de mayor intensidad en la sierra y selva del Perú, todo esto descrito en el cuadro N° 45.

Cuadro N° 44 Características de la Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
Ubicación	La carretera Cajamarca – Celendín – Las Balsas, tramo Km. 52+000 – Celendín, forma parte de la Ruta Nacional 8, y se ubica en el Departamento de Cajamarca, Provincia de Celendín cruzando los Distritos Sucre, José Gálvez, Celendín, el inicio del tramo se ubica en el paraje denominado Micuypampa y termina al ingreso de la zona urbana de Celendín.
Longitud	Longitud de carretera 42+775km (progresiva inicial 52+000km progresiva final 94+775km),
Clima	El clima en la zona del proyecto es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima es de 22°C y 3°C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual es de 551.2 mm.

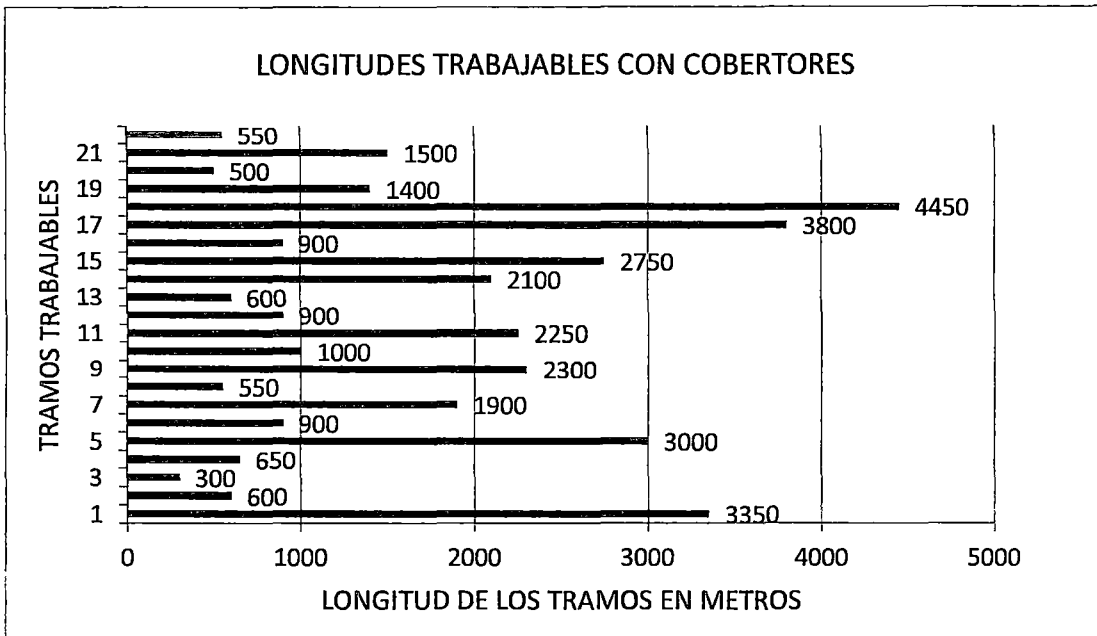
Fuente: Resumen ejecutivo del expediente técnico del proyecto

5.2.1.2 Tramos a Cubrir

Los tramos continuos sin restricciones para el uso del cobertor son descritos en la figura N° 47, estas medidas trabajables tienen un mínimo de 300m, las restricciones consideradas son poblaciones, accesos vehiculares y obras de arte,

sin embargo no se ha considerado los taludes inestables propensos a deslizamientos, debido a que no se cuenta con información registrada al respecto.

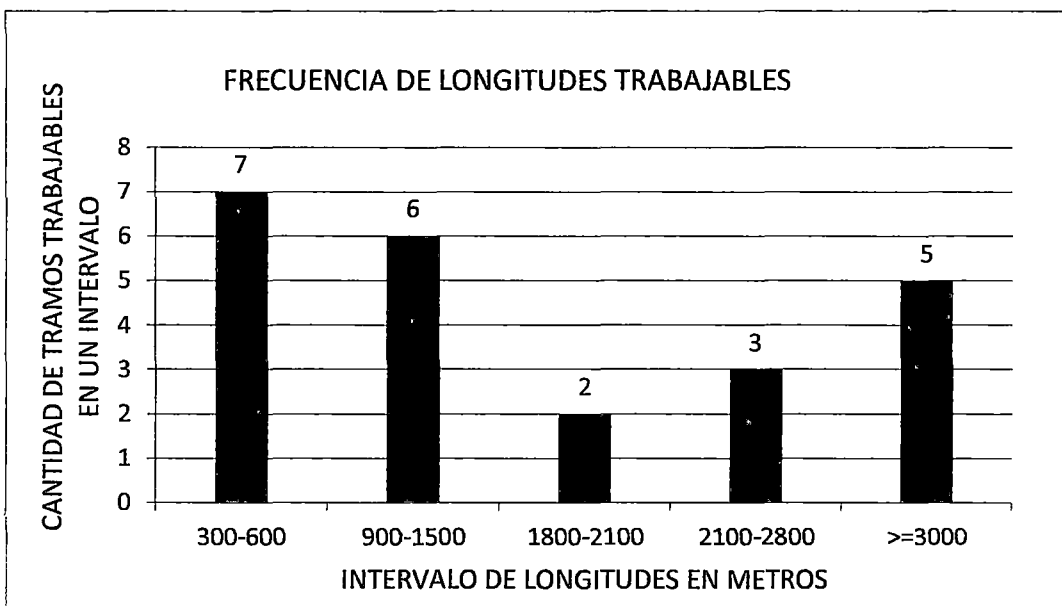
Figura N° 46 Longitudes Trabajables con Cobertores



Fuente: Elaboración propia

- La suma de longitudes trabajables con cobertores suman 36250m que equivalen el 84.7% de la longitud total de la vía.
- La longitud mínima es de 300.00, y la de mayor longitud fue de 4450.00m.

Figura N° 47 Frecuencia de las Longitudes Trabajables



Fuente: Elaboración propia.

- Las longitudes de los tramos a cubrir son en su mayoría menores a 1500.00 m, teniendo entre las frecuencias de 300 a 600m con 7 tramos y de 900 a 1500m con 6 tramos.

5.2.1.3 Porcentajes de Avance en los Trabajos de las Fases del Proceso de Pavimentación.

El proceso de pavimentación al presentar actividades continuas y dependientes para su realización, será necesario analizar el porcentaje de avance de dichas actividades o fases, para así tener una idea clara de cuáles serían las posibles restricciones de avance en la época de precipitaciones aplicando algún sistema de cobertores.

En este proyecto de acuerdo al diseño se considera como las partes del pavimento a la base granular y la carpeta asfáltica, sin dejar de lado la imprimación asfáltica que si bien no forma parte de las capas del pavimento es una actividad intermedia. Con esto las actividades que preceden al proceso deberán de haber tenido cierto porcentaje de avance, que asegure el uso continuo del cobertor, entre los principales tenemos las actividades de mejoramiento de la subrasante, obras de arte (alcantarillas y subdrenes), además de tener el suficiente material procesado acopiado a buen recaudo protegido de las lluvias. En el cuadro N° 46, se describe la situación al inicio y al final de la temporada de lluvias.

Cuadro N° 45 Avance Acumulados de las Fases en el Proceso de Pavimentación

DATOS GENERALES			TEMPORADA DE LLUVIAS			
COD.	NOMBRE DE LA FASE	UNID.	FASE PREDECESORA	% AVANCE AL INICIO S-52	% AVANCE AL TERMINO S-69	VARIACIÓN %
P-6	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE, MEJORAMIENTO FUNDACIÓN MSR	M3	-	38.20%	46.04%	7.84%
P-8	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR	M3	P-6, P-13A, P-14A, P-15, P31B, P-32A	24.85%	34.41%	9.56%
P-10	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	P-8	20.75%	30.96%	10.21%
P-11B	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	M3	P-10	9.31%	31.95%	22.64%
P-13A	EXCAVACIÓN ALCANTARILLAS TMC, MARCO, MURO, BADEN, GAVIÓN, ENROCADO, PONTÓN	M3	-	38.73%	60.15%	21.42%
P-14A	RELLENO ALCANTARILLAS TMC, MARCO, BADEN, MUROS, PONTÓN	M3	-	36.27%	57.37%	21.10%
P-15	SUB DRENES, COLECTOR DRENAJE TIPO I (M3	-	20.47%	23.46%	2.99%
P16-A	CUNETAS TRIANGULAR, CUNETAS RECTANGULAR CON TAPA, CUNETAS-CANAL TRÁPEZOIDAL REVESTIDO Y CUNETAS DE CORONACIÓN.	ML	P-8	17.81%	24.11%	6.30%
P-31B	EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARA BASE Y AGREGADOS	M3	-	46.32%	56.94%	10.62%

P-32A	PROCESAMIENTO GRANULAR	MATERIAL	BASE	M3	-	27.77%	43.64%	15.87%
-------	------------------------	----------	------	----	---	--------	--------	--------

Fuente: ISP consolidado del proyecto

El avance de las fases del proceso de pavimentación durante la temporada de precipitaciones tuvo rendimientos variables llegando en promedio del 31%, versus el avance de la subrasante que logro el avance al 46%.

Sin embargo el procesamiento de material granular al comienzo de la temporada fue del 27.77% y al final del temporada representó el 42.17%. Esto no asegura que el material esté seco o con la humedad por debajo de la máxima permitida, por lo que se tendría que asegurar las condiciones de almacenaje.

En cuanto al avance de las fases del grupo de obras de arte (alcantarillas y subdrenes), la actividad critica a tener en cuenta es la construcción de subdrenes con un avance al inicio de la temporada de 20.47% y al final de la temporada de 24.98%, es decir un avance de en la temporada de lluvias del 4.51%, siendo una posible restricción en la realización de los trabajos.

5.2.1.4 Producción Proyectada en las Fases del Proceso de Pavimentación con el Uso del Sistema de Cobertores

En base a los rendimientos de las fases del proceso de pavimentación, se propone un tren de actividades tanto para la colocación de base e imprimación y otro para la pavimentación esto debido a que la continuidad de las actividades se ven limitadas por la construcción de las cunetas en los tramos que corresponda, en el cuadro N° 47.

Cuadro N° 46 Rendimientos planeados en las fases

FASES DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN	PRODUCCIÓN DIARIO	DIAS TRABAJADAS EN LA SEMANA	PRODUCCIÓN SEMANAL	LONGITUD DE COBERTOR	PRODUCCIÓN TOTAL PERIODO DE LLUVIAS
Fase P-8 (M3/DIA)	800.00	3	2400.00	1200.00	43,200.00
Fase P-10 (M2/DIA)	3200.00	6	19200.00	2400.00	345,600.00
(*) Fase P-11B (M3/DIA) - Ancho de la carpeta asfáltica de 7.5cm	250.00	3	750.00	1250.00	13,500.00

Fuente: Elaboración propia

(*)La actividad de pavimentación es considerada en un tren de actividades independiente.

En base a estos rendimientos se realiza una secuencia de actividades para las fases de colocado y compactado de la base granular e imprimación y en base a esos rendimiento se define la longitud promedio de cobertor a usar por tramo que

en este caso es 400.00 m lineales, en el cuadro N° 48 se muestra la secuencia de trabajos con el uso del cobertor.

Cuadro N° 47 Secuencia de actividades para las fases P-8 y P-10, Cajamarca-Celendín.

TRABAJOS EN UN TRAMO DE LA VÍA USANDO EL COBERTOR						
DESCRIPCIÓN/DÍA	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
(1) Instalación del cobertor en el área de trabajo	X					
(2) Extendido y compactado de la base granular		X				
(3) Liberación de los trabajos de la base-Supervisión			X			
(4) Imprimado lado "A" de la vía				X		
(5) Imprimado lado "B" de la vía					X	
(6) Desinstalación del Cobertor						X

Fuente: Elaboración propia

Según los rendimientos semanales planteados para las fases del proceso de pavimentación se define un tren de actividades y la longitud de cobertor a usar en el proyecto, que para las actividades de las fases P-8 Y P-10 dio una longitud de 1200.00m lineales, en el cuadro N° 49 se describe las actividades para una semana típica.

Cuadro N° 48 Tren de actividades para las fases P-8 y P-10

DÍA	COBERTOR "TRAMO 1 400.00 m	COBERTOR "TRAMO 2" 400.00 m	COBERTOR "TRAMO 3" 400.00 m
1	INSTALACIÓN DEL COBERTOR "1"		
2	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR		
3	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN	INSTALACIÓN DEL COBERTOR "2"	
4	IMPRIMADO LADO "A"	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR	
5	IMPRIMADO LADO "B"	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN	INSTALACIÓN DEL COBERTOR "3"
6	DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	IMPRIMADO LADO "A"	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR
7		IMPRIMADO LADO "B"	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN
8		DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	IMPRIMADO LADO "A"
9			IMPRIMADO LADO "B"
10			DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al proceso P-11B colocación y compactación de la carpeta asfáltica se plantea desarrollarlo independiente de las fases P-8 y P-10 debido a que la construcción de cunetas se haría muy complicada debido al anclaje del cobertor y al drenaje temporal planteado durante su uso, tomando los rendimientos para esta fase del cuadro N° 47, se obtiene la longitud promedio en una jornada de trabajo siendo esta 450.00 m lineales, en el cuadro N° 50 se describe la secuencia de actividades con el uso de cobertores para esta fase.

Cuadro N° 49 Secuencia de actividades para las fases P-11B, Cajamarca-Celendín.

TRABAJOS EN UN TRAMO DE LA VÍA USANDO EL COBERTOR				
DESCRIPCIÓN/DÍA	D-1	D-2	D-3	D-4
(1) Instalación del cobertor	X			
(2) Acondicionamiento y/o reparación del area a pavimentar		X		
(3) Pavimentación			X	
(4) Desinstalación del cobertor				X

Fuente: Elaboración propia

Dado esto para una semana cualquiera en temporada de precipitaciones se tiene el siguiente tren de actividades, siendo la longitud de cobertor necesaria para realizar esta fase 900.00 m lineales, descritas en el cuadro N° 51.

Cuadro N° 50 Tren de actividades para la fase P-11B

DÍA	COBERTOR "TRAMO 1" 450.00 m	COBERTOR "TRAMO 2" 450.00 m	COBERTOR "TRAMO 1" 450.00 m
1	INSTALACIÓN DEL COBERTOR		
2	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR	
3	ASFALTADO DE LA VIA	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR	
4	DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	ASFALTADO DE LA VIA	INSTALACIÓN DEL COBERTOR
5		DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR
6			ASFALTADO DE LA VIA
7			DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los rendimientos planeados para las fases del proceso de pavimentación en la temporada de precipitaciones entre las semanas S-52 hasta la S-69, la producción en las fases estudiadas se reanudó en la semana S-77, por diferentes restricciones entre ellas las precipitaciones, dado que en este proyecto sucedió un aplazamiento de las lluvias se plantea el inicio de la semana de precipitaciones a partir de la semana S-57 hasta S-76 teniendo el siguiente escenario descrito en el cuadro N° 52.

Cuadro N° 51 Producción planeada con el uso del cobertor

SEMANA	INICIO	FINAL	FASE P-8		FASE P-10		FASE P-11B	
			PRODUCCIÓN OBTENIDA	PRODUCCIÓN PLANEADA	PRODUCCIÓN OBTENIDA	PRODUCCIÓN PLANEADA	PRODUCCIÓN OBTENIDA	PRODUCCIÓN PLANEADA
S-52	26/11/12	02/12/12	2180.00	2180.00	13411.09	13411.09	400.00	400.00
S-53	03/12/12	09/12/12	3678.96	3678.96	5861.30	5861.30	50.00	50.00
S-54	10/12/12	16/12/12	3161.00	3161.00	7200.00	7200.00	1300.00	1300.00
S-55	17/12/12	23/12/12	1853.00	1853.00	5500.00	5500.00	600.00	600.00
S-56(1)	24/12/12	30/12/12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S-57(2)	31/12/12	06/01/13	0.00	800.00	65.00	0.00	0.00	0.00
S-58	07/01/13	13/01/13	0.00	2400.00	5600.00	9600.00	900.00	750.00
S-59	14/01/13	20/01/13	0.00	2400.00	6500.00	9600.00	1650.00	750.00
S-60	21/01/13	27/01/13	0.00	2400.00	4591.32	9600.00	908.87	750.00
S-61	28/01/13	03/02/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-62	04/02/13	10/02/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-63	11/02/13	17/02/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-64	18/02/13	24/02/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-65	25/02/13	03/03/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-66	04/03/13	10/03/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-67	11/03/13	17/03/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-68	18/03/13	24/03/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-69	25/03/13	31/03/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-70	01/04/13	07/04/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-71	08/04/13	14/04/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-72	15/04/13	21/04/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-73	22/04/13	28/04/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-74	29/04/13	05/05/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-75	06/05/13	12/05/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
S-76	13/05/13	19/05/13	0.00	2400.00	0.00	9600.00	0.00	750.00
PRODUCCIÓN TOTAL			10,872.96	57,272.96	48,728.71	214,372.39	5,808.87	16,600.00

Fuente: Elaboración propia

- Se considera 10 días libres en los proyectos por fiestas navideñas, entre el 24/12 hasta el 02/01.

De acuerdo al avance proyectado independiente de los sistemas de cobertores a utilizar desde la semana S-57 hasta la semana S-76 se tendría el siguiente avance durante la temporada, descrito en el cuadro N° 53.

Cuadro N° 52 Avance proyectado con el uso de cobertores, Cajamarca-Celendín

FASE	AVANCE ENTRE LAS SEMANAS S-57 Y S-76	METRADO PREVISTO EN EL PROYECTO	PORCENTAJE DE AVANCE CON RESPECTO AL PROYECTO
P-8	46,400.00	103,968.00	44.63%
P-10	182,400.00	375,947.12	48.52%
P-11B	14,250.00	26,058.04	54.69%

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.5 Impacto en Tiempo del Proyecto

El impacto en tiempo para el proyecto viene a ser en cuanto nos habría favorecido en la entrega del proyecto, este tiempo se define como la diferencia de dos escenarios definidos en el cuadro N° 54, en base a esos datos se planteará el análisis económico.

Cuadro N° 53 Descripción de escenarios para el cálculo del ahorro en tiempo en el proyecto
Cajamarca-Celendín

ESCENARIO	DESCRIPCIÓN
E-1	El escenario E-1, es la semana final de la temporada de precipitaciones considerada en el proyecto, se tomara en consideración el porcentaje acumulado de la producción proyectada con el uso de cobertores en las fases del proceso de pavimentación (P-7, P-8, P-10 y P11B).
E-2	El escenario E-2, será la semana del proyecto sin considerar el uso de algún sistema de cobertores en la que su producción tenga los porcentajes de avances acumulados más próximos a los proyectados en el escenario E-1.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 54 Porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación.

Escenario	Semana	%Avance acumulado Fase P-7	%Avance acumulado Fase P-8	%Avance acumulado Fase P-10	%Avance acumulado Fase P-11B
E-1	S-76	-	78.79%	74.15%	73.92%
E-2	S-89	-	77.47%	69.51%	56.14%

Fuente: Elaboración propia

En base a la los datos del cuadro N° 55 se concluye que el uso de los cobertores bajo la consideraciones planteadas en el ítem de factibilidad técnica 5.2.1.3, se hubiera logrado una reducción del plazo en el desarrollo del proyecto de 13 semanas o 91 días calendario.

5.2.1.6 Periodos de Uso

El periodo de uso o temporada de lluvias a usar en este proyecto de 42 Km de longitud y con una duración contractual de 540, lo cual implica que en el peor de

los casos tendríamos dos periodos de precipitaciones; sin embargo los trabajos de pavimentación se desarrollan a partir de la segunda mitad del tiempo transcurrido, por lo que el uso del cobertor se hubiera dado en un periodo

5.2.2 Factibilidad Técnica de Uso de Cobertores en la Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo Alfamayo-Chaullay-Quillabamba

Se analizara la factibilidad técnica del uso de cobertores en la carretera citada, para luego dar pase a la factibilidad económica.

5.2.2.1 Características de la Vía

Las características que se evaluarán en el proyecto su ubicación, longitud y clima, ya que estos nos darán un posible alcance de los efectos de las lluvias, en el cuadro N° 56 se describe dichas características.

Cuadro N° 55 Características de la carretera Alfamayo-Quillabamba

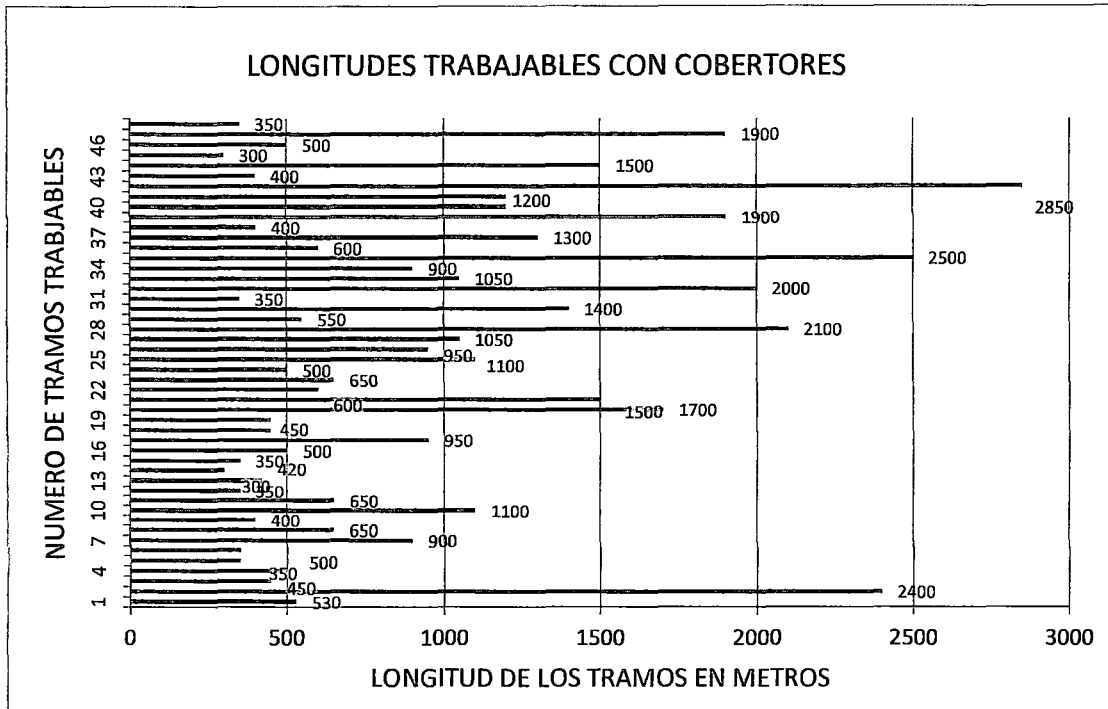
CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
Ubicación	La carretera Cusco-Quillabamba, Tramo: Alfamayo-Chaullay-Quillabamba, se ubica en los distritos de Huayopata y Santa Ana, Provincia de La Convención, Departamento del Cusco, Región Cusco.
Longitud	Tiene una longitud de 55+442 Km (entre las progresivas Km. 84+400 - Km. 139+619.32)
Clima	El clima de la zona corresponde al tropical, con temperaturas que fluctúan entre 23 y 27 grados centígrados. La carretera se encuentra entre las altitudes que varían desde los 2,446 m.s.n.m.(Alfamayo), 1,132 m.s.n.m.(Chaullay), hasta 1,092 m.s.n.m. en Quillabamba

Fuente: Elaboración Propia

5.2.2.2 Tramos a cubrir

El uso de cobertores se plantearán para longitudes no menores a 300m y teniendo en consideración algunas restricciones como las poblaciones, accesos vehiculares y obras de arte, entre otras, sin embargo no se ha considerado los taludes inestables propensos a deslizamientos, debido a que no se cuenta con información registrada al respecto, todo lo descrito se muestra en la figura N° 46.

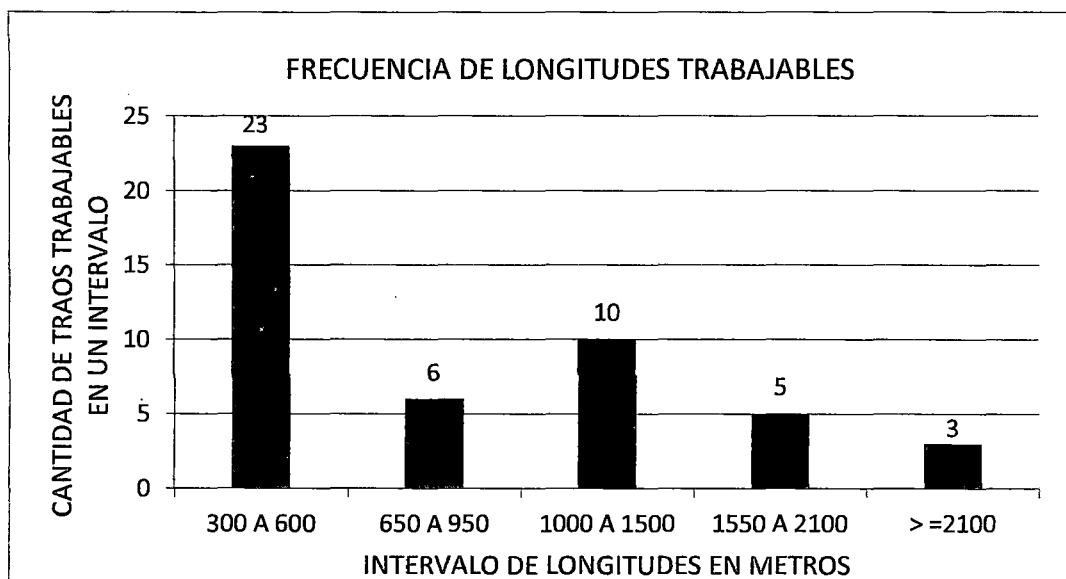
Figura N° 48 Longitudes trabajables con cobertores



Fuente: Elaboración propia

- La suma de longitudes trabajables con cobertores suman 45,350m que equivalen el 81.8% de la longitud total de la vía, dividido en un total de 48 tramos.
- El tramo trabajable de menor longitud es de 300.00m y el de mayor longitud es de 2,850.00m

Figura N° 49 Frecuencia de las longitudes trabajables



Fuente: Elaboración propia

- En este proyecto hay una marcada predominancia de los tramos con medidas entre los 300.00 a 600.00m, que representan casi el 50% de los tramo.

5.2.2.3 Avance de las Fases en la Temporada de Precipitaciones.

Al igual que el proyecto anterior se busca reflejar los escenarios al inicio y al final de la temporada de precipitaciones en las fases del proceso de pavimentación como en las actividades ligadas al desarrollo de las mismas, todo esto con el fin de determinar cuáles podrían ser las fases que restrinjan el desarrollo de las actividades con el uso de los cobertores en época de precipitaciones. En el cuadro N° 57 se describe el avance de las actividades en el proyecto.

Cuadro N° 56 Avances acumulados de las fases en temporada de precipitaciones

DATOS GENERALES			TEMPORADA DE LLUVIAS		
COD.	NOMBRE DE LA FASE	UNIDAD	FASE PREDECESORA	% AVANCE S-38	% AVANCE S-55
P-5	PERFILADO Y CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES	M3	-	77.38%	85.77%
P-6	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE, MEJORAMIENTO FUNDACIÓN MSR (INCLUYE EXCAVACIÓN). PERFILADO Y CONFORMACIÓN DE TERRAPLENES Y BANQUETAS PARA RELLENO	M3	-	100.00%	100.00%
P-7	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE LA SUBBASE GRANULAR	M3	P-5, P-6	71.16%	73.97%
P-8	EXTENDIMIENTO Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR	M3	P-7	75.35%	75.35%
P-10	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	P-8	74.31%	74.31%
P-11B	COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	M3	P-10	62.72%	62.72%
P-13A	EXCAVACIÓN ALCANTARILLAS TMC, MARCO, MURO, BADEN, GAVIÓN, ENROCADO.	M3	-	63.89%	68.32%
P-14A	RELLENO ALCANTARILLAS TMC, MARCO, BADEN, MUROS, PONTÓN	M3	-	65.90%	73.39%
P-15	SUB DRENES, COLECTOR DRENAJE TIPO I (EXC, RELL, GEOTEXTIL, FILTRO DRENANTE, TUB. PVC)	ML	-	71.71%	71.71%
P16-A	CUNETA TRIANGULAR (INC. EXC, RELL, COLOCACIÓN CONCRETO, ENCOFRADO)	ML	P-10	59.50%	73.30%
P-16B	CUNETA RECTANGULAR (INC. EXC, RELL, COLOCACIÓN CONCRETO, ENCOFRADO)	ML	P-10	39.69%	71.16%
P-30A	ZARANDEO DE MATERIAL PARA RELLENO Y SUBBASE	M3	-	72.82%	82.97%
P-31B	EXTRACCIÓN DE MATERIAL CANTERA DE RÍO	M3	-	66.60%	72.00%
P-32A	PROCESAMIENTO MATERIAL BASE GRANULAR	M3	-	100.00%	100.00%

Fuente: ISP consolidado del proyecto.

- El avance de los trabajos de la fase P-7, al inicio de la temporada fue de 71.16% y al final de la temporada fue de 73.97%, lo que significó un avance del 2.81% durante la temporada analizada.

- EL avance de las actividades predecesoras a las fase P-6 (Subbase granular), P-5 (perfilado y conformación de terraplenes) presenta un avance de 77.38% al inicio de la temporada y al final de la temporada 85.77% dando un avance del 8.39%, siendo este bajo avance ya una restricción al planteamiento del uso de los sistemas de cobertores.
- Otra fase crítica es la P-15 subdrenes y colector de drenaje tipo I, siendo el avance al inicio temporada de 71.71%, teniendo un avance del 0.00% durante toda la temporada.

5.2.2.4 Planeamiento en la Ejecución de los Trabajos del Proceso de Pavimentación.

En base a los rendimientos de las fases del proceso de pavimentación, se propone un tren de actividades tanto para el extendido y compactado de la subbase y base granular y la imprimación y otro para la pavimentación esto debido a que la continuidad de las actividades se ven limitadas por la construcción de las cunetas en los tramos que corresponda, en el cuadro N° 58 se describen los rendimientos planeados las fases del proceso en el proyecto.

Cuadro N° 57 Rendimientos planeados en las fases

RENDIMIENTOS PLANEADOS CON EL USO DE COBERTORES	RENDIMIENTO POR CUADRILLA	N° CUADRILLAS	LONGITUD
Fase P-7 (m3/día)	550.00	1.00	392.86
Fase P-8 (m3/día)	450.00	1.00	375.00
Fase P-10 (m2/día)	1,600.00	1.00	400.00
(*) Fase P-11B (m3/día)	240.00	1.00	400.00

Fuente: Elaboración propia

(*)La actividad de pavimentación es considerada en un tren de actividades independiente.

En base a estos rendimientos se realiza una secuencia de actividades para las fases de colocado y compactado de la base granular e imprimación y en base a esos rendimiento se define la longitud promedio de cobertor a usar por tramo que en este caso es 400.00 m lineales, en el cuadro N° 59 se muestra la secuencia de trabajos con el uso del cobertor.

Cuadro N° 58 Secuencia de trabajos en un cuerpo de cobertor de 400.00 m

TRABAJOS EN UN TRAMO DE LA VÍA USANDO EL COBERTOR								
DESCRIPCIÓN/DÍA	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8
(1) Instalación del cobertor en el área de trabajo	X							
(2) Extendido y compactado de la subbase granular		X						
(3) Liberación de los trabajos de subbase-Supervisión			X					
(4) Extendido y compactado de la base granular				X				
(5) Liberación de los trabajos de la base-Supervisión					X			
(6) Imprimado lado "A" de la vía						X		
(7) Imprimado lado "B" de la vía							X	
(8) Desinstalación del Cobertor								X

Fuente: Elaboración propia

Según los rendimientos semanales planteados para las fases del proceso de pavimentación se define un tren de actividades y la longitud de cobertor a usar en el proyecto, que para las actividades de las fases P-7, P-8 y P-10 dio una longitud de 1,200.00m lineales semanales, en el cuadro N° 60 se describe las actividades para una semana típica.

Cuadro N° 59 Tren de actividades para las fases P-7, P-8 y P-10

DÍA	COBERTOR "TRAMO 1" 400.00 m	COBERTOR "TRAMO 2" 400.00 m	COBERTOR "TRAMO 3" 400.00 m
1	INSTALACIÓN DEL COBERTOR		
2	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA SUBBASE GRANULAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR	
3	LIBERACIÓN DE LA SUBBASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA SUBBASE GRANULAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR
4	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR	LIBERACIÓN DE LA SUBBASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA SUBBASE GRANULAR
5	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR	LIBERACIÓN DE LA SUBBASE-SUPERVISIÓN
6	IMPRIMADO LADO "A"	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR
7	IMPRIMADO LADO "B"	IMPRIMADO LADO "A"	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN
8	DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	IMPRIMADO LADO "B"	IMPRIMADO LADO "A"
9		DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	IMPRIMADO LADO "B"
10			DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al proceso P-11B colocación y compactación de la carpeta asfáltica se plantea desarrollarlo independiente de las fases P-8 y P-10 debido a que la construcción de cunetas se haría muy complicada debido al anclaje del cobertor y

al drenaje temporal planteado durante su uso, tomando los rendimientos para esta fase del cuadro N°5.1, se obtiene la longitud promedio en una jornada de trabajo siendo esta 450.00 m lineales, en el cuadro N°61 se describe la secuencia de actividades con el uso de cobertores para esta fase.

Cuadro N° 60 Secuencia de actividades para las fases P-11B

TRABAJOS EN UN TRAMO DE LA VÍA USANDO EL COBERTOR				
DESCRIPCIÓN/DÍA	D-1	D-2	D-3	D-4
(1) Instalación del cobertor	x			
(2) Acondicionamiento y/o reparación del area a pavimentar		x		
(3) Pavimentación			x	
(4) Desinstalación del cobertor				x

Fuente: Elaboración propia

Dado esto para una semana cualquiera en temporada de precipitaciones se tiene el siguiente tren de actividades, siendo la longitud de cobertor necesaria para realizar esta fase 900.00 m lineales, descritas en el cuadro N° 62.

Cuadro N° 61 Tren de actividades para la fase P-11B

DÍA	COBERTOR "TRAMO 1" 450.00 m	COBERTOR "TRAMO 2" 450.00 m	COBERTOR "TRAMO 1" 450.00 m
1	INSTALACIÓN DEL COBERTOR		
2	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR	
3	ASFALTADO DE LA VIA	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR	
4	DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	ASFALTADO DE LA VIA	INSTALACIÓN DEL COBERTOR
5		DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR
6			ASFALTADO DE LA VIA
7			DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los rendimientos planeados para las fases del proceso de pavimentación en la temporada de precipitaciones entre las semanas S-38 hasta la S-55, en las 18 semanas consideradas como temporada de lluvias, se concluye que se usaran los tres cuerpos de 400.00 m un total de 45 veces, dando así lo descrito en el cuadro N° 63.

Cuadro N° 62 Avances proyectados en el proceso de pavimentación con el cobertor.

FASE	UNIDAD	AVANCE ENTRE LAS SEMANAS S-38 Y S-55	PORCENTAJE DE AVANCE CON RESPECTO AL PROYECTO
P-7	m3	10520.27	32.08%
P-8	m3	9930.24	30.08%
P-10	m2	64711.00	29.50%
P-11B	m3	5087.92	37.34%

Fuente: Elaboración propia

- Se considera 11 días libres en los proyectos por fiestas navideñas, entre el 22/12 hasta el 01/01.

5.2.2.5 Impacto en Tiempo para el Proyecto

El impacto en tiempo para el proyecto viene a ser en cuanto nos habría favorecido en la entrega del proyecto, este tiempo se define como la diferencia de dos escenarios definidos en el cuadro N° 64, en base a esos datos se planteará el análisis económico.

Cuadro N° 63 Descripción de escenarios para el cálculo del ahorro en tiempo en el proyecto
 Alfamayo-Quillabamba

ESCENARIO	DESCRIPCIÓN
E-1	El escenario E-1, es la semana final de la temporada de precipitaciones considerada en el proyecto, se tomara en consideración el porcentaje acumulado de la producción proyectada con el uso de cobertores en las fases del proceso de pavimentación (P-7, P-8, P-10 y P11B).
E-2	El escenario E-2, será la semana del proyecto sin considerar el uso de algún sistema de cobertores en la que su producción tenga los porcentajes de avances acumulados más próximos a los proyectados en el escenario E-1.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 64 Porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación.

Escenario	Semana	%Avance	%Avance	%Avance	%Avance
		acumulado Fase P-7	acumulado Fase P-8	acumulado Fase P-10	acumulado Fase P-11B
E-1	S-55	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
E-2	S-69	101.50% ¹⁰	99.71%	96.95%	94.42%

Fuente: Elaboración propia

¹⁰ Porcentaje de avance en referencia del Metrado contractual, sin considerar adicionales de obra.

En base a la los datos del cuadro N° 65 se concluye que el uso de los cobertores bajo la consideraciones planteadas en el ítem de factibilidad técnica 5.2.1.3, se hubiera logrado una reducción del plazo en el desarrollo del proyecto de 14 semanas o 98 días calendario.

5.2.2.6 Periodos de Uso

El uso por proyecto planificado es de un periodo único de precipitaciones, debido a que el tiempo proyectado para la construcción de una carretera es de 540 días de acuerdo a los proyectos analizados.

5.2.3 Factibilidad Técnica de Uso de Cobertores en la Carretera Ayacucho-Abancay, Tramo II.

De igual forma que en las anteriores carreteras se analizará la factibilidad técnica para este proyecto.

5.2.3.1 Características de la Vía

Las características resaltantes de este proyecto en cuanto a la ubicación, longitud y clima se detallan en el cuadro N° 66.

Cuadro N° 65 Características de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

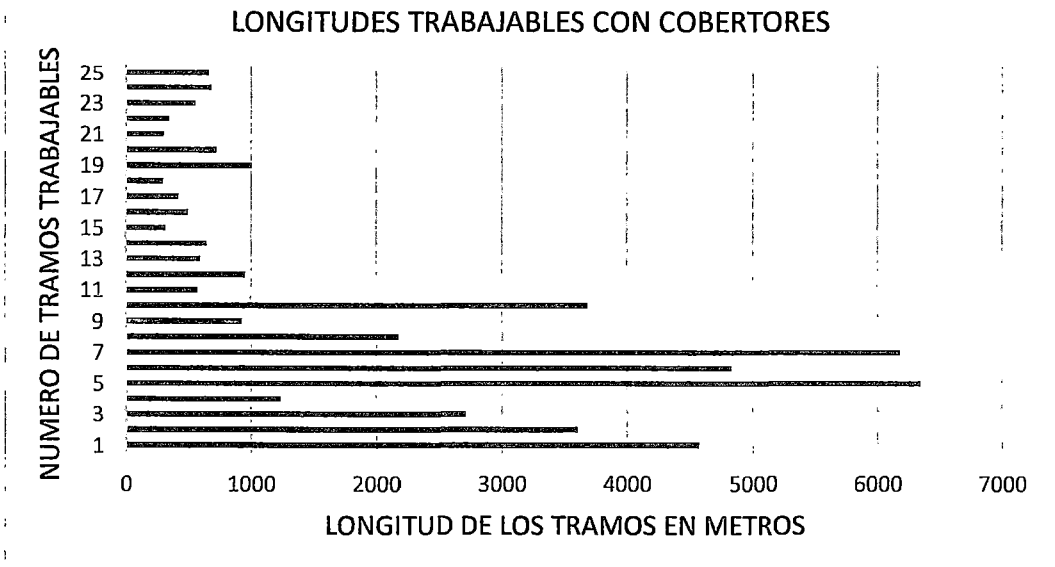
CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
UBICACIÓN	El proyecto "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ayacucho – Abancay tramo: Km. 50+000- Km. 98+800 está localizado en la zona sur del país y pertenece a la ruta nacional Ruta Nacional PE 3S de la Red Vial Nacional, siendo este sector, parte de la carretera Ayacucho - Abancay. Políticamente, la vía en estudio se desarrolla de acuerdo a la siguiente descripción: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Región: Ayacucho y Apurímac ➤ Departamento: Ayacucho y Apurímac ➤ Provincia: Huamanga y Chincheros
LONGITUD	Tiene una longitud de 48+800 Km. Este tramo se inicia en el abra Tocto, con progresiva Km. 50+000 y a una altitud de 4188 m.s.n.m., y se desarrolla por zonas alto andinas a media ladera, hasta llegar al distrito de Ocros, con progresiva Km 98+800 y a una altitud de 3131 m.s.n.m. presentando una longitud aproximada de 48.80 Km.
CLIMA	Clima frio, temperatura mínima de 5°C, humedad 53%, presencia de lluvias. Altura máxima 4200 msnm.

Fuente: Resumen ejecutivo del expediente técnico del proyecto

5.2.3.2 Tramos a Cubrir

Los tramos a cubrir son en los que se podrán trabajar con los cobertores, independiente de sistema a usar, a lo largo de toda la longitud del proyecto, para la obtención de estos valores se consideró restricciones como radios de curvatura menores a 30.00 m, poblaciones, DME, canteras, entre otros, sin considerar los problemas geológicos como los taludes inestables, en la figura N° 48 se describe lo encontrado en el proyecto.

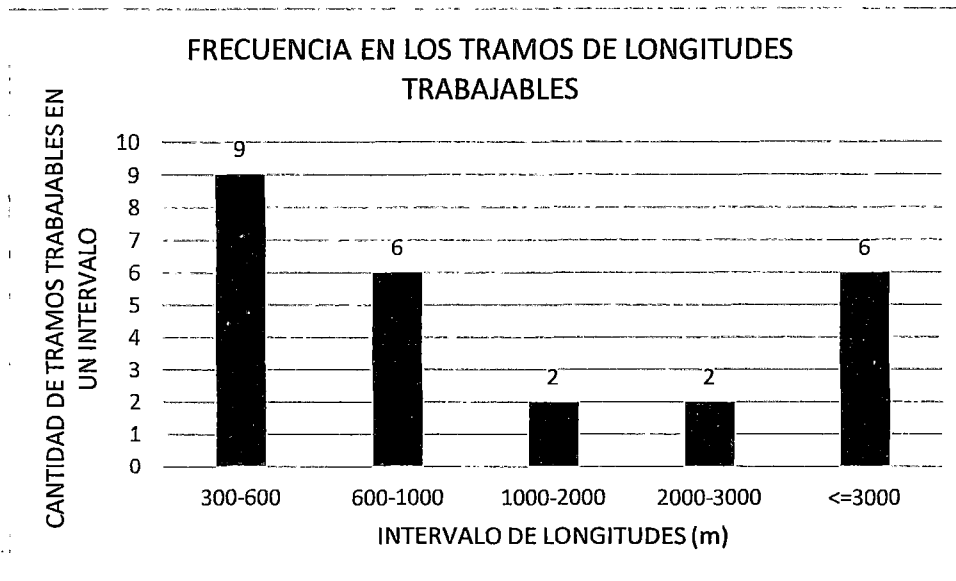
Figura N° 50 Longitudes trabajables con cobertores



Fuente: Elaboración propia.

- La suma de longitudes trabajables con cobertores suman 44,771m que equivalen el 91.7% de la longitud total de la vía, dividido en un total de 25 tramos.
- El tramo trabajable de menor longitud es de 300.00m y el de mayor longitud es de 6,176.00m

Figura N° 51 Frecuencia de las longitudes trabajables



Fuente: Elaboración propia

- Hay una predominancia de tramos menores a 1,000.00m (15 tramos), sin embargo, existe 6 tramos con longitud mayor a los 3,000.00m que representan el 60% de la vía.

5.2.3.3 Porcentajes de Avance en los Trabajos del Proceso de Pavimentación en Temporada de Precipitaciones.

Al igual que el proyecto anterior se busca reflejar los escenarios al inicio y al final de la temporada de precipitaciones en las fases del proceso de pavimentación como en las actividades ligadas al desarrollo de las mismas, todo esto con el fin de determinar cuáles podrían ser las fases que restrinjan el desarrollo de las actividades con el uso de los cobertores en época de precipitaciones. En el cuadro N° 67 se describe el avance de las actividades en el proyecto.

Cuadro N° 66 Avances acumulados de las fases

Datos Generales			Temporada de Lluvias		
COD.	NOMBRE DE LA FASE	UNIDAD	FASE PREDECESORA	% AVANCE AL INICIO DE LA TEMPORADA S-49	% AVANCE AL FIN DE LA TEMPORADA S-66
TER	CONFORMACIÓN EN ZONAS DE CORTE Y TERRAPLENES	M3		92.88%	97.47%
MEJ	MEJORAMIENTO A NIVEL DE SUBRASANTE	M3		63.07%	68.02%
SUB	COLOCACIÓN DE SUB BASE GRANULAR	M3	TER, MEJ	54.27%	54.27%
BAS	COLOCACIÓN DE BASE GRANULAR	M3	SUB	48.46%	49.18%
IMP	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA	M2	BAS	36.27%	43.11%

PAV	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO	M3	IMP	20.12%	46.59%
CUN	CUNETAS	ML	IMP	24.69%	27.28%
TMC	ALCANTARILLAS TMC	M3		96.10%	102.20%
SDR	SUB DRENES	ML		44.34%	75.30%

Fuente: ISP consolidado del proyecto.

- La fase de conformación en zonas de corte y terraplenes muestra un gran avance 92.88%; mientras que el mejoramiento a nivel de subrasante presenta un avance del 63.07% y un avance total en la temporada del 4.95%. siendo esta una restricción a la realización de los trabajos.
- En cuanto a las obras de arte las alcantarillas presentan un avance del 96.10% al inicio de temporada llegando al 102.20% al final de la temporada de precipitaciones; en cuanto a los subdrenes al inicio de la temporada su avance fue del 44.34 y al final de la temporada fue de 75.30% siendo una posible restricción en los frentes que se desean cubrir.
- En cuanto a las fases del proceso de pavimentación esta tuvieron un avance casi nulo en cuanto al extendido y compactado de la subbase y base granular; de igual forma la imprimación apenas logro un 6.84% de avance en la temporada; sin embargo en fase de colocación y compactación de la carpeta asfáltica se obtuvo un avance en la temporada del 26.47%, esto gracias a que en las primeras semanas de la temporada de precipitaciones el clima permitió el desarrollo de estas actividades que tienen un rendimiento alto.

5.2.3.4 Avance Proyectado

En base a los rendimientos de las fases del proceso de pavimentación, se propone un tren de actividades tanto para el extendido y compactado de la subbase y base granular y la imprimación y otro para la pavimentación esto debido a que la continuidad de las actividades se ven limitadas por la construcción de las cunetas en los tramos que corresponda, en el cuadro N° 68 se describen los rendimientos planeados las fases del proceso.

Cuadro N° 67 Rendimientos planeados en las fases

RENDIMIENTOS PLANEADOS CON EL USO DE COBERTORES	RENDIMIENTO POR CUADRILLA	N° CUADRILLAS	LONGITUD
Fase P-7 (m3/día)	550.00	1.00	392.86
Fase P-8 (m3/día)	450.00	1.00	375.00
Fase P-10 (m2/día)	1,600.00	1.00	400.00
(*) Fase P-11B (m3/día)	240.00	1.00	400.00

Fuente: Elaboración propia, rendimientos tomados del informe final de productividad

(*)La actividad de pavimentación es considerada en un tren de actividades independiente.

En base a estos rendimientos se realiza una secuencia de actividades para las fases de colocado y compactado de la base granular e imprimación y en base a esos rendimiento se define la longitud promedio de cobertor a usar por tramo que en este caso es 400.00 m lineales, en el cuadro N° 69 se muestra la secuencia de trabajos con el uso del cobertor.

Cuadro N° 68 Secuencia de trabajos en un cuerpo de cobertor de 400.00 m

TRABAJOS EN UN TRAMO DE LA VÍA USANDO EL COBERTOR								
DESCRIPCIÓN/DÍA	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8
(1) Instalación del cobertor en el área de trabajo	X							
(2) Extendido y compactado de la subbase granular		X						
(3) Liberación de los trabajos de subbase-Supervisión			X					
(4) Extendido y compactado de la base granular				X				
(5) Liberación de los trabajos de la base-Supervisión					X			
(6) Imprimado lado "A" de la vía						X		
(7) Imprimado lado "B" de la vía							X	
(8) Desinstalación del Cobertor								X

Fuente: Elaboración propia

Según los rendimientos semanales planteados para las fases del proceso de pavimentación se define un tren de actividades y la longitud de cobertor a usar en el proyecto, que para los trabajos de las fases P-7, P-8 y P-10 dio una longitud de 1200.00m cada 8 días, en el cuadro N°5.1 se describe las actividades para una semana típica.

Cuadro N° 69 Tren de actividades para las fases P-7, P-8 y P-10

DÍA	COBERTOR "TRAMO 1" 400.00 m	COBERTOR "TRAMO 2" 400.00 m	COBERTOR "TRAMO 3" 400.00 m
1	INSTALACIÓN DEL COBERTOR		
2	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA SUBBASE GRANULAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR	
3	LIBERACIÓN DE LA SUBBASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA SUBBASE GRANULAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR
4	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR	LIBERACIÓN DE LA SUBBASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA SUBBASE GRANULAR
5	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR	LIBERACIÓN DE LA SUBBASE-SUPERVISIÓN
6	IMPRIMADO LADO "A"	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA BASE GRANULAR
7	IMPRIMADO LADO "B"	IMPRIMADO LADO "A"	LIBERACIÓN DE LOS BASE-SUPERVISIÓN
8	DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	IMPRIMADO LADO "B"	IMPRIMADO LADO "A"
9		DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	IMPRIMADO LADO "B"
10			DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al proceso P-11B colocación y compactación de la carpeta asfáltica se plantea desarrollarlo independiente de las fases P-8 y P-10 debido a que la construcción de cunetas se haría muy complicada debido al anclaje del cobertor y al drenaje temporal planteado durante su uso, tomando los rendimientos para esta fase del cuadro N° 68, se obtiene la longitud promedio en una jornada de trabajo siendo esta 450.00m lineales, en el cuadro N° 71 se describe la secuencia de actividades con el uso de cobertores para esta fase.

Cuadro N° 70 Secuencia de actividades para las fases P-11B

TRABAJOS EN UN TRAMO DE LA VÍA USANDO EL COBERTOR				
DESCRIPCIÓN/DÍA	D-1	D-2	D-3	D-4
(1) Instalación del cobertor	X			
(2) Acondicionamiento y/o reparación del area a pavimentar		X		
(3) Pavimentación			X	
(4) Desinstalación del cobertor				X

Fuente: Elaboración propia

Dado esto para una semana cualquiera en temporada de precipitaciones se tiene el siguiente tren de actividades, siendo la longitud de cobertor necesaria para realizar esta fase 900.00 m lineales, descritas en el cuadro N° 72.

Cuadro N° 71 Tren de actividades para la fase P-11B

DÍA	COBERTOR "TRAMO 1" 450.00 m	COBERTOR "TRAMO 2" 450.00 m	COBERTOR "TRAMO 1" 450.00 m
1	INSTALACIÓN DEL COBERTOR		
2	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR	INSTALACIÓN DEL COBERTOR	
3	ASFALTADO DE LA VIA	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR	
4	DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	ASFALTADO DE LA VIA	INSTALACIÓN DEL COBERTOR
5		DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR	ACONDICIONAMIENTO Y/O REPARACIÓN DEL AREA A PAVIMENTAR
6			ASFALTADO DE LA VIA
7			DESINSTALACIÓN DEL COBERTOR

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los rendimientos planeados para las fases del proceso de pavimentación en la temporada de precipitaciones entre las semanas S-49 hasta la S-66, en las 18 semanas consideradas como temporada de lluvias, se concluye que se usaran los tres cuerpos de 400.00 m un total de 45 veces, dando así lo descrito en el cuadro N° 73.

Cuadro N° 72 Porcentaje de avance en la temporada de precipitaciones

FASE	UNIDAD	AVANCE ENTRE LAS SEMANAS S-38 Y S-55	PORCENTAJE DE AVANCE CON RESPECTO AL PROYECTO
P-7	m3	24,200.00	43.87%
P-8	m3	19,800.00	31.19%
P-10	m2	140,800.00	37.45%
P-11B	m3	10,560.00	36.41%

Fuente: Elaboración propia

- Se considera 11 días libres en los proyectos por fiestas navideñas, entre el 24/12 hasta el 01/01.

5.2.3.5 Impacto en Tiempo del Proyecto

El impacto en tiempo para el proyecto viene a ser en cuanto nos habría favorecido en la entrega del proyecto, este tiempo se define como la diferencia de dos escenarios cuya descripción se encuentra en el cuadro N° 74, en base a esos datos se planteará el análisis económico.

Cuadro N° 73 Descripción de escenarios para el cálculo del ahorro en tiempo en el proyecto Ayacucho-Abancay

ESCENARIO	DESCRIPCIÓN
E-1	El escenario E-1 (S-66), es la semana final de la temporada de precipitaciones considerada en el proyecto, se tomara en consideración el porcentaje acumulado de la producción proyectada con el uso de cobertores en las fases del proceso de pavimentación (P-7, P-8, P-10 y P11B).
E-2	El escenario E-2 (S-79), será la semana del proyecto sin considerar el uso de algún sistema de cobertores en la que su producción tenga los porcentajes de avances acumulados más próximos a los proyectados en el escenario E-1.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 74 Porcentaje de avance en las fases del proceso de pavimentación.

Escenario	Semana	%Avance acumulado Fase P-7	%Avance acumulado Fase P-8	%Avance acumulado Fase P-10	%Avance acumulado Fase P-11B
E-1	S-66	98%	80%	80%	83%
E-2	S-79	89%	89%	72%	77%

Fuente: Elaboración propia

La semana S-79, luego en base a los datos del cuadro N° 75 se concluye que el uso de los cobertores bajo las consideraciones planteadas en el ítem de

factibilidad técnica, se hubiera logrado una reducción del plazo en el desarrollo del proyecto de 13 semanas o 91 días calendario.

5.2.2.6 Periodos de Uso

El uso proyectado del cobertor en el proyecto es la duración de un periodo de precipitación, dado que la duración del proyecto fue de 540 días, y el proceso de pavimentación se realiza a partir de la segunda mitad del periodo aproximadamente.

5.3 FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS

El estudio de la viabilidad o factibilidad económica no es otra cosa que la evaluación del proyecto. En esta parte se calcula la rentabilidad del proyecto, para ello, se utilizan diversos indicadores en nuestro caso se usará el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), pudiéndose haber usado la razón Beneficio Costo (B/C), indicadores de Costo Efectividad o de Período de Recuperación de la Inversión.

☒ Valor actual neto¹¹

Es el método más conocido, mejor y más generalmente aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad deseada después de recuperar la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Si el resultado es mayor que cero, mostrara cuanto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa "i" que se exigía de retorno al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa "i" que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión.

☒ Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno TIR, mide la rentabilidad como porcentaje.

¹¹ Proyectos de inversión formulación y evaluación, Nassir Sapag Chaín, Capítulo 8, Calculo y análisis de la viabilidad económica.

☒ Periodo de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación de la inversión, PRI, es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuanto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital involucrado.

☒ Flujo de caja

Un flujo de caja se estructura en varias columnas que representan los momentos en que se generan los costos y beneficios de un proyecto. Cada momento refleja dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un periodo, generalmente de un año, y los desembolsos que deben estar realizados para que los eventos del periodo siguiente puedan ocurrir.

Consideraciones a tomar en la evaluación económica

- Se evaluará el uso de los dos sistemas de cobertores cotizados el insuflado y el arriostrado.
- Se considera que la inversión realizada por COSAPI S.A. no deberá generar ingresos de manera directa por la inversión realizada, sino indirectamente mediante el aumento de los márgenes de utilidad en los proyectos en los que se utilizará.
- El precio de alquiler de los sistemas a evaluar se hallaran mediante un análisis de VAN y TIR, sabiendo que para que un proyecto no gane ni pierda el valor del VAN es próximo a cero, dado esto para la elaboración del flujo de caja se tomaron ciertas consideraciones descritas en el cuadro N° 76.

Cuadro N° 75 Consideraciones para la elaboración del flujo de caja del alquiler de los sistemas de cobertores.

CONSIDERACIONES	DESCRIPCIÓN
TIEMPO DE VIDA UTIL	Se considera para ambos sistemas 10 años.
TASA (VAN)	La tasa considerada para hallar el VAN, fue del 10%
DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO	Se considera depreciación lineal a lo largo de su vida útil, con un valor de venta o residual de cero (S/. 0.00) soles.
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	Se considera el costo por este concepto del 5% del valor del precio de alquiler.

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 77 se muestra el análisis económico para el precio de alquiler del cobertor tipo insuflado, dando el valor de S/.1'400,000.00 Nuevos Soles durante la temporada de precipitaciones.

En el cuadro N° 78, se muestra el análisis económico para el precio de alquiler del cobertor tipo arriostrado, dando el valor de S/. 850,000.00 Nuevos Soles durante la temporada de precipitaciones.

Cuadro N° 76 Evaluación económica para el costo de alquiler del cobertor tipo insuflado.

COBERTOR INSUFLADO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COMPRA	-S/. 4,972,800.00										
VENTA											S/. 0.00
PRECIO DE ALQUILER		S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000	S/. 1,400,000
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO		-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000	-S/. 70,000
DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO		-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280	-S/. 497,280
FLUJO DE CAJA	-S/. 4,972,800	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720	S/. 832,720

VAN	S/. 143,904
TASA	10.00%
TIR	10.67%

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 77 Evaluación económica para el costo de alquiler del cobertor tipo arriostrado

COBERTOR ARRIOSTRADO

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COMPRA	-S/. 2,871,075										
VENTA											S/. 0
PRECIO DE ALQUILER		S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000	S/. 850,000
MANTENIMIENTO DEL EQUIPO		-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000	-S/. 85,000
DEPRECIACIÓN DEL EQUIPO		-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107	-S/. 287,107
FLUJO DE CAJA	-S/. 2,871,075	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893	S/. 477,893

VAN	S/. 65,367.67
TASA	10.00%
TIR	10.53%

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la factibilidad económica del uso de cobertores ya sea del tipo insuflado o arriostrado en el proyecto, se realizará el flujo de caja en el proyecto, usando los mismos ítems para cada caso. Los ítems a considerar se describen a continuación:

☒ Ingresos indirectos en ahorros de los gastos generales.

El uso de cobertores no brindará ingresos de manera directa en la realización de los actividades del proceso de pavimentación, sin embargo al planear trabajar en época de precipitaciones, logrará un ahorro en tiempo, esto es desarrollado para cada proyecto en el ítem de factibilidad técnica-“Impacto en tiempo del proyecto”.

El ingreso será igual a la multiplicación de los días ahorrados por el promedio diario de gastos generales del proyecto.

☒ Traslado del depósito a la Obra

Se considera un monto referencial del traslado del cobertor desde el depósito de COSAPI S.A (LIMA) hasta el proyecto y viceversa.

☒ Costo de instalación

Es el costo planeado de instalación del cobertor durante la temporada de precipitaciones, considerando solo mano de obra.

☒ Costo de desinstalación

Es el costo planeado de desinstalación del cobertor para el proyecto durante la temporada de precipitaciones.

☒ Costo de transporte interno

Es el costo planeado por transporte interno dentro de la obra, de un tramo a otro.

☒ Alquiler del cobertor al proyecto

Es el precio con el cual COSAPI S.A. alquilará el cobertor al proyecto según sea el tipo.

☒ Sistema para la protección de los agregados

Costo proyectado para la protección de agregados procesados, para la elaboración del concreto asfáltico, material de base y subbase.

5.3.1 Factibilidad Económica del Uso de Cobertores en la Carretera Cajamarca-Celendín

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente detalladas tenemos para la carretera Cajamarca-Celendín un ahorro en tiempo estimado de 13 semanas, en base a esto de acuerdo a los dos sistemas de cobertores a analizar se tiene lo siguiente:

A) Cobertor Tipo Insuflado

Se realizó el flujo de caja para el proyecto con el uso del sistema de cobertores tipo insuflados, esto se describe en el cuadro N° 79.

Cuadro N° 78 Flujo de caja para el proyecto Cajamarca-Celendín para el cobertor insuflado

TEMPORADA DE PRECIPITACIONES	CANTIDAD
INGRESOS	
INGRESOS INDIRECTOS EN AHORROS DE GASTOS GENERALES	S/. 3,457,767.00
EGRESOS	
TRASLADO DEL DEPOSITO A LA OBRA	-S/. 30,000.00
COSTO DE INSTALACIÓN (HH)	-S/. 180,180.00
COSTO DE DESINTALACIÓN	-S/. 180,180.00
COSTO DE TRANSPORTE INTERNO	-S/. 88,000.00
DRENAJE DEL SISTEMA (GEOTEXTIL+ FORMA)	-S/. 168,000.00
ALQUILER DEL EQUIPO	-S/. 1,400,000.00
SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS AGREGADOS	-S/. 100,000.00
FLUJO DE CAJA	S/. 1,311,407.00

Fuente: Elaboración propia

B) Cobertor Tipo Arriostrado

De igual manera se realizó el flujo de caja con el uso del cobertor del tipo arriostrado se muestra en el cuadro N° 80.

Cuadro N° 79 Flujo de caja para el proyecto Cajamarca-Celendín para el cobertor arriostrado

TEMPORADA DE PRECIPITACIONES	CANTIDAD
INGRESOS	
INGRESOS INDIRECTOS EN AHORROS DE GASTOS GENERALES	S/. 3,457,767.00
EGRESOS	
TRASLADO DEL DEPOSITO A LA OBRA	-S/. 60,000.00
COSTO DE INSTALACIÓN (HH)	-S/. 615,384.00
COSTO DE DESINTALACIÓN	-S/. 615,384.00
COSTO DE TRANSPORTE INTERNO	-S/. 168,000.00
DRENAJE DEL SISTEMA (GEOTEXTIL+ FORMA)	-S/. 168,000.00

ALQUILER DEL EQUIPO	-S/. 850,000.00
SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS AGREGADOS	-S/. 100,000.00
FLUJO DE CAJA	S/. 880,999.00

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto según el flujo de caja para cada sistema analizado uso de cobertores tipo INSUFLADO traería un mayor beneficio económico en el proyecto.

Beneficio Cobertor Insuflado	S/. 1,311,407.00
Beneficio Cobertor Arriestrado	S/. 880,999.00

5.3.2 Factibilidad Económica de Uso de Cobertores en la Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo Alfamayo-Chaullay-Quillabamba

En este proyecto el ahorro de tiempo estimado fue de 14 semanas, con esto el ahorro estimado indirectamente por el uso del cobertor, es la multiplicación de días por el valor de gasto general diario previsto en el proyecto.

Dado que la evaluación se realiza para los sistemas de cobertores tipo insuflado y arriestrado

A) Cobertor Tipo Insuflado

Se realizó el flujo de caja para el proyecto con el uso del sistema de cobertores tipo insuflado en el cuadro N° 81.

Cuadro N° 80 Flujo de caja para el proyecto Alfamayo-Quillabamba para el cobertor insuflado

TEMPORADA DE PRECIPITACIONES	CANTIDAD
INGRESOS	
INGRESOS INDIRECTOS EN AHORROS DE GASTOS GENERALES	S/. 3,330,820.08
EGRESOS	
TRASLADO DEL DEPOSITO A LA OBRA	-S/. 30,000.00
COSTO DE INSTALACIÓN (HH)	-S/. 180,180.00
COSTO DE DESINSTALACIÓN	-S/. 180,180.00
COSTO DE TRANSPORTE INTERNO	-S/. 88,000.00
DRENAJE DEL SISTEMA; EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO + RECUBRIMIENTO TEMPORAL	-S/. 168,000.00
ALQUILER DEL EQUIPO	-S/. 1,400,000.00
SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS AGREGADOS	-S/. 100,000.00
FLUJO DE CAJA	S/. 1,184,460.08

Fuente: Elaboración propia

B) Cobertor Tipo Arriostrado

De igual manera se realizó el flujo de caja con el uso del cobertor del tipo arriostrado mostrado en el cuadro N° 82.

Cuadro N° 81 Flujo de caja para el proyecto Alfamayo-Quillabamba para el cobertor arriostrado

TEMPORADA DE PRECIPITACIONES	CANTIDAD
INGRESOS	
INGRESOS INDIRECTOS EN AHORROS DE GASTOS GENERALES	S/. 3,330,820.08
EGRESOS	
TRASLADO DEL DEPOSITO A LA OBRA	-S/. 60,000.00
COSTO DE INSTALACIÓN (HH)	-S/. 615,384.00
COSTO DE DESINSTALACIÓN	-S/. 615,384.00
COSTO DE TRANSPORTE INTERNO	-S/. 168,000.00
DRENAJE DEL SISTEMA; EXCAVACIÓN DE MATERIAL SUELTO + RECUBRIMIENTO TEMPORAL	-S/. 168,000.00
ALQUILER DEL EQUIPO	-S/. 850,000.00
SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS AGREGADOS	-S/. 100,000.00
FLUJO DE CAJA	S/. 754,052.08

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto el uso el uso de los cobertores INSUFLADO sería el de mayor rentabilidad.

Beneficio Cobertor Insuflado	S/. 1,184,460.08
Beneficio Cobertor Arriostrado	S/. 754,052.08

5.3.3 Factibilidad Económica de uso de Cobertores en la Carretera Ayacucho-Abancay, Tramo II.

En este proyecto el ahorro de tiempo estimado fue de 13 semanas, con esto el ahorro estimado indirectamente por el uso del cobertor, es la multiplicación de días por el valor de gasto general diario previsto en el proyecto. Dado que la evaluación se realiza para los sistemas de cobertores tipo insuflado y arriostrado

A) Cobertor Tipo Insuflado

En el cuadro N° 83 se muestra el flujo de caja para el proyecto con el uso del sistema de cobertores tipo insuflados en época de precipitaciones.

Cuadro N° 82 Flujo de caja para el proyecto Ayacucho-Abancay para el cobertor insuflado

TEMPORADA DE PRECIPITACIONES	CANTIDAD
INGRESOS	
INGRESOS INDIRECTOS EN AHORROS DE GASTOS GENERALES	S/. 5,207,164.34
EGRESOS	
TRASLADO DEL DEPOSITO A LA OBRA	-S/. 30,000.00
COSTO DE INSTALACIÓN (HH)	-S/. 180,180.00
COSTO DE DESINSTALACIÓN	-S/. 180,180.00
COSTO DE TRANSPORTE INTERNO	-S/. 88,000.00
DRENAJE DEL SISTEMA (GEOTEXTIL + FORMA)	-S/. 168,000.00
ALQUILER DEL EQUIPO	-S/. 1,400,000.00
SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS AGREGADOS	-S/. 100,000.00
FLUJO DE CAJA	S/. 3,060,804.34

Fuente: Elaboración propia

B) Cobertor Tipo Arriostrado

De igual manera se realizó el flujo de caja con el uso del cobertor del tipo arriostrado, esto está descrito en el cuadro N° 84

Cuadro N° 83 Flujo de caja para el proyecto Ayacucho-Abancay para el cobertor arriostrado

TEMPORADA DE PRECIPITACIONES	CANTIDAD
INGRESOS	
INGRESOS INDIRECTOS EN AHORROS DE GASTOS GENERALES	S/. 5,207,164.34
EGRESOS	
TRASLADO DEL DEPOSITO A LA OBRA	-S/. 60,000.00
COSTO DE INSTALACIÓN (HH)	-S/. 615,384.00
COSTO DE DESINSTALACIÓN	-S/. 615,384.00
COSTO DE TRANSPORTE INTERNO	-S/. 168,000.00
DRENAJE DEL SISTEMA(GEOTEXTIL+FORMA)	-S/. 168,000.00
ALQUILER DEL EQUIPO	-S/. 850,000.00
SISTEMAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS AGREGADOS	-S/. 100,000.00
FLUJO DE CAJA	S/. 2,630,396.34

Fuente: Elaboración propia

Para este proyecto la aplicación del cobertor tipo insuflado sería la de mayor rentabilidad según el flujo de caja realizado.

Beneficio Cobertor Insuflado	S/. 3,060,804.34
Beneficio Cobertor Arriostrado	S/. 2,630,396.34

En general en base a los tres proyectos se tiene lo siguiente en el cuadro N° 85.

Cuadro N° 84 Cuadro resumen utilidad en los proyectos de acuerdo al sistema de cobertor a usar

PROYECTO	AHORRO EN GASTOS GENERALES	UTILIDAD CON EL COBERTOR TIPO INSUFLADO	% DE UTILIDAD CON RESPECTO AL AHORRO-INSUFLADO	UTILIDAD CON EL COBERTOR TIPO ARRIOSTRADO	% DE UTILIDAD CON RESPECTO AL AHORRO-ARRIOSTRADO
CAJAMARCA-CELENDÍN	S/. 3,457,767.04	S/. 1,311,407.04	38%	S/. 880,999.04	25%
ALFAMAYO-QUILLABAMBA	S/. 3,330,820.08	S/. 1,184,460.08	36%	S/. 754,052.08	23%
AYACUCHO-ABANCAI	S/. 5,207,164.34	S/. 3,060,804.34	59%	S/. 2,630,396.34	51%

Fuente: Elaboración propia

Dado que los tres proyectos presentan realidades distintas en cuanto al ahorro de los gastos generales evaluaremos el proyecto que presenta el margen de utilidad intermedio de estos, entonces con respecto a los valores del proyecto Cajamarca Celendín planteamos el uso de la tabla de datos de sensibilización de variables que se muestran en el cuadro N° 86.

Datos del proyecto Cajamarca-Celendín para el cobertor "insuflado"

Ahorro del proyecto	S/. 3,450,000.00
Costos del sistema	S/. 1,400,000.00
Gastos Operativos	S/. 720,000.00
Utilidad	S/. 1,330,000.00
Utilidad (%)	38.6% ¹²

Cuadro N° 85 Sensibilización del Margen variando las ventas y el costo directo para el cobertor Insuflado

AHORRO DEL PROYECTO						
	38.6%	3.05 MM	3.25 MM	3.45 MM	3.65 MM	3.85 MM
COSTO DEL SISTEMA	1.00 MM	43.6%	47.1%	50.1%	52.9%	55.3%
	1.10 MM	40.3%	44.0%	47.2%	50.1%	52.7%
	1.20 MM	37.0%	40.9%	44.3%	47.4%	50.1%
	1.30 MM	33.8%	37.8%	41.4%	44.7%	47.5%
	1.40 MM	30.5%	34.8%	38.6%	41.9%	44.9%
	1.50 MM	27.2%	31.7%	35.7%	39.2%	42.3%
	1.60 MM	23.9%	28.6%	32.8%	36.4%	39.7%
	1.70 MM	20.7%	25.5%	29.9%	33.7%	37.1%

Fuente: Elaboración propia

¹² Utilidad referencial, con respecto al ahorro obtenido producto de los gastos generales.

De igual forma hacemos es mismo análisis para el cobertor arriostrado para el proyecto Cajamarca-Celendín se grafica en el cuadro N° 87.

Datos del proyecto Cajamarca-Celendín para el cobertor "Arriostrado".

Ahorro del proyecto	S/. 3,450,000.00
Costos del sistema	S/. 850,000.00
Gastos operativos	S/. 1750,000.00
Utilidad	S/. 850,000.00
Utilidad (%)	24.6% ¹³

Cuadro N° 86 Sensibilización del Margen variando las ventas y el costo directo para el cobertor Arriostrado

		AHORRO DEL PROYECTO					
		24.6%	3.05 MM	3.25 MM	3.45 MM	3.65 MM	3.85 MM
COSTO DEL SISTEMA	500 M	26.2%	30.8%	34.8%	38.4%	41.6%	
	600 M	23.0%	27.7%	31.9%	35.6%	39.0%	
	700 M	19.7%	24.6%	29.0%	32.9%	36.4%	
	800 M	16.4%	21.5%	26.1%	30.1%	33.8%	
	850 M	14.8%	20.0%	24.6%	28.8%	32.5%	
	900 M	13.1%	18.5%	23.2%	27.4%	31.2%	
	1.00 MM	9.8%	15.4%	20.3%	24.7%	28.6%	
	1.10 MM	6.6%	12.3%	17.4%	21.9%	26.0%	

El cuadro de sensibilización nos ayuda a ampliar nuestro panorama en cuanto al costo directo del sistema con respecto a las ventas o en nuestro caso al ahorro de los gastos generales producto del ahorro en tiempo para el proyecto.

¹³ Utilidad referencial, con respecto al ahorro obtenido producto de los gastos generales.

5.4 COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS PLANTEADOS

En base al análisis de la factibilidad técnica y económica de los sistemas de cobertores a evaluar se tiene algunas características comparativas a considerar. En el cuadro N° 88 se describe lo anterior mencionado.

Cuadro N° 87 Comparación entre los sistemas de cobertores arriostrados e insuflados.

COMPARACIÓN ENTRE LOS TIPOS DE SISTEMAS DE COBERTOR		
CARACTERÍSTICA	COBERTOR INSUFLADO	COBERTOR ARRIOSTRADO
ARMADO DEL SISTEMA	El armado del cobertor insuflado para un tramo de 400.00 m deberá de realizarse en un día según lo proyectado, para que esto ocurra la actividad crítica será el anclaje del sistema que según consideraciones del fabricante se realizara a cada metro, dado que el extendido de la lona y el inflado de la misma se hará de manera muy dinámica y rápida.	El armado del cobertor arriostrado para un tramo de 400.00 m, deberá de realizarse en un día, al ser una estructura metálica, su armado y anclaje necesitaran de gran cantidad de personal calificado.
TRANSPORTE INTERNO	El transporte interno consiste en mover la lona enrollada con el uso de un camión volquete, y los demás accesorios como los ventiladores, exclusiva y anclajes.	El transporte interno del sistema necesitará el uso de varios camiones volquetes para el transporte de la estructura y sus anclajes.
DRENAJE DE AGUAS SUPERFICIALES	Se deberá implementar un sistema de drenajes acoplable al cobertor	Se deberá implementar un sistema de drenajes acoplable al cobertor
COSTO DEL SISTEMA	El costo del sistema es \$1,776,000.00 (Un millón setecientos setenta y seis mil dólares americanos)	El costo del sistema tipo arriostrado es de \$1,025,383.90, dando una inversión inicial menor con respecto al cobertor insuflado
CURVAS	Adaptable a curvas de hasta 30 m de radio, con acoples especiales en curvas cerradas tipo U.	Al ser un sistema rígido no es adaptable a curvas con radios pequeños, debido al sobreancho lo que será un limitante si se quiere trabajar de manera continua.

Fuente: Elaboración propia

- En general podemos decir que el cobertor tipo insuflado su uso, instalación y transporte es mucho más sencillo que con el cobertor tipo arriostrado.
- El valor de inversión inicial del cobertor arriostrado es 40% menor al del tipo insuflado, sin embargo el cobertor arriostrado no es adaptable para tramos en curvas, por lo que la actividad no sería continua.

- El factor que predomina en el costos indirecto de los cobertores en los proyectos es el de armado y desarmando, es allí donde el cobertor tipo arriostrado tiene un alta variabilidad con respecto al insuflado.
- Para determinar el tiempo de retorno de la inversión, hemos considerado el tiempo de vida útil de 10 años, para ambos sistemas, de los tres proyectos analizados se tienen diferentes ahorros se tomó para el ejercicio el ahorro del proyecto Cajamarca-Celendín, dado que este se asemeja al ahorro promedio de los proyectos estudiados.
- El tiempo de retorno de la de la inversión para cada sistema a evaluar se describe en el cuadro N° 89 para el cobertor insuflado y en el cuadro N° 90 para el cobertor arriostrado, teniendo los siguientes resultados

TIR COBERTOR TIPO INSUFLADO	3.8 AÑOS
TIR COBERTOR TIPO ARRIOSTRADO	3.3 AÑOS

Es decir la inversión retorna en cada caso en el cuarto periodo de lluvias en los que se usara.

Cuadro N° 88 Tiempo de retorno de la inversión del cobertor insuflado

COBERTOR INSUFLADO											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COMPRA (INVERSIÓN)	-S/. 4,972,800										
INGRESOS											
AHORRO EN LOS GASTOS GENERALES		S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767
EGRESOS											
ALQUILER DEL EQUIPO		-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000	-S/. 1,400,000
GASTOS INDIRECTOS CON EL SISTEMA		-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360	-S/. 746,360
FLUJO DE CAJA		S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407	S/. 1,311,407
UTILIDAD ACUMULADA		S/. 1,311,407	S/. 2,622,814	S/. 3,934,221	S/. 5,245,628	S/. 6,557,035	S/. 7,868,442	S/. 9,179,849	S/. 10,491,256	S/. 11,802,663	S/. 13,114,070
RETORNO DE LA INVERSIÓN		-S/. 3,661,393	-S/. 2,349,986	-S/. 1,038,579	S/. 272,828	S/. 1,584,235	S/. 2,895,642	S/. 4,207,049	S/. 5,518,456	S/. 6,829,863	S/. 8,141,270

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 89 Tiempo de retorno de la inversión cobertor arriestrado

COBERTOR ARRIESTRADO											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COMPRA (INVERSIÓN)	-S/. 2,871,075										
INGRESOS											
AHORRO EN LOS GASTOS GENERALES		S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767	S/. 3,457,767
EGRESOS											
ALQUILER DEL EQUIPO		-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000	-S/. 850,000
GASTOS INDIRECTOS CON EL SISTEMA		-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768	-S/. 1,726,768
FLUJO DE CAJA		S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999	S/. 880,999
		S/. 880,999	S/. 1,761,998	S/. 2,642,997	S/. 3,523,996	S/. 4,404,995	S/. 5,285,994	S/. 6,166,993	S/. 7,047,992	S/. 7,928,991	S/. 8,809,990
		-S/. 1,990,076	-S/. 1,109,077	-S/. 228,078	S/. 652,921	S/. 1,533,920	S/. 2,414,919	S/. 3,295,918	S/. 4,176,917	S/. 5,057,916	S/. 5,938,915

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En el desarrollo del análisis de la investigación se llegaron a las siguientes conclusiones.

- ✘ Las temporadas de precipitaciones consideradas en el planeamiento de las actividades de los proyectos viales son de Diciembre a Marzo, sin embargo, del análisis de las precipitaciones mensuales acumuladas de los proyectos evaluados, se observó que las precipitaciones tienen una duración mayor y que empieza en Octubre hasta el mes de Abril, y esto se ve reflejado en el retraso de las actividades, alza en los costos y retrabajos.
- ✘ Se concluyó que el uso de los cobertores generarían un ahorro en tiempo para los proyectos evaluados de 90 días aproximadamente considerando su uso de entre los meses de Diciembre a Marzo. El ahorro en tiempo determinado para cada proyecto es descrito en el cuadro N° 91.

Cuadro N° 90 Ahorro en tiempo en los proyectos a evaluar

PROYECTO	AHORRO EN TIEMPO
Cajamarca-Celendín	13 semanas (91 días)
Alfamayo-Quillabamba	14 semanas (98 días)
Ayacucho-Abancay	13 semanas (91 días)

Fuente: Elaboración propia

- ✘ La aplicación del uso de los cobertores sean del tipo arriestrado o insuflado, necesitará un cambio en la planificación de los trabajos que restringirían el avance continuo de las actividades propuestas: a) Colocación y compactación de la subbase y base granular; y la imprimación de la carpeta asfáltica; b) Construcción de las cunetas, a lo largo de la vía imprimada; y c) Extendido y compactado de la carpeta asfáltica.
- ✘ Para el cumplimiento de todo lo planteado se definieron cuatro grupos de actividades que deberían de estar realizadas en la zona donde se proyectan el uso de los cobertores en temporada de precipitaciones, siendo estas: a) Subrasante y mejoramientos liberados; b) Obras de arte (alcantarillas, subdrenes, pontones, etc.); c) Extracción de material de canteras; y d)

Procesamiento de Material granular. En el cuadro N° 92 se muestra las restricciones de avance de las actividades críticas mencionadas, que deberán de mejorar en cuanto a su planeamiento, previo al uso de cobertores.

Cuadro N° 91 Actividades críticas para el avance de los trabajos con el uso de cobertores

PROYECTO	ACTIVIDADES CRITICAS	COMENTARIO
Cajamarca-Celendín	Subrasante/Mejoramien to	Para poder cumplir la ejecución de los trabajos esta fase está retrasada en un 22%.
	Obras de arte	En referencia a la las alcantarillas, gavión enrocado, pontón, estos tienen un retraso acumulado con respecto al avance acumulado del 13%, con respecto a los subdrenes su avance está retrasado en un 38%
	Canteras	La extracción del material granular presenta un retraso del 20% con respecto a lo planteado
	Materiales	Con respecto al material procesado para base este presenta del 30% según lo planeado.
Alfamayo-Quillabamba	Subrasante/Mejoramien to	En referencia al perfilado y conformación de terraplenes presenta un retraso del 15% de acuerdo a lo planeado, con respecto a los mejoramientos si se llega a la meta.
	Obras de arte	En cuanto a las alcantarillas, badén, gavión y enrocados, presentan un retraso con respecto a lo planeado del 32%, con respecto a los subdrenes este presenta un retraso del 27%.
	Canteras	Para lograr lo planeado la extracción de material habría estado retrasado en un 28%.
	Material	En referencia al material procesado para base se hubiera cumplido el objetivo.

PROYECTO	ACTIVIDADES CRITICAS	COMENTARIO
Ayacucho - Abancay	Terraplenes/Mejoramien tos	Con respecto a la conformación de terraplenes se habría cumplido con lo planeado, en cuanto al mejoramiento a nivel de subrasante tendría un retraso del 30% con respecto a lo planeado.
	Obras de arte	Con respecto a las alcantarillas el avance obtenido en el proyecto hubiese cumplido con lo planeado con el uso de los cobertores. Con respecto a los subdrenes este hubiera tenido un retraso del 23%.

Fuente: Elaboración propia

- La longitud en kilómetros que se trabajarían en época de precipitaciones en los proyectos se muestra en el cuadro N° 93.

Cuadro N° 92 Longitudes aprovechables durante la temporada de precipitaciones en los proyectos.

PROYECTO	LONGITUD APROVECHABLE
Carretera Cajamarca-Celendín	17.50 KM
Carretera Alfamayo-Quillabamba	16.00 KM
Carretera Ayacucho-Abancay	16.00 KM

Fuente: Elaboración propia

Durante el planeamiento del proyecto se deberá de tratar de buscar que el desarrollo de los trabajos se realice en un tramo con menores restricciones en cuanto al avance como a la seguridad para alcanzar los objetivos planteados.

- Se concluye que el cobertor tipo insuflado es el mejor sistema para la realización de los trabajos de pavimentación por contar como características principales el fácil armado y rápido transporte interno, por sobre los cobertores arriostros, estos factores generan un costo indirecto a los proyectos siendo su costo aun mayor al alquiler del sistema, por ello el sistema de cobertores insuflados es el mejor desde el punto de vista económico.

Desde el punto de vista técnico los cobertores insuflados se adaptan de manera eficiente a la geometría de las vías con radios de hasta 30.00 m, lo que me permite tener mayores tramos de trabajo continuos, en referencia a los cobertores arriostrados estos tienen una limitación en cuanto a las curvas de radio menores a 80.00 m dado que en secciones curvas el ancho de la vía es mayor siendo este cobertor rígido solo sería factible en secciones en tangente, por lo que técnicamente el mejor sistema a implementar sería el cobertor tipo insuflado.

Si bien la inversión inicial en las propuestas de los sistemas de cobertores tienen considerables diferencias

SISTEMA DE COBERTORES	INVERSIÓN INICIAL
Cobertor Insuflado	S/. 4,972,800.00
Cobertor Arriostrado	S/. 2,871,074.92

Ambos sistemas tienen el mismo tiempo de retorno de la inversión, siendo estas logradas en el cuarto proyecto a ejecutarse, sin embargo, dado el mayor margen de utilidad brindado por el sistema de cobertores insuflados se concluye que este sistema es el óptimo para este tipo de actividades desde el punto de vista técnico y económico.

- El trabajo con los cobertores insuflados necesitará contar con regímenes en cuanto al tránsito de vehículos particulares dado que por ser una estructura sostenida por la presión del aire tienen exclusas o puertas de entrada y salida, por lo que se deberá coordinar previamente con los pobladores de la zona.
- La investigación propone algunas alternativas para el drenaje longitudinal de la vía, que deberán de ser probadas en campo para determinar la solución óptima a implementar.

6.2 RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta a las conclusiones llegadas, se tienen las siguientes recomendaciones:

- ✎ En los estudios realizados en los expedientes técnicos se suelen describir a la temporada de lluvias entre los meses de Diciembre a Marzo, sin embargo la geografía peruana es tan amplia que para cada zona del Perú siempre encontraremos alguna singularidad, se recomienda construir un histograma de lluvias acumuladas mensuales en un periodo histórico de 10 años de la estación del SENAMHI próxima al proyecto para prever el inicio de las lluvias, esta información deberá ser corroborada con la experiencia de los pobladores de la zona.
- ✎ Dado que el sistema de cobertores tipo arriostros presentan una menor inversión inicial se debería de optimizar su diseño de tal manera que se adecue a los trazos de la vía en toda su dimensión respetando los criterios estudiados en esta investigación, además que sea ligero y estable para su rápido transporte.
- ✎ La construcción de cunetas durante la temporada de precipitaciones es una actividad previa a la colocación de la carpeta asfáltica por lo que se deberá de prever métodos constructivos que permitan su desarrollo sin contratiempos.
- ✎ Se recomienda un monitoreo constante de los niveles de la calidad del aire durante los trabajos a realizar, la investigación se desarrolló un ítem donde se encuentran los límites máximos permitidos para lugares confinados de acuerdo a la legislación peruana.
- ✎ Se recomienda buscar alternativas que permitan el procesamiento de material de canteras en época de precipitaciones, usando algún sistema que permitan un procesamiento y almacenaje sistemático.

BIBLIOGRAFÍA

- COSAPI S.A., Procedimiento para la Mejora de Procesos Constructivos (Gerencia de Gestión de Operaciones). Lima, Perú, 2012.
- COSAPI S.A., Informe semanal de producción "Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas", Cajamarca, Perú, 2013.
- COSAPI S.A., Informe semanal de producción "Carretera Alfamayo-Quillabamba", Cuzco, Perú, 2013.
- COSAPI S.A., Informe semanal de producción "Carretera Ayacucho-Abancay", Ayacucho, Perú, 2013.
- COSAPI S.A., Manual de Gestión de Proyectos (Gerencia de Gestión de Operaciones), Lima, Perú, 2012.
- MTC-PROVIAS NACIONAL (2009), "Estudio definitivo para la Construcción y Mejoramiento de la Carretera Cusco-Quillabamba, Tramo: Alfamayo-Chaullay-Quillabamba", Lima, Perú.
- MTC-PROVIAS NACIONAL (2009), "Expediente Técnico para ejecución a nivel de carpeta asfáltica en caliente de la carretera Ayacucho – Abancay, tramo Km. 50+000 – Km. 98+800", Lima, Perú.
- MTC-PROVIAS NACIONAL (2009), "Actualización y Adecuación del Estudio Definitivo para la Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera: Cajamarca-Celendín-Balsas, Tramo Km. 52+000-Celendín", Lima, Perú.
- MTC (2013), Manual de Diseño Geométrico de carreteras (DG-2013), MTC, Lima.
- MTC (2013), Manuales de Carreteras, "Especificaciones técnicas Generales para Construcción (EG-2013), MTC, Lima.
- Rodríguez Castillejo, Walter, "Gerencia de construcción y del tiempo: Planeamiento estratégico táctico, operativo y de contingencia para ingenieros y arquitectos", Macro, Lima, 2006.
- SENAMHI, Información hidrográfica, Lima, Perú, 2014.

ANEXOS

Anexo N°1: Uso de Cobertores en la pavimentación de carreteras

Anexo N°2 Equipos y modelos usados en el análisis geométrico de los cobertores.

Anexo N°3 Aplicación de la prueba tipo Delphi para el uso de cobertores.

Anexo N°4 Información hidrológica de las estaciones del SENAMHI

Anexo N°5 Informes semanales de producción (ISP) de los proyectos.

ANEXOS

Anexo N°1: Uso de Cobertores en la pavimentación de carreteras

En el Perú se desarrolló en el proyecto Corredor vial Interoceánico Sur Tramo II (Urcos - Inambari) y Tramo III (Inambari – Iñapari): CONIRSA, en el año 2005 en el Cusco - Puerto Maldonado.

Las empresas que ganaron las licitaciones fueron integrada por JJC Contratistas Generales S.A., Constructora Norberto Odebrecht S.A., Graña y Montero S.A.A. e Ingenieros Civiles Contratistas Generales S.A. todas ellas juntas en el Consorcio Conirsa, tienen desde agosto de 2005, la concesión para la construcción, operación y mantenimiento de los 300 km comprendidos en este tramo que va desde Urcos, Cuzco, en el altiplano (3250 a 4700 msnm) hasta Puente Inambari, en la selva de Madre de Dios (370 msnm). Este tramo forma parte del Corredor Vial Interoceánico Sur, que conecta a Perú y Brasil.

Este mismo consorcio gano también la Concesionaria interoceánica Sur tramo III para la construcción, operación y mantenimiento de los 403 km comprendidos en este tramo, que va desde Puente Inambari hasta Iñapari, en Madre de Dios. Este tramo forma parte del Corredor Vial Interoceánico Sur, que conecta a Perú y Brasil.

En estos dos proyectos el Consorcio CONIRSA implemento el uso de cobertores para la colocación de la carpeta asfáltica, si bien es cierto nuestra propuesta y análisis es más completa esta aplicación es un precedente importante.

En entrevistas con ingenieros que participaron del proyecto, se supo que este sistema solo funcionaba para secciones de vía con radios de curvatura grandes y la mayor restricción para su uso fue que tenía que haberse construido las cunetas.

Se muestran fotografías de los trabajos realizados en esos proyectos en las figuras N°1 y N°2

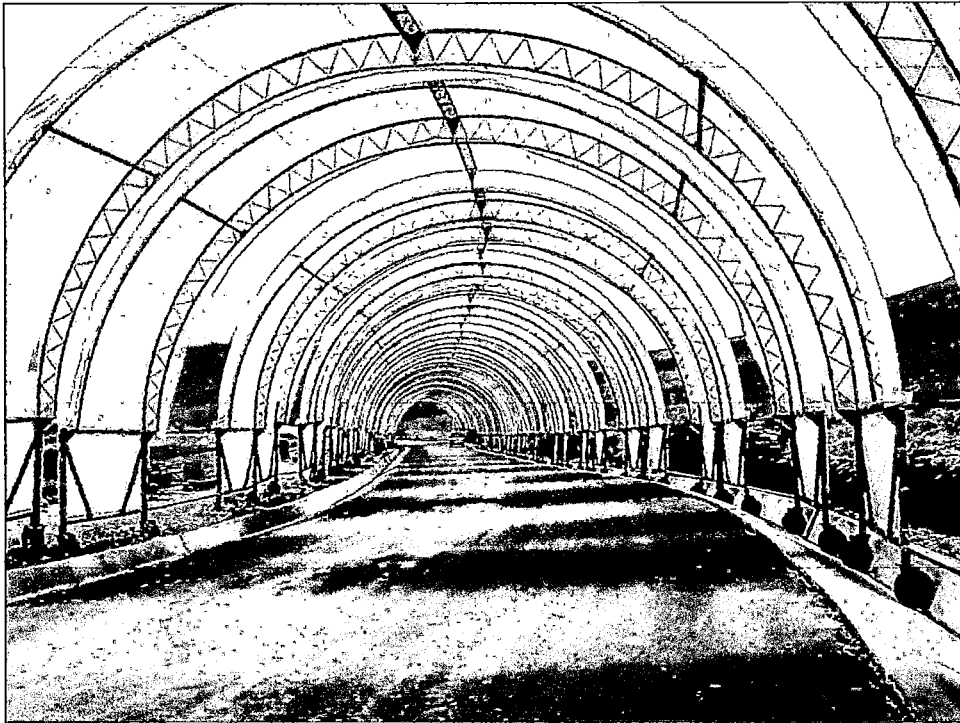


Figura N° 1 Cobertores usados para la colocación de la carpeta asfáltica.

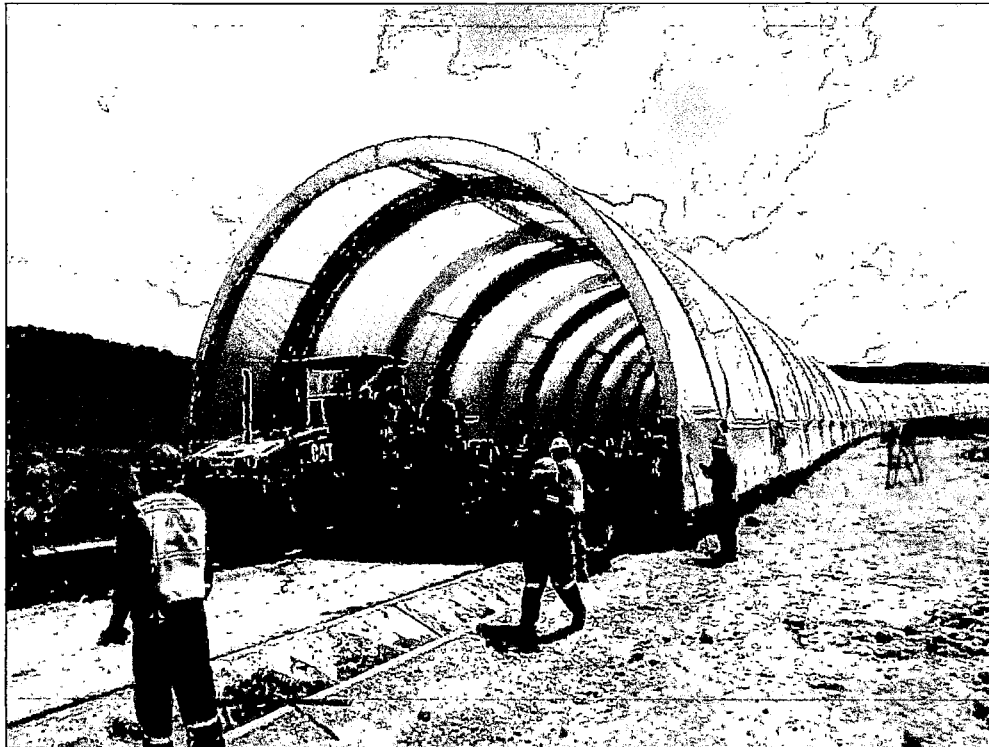


Figura N° 2 Compactación de la carpeta asfáltica usando cobertores

Anexo N°2 Equipos y modelos usados en el análisis geométrico de los cobertores.

Los tamaños de los equipos para analizar las nuestras necesidades se basan en los modelos de cada uno de ellos siendo los modelos tomados los siguientes:

A) Motoniveladora Caterpillar 16M

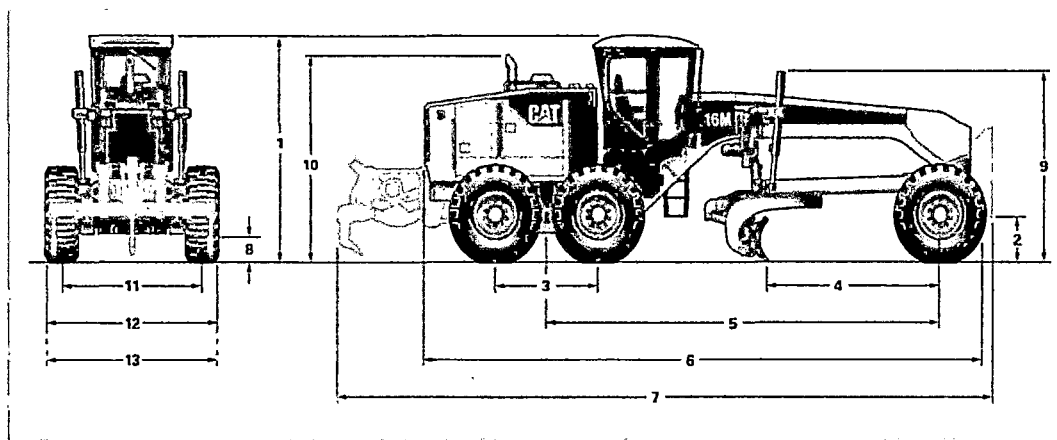


Figura N° 3 Motoniveladora Caterpillar 16M

La motoniveladora Caterpillar 16M, es un modelo con características modernas que posee un motor de 221 kW de potencia y longitud de hoja 4.9 m (16 pies), las dimensiones externas del quipos se muestran en la Tabla N°1, para el modelamiento de este equipo se consideró que la hoja de la cuchilla trabaja a 30° con referencia al tambor.

1	Altura – hasta la parte superior de la cabina	3.703 mm	145,8 pulg	8	Espacio libre sobre el suelo en el eje trasero	407 mm	16 pulg
2	Altura – hasta el centro del eje delantero	688 mm	27,1 pulg	9	Altura hasta la parte superior de los cilindros	3.088 mm	121,6 pulg
3	Longitud – entre los ejes tándem	1.841 mm	72,5 pulg	10	Altura hasta el tubo de escape	3.405 mm	134,1 pulg
4	Longitud – eje delantero hasta la vertedera	3.069 mm	120,8 pulg	11	Ancho – líneas centrales de los neumáticos	2.509 mm	98,8 pulg
5	Longitud – eje delantero hasta o tándem intermedio	6.985 mm	275 pulg	12	Ancho – neumáticos traseros exteriores	3.096 mm	121,9 pulg
6	Longitud – neumático delantero hasta la parte trasera de la máquina	9.963 mm	392,2 pulg	13	Ancho – neumáticos delanteros exteriores	3.096 mm	121,9 pulg
7	Longitud – contrapeso hasta el desgarrador	11.672 mm	459,5 pulg				

Tabla N°1 Dimensiones de la Motoniveladora

B) Rodillo Compactador CS533E Caterpillar RD-16

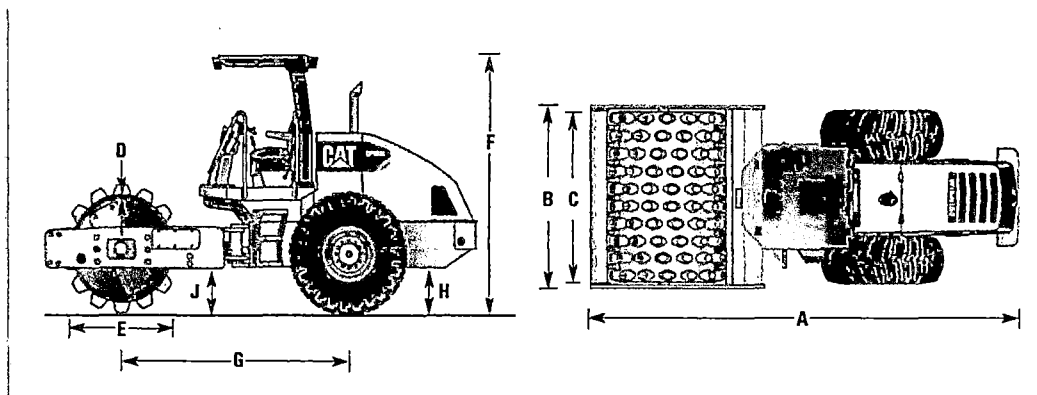


Figura N° 4 Rodillo Compactador CS533E Caterpillar RD-16

El rodillo compactador CS533E Caterpillar RD-16, es un modelo que se usa actualmente en los proyectos de carreteras, posee un motor de 97 kW de potencia, con una anchura del tambor 2.134 m de 12 TN, las dimensiones externas del rodillo se muestran en la tabla N°2.

	CS533E mm	CP533E mm		CS533E mm	CP533E mm
A	5510	5510	F	3060	3070
B	2290	2290		Altura hasta la cabina ROPS/FOPS	3070
	Versión Pesada	2360	-	G	2900
C	2134	2134	H	543	543
D	25	25	J	521	521
E	1534	1295		Radio de giro interior	3680
	Diámetro del tambor sobre los pisonos	-	1549	Radio de giro exterior	5810

Tabla N°2 Dimensiones externas del Rodillo CS533E

C) Pavimentadora de asfalto AP655D Caterpillar

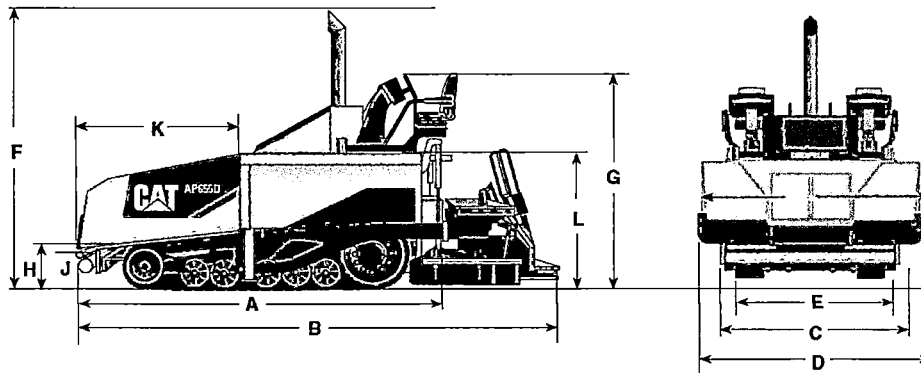


Figura N° 5 Pavimentadora de asfalto AP655D CAT.

La pavimentadora CAT AP665D es un equipo con un motor con potencia bruta de 129Kw, y capacidad de la tolva de 15.5 toneladas, volumen 6.5m³ y cuenta con un ancho máximo de pavimentación de 6.1m.

Dimensiones

A	Largo del tractor c/rodillo de empuje	4,95 m (16' 3")
B	Largo c/rodillo de empuje y reglón AS2252C	6,65 m (21' 7")
	Largo c/rodillo de empuje y reglón AS3251C	6,80 m (22' 4")
C	Ancho de transporte con reglón y compuertas (tolva levantada)	2,72 m (8' 11")
	Ancho de transporte sin reglón y compuertas (tolva levantada)	2,44 m (8')
D	Ancho en orden de trabajo del tractor (tolva bajada)	3,31 m (10' 10")
E	Ancho del medidor de cadena	2,20 m (7' 3")
F	Altura de operación	3,84 m (12' 7")
G	Altura de transporte con silenciador, tubo de escape vertical y asiento bajado	2,82 m (9' 3")
H	Altura de descarga del camión	605 mm (24")
I	Ancho de entrada del camión	3,20 m (10' 6")
J	Altura del rodillo de empuje	533 mm (21")
K	Largo de tolvas	1,96 m (6' 5")
L	Altura de cubierta	1,78 m (5' 10")

Tabla N°3 Dimensiones externas de la pavimentadora de asfalto AP655D CAT.

D) CAMION VOLQUETE

El camión volquete usado como referencia para la evaluación para el uso de cobertores, en temporada de precipitaciones fue un VOLVO FMX, es la siguiente figura se muestra su especificaciones técnicas.

VOLVO FMX 13 LITROS 8X4R - Especificación técnica

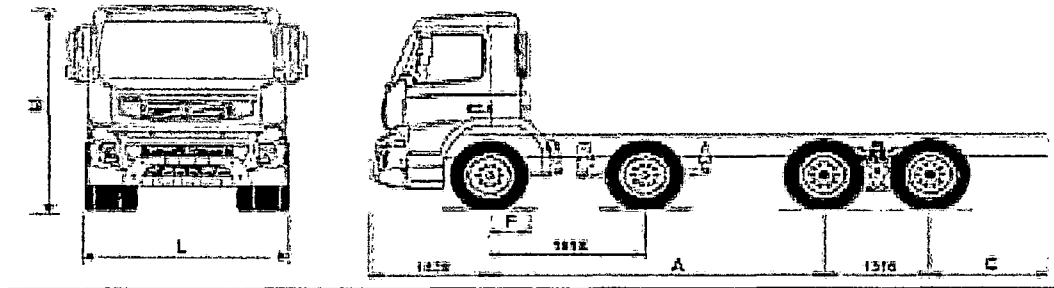


Figura N° 6 Imagen referencial modelo VOLVO FMX 13

Dimensiones (mm)		
A - Entre ejes***	4300	4900
B - Entre ejes teórico	3988	4588
C - Voladizo trasero	975	1925
D - Largo total	8165	9715
E - Distancia eje delantero - final de la cabina	440	440
F - Distancia eje delantero - implemento (mín.)	510	510
K - Distancia entre los ejes traseros	1370	1370
M - Altura sin climatizador**	2843	2843
N - Distancia de el 1° a el 2° eje direccional	1995	1995
Radio de giro	9900**	10900**

* Neumático 11.00R22 - Llantas de Acero - Suspensión RADD-TR2 - L1EHT - FST PAR - RAL32 - FAL17,4 - Carga Nominal.
 ** Para vehículos con climatizador, agregar 148 mm en la altura.
 *** Para neumáticos 12.00R24, por la limitación del ángulo de viraje de las llantas, el radio de giro es alterado para 12000mm (Entre-ejes 4300) / 13250mm (Entre-ejes 4900).
 **** Consultar por mayores distancias entre ejes.

Tabla N°4 Dimensiones externas del volquete VOLVO FMX 13.

Motor	D13A40D	D13A40	D13A40
Tipo de inyección	Inyección directa con unidades inyectoras y gerenciamiento electrónico	Inyección directa con unidades inyectoras y gerenciamiento electrónico	Inyección directa con unidades inyectoras y gerenciamiento electrónico
Potencia	400 cv - 294 kW (1400-1800 rpm)	440 cv - 324 kW (1400-1800 rpm)	480 cv - 353 kW (1400-1800 rpm)
Torque	2000 Nm - 204 kgfm (1050-1400 rpm)	2200 Nm - 224 kgfm (1050-1400 rpm)	2400 Nm - 245 kgfm (1050-1400 rpm)
Número de cilindros	6	6	6
Cilindrada	12,8 dm³ (litros)	12,8 dm³ (litros)	12,8 dm³ (litros)
Diámetro x Carrera del pistón	131 x 158 mm	131 x 158 mm	131 x 158 mm
Emisiones	Euro III / CONAMA fase P5	Euro III / CONAMA fase P5	Euro III / CONAMA fase P5
Sistema de lubricación*	33 l - cárter plást. 37 l - cárter acero	33 l - cárter plást. 37 l - cárter acero	33 l - cárter plást. 37 l - cárter acero
Sistema de enfriamiento	38 litros	38 litros	38 litros

* Para cambio de aceite y filtros.

Tabla N°5 Características del volquete VOLVO FMX 13.

Anexo N°3 Aplicación de la prueba tipo Delphi para el uso de cobertores.

Se realizó una prueba del modelo DELPHI al equipo técnico de COSAPI S.A, Ing. de producción, planeamiento, gerentes y residentes de obra de los proyectos viales ejecutados por dicha empresa, para conocer a fondo en base a la experiencia de expertos, las limitaciones de toda índole productos de las lluvias para las actividades del proceso de pavimentación.

El tema central de la encuesta fue la realización de los trabajos del proceso de pavimentación en temporada de lluvias (colocación y compactación de la subbase y base granular, imprimación y conformación de la carpeta asfáltica). Siendo dividida en tres capítulos de interés:

- Capítulo N°1: Trabajos de colocación y compactación de la subbase y base granular en época de precipitaciones.
- Capítulo N°2: Trabajos de imprimación y conformación de la carpeta asfáltica en época de precipitaciones.
- Capítulo N°3: Implementación de cobertores en la ejecución de los trabajos del proceso de pavimentación.

En cada uno de los capítulos se consideró un evento en base al cual los expertos resolverían las preguntas, estas preguntas son valorativas que se restringen al siguiente orden:

CRITERIO	VALORACIÓN
NADA IMPORTANTE	1
POCO IMPORTANTE	2
IMPORTANTE	3
MUY IMPORTANTE	4
ABSOLUTAMENTE IMPORTANTE	5

CAPITULO N°1 TRABAJOS DE COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE LA SUBBASE Y BASE GRANULAR EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES.

Evento: Ejecución de los trabajos de colocación y compactación de la Subbase y Base Granular en época de precipitaciones.

¿Cuál será la **importancia** de este evento en...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P1.	El cumplimiento de los plazos contractuales para el desarrollo del proyecto.	5
P2.	Satisfacer la demanda de producción planificada en obra.	4
P3.	La implementación de métodos alternativos en la realización de los trabajos.	4
P4.	La mejora de la competitividad frente a otras empresas constructoras, aplicando innovaciones tecnológicas.	5
P5.	Respetar y conservar el ecosistema, medio ambiente y comunidades.	4

¿Cuál será la **factibilidad** de este evento manteniendo o mejorando...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada factible y 5=absolutamente factible)

		VALORACIÓN
P6.	La calidad del producto a entregar.	4
P7.	La producción de la fase en las condiciones descritas.	4
P8.	La incidencia de los costos en la realización de la fase.	4
P9.	El cumplimiento de los plazos contractuales estipulados.	4
P10.	La seguridad en las actividades a realizar a realizar.	4

¿Cuál sería la valoración de las siguientes **restricciones** para el desarrollo de este evento... (Marque de 1 a 5, donde 1=nada restrictiva y 5=absolutamente restrictiva)

		VALORACIÓN
P11.	La saturación del material granular (extendido o apilado).	4
P12.	La saturación de la capa inmediata inferior donde se colocara el material granular.	5
P13.	Los constantes derrumbes en zona de corte.	4
P14.	Las condiciones climáticas en la zona de trabajo.	4
P15.	Los costos elevados de producción por equipos y personal en "stand by".	4
P16.	Fenómeno de "acolchonamiento" de la capa granular.	5

Para la realización de este evento indique el grado de importancia de las siguientes **recomendaciones** sugeridas por ingenieros de producción y planeamiento. ¿Qué grado de importancia le asignaría a las siguientes **recomendaciones**? (Marque de 1 a 5, donde 1=recomendación irrelevante y 5=recomendación importante)

		VALORACIÓN
P17.	Optimizar el proceso constructivo	4
P18.	No realizar los trabajos en temporada de precipitaciones.	4
P19.	Aumentar los recursos para lograr los objetivos programados.	3
P20.	Implementar métodos alternativos de ejecución de los trabajos.	5
P21.	Disponer de un plan de trabajo planificado y programado.	5
P22.	Realizar los trabajos en cuanto el clima lo deje.	4

Dentro de la fase de colocación y compactación de la subbase y base granular hay tres actividades importantes las cuales son: (a) acopio del material, (b) Extendido y batido del material, y (c.) compactación

(a) Con respecto a la actividad del acopio del material granular en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P23.	No acopiar material en presencia de precipitaciones.	4
P24.	Acopiar el material y protegerlo de las precipitaciones.	5
P25.	No acopiar material en la noche si los trabajos se van a realizar el día siguiente.	3
P26.	Nunca acopiar material saturado.	5
P27.	Usar cobertores para permitir el acopio de material granular en presencia de lluvias.	5

(b) Con respecto a la actividad de extendido y batido del material en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P28.	Realizar la actividad solo si el clima es favorable.	5
P29.	Realizar el extendido y cubrirlo inmediatamente para protegerlo de las lluvias.	4
P30.	La implementación de la maquina esparcidora ayudaría a optimizar la actividad de extendido de material granular.	4
P31.	Se puede realizar esta actividad de noche.	4
P32.	Usar cobertores para permitir el extendido y batido de material en presencia de lluvias.	4

(c) Con respecto a la actividad de compactación en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P33.	No realizar la actividad en presencia de precipitaciones.	5
P34.	No compactar el material granular refinado saturado.	5
P35.	Realizar la compactación de las capas granulares en la noche.	3
P36.	Usar cobertores para permitir la compactación de la capa granular en presencia de lluvias.	5

CAPÍTULO 2. TRABAJOS DE IMPRIMACIÓN Y CONFORMACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN ÉPOCA DE PRECIPITACIONES

Evento: La ejecución de trabajos de imprimación y conformación de la carpeta asfáltica en temporada de precipitaciones.

¿Cuál será la **importancia** de este evento en...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada pertinente y 5=absolutamente pertinente)

		VALORACIÓN
P1.	El cumplimiento de los plazos contractuales para el desarrollo del proyecto.	5
P2.	Satisfacer la demanda de producción planificada en obra.	4
P3.	La implementación de métodos alternativos en la realización de los trabajos.	5
P4.	La mejora de la competitividad frente a otras empresas constructoras, aplicando innovaciones tecnológicas.	4
P5.	Conservar y preservar el ecosistema, medio ambiente y comunidades.	4

¿Cuál será la **factibilidad** de este evento manteniendo o mejorando...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada factible y 5=absolutamente factible)

		VALORACIÓN
P6.	La calidad del producto a entregar.	4
P7.	La producción de la fase en las condiciones descritas.	4
P8.	Los costos en la realización de los trabajos.	4
P9.	El cumplimiento de los plazos contractuales estipulados.	4
P10.	La seguridad en las actividades a realizar a realizar.	4

¿Cuál sería la valoración de las siguientes **restricciones** para el desarrollo de este evento... (Marque de 1 a 5, donde 1=nada restrictiva y 5=absolutamente restrictiva)

		VALORACIÓN
P11.	La presencia de humedad en la base granular a imprimir.	5
P12.	El lavado del material bituminoso de la base granular.	4
P13.	La pérdida de trabajabilidad del asfalto	4
P14.	La contaminación del asfalto con agua.	4
P15.	Los constantes derrumbes en zona de corte.	4
P16.	Las condiciones climáticas en la zona de trabajo.	4
P17.	Los costos elevados de producción por equipos y personal en "stand by".	4

Para la realización de esta fase indique el grado de importancia de las siguientes recomendaciones sugeridas por ingenieros de producción y planeamiento. ¿Qué grado de Importancia le asignaría a las siguientes recomendaciones? (Marque de 1 a 5, donde 1=recomendación irrelevante y 5=recomendación importante)

		VALORACIÓN
P18.	Optimizar el proceso constructivo	4
P19.	No realizar los trabajos en temporada de precipitaciones.	4
P20.	Aumentar los recursos para lograr los objetivos programados.	3
P21.	Implementar métodos alternativos de ejecución de la fase.	5
P22.	Disponer de un plan de trabajo planificado y programado.	5
P23.	Realizar los trabajos en cuanto el clima lo deje.	4

Dentro de la **fase de imprimación** se tiene dos actividades importantes las cuales son (a) limpieza de la base granular, y (b) riego de imprimación

(a) Con respecto a la actividad de limpieza de la base granular en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P24.	No se puede limpiar la superficie de la base en presencia de precipitaciones	5
P25.	Utilización del "dragón" para el secado de la base húmeda previa a la imprimación.	4
P26.	Se puede realizar esta actividad de noche.	2
P27.	Usar cobertores para permitir la limpieza de la base granular en presencia de lluvias.	4

(b) Con respecto a la actividad de riego de imprimación en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P28.	Imprimir solo en superficies limpias y secas.	5
P29.	Nunca realizar la imprimación en presencia de precipitaciones.	5
P30.	EL agua afecta la penetración del material bituminoso.	5
P31.	Se puede realizar el riego de imprimación de noche.	3
P32.	Usar cobertores para permitir la imprimación en presencia de lluvias.	4

Dentro de la fase de colocación y compactación de la carpeta asfáltica se tiene dos actividades importantes las cuales son: (a) colocación de la carpeta asfáltica, y (b) compactación

(a) Con respecto a la actividad de colocación de la carpeta asfáltica en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante):

		VALORACIÓN
P33.	No se puede colocar asfalto en temporada de precipitaciones.	4
P34.	Colocar la carpeta asfáltica en una base imprimada húmeda afecta la calidad final del pavimento.	5
P35.	La contaminación del asfalto con agua afecta su calidad.	5
P36.	La lluvia afecta la temperatura de colocación del asfalto enfriándolo.	5
P37.	Usar cobertores para permitir la colocación de la carpeta asfáltica en presencia de lluvias.	4

(b) Con respecto a la actividad de compactación de la carpeta asfáltica en temporada de precipitaciones, cuál sería el grado de importancia de las siguientes afirmaciones: (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P38.	No compactar la carpeta asfáltica en temporada de precipitaciones.	4
P39.	La compactación del asfalto contaminado con agua afecta la calidad del pavimento.	5
P40.	La lluvia afecta la óptima temperatura de compactación del asfalto.	5
P41.	Usar cobertores para permitir la compactación de la carpeta asfáltica en presencia de lluvias.	5

**CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN DE COBERTORES EN LA EJECUCIÓN DE
LOS TRABAJOS DEL PROCESO DE PAVIMENTACIÓN**

Evento: La ejecución de los trabajos del proceso de pavimentación en temporada de precipitaciones implementando el uso de cobertores

¿Cuál será la **importancia** de este evento en...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P1.	El cumplimiento de los plazos contractuales para el desarrollo del proyecto.	5
P2.	Satisfacer la demanda de producción planificada en obra.	4
P3.	La implementación de métodos alternativos en la realización de los trabajos.	5
P4.	La mejora de la competitividad frente a otras empresas constructoras, aplicando innovaciones tecnológicas.	5
P5.	Conservar y preservar el ecosistema, medio ambiente y comunidades.	4

¿Cuál será la **factibilidad** de este evento manteniendo y mejorando...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada factible y 5=absolutamente factible)

		VALORACIÓN
P6.	La calidad del producto a entregar.	5
P7.	La producción de la fase en las condiciones descritas.	4
P8.	La incidencia de los costos en la realización de la fase.	4
P9.	El cumplimiento de los plazos contractuales estipulados.	5
P10.	La seguridad en las actividades a realizar a realizar.	4

¿Cuál sería la valoración de las siguientes **características de los cobertores** para el desarrollo de este evento...
(Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)

		VALORACIÓN
P11.	Ofrecer protección contra la lluvia.	5
P12.	Fácil armado y transporte.	4
P13.	Ser resistente a los vientos.	5
P14.	Adaptable al trazo de la carretera en planta y elevación.	5
P15.	Permitir el paso de vehículos y maquinarias.	5
P16.	Utilizable en distintos proyectos.	5

¿Cuál sería la valoración de las siguientes posibles restricciones para el desarrollo de este evento... (Marque de 1 a 5, donde 1=nada importante y 5=absolutamente importante)		
		VALORACIÓN
P17.	Debe de existir un drenaje de las aguas provenientes del cobertor.	5
P18.	No aplicable a zonas de corte inestables.	4
P19.	No aplicable a curvas muy cerradas.	4
P20.	No aplicable para zonas urbanas.	4
P21.	No aplicable para zonas de quebradas (Puentes, Pontones y Badenes)	3

Anexo N°4 Información hidrológica de las estaciones del SENAMHI

A) Estación Celendín, Carretera Cajamarca-Celendín-Balsas

Cuadro N°1 Precipitación mensual acumulada (mm)

ESTACIÓN	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CELENDIN	2000	98.5	224.0	220.6	112.4	45.0	54.8	1.9	9.8	60.7	5.7	53.4	160.4
CELENDIN	2001	249.5	134.9	445.0	50.6	39.6	1.3	5.4	0.0	32.2	104.3	162.2	97.0
CELENDIN	2002	57.9	90.5	289.1	172.6	27.9	1.9	29.3	0	2	208.6	122	151.8
CELENDIN	2003	48.7	71.1	158.6	92.7	27.3	21.2	1.7	0.9	39.5	80.9	95.8	116.4
CELENDIN	2004	51.3	63.5	101.7	106.6	32.9	0	20.5	2.5	50.3	94.4	225.4	143.2
CELENDIN	2005	79.3	103.4	236.5	69.3	16.5	0	0	0	39	250.3	26.6	166.7
CELENDIN	2006	98.5	136.1	349.8	62.4	3.4	11.8	9.1	3.9	66.3	118.3	123.1	144.6
CELENDIN	2007	91.6	17.6	275.8	122.2	27.6	3	6	9.9	20	215.3	152.9	129
CELENDIN	2008	98.5	180.2	98.8	98.7	48.5	28	11	21	21	132	142.5	38.8
CELENDIN	2009	212.1	75.9	223.5	150.9	71.4	5.8	6.1	0	38.2	98.7	139.5	116
CELENDIN	2010	84.7	200.4	176.3	61.8	69.9	2.8	18.7	3.9	39.0	60.4	123.0	135.1
CELENDIN	2011	62.8	88.8	193.3	125.3	18.8	3.6	15.4	4.8	40.5	95.6	113.2	173.6
CELENDIN	2012	218.1	113.8	128.1	99.8	42	3.4	0	1.7	0.3	142	208.1	80.3
CELENDIN	2013	76	58.9	167.1	66.7	63	21.1	16.5	33.2	4.7	166.5	36.9	116.8

Fuente: SENAMHI

B) Estación Quillabamba, Carretera Alfamayo-Quillabamba

Cuadro N°2 Precipitación mensual acumulada (mm)

ESTACIÓN	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
QUILLABAMBA	2000	315.4	243.7	180.4	74.2	20.1	56.3	1.4	37.2	35.3	50.3	34.7	85
QUILLABAMBA	2001	288.4	246.6	222.9	48.1	42.1	8.2	39.1	30.1	25.8	0	89.7	110.6
QUILLABAMBA	2002	119.2	195.4	200.2	45.3	32.4	15.6	69.3	71.9	36	89	108.5	219.9
QUILLABAMBA	2003	163.1	185.3	199.1	109	18.6	8.3	5.9	113.5	71.6	47.3	49.4	176.4
QUILLABAMBA	2004	179.7	153.4	125.7	0	43	19.7	59.4	44.3	55.1	122.8	119.6	94.6
QUILLABAMBA	2005	115.2	133.2	186.3	95.9	34	7.4	56.1	10.5	42.3	70.8	21.5	181.4
QUILLABAMBA	2006	173.9	157	196.8	121.1	7.6	28.9	4.5	28.2	17.8	98.9	102	189.4
QUILLABAMBA	2007	279.7	94.7	187.2	151.2	31.7	16.3	12.8	0	12.6	169.7	55.6	107
QUILLABAMBA	2008	241.4	162.5	153.9	85.1	14.2	1.8	13	19.2	36.6	135.9	92.5	108.6
QUILLABAMBA	2009	162.7	207.3	138.3	68	23.3	5.5	27.3	4.5	14.9	111.6	209.9	182.2
QUILLABAMBA	2010	121.7	236.3	263.9	59.3	20.8	21.8	15.7	23.7	33.3	188.2	77.7	153.4
QUILLABAMBA	2011	201	260.9	275.5	108.4	41.5	21.4	50.9	79.6	29.4	155.2	146	204.3
QUILLABAMBA	2012	193.6	0	114.7	108.2	37.2	0	18.5	20.4	0	78.9	76.8	239.6
QUILLABAMBA	2013	126.2	175.6	182	133.8	11.6	36.6	8.4	63.5	45.8	163.2	88.9	0

Fuente: SENAMHI

C) Estación Andahuaylas, Carretera Ayacucho-Abancay

Cuadro N°3 Precipitación mensual acumulada (mm)

ANDAHUAYLAS	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ANDAHUAYLAS	2000	127.3	196.8	122	20.7	5.8	23.5	20	17.1	21.4	112.3	40.2	97.4
ANDAHUAYLAS	2001	199.7	109.1	153.4	28.3	73.1	10.2	19.5	30	30.8	37	59.1	98.9
ANDAHUAYLAS	2002	74	124.6	126.1	38.8	29	3.9	30.9	21.3	48.2	44.9	61.2	99.7
ANDAHUAYLAS	2003	109.1	145	142	59.5	16.6	11.2	4.3	36.7	50	24.7	28.8	93.9
ANDAHUAYLAS	2004	99.8	129.3	70.8	54.5	10.2	11.9	39.4	17.6	38.1	31.7	54.5	113.1
ANDAHUAYLAS	2005	83.8	71.3	112.5	18.5	3.3	0	12.3	6.8	26	91.8	64.7	106.1
ANDAHUAYLAS	2006	194.4	97.2	138.5	22.2	3.4	7.3	0	5	27.2	45.5	104.8	68.4
ANDAHUAYLAS	2007	102.2	89	135.7	38.5	18.7	0	17.8	10.8	9.9	59.4	47.8	156.7
ANDAHUAYLAS	2008	152.1	111.1	79.9	44.6	20.8	9.3	1	5.2	17.1	46.9	43.3	89.4
ANDAHUAYLAS	2009	133.9	120.5	84.8	61.6	14.3	0	20.5	3.7	5.7	30.1	75.4	83.7
ANDAHUAYLAS	2010	159.9	106.4	72.1	38.6	24.9	0.7	1.2	16.3	33.4	51.7	31.2	103.3
ANDAHUAYLAS	2011	218.8	204.8	112.7	39	11.2	6.9	8.6	9.5	41.4	41.8	72.6	86.4
ANDAHUAYLAS	2012	181	251.5	151.4	59.2	16.5	11.8	0	10	37.9	50.7	32.2	222.1
ANDAHUAYLAS	2013	140.6	162.4	98.3	8.9	6.3	23.7	24.2	50.6	26.5	38.9	34	0

Fuente: SENAMHI

D) Estación Vilcashuaman, Carretera Ayacucho-Abancay

Cuadro N°4 Precipitación mensual acumulada (mm)

ESTACIÓN	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
VILCASHUAMAN	2000	76.5	131.4	70.9	0.2	18.7	0	0	1.2	19.9	41	44.6	67.9
VILCASHUAMAN	2001	142	69	72.5	0	16.7	0.2	2.2	25	19.4	28.7	42.2	55.7
VILCASHUAMAN	2002	81.4	252.5	157.6	40.7	16.8	0	55	3.9	35.7	61	38.5	106.8
VILCASHUAMAN	2003	98.2	149.7	137.5	42.1	2.7	0	0	14.5	0	40.5	27.6	151
VILCASHUAMAN	2004	85.7	199.4	95.8	49.5	8.6	10.3	13.6	12.4	18.2	32.1	28.7	174.3
VILCASHUAMAN	2005	103.8	80.2	184.9	24.4	28.7	0	1.9	20.4	47.7	42.9	45.3	127.9
VILCASHUAMAN	2006	242.2	148.4	149.8	54.8	2.9	13.4	0	32.4	14.8	42.5	110.9	103.8
VILCASHUAMAN	2007	126.2	99.5	158.7	39.7	4.4	0	14.1	10	17.2	35.4	88.9	141.7
VILCASHUAMAN	2008	201.1	162.4	102.3	10.2	5.5	7.1	0	2.1	5.6	23.6	42.4	113
VILCASHUAMAN	2009	150.4	183.66	104.3	58	3.5	2	22.8	2.1	3.4	46.5	122.5	127.6
VILCASHUAMAN	2010	219.9	182	72.4	45.9	23.7	0	0	25.6	10.8	39.7	26.1	128.9
VILCASHUAMAN	2011	259.1	288	180.3	62.6	10.4	0	8.1	0	43.6	43.5	42.6	87.9
VILCASHUAMAN	2012	143.2	329.7	150	64.3	0	5.4	2.3	3.8	35	18.3	28.1	260.1
VILCASHUAMAN	2013	177.9	152.3	134.6	17.7	18.8	13.5	5.5	39.2	5.6	29.1	30.7	168.4

Fuente: SENAMHI

Anexo N°5 Informes semanales de producción (ISP) de los proyectos

- a) Carretera Cajamarca-Celendín
- b) Carretera Alfamayo-Quillabamba
- c) Carretera Ayacucho Abancay

