

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“ESTUDIO Y ANALISIS DEL CIRCUITO VIAL DEL ASENTAMIENTO “E”, DE LA CIUDAD DE MAJES, APLICANDO LA TECNOLOGÍA DE MEZCLAS PARA PAVIMENTO DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, DISEÑADO CON CONCEPTOS BÁSICOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS”

Tesis presentada por los Bachilleres:

Moscoso Gutiérrez Karen Gissel

Tunque Zea Giancarlo Eduardo

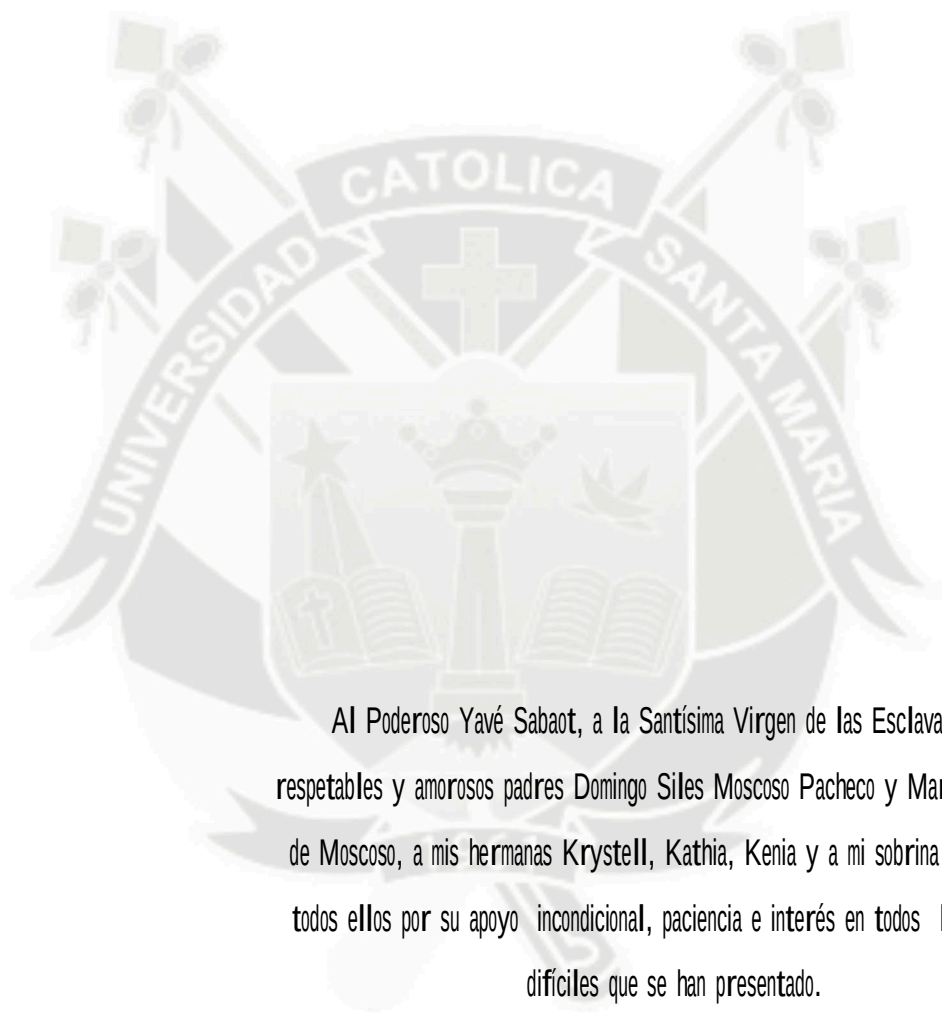
Para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

AREQUIPA-PERÚ

2013

Dedicatorias Karen



Al Poderoso Yavé Sabaot, a la Santísima Virgen de las Esclavas, a mis respetables y amorosos padres Domingo Siles Moscoso Pacheco y Marcia Gutiérrez de Moscoso, a mis hermanas Krystell, Kathia, Kenia y a mi sobrina Fernanda, a todos ellos por su apoyo incondicional, paciencia e interés en todos los momentos difíciles que se han presentado.

Karen Gissel Moscoso Gutiérrez

Dedicatorias

A:

Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecerme e iluminar mi camino y haber puesto en el a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía, por darme fuerzas para seguir adelante enseñándome a encarar las adversidades, además de su infinita bondad y amor.

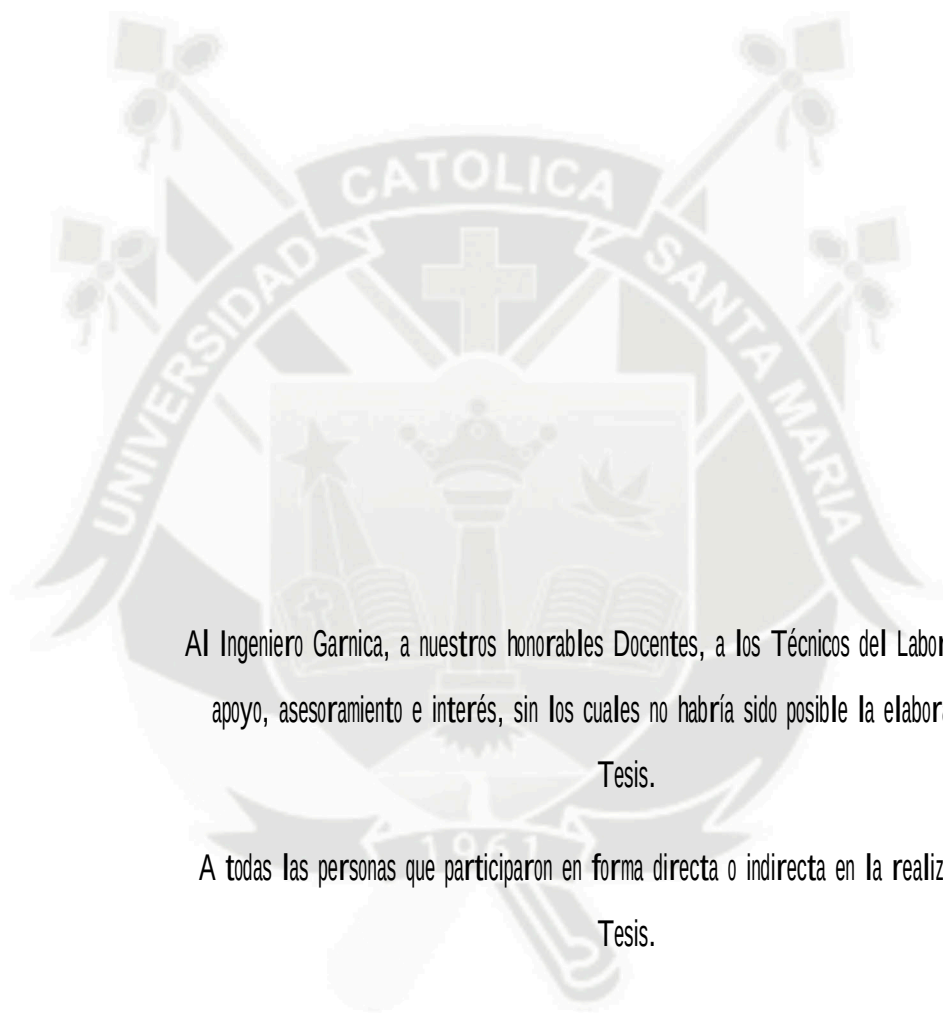
Mis padres y hermanos por haberme apoyado incondicional en todo momento, por sus consejos, por la motivación constante, por los ejemplos de perseverancia, por el valor mostrado para salir adelante. A toda mi familia por estar conmigo y apoyarme siempre, por motivarme y preocuparse en mis estudios. Gracias porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Juanita por apoyarme en todo momento, por alentarme y motivarme a seguir con mi tesis, por haberte conocido sin duda una bendición y lo mejor que me haya pasado.

¡Gracias a todos!

Giancarlo E. Tunque Zea

Agradecimientos



Al Ingeniero Garnica, a nuestros honorables Docentes, a los Técnicos del Laboratorio por su apoyo, asesoramiento e interés, sin los cuales no habría sido posible la elaboración de la Tesis.

A todas las personas que participaron en forma directa o indirecta en la realización de esta Tesis.

RESUMEN

La Universidad Católica de Santa María (UCSM) a través del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente y los autores de este tema de tesis han desarrollado el presente proyecto, que pretende comprobar la posibilidad de utilizar en el Circuito Vial Del Asentamiento - E de la Ciudad De Majes, mezclas de concreto compactado con rodillo, con el fin de reducir sus costos y con estas mezclas obtener una estructura de pavimento rígido, más económica que una estructura de pavimento flexible, equivalente para las mismas cargas impuestas.

Así, se extrajo material de las calicatas realizadas en la zona de estudio y se sometieron a ensayos en las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UCSM a fin de obtener las características de capacidad de soporte del terreno de fundación con fines de diseño y labores de gabinete; en base a los cuales se define los perfiles estratigráficos del subsuelo y secciones homogéneas. Para complementar el estudio se realizó el mejoramiento suelo – cemento para la sub base. Asimismo se realizó la exploración de canteras aledañas a la zona de estudio y se eligió agregados en función de su bajo costo y de su ubicación geográfica, para luego mediante ensayos y análisis hallar la dosificación de CCR más óptima.

Teniendo las características mecánicas de las mezclas de CCR, se procede a diseñar las estructuras de pavimento rígido y luego se presupuesta y se compara contra el costo de una estructura de pavimento flexible. Los resultados obtenidos, demuestran que las estructuras rígidas utilizando el método del CCR son más económicas que las estructuras de pavimento flexible.

Finalmente en base al análisis comparativo, se procedió a plantear un proyecto para el Circuito Vial del Asentamiento – E, aplicando la tecnología de mezclas de concreto compactado con rodillo, acorde a la condición y requerimientos actuales de la vía. Dicho plan podría ser utilizado por el Municipio del Pedregal alcanzando de esta manera el objetivo principal de reducir costos y mejorar la calidad de vida de la población implicada.

ABSTRACT

The Universidad Católica de Santa María (UCSM) through the Professional Program of Civil Engineering of the Faculty of Architecture and Civil & Environment Engineering and the authors of this thesis topic have developed this project, aims to verify the possibility of using on the Road Circuit of the Settlement – E in the City of Majes, mixtures of Roller – Compacted Concrete, in order to reduce their costs and with these mixtures obtain a rigid pavement structure, cheaper than a flexible pavement structure, equivalent to the same burdens.

Thus, material was extracted from the pits made in the study area which were assayed at the facilities of the Laboratory of Soil Mechanics of UCSM to obtain the characteristics of bearing capacity of the subgrade for design and Cabinet work, based on defined profiles which subsurface stratigraphic sections and homogeneous. To complement the study was conducted to improve soil - cement for the sub base. Was also conducted exploration of quarries surrounding the study area was chosen based on their added cost and geographic location, and then testing and analysis by finding the most optimal dosing of RCC.

Given the mechanical properties of mixtures of RCC, we proceed to design the rigid pavement structures and then budgeted and compared against the cost of a flexible pavement structure. The results show that rigid structures using the RCC method is cheaper than the flexible pavement structures.

Finally, based on a comparative analysis, we proceeded to propose a project for Road Circuit of the Settlement – E, applying the technology of mixtures of roller - compacted concrete, according to the condition and current requirements of the road. Such a plan could be used by the Municipality of Pedregal thus achieving the goal of reducing costs and improving quality of life of the people involved.

INTRODUCCIÓN

El Concreto Compactado con Rodillo (CCR) es probablemente el más importante desarrollo en la tecnología de presas en los últimos años, ganando aceptación alrededor del mundo en un relativo corto tiempo debido a su bajo costo, el cual es derivado en parte por su rápido modo de construcción, a su bajo contenido de cemento y su condición de asentamiento nulo. En un principio su colocación se realizaba con un tractor de orugas o motoniveladora y la densificación con compactadora de rodillo, de ahí que se le diera el nombre de Concreto Compactado Con Rodillo.

La implementación de esta tecnología para la construcción de presas y posteriormente para la construcción de carreteras fue cada vez más necesaria para dar respuesta a las exigencias de diversos sectores. Esto ocasionó que durante los últimos años en laboratorios de diferentes países se realizaran gran variedad de investigaciones, con el objeto de identificar las diversas propiedades y potencialidades del CCR. En nuestro país la aplicación de esta tecnología es mínima, por tal motivo, se desarrolla la presente investigación con el objeto de proporcionar información orientada a conocer los atributos del CCR y los procedimientos básicos para realizar el diseño de mezcla por métodos de De Compactación De Suelos, además de incluir en nuestra región nuevas tecnologías para superar nuestras propias demandas y ofrecer la mejor opción técnica y económica, demostrando ser capaces de estar acordes con los avances tecnológicos en gestión de pavimentos.

La presente tesis trata sobre el estudio y análisis de la tecnología de mezclas de concreto compactado con rodillo, diseñado con conceptos básicos de compactación de suelos, aplicado al nuevo circuito vial del Asentamiento – E, de la Ciudad De Majes, a fin de proporcionar nuevas alternativas.

El Concreto Compactado con Rodillo (CCR) es un concreto de consistencia seca y de trabajabilidad tal que se consolida por vibración externa con rodillos vibratorios o equipos vibro-compactadores, el consumo de cemento varía según el tipo de

aplicación; para bajos consumos de cemento, el CCR presenta una apariencia semejante a la de las gravas tratadas con cemento.

Los materiales constituyentes del CCR son de una manera general, los mismos utilizados de un concreto convencional, es decir grava, arena, cemento, agua y cuando es necesario aditivos; las gravas y arenas pueden ser de cualquier origen, siempre que cumplan determinados requisitos, los cuales dependerán de las condiciones de carga del pavimento, pueden ser materiales naturales o productos de trituración que cumplan ciertas exigencias de granulometría, dureza y ausencia de materia orgánica. Según sea su aplicación, el tamaño máximo del agregado puede variar desde 14 hasta 38mm, en España se recomienda un tamaño máximo de 19mm y en Francia 14 o 16mm para reducir probabilidades de segregación del CCR.

El concreto compactado con rodillo se debe colocar en capas lo suficientemente delgadas que permitan una compactación completa mediante el equipo de construcción disponible. Los espesores de capas se colocan y se consolidan con equipos convencionales de movimiento de tierras o de pavimentación.

Entre las ventajas de los pavimentos de Concreto Compactado con Rodillo se señalan su posibilidad de ser colocados rápidamente en grandes volúmenes sin utilizar equipo costoso o mano de obra especializada y su alta resistencia, debido a lo cual no requieren recubrimiento adicional en la superficie.

De acuerdo a la experiencia en países que han utilizado este tipo de mezclas se puede decir que:

- El CCR generalmente se mezcla en un aparato de doble cañón.
- El contenido de cemento utilizado ha variado de aproximadamente de 180 a 360 Kg/m³. En algunos proyectos se utilizó ceniza volante en proporción de 15 a 20% en peso, respecto a los materiales cementantes.
- El CCR usualmente se coloca mediante una maquina extendedora de mezclas asfálticas. El espesor compactado máximo que puede colocarse mediante las extendedoras usuales es del orden de 22 a 25 cm, sin

embargo estas máquinas pueden modificarse para dar un espesor compacto de hasta 30cm.

- El CCR se compacta utilizando rodillos vibratorios de 10 a 12 toneladas para obtener la densidad especificada.
- Los pavimentos construidos con CCR exhiben un comportamiento excelente bajo cargas de vehículos pesados.



OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar, diseñar y comprobar la posibilidad de utilizar materiales propios de la zona de estudio en la confección de mezclas de concreto compactado con rodillo, con el fin de reducir sus costos y con estas mezclas obtener una estructura de pavimento rígido, más económica que una estructura de pavimento flexible, equivalente para las mismas cargas impuestas.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar las materias primas que se emplearán.
- Desarrollar un proceso de dosificación para los agregados escogidos in situ para el uso en la mezcla de concreto compactado con rodillo.
- Evaluación del tráfico actual y futuro.
- Análisis y Diseño del Pavimento haciendo uso de la Tecnología de Concreto Compactado con Rodillo.
- Desarrollar un Plan de Mantenimiento del Pavimento durante su vida útil.
- Realizar un Análisis de Comparación de Costos entre el pavimento flexible y el Pavimento de Concreto Compactado con Rodillo.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIAS KAREN	2
DEDICATORIAS.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN	7
OBJETIVOS	10
TABLA DE CONTENIDO.....	11
ÍNDICE DE TABLAS	16
ÍNDICE DE FIGURAS.....	18
CAPÍTULO I	20
CONCEPTOS BÁSICOS	20
1.1. PAVIMENTOS.....	20
1.1.1. Definición.....	20
1.1.2. Características del Pavimento.....	20
1.1.3. Clasificación de los Pavimentos	21
1.1.3.1. Pavimentos Flexibles.....	21
1.1.3.2. Pavimento Semi – Rígido.....	21
1.1.3.3. Pavimento Rígido	22
1.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE ESPESORES	25
1.3. MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS	25
1.4. CONFIGURACIÓN DE EJES.....	25
CAPÍTULO II	27
ASPECTOS GENERALES PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO – CCR.....	27
2.1. CAPA DE BASE DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)	27
2.1.1. Generalidades.....	27
2.1.2. Historia y Antecedentes del CCR para Pavimentos	28
2.1.3. Concepto del CCR	32
2.1.4. Ventajas y Limitaciones de su uso.....	34
2.1.5. Características Principales del CCR.....	35
2.1.6. Principales Propiedades del Concreto Compactado con Rodillo	36

2.1.6.1.	Generalidades	36
2.1.6.2.	Resistencia a la Compresión.....	37
2.1.6.3.	Resistencia a la Flexión	38
2.1.6.4.	Comportamiento a la Fatiga.....	39
2.1.6.5.	Módulo de Elasticidad.....	39
2.1.6.6.	Cambios de Volumen.....	40
2.1.6.7.	Propiedades Térmicas	41
2.1.6.8.	Permeabilidad	41
2.1.6.9.	Durabilidad.....	42
2.1.6.10.	Peso Unitario.....	43
2.1.6.11.	Resistencia a la Adhesión.....	43
2.1.6.12.	Resumen de las Propiedades del CCR	43
2.1.7.	<i>Materiales para la Mezcla CCR</i>	<i>44</i>
2.1.7.1.	Materiales Aglutinantes (Cementantes)	44
2.1.7.2.	Agregados.....	45
2.1.7.3.	Agua	46
2.1.7.4.	Aditivos	47
2.1.8.	<i>Proceso Constructivo para Pavimentos de Concreto Compactado con Rodillo</i>	<i>47</i>
2.1.8.1.	Elaboración de la Sub-Base.....	48
2.1.8.2.	Dosificación, Mezclado y Transporte	48
2.1.8.3.	Colocación	51
2.1.8.4.	Compactación con Rodillo Vibratorio	52
2.1.8.5.	Juntas de Construcción.....	53
2.1.8.6.	Curado.....	57
2.1.8.7.	Inspección y Evaluación del Pavimento CCR.....	57
CAPÍTULO III		63
ENSAYOS DE LABORATORIO		63
3.1.	GENERALIDADES.....	63
3.2.	ENSAYOS PARA SUB-RASANTE	63
3.3.	ENSAYOS PARA MATERIAL DE CANTERA	65
3.3.1.	<i>Preparación de Especímenes.....</i>	<i>67</i>
3.3.2.	<i>Equipos y Procedimientos Apropriados de Laboratorio</i>	<i>68</i>
CAPÍTULO IV		71
PROPORCIÓN DE MEZCLAS.....		71
4.1.	METODOS DE PROPORCIÓN DE MEZCLA CON APROXIMACIÓN A CONCRETO....	71
4.2.	METODOS DE PROPORCIÓN DE MEZCLA CON APROXIMACIÓN A SUELO.....	73
CAPITULO V		76

DISEÑO DE MEZCLAS CCR UTILIZANDO CONCEPTOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS .	76
5.1. GENERALIDADES	76
5.2. MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CCR POR CONCEPTOS DE MÉCANICA DE SUELOS	77
5.3. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO DE LA MEZCLA DE CCR.....	78
5.3.1. Selección de canteras aledañas a la zona de estudio	79
5.3.2. Selección de Agregados	80
5.3.2.1. Características de los Agregados	81
5.3.2.2. Selección y Proporción Óptima de Agregado Fino y Grueso.....	91
5.3.3. Selección del Material Cementante	95
5.3.4. Determinación del Contenido de Humedad.....	96
5.3.5. Determinación de la Proporción de los componentes de la Mezcla	97
CAPITULO VI	99
ENSAYOS DE LABORATORIO DEL CCR.....	99
6.1 GENERALIDADES	99
6.2 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA ELABORACION DE ESPECIMINES DE CILINDROS Y VIGUETAS DEL CCR.....	100
6.3 DETERMINACION DEL NUMERO DE CAPAZ Y TIEMPO DE COMPACTACION	103
6.4 PREPARACION DE CILINDROS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CCR.....	104
6.5 PREPARACION DE VIGUETAS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXION.....	109
CAPÍTULO VII	112
ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	112
7.1. GENERALIDADES	112
7.2. CONSISTENCIA.....	112
7.3. PESO UNITARIO.....	113
7.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	113
7.5. MODULO DE ELASTICIDAD	116
7.6. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	116
7.7. SELECCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA MEZCLA SEGÚN REQUERIMIENTO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO	118
CAPÍTULO VIII	122
FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS	122
8.1 CLIMA.....	122

8.2	INGENIERIA DE TRÁNSITO	122
8.2.1	Generalidades.....	122
8.2.2	Análisis de Tránsito.....	123
8.2.3	Elementos del Tránsito.....	127
8.2.3.1	Usuario	127
8.2.3.2	Vehículo.....	127
8.2.3.3	Vías	129
8.2.4	Volumen del Tránsito	130
8.2.5	Transito Promedio Diario.....	131
8.2.6	Métodos de Aforo.....	131
8.2.7	Tránsito Futuro.....	132
8.2.7.1	Transito Desviado.....	133
8.2.7.2	Transito Generado.....	133
8.2.7.3	Tránsito Inducido.....	133
8.2.7.4	Aumento de Transito.....	134
8.2.8	Volumen de Trafico Promedio	134
8.2.9	Clasificación Vehicular Promedio	136
8.2.10	Volumen de Tráfico Promedio Anual	137
8.2.11	Proyecciones de Tránsito Futuro.....	139
8.2.11.1	Vida Útil del Pavimento.....	139
8.2.11.2	Tasas de Crecimiento.....	139
8.2.12	Demanda Proyectada.....	140
8.2.13	Determinación del Número de Ejes Equivalentes del 8.2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño	142
8.3	SUB-RASANTE.....	144
8.3.1	Generalidades.....	144
8.3.2	Estudio de la Sub-Rasante.....	144
8.3.3	Ensayos de Laboratorio Para Su Clasificación y Capacidad de Soporte	144
8.3.3.1	Determinación del contenido de Humedad.....	145
8.3.3.2	Análisis Granulométrico	146
8.3.3.3	Determinación del Límite Plástico.....	146
8.3.3.4	Determinación del Límite Líquido	146
8.3.3.5	Peso Específico.....	147
8.3.3.6	Ensayos de compactación	148
8.3.3.7	Determinación de la densidad	149
8.3.3.8	Determinación de la Resistencia	150
8.3.3.9	Clasificación de Suelos.....	153
8.3.4	Determinación de Suelo Típico de Sub-rasante para Unidad de Diseño	155
8.3.5	Selección de Valor de Resistencia del Suelo Típico de La Sub-rasante	155

CAPÍTULO IX.....	158
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS.....	158
9.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	158
9.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO (CCR).....	165
9.2.1 <i>Diseño de Juntas</i>	<i>180</i>
CAPITULO X.....	182
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO (CCR)..	182
10.1 FACTORES ANALIZADOS EN EL ESTUDIO COMPARATIVO.....	182
10.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA USADA PARA EL PAVIMENTO.....	200
CAPITULO XI.....	201
NUEVO CIRCUITO VIAL DEL ASENTAMIENTO E DE LA CIUDAD DE MAJES.....	201
11.1 MEMORIA DESCRIPTIVA.....	201
11.1.1 <i>Generalidades.....</i>	<i>201</i>
11.1.1.1 <i>Antecedentes</i>	<i>201</i>
11.1.2 <i>Datos del Proyecto.....</i>	<i>203</i>
11.1.2.1 <i>Nombre del Proyecto</i>	<i>203</i>
11.1.2.2 <i>Ubicación</i>	<i>203</i>
11.1.2.3 <i>Tipo de Proyecto</i>	<i>205</i>
11.1.2.4 <i>Características de la Vía.....</i>	<i>205</i>
11.1.3 <i>Objetivos del Proyecto</i>	<i>208</i>
11.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS	208
11.2.1 <i>Generalidades.....</i>	<i>208</i>
11.3 METRADO	246
11.4 PRESUPUESTO.....	252
11.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS.....	253
11.6 RELACIÓN DE INSUMOS REQUERIDOS	258
11.7 FÓRMULA POLINÓMICA	259
11.8 DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES.....	260
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	263
BIBLIOGRAFÍA	265
GLOSARIO DE TERMINOS	267
ANEXOS.....	269

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS MAS USADOS.....	25
TABLA 3.1: TAMICES STANDARD ASTM C-136.....	66
TABLA: 5.1 RECOMENDACIONES DEL ACI, CANTIDAD EN VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD VOLUMEN DE CCR (ACI 211.3R, 2005).....	81
TABLA 5.2: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREG. FINO.....	83
TABLA 5.3: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA EL AGREG. GRUESO	84
TABLA 5.4: RESULTADOS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN PARA AGREG. GRUESO Y FINO	87
TABLA 5.5: RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO PARA AGREG. GRUESO Y FINO	88
TABLA 5.6 PESO UNITARIO AGREGADO FINO	89
TABLA 5.7 PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO.....	89
TABLA 5.8: RESISTENCIA AL DESGASTE AGREGADO GRUESO	90
TABLA 5.9: PESO UNITARIO COMPACTADO PARA PROPORCIONES AGREG. FINO: AGREG. GRUESO.....	92
TABLA 5.10: PESO ESPECÍFICO APARENTE PARA LAS PROPORCIONES DE AGREG. FINO : AGREG. GRUESO	92
TABLA 5.11: PORCENTAJE DE VACÍOS PARA LAS PROPORCIONES DE AGREG. FINO : AGREG. GRUESO.....	93
TABLA 5.12: REQUERIMIENTOS PARA EL MATERIAL CEMENTANTE	95
TABLA 7.1: PESO UNITARIO PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE CEMENTO	113
TABLA 7.2: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO A LA COMPRESIÓN (KG/CM ²) OBTENIDOS A LOS 7, 14, 28 DÍAS PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE CEMENTO.....	114
TABLA 7.3: MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA LOS DISTINTOS PORCENTAJES DE CEMENTO	116
TABLA 7.4: RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN (KG/CM ²) PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE CEMENTO.....	117
TABLA 7.5: DOSIFICACIÓN PARA DISTINTAS CANTIDADES DE CEMENTOS EN PESO (KG) PARA LA FABRICACIÓN DE UNA PROBETA	118
TABLA 7.6: DOSIFICACIÓN PARA DISTINTAS CANTIDADES DE CEMENTOS EN PESO (KG) PARA LA FABRICACIÓN DE UNA VIGUETA.....	119
TABLA 7.7: DOSIFICACIÓN DE MEZCLA DE CCR PARA DISTINTOS PORCENTAJES DE CEMENTO EN VOLUMEN DE 1 M ³	119
TABLA 8.1: CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS SEGÚN SU FUNCIÓN	124
TABLA 8.2: CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL Y SU RELACIÓN CON LA VELOCIDAD DE DISEÑO	126
TABLA 8.3: TASAS DE CRECIMIENTO Y DETERMINACIÓN DE TRÁFICOS	140
TABLA 8.4: DEMANDA PROYECTADA DE SERVICIO IMDA	141
TABLA 8.5: CÁLCULO DE ESAL PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	142
TABLA 8.6: CÁLCULO DE ESAL PARA PAVIMENTO RÍGIDO	143
TABLA 8.7: PORCENTAJE DEL CONTENIDO DE HUMEDAD	145
TABLA 8.8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA MATERIAL DE CALICATA	146
TABLA 8.9: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN PARA EL MATERIAL DE CALICATA.....	147
TABLA 8.10: MÁXIMA DENSIDAD – OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD.....	148
TABLA 8.11: DENSIDAD DE CAMPO.....	150
TABLA 8.12: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN LA AASHTO.....	153
TABLA 8.13: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SEGÚN LA SUCS.....	154
TABLA 8.14: CLASIFICACIÓN AASHTO	155
TABLA 8.15: CLASIFICACIÓN SUCS.....	155
TABLA 9.1: TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL DE VEHÍCULOS PESADOS, SEGÚN ANÁLISIS DE TRÁNSITO PARA EL PROYECTO	166
TABLA 9.2: REPETICIONES ESPERADAS PARA CADA TIPO DE EJE EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO POR EL MÉTODO PCA	167

TABLA 9.3: FORMATO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES POR EL MÉTODO DE LA PCA, CON VALORES DE DISEÑO DEL PROYECTO	168
TABLA 9.4: ESFUERZO EQUIVALENTE PARA PAVIMENTOS SIN APOYO LATERAL	170
TABLA 9.5: ESFUERZO EQUIVALENTE PARA PAVIMENTOS CON APOYO LATERAL.....	171
TABLA 9.6: FACTORES DE EROSIÓN, PARA PAVIMENTOS CON PASAJUNTAS Y SIN APOYO LATERAL	173
TABLA 9.7: FACTORES DE EROSIÓN, PARA PAVIMENTOS SIN PASAJUNTAS Y SIN APOYO LATERAL.....	174
TABLA 9.8: FACTORES DE EROSIÓN PARA PAVIMENTOS CON PASAJUNTAS Y CON APOYO LATERAL.....	176
TABLA 9.9: FACTORES DE EROSIÓN PARA PAVIMENTOS SIN PASAJUNTAS Y CON APOYO LATERAL	177
TABLA 10.1: CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO	194
TABLA 10.2: DETERIORO SUPERFICIAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	197
TABLA 10.3: DETERIORO ESTRUCTURAL EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	198
TABLA 10.4: DETERIORO POR EFECTO CONSTRUCTIVO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	198
TABLA 10.5: FALLAS EN UN PAVIMENTO RÍGIDO (A): FALLAS DE REGULARIDAD Y SUPERFICIE, (B): DEFICIENCIAS O FALLAS EN JUNTAS, (C): GRIETAS Y AGRIETAMIENTOS	199
TABLA 11.1: DATOS DE UBICACIÓN	203
TABLA 11.2: CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA EXISTENTE.....	206
TABLA 11.3: TOLERANCIAS PARA TRABAJOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICOS, REPLANTEOS Y ESTACADO EN CONSTRUCCIÓN DE PISTAS Y VEREDAS.	214
TABLA 11.4: REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA SUB-BASE	222
TABLA 11.5: REQUERIMIENTOS AGREGADO GRUESO.....	223
TABLA 11.6: REQUERIMIENTOS AGREGADO FINO	223
TABLA 11.7: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PINTURA.....	244

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. N°1.1: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	21
FIG. N°1.2: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	22
FIG. N°1.3: SECCIÓN TÍPICA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	23
FIG. N°1.4: SECCIÓN TÍPICA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO.....	24
FIG.2.1 : FIGURA DE COMPARACIÓN DE COMPONENTES.....	33
FIG. N°2.2: ESQUEMA GRÁFICO DEL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL CCR	48
FIG. N°2.3: PLANTA DE MEZCLADO CONTINUO DEL CCR.....	50
FIG. N°2.4: COLOCACIÓN DEL CONCRETO DE LA CENTRAL EN CAMIÓN PARA SU TRANSPORTE	50
FIG. N°2.5: PROCEDIMIENTO DE COMPACTACIÓN DEL PRIMER CARRIL.....	53
FIG. N°2.6: PATRÓN DE RODILLADO PARA JUNTAS FRESCAS	55
FIG. N°2.7: CONSTRUCCIÓN DE UNA JUNTA FRÍA	56
FIG. N° 3.1: MESA VIBRATORIA PARA LA PREPARACIÓN DE CILINDROS DE CCR	69
FIG. N°3.2: MARTILLO NEUMÁTICO PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CCR.....	69
FIG. N°3.3: PISÓN ELÉCTRICO.....	70
FIG. N°4.1: (A) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN VS AGUA/CEMENTO, (B) CONTENIDO EQUIVALENTE DE CEMENTO VS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1992).....	73
FIG. N° 5.1: ESQUEMA GRÁFICO DEL PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE LA MEZCLA DE CCR.....	78
FIG. N° 5.2: LÍMITES GRANULOMÉTRICOS PARA CCR SEGÚN LA ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)	80
FIG. N°5.3: LÍMITES MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA AGREG. FINO PROPUESTOS	82
FIG. N°5.4: LÍMITES MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA AGREG. GRUESO PROPUESTO	83
FIG. N°5.5: RESULTADO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA AGREG. FINO.....	84
FIG. N° 5.6: RESULTADOS DEL ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA AGREG. GRUESO	85
FIG. N°5.7 : MAQUINA DE ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES	91
FIG. N°5.8: PESOS UNITARIOS COMPACTADOS PARA LAS DIFERENTES PROPORCIONES DE AGREGADOS	93
FIG. N°5.9: PORCENTAJE DE VACÍOS PARA LAS DIFERENTES PROPORCIONES DE AGREGADOS.....	94
FIG. N°5.10: GRANULOMETRÍA PARA LA PROPORCIÓN 50 - 50.....	94
FIG. N°6.1: MOLDE METÁLICO PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CCR.....	101
FIG. N°6.2: MOLDE DE VIGUETA PARA ENSAYOS DE CCR.....	102
FIG. N°6.3: MARTILLO VIBRATORIO ELABORANDO BRIQUETAS DE CCR.....	102
FIG. N°6.4: PLACA DE APISONAMIENTO CIRCULAR Y EJE AJUSTADOS AL MARTILLO VIBRATORIO.....	103
FIG. N°6.5: PREPARACIÓN DE MOLDES Y UNTADOS CON PETRÓLEO	105
FIG. N°6.6: PESADO DE AGREGADO PARA LA DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA DE CCR	106
FIG. N°6.7: MEZCLADO MANUAL DE CEMENTO, AGREGADOS Y AGUA.....	106
FIG. N°6.8: MUESTRA DE MEZCLA DE CCR DE CONSISTENCIA SECA	107
FIG. N°6.9: VACIADO DE MEZCLA POR CAPAS Y APLICACIÓN DE MARTILLO VIBRATORIO.....	107
FIG. N°6.10: POZA DE CURADO DE BRIQUETAS.....	108
FIG. N°6.11: MOLDES DE BRIQUETAS REFRENDADAS	108
FIG. N°6.12: PREPARACIÓN DE MOLDES Y VACIADO DE MEZCLA POR CAPAS	109
FIG. N°6.13: APLICACIÓN DE MARTILLO VIBRATORIO CON PLANCHA METÁLICA.....	110
FIG. N°6.14: DESMOLDE DE VIGAS REFRENDADAS	110
FIG. N°6.15: POZA DE CURADO DE VIGUETAS.....	111
FIG. N°7.1: RELACIÓN PESO E. SECO DEL CCR – HUMEDAD	112
FIG. N°7.2: (A) PROBETA LISTA PARA ENSAYARSE, (B) PROBETA DESPUÉS DE LA COMPRESIÓN.....	114
FIG. N° 7.3: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA CANTIDADES DE CEMENTO DE 11%, 13%, 15%, Y 17%.....	115
FIG. N°7.4: EVOLUCIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	115
FIG. N°7.5: (A) VIGUETA LISTA PARA ENSAYARSE, (B) VIGUETA DESPUÉS DE ENSAYARSE	117

FIG. N°7.6: RESULTADOS DEL ENSAYO A LA FLEXIÓN.....	118
FIG. N°7.7: CURVA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	120
FIG. N°7.8: CURVA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	120
FIG. N°8.1: VEHÍCULOS DE CARGA POR ACTIVIDAD AGRÍCOLA	135
FIG. N°8.2: TRÁNSITO DE CAMIONETAS RURALES POR LA ZONA	135
FIG. N°8.3: IMD VEHICULAR.....	136
FIG. N°8.4: VOLUMEN VEHICULAR TOTAL POR TIPO DE VEHÍCULO.....	136
FIG. N°8.5: FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL	137
FIG. N°8.6: DEMANDA DE SERVICIO DE VÍA.....	138
FIG. N°8.7: COMPONENTES DEL SUELO.....	145
FIG. N°8.8: MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	149
FIG. N°8.9: RELACIÓN CALIFORNIA DE SOPORTE (AASHTO – T193-63)	151
FIG. N°8.10: RELACIÓN ENTRE VALORES DE CBR Y MÓDULO DE SOPORTE DEL SUELO K	152
FIG. N°8.11: VALOR DE RESISTENCIA DEL SUELO DE LA SUB RASANTE.....	156
FIG. N°9.1: ESTRUCTURACIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.....	158
FIG. N°9.2: GRAFICA PARA HALLAR A1 EN FUNCIÓN DEL MR DEL CONCRETO ASFÁLTICO.....	159
FIG. N°9.3: VARIACIÓN DE COEFICIENTE A2 PARA DIFERENTES PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA BASE GRANULAR	160
FIG. N°9.4: VARIACIÓN DEL COEFICIENTE A3 PARA DIFERENTES PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA SUB BASE... ..	161
FIG. N°9.5: GRÁFICA DE DISEÑO PARA PAVIMENTO FLEXIBLE	162
FIG. N°9.6: ESTRUCTURACIÓN DE UN PAVIMENTO RÍGIDO	165
FIG. N°9.7: COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO	165
FIG. N°9.8: ANÁLISIS DE FATIGA (REPETICIONES PERMISIBLES BASADAS EN EL FACTOR DE RELACIÓN DE ESFUERZO, CON O SIN APOYO LATERAL)	172
FIG. N°9.9: ANÁLISIS DE EROSIÓN (REPETICIONES PERMISIBLES BASADAS EN EL FACTOR DE EROSIÓN, SIN APOYO LATERAL)	175
FIG. N°9.10: ANÁLISIS DE EROSIÓN (REPETICIONES PERMISIBLES BASADOS EN EL FACTOR DE EROSIÓN, CON APOYO LATERAL)	178
FIG. N°9.11: ESPESOR FINAL DEL PAVIMENTO	180
FIG. N°11.1: ASENTAMIENTOS E-3 Y E-8	201
FIG. N°11.2: UBICACIÓN DE LA VÍA A PAVIMENTAR	204
FIG. N°11.3: TRAMO A PAVIMENTAR CON CCR – VÍA E3 A E8.....	205
FIG. N°11.4: PONTÓN EN ESTADO REGULAR	207
FIG. N°11.5: UBICACIÓN DE CANTERA DE AGREGADOS	207

Capítulo I

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. PAVIMENTOS

1.1.1. Definición

Estructura vial formada por una o varias capas superpuestas, relativamente horizontales, de material seleccionado y adecuadamente compactado, que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodadura uniforme, de textura apropiada, resistente al intemperismo y a otros agentes perjudiciales.⁽¹⁾

1.1.2. Características del Pavimento

Para que un pavimento pueda cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir las siguientes características⁽²⁾:

- ✓ Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- ✓ Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- ✓ Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- ✓ Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios.
- ✓ Debe ser durable.
- ✓ Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- ✓ El ruido producido por la acción de rodadura, en el interior de los vehículos que afecta al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, debe ser moderado.
- ✓ Debe ser económico, tanto en su construcción como en su mantenimiento.
- ✓ Debe ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

1.1.3. Clasificación de los Pavimentos

Los pavimentos se pueden clasificar según ⁽³⁾:

- ✓ **Su estructura:** Simples y reforzados.
- ✓ **Tipo de solicitud a lo largo de su vida útil:** urbanos, industriales, de carreteras, peatonales, aeropuertos, deportivos.
- ✓ **Calidad de los materiales empleados en su construcción:** afirmados, empedrados, estabilizados y aglomerados, mezclas asfálticas, mezclas de cemento portland y unidades prefabricadas (adoquines).
- ✓ **Periodo de vida para el que son diseñados:** Temporales y definitivos.
- ✓ **Forma en que distribuyen sus cargas al terreno:** Se puede dividir en: pavimentos flexibles, pavimentos semirrígidos o semiflexibles y pavimentos rígidos.

1.1.3.1. Pavimentos Flexibles

Los pavimentos flexibles son sistemas de capas de gran flexibilidad (sub-rasante, la sub base, la base y la carpeta asfáltica), que transmiten los esfuerzos al terreno de fundación mediante un mecanismo de disipación de tensiones, las cuales van disminuyendo paulatinamente con la profundidad. ⁽⁴⁾

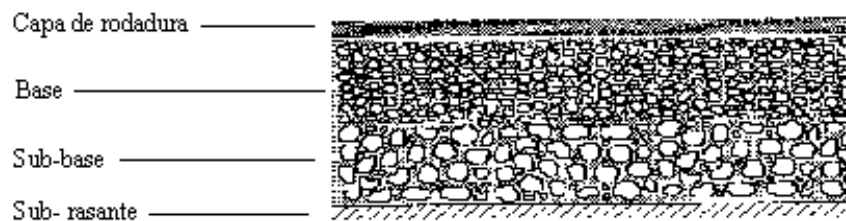


Fig. N°1.1: Estructura del Pavimento Flexible

Fuente: Campaña, J.; Mata W.; Mendoza, X, “Los Geosintéticos Aplicados a Obras de Pavimento Flexible”

1.1.3.2. Pavimento Semi – Rígido

En términos amplios, un pavimento semi - rígido o compuesto es aquel en el que se combina tipos de pavimentos diferentes, es decir, pavimentos flexibles y

pavimentos rígidos, normalmente la capa rígida está por debajo y la capa flexible está por encima.

Es usual que un pavimento compuesto comprenda de una capa rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de la construcción.

1.1.3.3. Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos están constituidos por una losa de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, dicha losa va apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aún cuando existen zonas débiles en la sub-rasante.

El pavimento rígido tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo vida varía entre los 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa comúnmente en las juntas de la losa.



Fig. N°1.2: Estructura del Pavimento Rígido

Fuente: “Los Geosintéticos Aplicados a Obras de Pavimento Flexible”

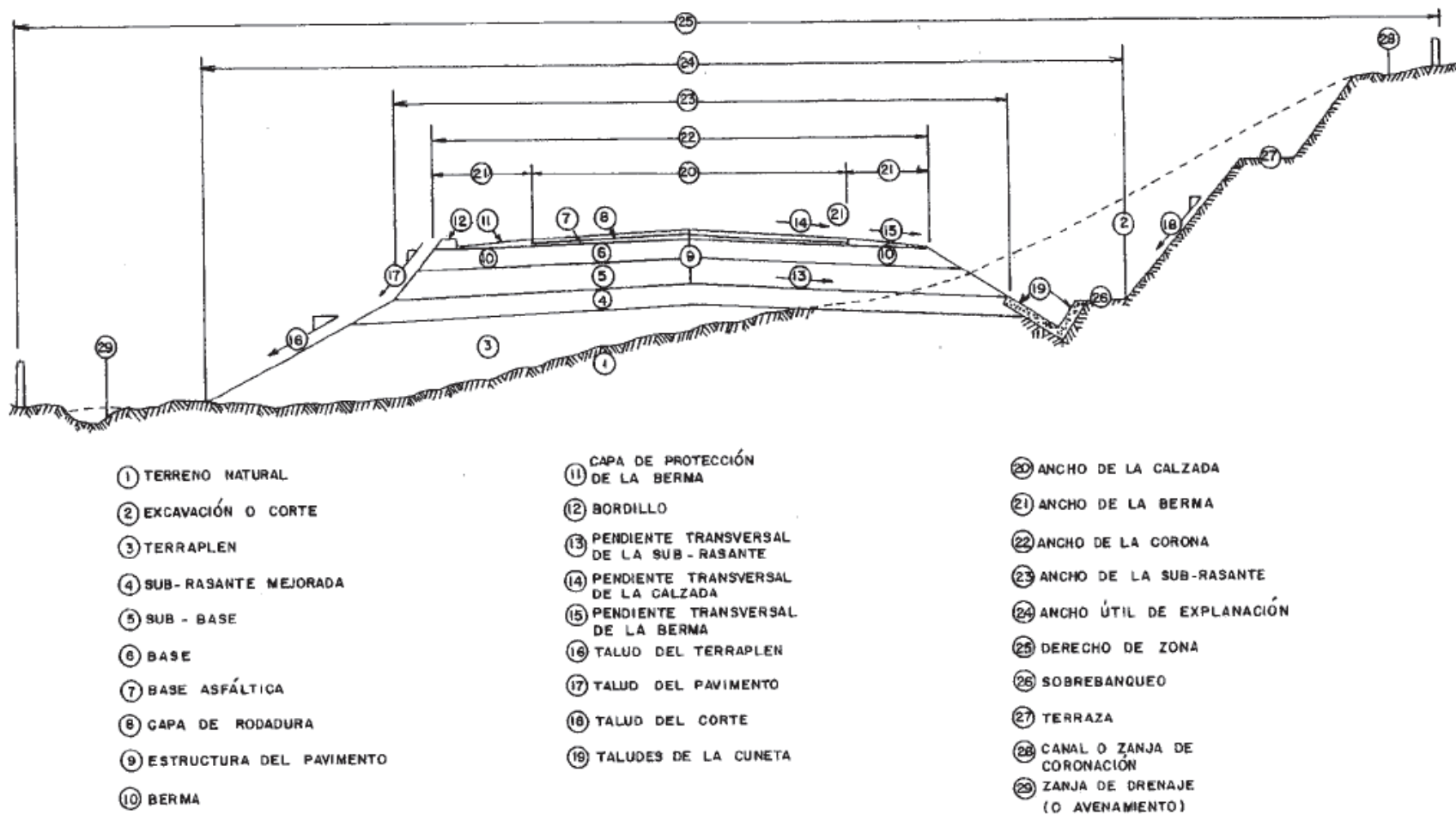
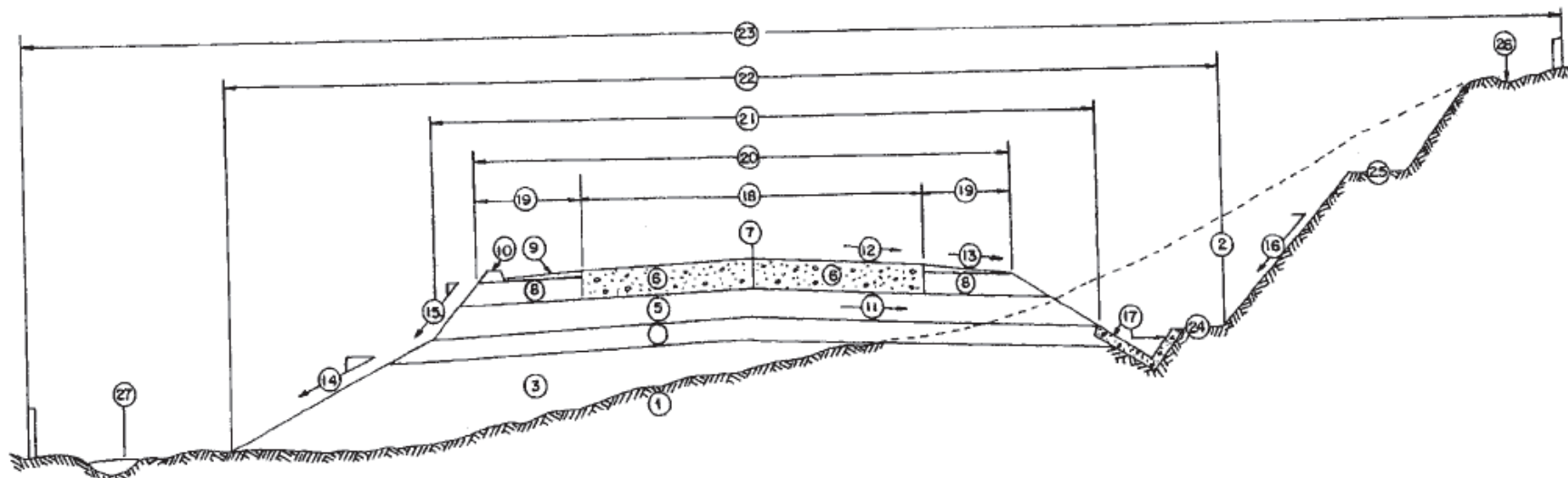


Fig. N°1.3: Sección típica de un pavimento Flexible

Fuente: Ingeniería de Pavimentos Montejó F., A.



- ① TERRENO NATURAL
- ② EXCAVACIÓN O CORTE
- ③ TERRAPLEN
- ④ SUB-RASANTE MEJORADA
- ⑤ SUB-BASE
- ⑥ LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO
- ⑦ JUNTA LONGITUDINAL
- ⑧ BERMA
- ⑨ CAPA PROTECCIÓN DE LA BERMA

- ⑩ BORDILLO
- ⑪ PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA SUB-RASANTE
- ⑫ PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA CALZADA
- ⑬ PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA BERMA
- ⑭ TALUD DEL TERRAPLEN
- ⑮ TALUD DEL PAVIMENTO
- ⑯ TALUD DEL CORTE
- ⑰ TALUDES DE LA CUNETAS
- ⑱ ANCHO DE LA CALZADA

- ⑲ ANCHO DE LA BERMA
- ⑳ ANCHO DE LA CORONA
- ㉑ ANCHO DE LA SUB-RASANTE
- ㉒ ANCHO ÚTIL DE EXPLANACIÓN
- ㉓ DERECHO DE ZONA
- ㉔ SOBRECANQUEO
- ㉕ TERRAZA
- ㉖ CANAL O ZANJA DE CORONACIÓN
- ㉗ ZANJA DE DRENAJE (AVENAMIENTO)

Fig. N°1.4: Sección típica de un pavimento rígido

Fuente: Ingeniería de Pavimentos Montejo F., A.

1.2. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE ESPESORES

Los pavimentos son diseñados para obtener en forma económica un buen comportamiento durante una larga vida de servicio. Diversos factores deben analizarse para obtener el diseño del más bajo costo anual. Estos factores son:

- Tránsito considerando las cargas por eje o rueda y su frecuencia
- Resistencia de los materiales
- Sub rasante
- Drenaje
- Clima
- Vida útil para el diseño

1.3. MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

Existen varios métodos de diseño, pero los mas utilizados son ⁽³⁾:

Pavimentos Flexibles	Pavimentos Rígidos
Método AASHTO	Método AASHTO
Método del Instituto de Asfalto	Método Portland Cement Association

Tabla 1.1: Métodos de diseño de pavimentos mas usados

Fuente: Propia

1.4. CONFIGURACIÓN DE EJES

Eje es el conjunto de dos o más ruedas que transmiten el peso al camino. ⁽⁴⁾

- Eje delantero: Eje que se encuentra en la parte delantera del vehículo.
- Eje central: Eje que se encuentra en la parte central del vehículo.
- Eje posterior: Eje que se encuentra en la parte posterior del vehículo.
- Eje retráctil: Conjunto de dos o más ruedas que está provisto de un dispositivo mecánico, hidráulico o neumático que sirve para modificar el peso transmitido a la superficie de la vía pública y que puede elevar sus neumáticos para que ellos no toquen esta superficie.

Eje Sencillo

Se denomina eje simple al elemento constituido por un solo eje no articulado a otro, puede ser: motriz o no, direccional o no, anterior, central o posterior.

Eje Tandem

Se denomina eje Tandem al elemento constituido por dos ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por una distancia menor a 2,4 metros. Estos reparten la carga, en partes iguales, sobre los dos ejes. Los ejes de este tipo pueden ser motrices, portantes o combinados.

Eje Tridem

Se denomina eje Tridem al elemento constituido por tres ejes articulados al vehículo por dispositivos comunes, separados por distancias menores a 2,4 metros. Estos reparten la carga sobre los tres ejes. Los ejes de este tipo pueden ser motrices, portantes o combinados.

REFERENCIAS

1. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología. (2004), Pavimentos Texto Guía
2. Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos, Tomo I
3. Ricardo Vásquez, L. (2002). Curso de Actualización en Pavimentos
4. <http://www.ingenierocivilinfo.com>, Configuración de Ejes

Capítulo II

ASPECTOS GENERALES PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO

COMPACTADO CON RODILLO – CCR

2.1. CAPA DE BASE DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)

2.1.1. Generalidades

El Concreto Compactado con Rodillo (CCR), es conocido comúnmente en la literatura como una mezcla de concreto de cemento Portland de cero revenimiento. Su espesor para uso en pavimentos comprende capas menores a 25cm de espesor compactados. Así mismo es importante mencionar que la técnica del CCR no utiliza dovelas, acero de refuerzo ni formaletas.⁽¹⁾

La implementación de esta nueva tecnología en la construcción de carreteras ha sido aplicada para dar respuesta a la exigencia de diversas índoles en el sector vial, Actualmente tiene mucho auge la utilización del CCR en pavimentos debido a factores como; la utilización de insumos de un concreto convencional, sólo con una controlada cantidad de agua, haciendo que su producción no requieran de equipos especiales, para su traslado y colocado. El grado de compactación que se le da en campo hace que requiera menos cantidad de cemento de un concreto convencional, la apertura al tráfico de la vía después de la construcción puede ser casi inmediata, haciendo esta alternativa propicia para poder investigar con los recursos que se cuentan en nuestra zona, tanto de materiales como de equipos, en laboratorio y su aplicación en campo.

Respecto a los componentes del CCR, los agregados pueden ser materiales procedentes o no de trituración y comprenden agregados gruesos (Grava) y finos (Arena), los cuales constituyen aproximadamente del 75 al 85% del volumen de la mezcla. El cemento a utilizar puede ser cemento Portland tipo I o tipo II, cuyo contenido en la mezcla oscila entre un 10 a un 17% por peso seco de los agregados.

La relación agua – cemento, compara con el concreto convencional, presenta valores bajos en el orden de 0.4. el empleo de aditivos en el CCR, se da generalmente cuando requiere mayor tiempo en el proceso de tendido y compactación, por lo que se utiliza aditivos retardadores de fraguado.

Respeto a las propiedades ingenieriles del CCR, algunas fuentes de información técnica establecen que, de acuerdo al contenido de cemento utilizado en la mezcla, este puede lograr una resistencia a la compresión y a la flexión (a 28 días de edad), en el orden de 250 Kg/cm² hasta 350 Kg/cm² y de 35 Kg/cm² hasta 50 Kg/cm², respectivamente.

2.1.2. Historia y Antecedentes del CCR para Pavimentos

El primer pavimento de CCR con su concepción actual fue identificado en Norteamérica por el Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos (U.S. Army Corps of Engineers) por el año 1942 ⁽¹⁾ en el proyecto de la construcción de una pista en Yakima, Washington; una forma de CCR también fue reportado en Suecia a inicios de la década de 1930.

En Canadá el CCR tuvo sus inicios por los años 1976 en la isla de Vancouver, British Columbia con la construcción de pavimentos para patios de clasificación de madera. De los trabajos realizados se obtuvo experiencias como la colocación de una capa sobre la otra debería tener un límite de tiempo para que no sufran daños a falta de adherencia; siguiendo esta experiencia se construyó más patios para la clasificación de madera, dichos pavimentos hasta la fecha continúan funcionando adecuadamente con un poco de mantenimiento. El siguiente hito en la historia del pavimento de CCR en Canadá llegó cuando se construyó 19.3 kilómetros de 7 pulg (179 mm) de espesor de pavimentos de CCR para una carretera de transporte minero de carbón en Tumbler Ridge en British Columbia. Así mismo se construyó un área para almacenamiento de carbón de 1.6 hectáreas con un espesor de 9 in (229 mm) de CCR. La carretera de transporte fue revestida con concreto bituminoso mientras el área de almacenamiento permaneció como pavimento de CCR expuesto, la característica especial de la zona donde se

planteó ambos proyectos fue que la región presentaba condiciones de invierno severo.

Mientras en Canadá sucedieron estos avances del CCR, hubo interés creciente en diversas organizaciones en los EEUU donde el CCR estaba siendo evaluado para la aplicación en la construcción de presas, realizándose proyectos de pruebas. Durante principios de la década de 1980, los ingenieros del U.S. Army Corps of Engineers comenzaron a estudiar el uso del CCR para la construcción de pavimentos en instalaciones militares. Iniciándose con la construcción de una pequeña carretera de prueba para vehículos de oruga de un espesor de 9 in a 13 in (229 mm a 330 mm), de 392 m² construida en Ft. Stewart, Georgia, en 1983, y una carretera de 10 in a 13 in (254 mm a 330 mm), de 493 m² fue construida en Ft. Gordon, Georgia, el mismo año. La construcción de carreteras de prueba de CCR por el Cuerpo de Ingenieros continuó en 1984 cuando 1564 m² de 8.5 pulg (216 mm) de espesor de pavimento fueron construidos para un riel de tanques en Ft. Lewis, Washington.

La durabilidad al congelamiento-descongelamiento del CCR fue una incógnita a resolver. El Cuerpo de Ingenieros construyó un pavimento de prueba a escala real en el laboratorio de ingeniería de investigación en regiones frías en Hanover, New Hampshire, donde una gama completa de condiciones climáticas serían simuladas, el programa de prueba fue exitoso.

El primer pavimento de CCR a escala real diseñado y construido por el Cuerpo de Ingenieros fue un área de estacionamiento de equipo táctico en Ft. Hood, Texas, en 1984, el área del proyecto fue de 18,150 yd² (15,175 m²). Una losa de espesor de 10 pulg (254 mm) fue especificada y una resistencia a la flexión de 800 psi (5.5 MPa) fue a la que se llegó.

Este proyecto proporcionó al Cuerpo de Ingenieros información valiosa acerca del tamaño máximo del agregado, métodos de construcción de capa única contra capa múltiple, procedimientos de compactación, curado y muestreo del material CCR. Durante 1986, el Cuerpo de Ingenieros construyó un área de

estacionamiento de vehículos de oruga en Ft. Lewis, Washington. El área del pavimento fue de 26,000 yd² (21,753 m²), con un espesor de 8.5 pulg (216 mm).

También se tiene experiencias en Suecia estas, fueron introducidos a partir 1984, se pavimentó un área de 650,000 m² utilizándose como revestimiento, las cuales fueron colocadas con pavimentadoras de asfalto de elevada compactación; consiguiéndose una correcta regularidad superficial. La utilización de rodillos recubiertos con caucho mejoró la resistencia al deslizamiento, se construyeron pavimentos del CCR en calles, aeropuertos, minas, recintos militares, etc., habiéndose cumplido las exigencias funcionales para las que fueron construidas.

Otra experiencia a la que podemos referirnos es la aplicada en España, datan de 1970, donde comenzaron con pavimentos de calles de urbanizaciones con tráfico liviano y de caminos rurales. A partir de 1984 las aplicaciones se ampliaron a carreteras principales y autopistas, incluyendo nuevos proyectos, alargamientos, ensanchamientos de pistas y rehabilitaciones, etc. Hasta 1990 habían sido ejecutados en España más de 4 millones de m² de pavimentos de CCR, siendo incluso éste material una alternativa, dentro de los dimensionamientos de estructuras oficiales normalizadas que existen en ese país; de manera general, en autopistas, el CCR es cubierto por una capa de asfalto, del orden de 3 a 5 cm de espesor.

Mencionaremos también la aplicación del CCR en Australia, desde 1986 hasta la fecha, se han ejecutado más de 40 proyectos de pavimentos de CCR de elevada resistencia, que significan más de 60,000 m² de pavimentos ejecutados, que incluyen desde veredas y caminos públicos hasta pavimentos industriales, lo que ha permitido un desarrollo continuo en el diseño, ejecución y ensayos del CCR. Varios tipos de agregados, gradaciones y sistemas de juntas han sido utilizados; los diseños de mezclas han considerado el uso de humo de sílice, el cual ha permitido obtener pavimentos de alta resistencia. También se han utilizado cenizas volantes y escorias granulares de alto horno.

La gran mayoría de los pavimentos realizados en Japón son de asfalto, presentándose problemas debido al aumento de tráfico pesado es por eso que a partir de 1987 como una posible solución alternativa a los pavimentos asfálticos, se han estado construyendo pavimentos de CCR, contando ese país con aproximadamente 240,000 m² de pavimentos ejecutados; el éxito de este concreto ha sido principalmente, según los propios japoneses, por su fácil método de ejecución y su rápida apertura al tráfico.

En Sudamérica también se ha utilizado el CCR en tramos experimentales y en obras de pavimentación, en países como: Brasil, Argentina, Uruguay y Chile.

En Brasil podemos mencionar que las primeras obras de importancia realizadas con CCR datan de 1972, en Porto Alegre, al sur del país; el CCR fue utilizado como base de pavimentos flexibles de vías urbanas, así como para bases de pavimentos de concreto haciendo un total de 2'000,000 m² de pavimentos de CCR, también han sido utilizados como carpeta de rodadura en calles urbanas, áreas de estacionamiento y patios industriales; en todos los casos ha presentado un buen desempeño.

En Argentina el CCR, fue usado desde 1986 en 13 tramos experimentales de diferentes longitudes construidos en diversas regiones del país, experimentándose en diferentes climas, materiales y procesos constructivos. Se ha utilizado el CCR como capa de rodamiento, base y como material para bacheo, obteniéndose importantes conclusiones, fundamentalmente en cuanto al uso de materiales locales y características constructivas.

Uruguay, en 1988 ejecutó el primer tramo experimental, de aproximadamente 2,000 m², de pavimentos de CCR en los accesos a Montevideo con la participación del Instituto de Cemento Portland de Argentina, utilizándose agregados de granitos triturados y balasto natural lavado, no se utilizó aditivos retardadores de fraguado en la ejecución del CCR, por lo que se produjeron algunas fallas debido al corto tiempo de trabajabilidad de la mezcla (insuficiente para el tipo de equipamiento que se utilizó en la distribución motoniveladora).

En Chile el Instituto Chileno de Cemento, con aportes fiscales, ejecutó en 1989 tres tramos experimentales de CCR y otro de concreto tradicional, para comparar los comportamientos de estos dos materiales. Uno de estos tramos fue construido en un camino de acceso a una fábrica de cemento y fue sometido a tráfico pesado; otro fue construido en una vía urbana y esta solicitado por tráfico liviano.

El tercer tramo se ejecutó dentro de un recinto universitario local donde, también, fue construido un tramo de concreto común para comparar los comportamientos; ambos tramos fueron instrumentados con equipos de alta precisión, los cuales eran operados automáticamente por microcomputador, midiéndose las variaciones térmicas internas del ciclo diario, las variaciones de humedad del ciclo anual, aberturas de juntas, desplazamientos verticales, deflexiones, alabeos, etc. Estos tramos no fueron solicitados por tráfico.

2.1.3. Concepto del CCR

El concreto Compactado con Rodillo (CCR) se define como una mezcla de consistencia seca, compuesta por agregados seleccionados, cemento, agua suficientemente reducida para permitir su compactación con rodillo y aditivos (opcional).⁽²⁾

En el mundo se usan distintas nomenclaturas para el Concreto Compactado⁽³⁾:

RCC (Roller Compacted Concrete) en Estados Unidos.

RDLC (Roller dry lean concrete) en Inglaterra.

RCD (Roller Compacted Dam) en Japón.

BCR (Beton Compacte au Rouleau) en Francia.

HCR (Hormigón Compactado con Rodillo) en España.

Coloquialmente, todos ellos se conocen por Rollcrete.

El CCR difiere del concreto convencional principalmente en su consistencia requerida. Para la consolidación efectiva, la mezcla de CCR debe ser lo

suficientemente seca (asentamiento nulo) para prevenir el hundimiento de los equipos de rodillo vibratorio, pero lo suficientemente húmeda para permitir la adecuada distribución del mortero conglomerante en el concreto durante el mezclado y la operación de la compactación vibratoria.

El esfuerzo vibratorio requerido para consolidar plenamente a la máxima densidad alcanzable de estos materiales es mucho mayor que el requerido para las mezclas de concreto clásico; una mayor proporción de agua, en la dosificación de la mezcla disminuirá significativamente el esfuerzo de vibración para una consolidación efectiva, simultáneamente se podría incrementar la falta de rigidez necesaria para soportar el peso del rodillo vibratorio y afectar la resistencia final del material.



Fig.2.1 : Figura de comparación de componentes

Fuente: Guide for Roller – Compacted Concrete Pavements (2010)

2.1.4. Ventajas y Limitaciones de su uso

Ventajas:

- El concreto compactado con rodillo no requiere de equipo especial para su aplicación pudiendo emplearse equipos de construcción en pavimentos asfálticos.
- En el proceso constructivo del CCR se utiliza poca mano de obra, lo que hace que se tenga mayor cantidad de concreto colocado comparado con otros métodos constructivos.
- El empleo del CCR en pavimentos ofrece una apertura inmediata al tráfico, esto debido a la estabilidad que presenta su constitución de los agregados luego de la compactación.
- Rápido proceso constructivo debido a la utilización de plantas de mezclado y su posterior transporte y colocado por equipos hace que tenga mayores rendimientos siendo 2 y 3 veces superior a la pavimentación con concreto convencional y asfáltico.
- Para el transporte hasta el lugar de utilización y el volcado solo se requiere camiones con caja volcadora en buen estado y con lona para el tapado, que impida una excesiva pérdida de humedad durante el traslado, compara con el concreto convencional estos requieren de camiones con mixcers, de mayor costo y de menor costo el mercado.
- La mayor ventaja económica que presenta el CCR se da en el cemento, ya que la compactación lograda con los rodillos vibratorios hace que el CCR tenga mayor resistencia que un concreto convencional con igual cantidad de cemento, mostrándose un ahorro en el consumo de cemento por m³.
- Utilización de agregados locales
- No requiere la utilización de encofrados debido a su consistencia seca.
- El CCR comparado a un concreto convencional posee mejor comportamiento a la fatiga por flexión, haciendo que el pavimento disminuya en el espesor de la losa, permitiendo que se utilice menos volúmenes de concreto.

- Bajo costo de mantenimiento.

Desventajas o limitaciones:

- La variación en la humedad y la compactación inadecuada tienen mucho que ver en el comportamiento final del concreto (resistencia mecánica, durabilidad, trabajabilidad).
- Debe tenerse mucho cuidado con las variaciones en la cantidad de agua de la mezcla ya que el CCR se ve notoriamente perjudicado ante estas variaciones, esto hace que los controles y los cuidados a tomar sean mayores.
- La aplicación del CCR en vías de alta velocidad, no presenta regularidad superficial satisfactoria por tanto se recurre a la colocación de una capa de asfalto encima del CCR para lograr un acabado adecuado.

2.1.5. Características Principales del CCR

A continuación se detallarán las características más resaltantes del concreto compactado con rodillo aplicado a pavimentos:

- ✓ Tiene consistencia dura
- ✓ Posee muy baja fluidez para permitir una adecuada compactación con rodillo.
- ✓ No posee asentamiento en el cono de Abrams.
- ✓ El tamaño máximo del agregado grueso a utilizarse no debe superar los 19 mm con el objeto de evitar segregaciones, facilitar el mezclado y mejorar la regularidad superficial.
- ✓ Para su aplicación se requiere de una buena sub- base, a fin de disponer de un apoyo seguro que permita al equipo, lograr compactar adecuadamente el concreto y alcanzar el objetivo de una máxima densificación.

El CCR es una alternativa competitiva, para reemplazar al pavimento asfáltico, puesto que ofrece un tiempo de vida útil mayor dispone además de una gran capacidad estructural, durabilidad, y elevada densidad del material una vez compactado, todo lo cual se resume en una gran resistencia mecánica.

2.1.6. Principales Propiedades del Concreto Compactado con Rodillo

2.1.6.1. Generalidades

El CCR para pavimentos tiene propiedades que varían, fundamentalmente de acuerdo con el consumo de cemento, la cantidad de agua utilizada, las características de los materiales, los métodos y grados de compactación o consolidación, el uso de aditivos, la edad del material etc. Debido al amplio rango de materiales y de mezclas que han sido usados ya sea como carpeta de rodadura o como base de pavimentos, desde mezclas pobres a mezclas con alto contenido de material cementante, los valores obtenidos para el conjunto de propiedades han sido variables. ⁽²⁾

Las mezclas CCR que conforman la aproximación a suelos usualmente contienen más del 2% de vacíos de aire, el grado de compactación juega un rol importante en la producción de resistencia. Los vacíos son producidos por el contacto partícula-partícula de los agregados sin suficientes finos o pasta para rellenar los vacíos. El incremento de la compactación tiende a disminuir estos vacíos, produciéndose un CCR más denso con un correspondiente incremento de la resistencia. Los agregados pobremente graduados o los agregados con un alto porcentaje de agregado grueso, pueden tener una matriz de agregados que está completamente compactada y aún posee un relativo alto porcentaje de vacíos, originando densidades y resistencias bajas. Aunque en las mezclas con aproximación a suelos, se puede tener un mayor volumen de vacíos, todos los contactos de los agregados son cementados juntos. La compactación con rodillo de una mezcla de CCR de asentamiento nulo, produce un material que es anisotrópico para muchas de sus propiedades.

2.1.6.2. Resistencia a la Compresión

Las mezclas para concreto compactado con rodillo se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura.

Al igual que con el concreto convencional, la resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a carga axial. Los ensayos de resistencia a la compresión son desarrollados en la fase de diseño para determinar los requerimientos de la proporción de mezclas y optimizar la combinación de los materiales cementantes y agregados. La resistencia a la compresión es utilizada para satisfacer los requerimientos de cargas de diseño y también como indicador de otras propiedades tales como la durabilidad. Durante la construcción, los ensayos de resistencia a la compresión son usados para confirmar las propiedades de diseño como un instrumento para evaluar la variabilidad de la mezcla. La resistencia a la compresión es normalmente requerida debida a su facilidad de determinación y a que muchas otras propiedades están directamente ligadas a ella.

Para pavimentos de CCR se requieren usualmente edades de ensayo de 28 y 90 días. La resistencia a la compresión del CCR está determinada por el contenido de agua, el contenido y las propiedades del material cementante, la granulometría del agregado y el grado de compactación. Para muchas mezclas CCR, la resistencia a compresión es una función de la relación agua - material cementante, tal como en los concretos convencionales. ⁽⁴⁾

La resistencia a la compresión del CCR se incrementa con una reducción en el contenido de agua, mientras que este completamente compactado. La máxima resistencia a la compresión para una mezcla determinada se obtiene con el óptimo contenido de agua acorde con el esfuerzo de compactación dado. Los contenidos de agua menores que el óptimo producen resistencias a la compresión menores, indicando ello que la presencia de vacíos en la mezcla tiene un efecto negativo mayor sobre la resistencia, que el efecto positivo de reducción de agua.

Para la mayoría de las mezclas de CCR, el diseñador establece un contenido de agua relativamente fijo, en base a la máxima densidad seca para mezclas diseñadas usando la aproximación a suelos. El diseñador de mezclas CCR con aproximación a suelos puede decidir especificar un contenido de agua ligeramente mayor que el óptimo para obtener una mejor trabajabilidad. Sin embargo, una vez que el contenido de agua y el esfuerzo de compactación son establecidos, la resistencia a la compresión depende del contenido de cemento o del contenido de la puzolana más cemento. La resistencia a la compresión se incrementa con el tiempo y el contenido de material cementante en la mezcla.

Las mezclas CCR con bajo contenido de material cementante pueden no alcanzar los niveles de resistencia requerida si los vacíos entre los agregados no son rellenados completamente. Para estas mezclas la adición de finos no plásticos o polvos de roca ha sido beneficioso en el relleno de vacíos, de esta manera se incrementa la densidad y la resistencia. Se ha demostrado que el uso de finos plásticos (arcillas) en mezclas de CCR afecta desfavorablemente la resistencia y trabajabilidad, y por consiguiente no es recomendado.

2.1.6.3. Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto, la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada, es decir el esfuerzo de tensión aparente calculado en la fibra de tensión extrema de un espécimen de prueba viga de concreto en la carga que produce la rotura cuando es ensayado en concordancia con los métodos de ensayo ASTM C 78 (carga en los tercios del claro) o ASTM C 293 (carga en el punto medio).

Dichos métodos consiste en la aplicación de cargas a vigas de concreto de 150 × 150 mm de sección transversal y con una luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión a los 28 días en CCR aplicado a pavimentos está en el rango de 35 kg/cm² hasta 50 kg/cm².⁽⁵⁾

Debido a la dificultad de obtener especímenes de vigas cortadas de las mismas losas del pavimento ya colocadas; no hay mucha información disponible sobre la

resistencia a la flexión del CCR. Se vio en numerosos ensayos de campo que a partir de vigas y cilindros obtenidos de una sección de prueba, se ha determinado que la relación entre las resistencias a la compresión y flexión del CCR era similar del concreto convencional, la relación es de la siguiente forma:

$$f_r = C \cdot \sqrt{f'_c}$$

Donde:

f_r = Esfuerzo de flexión (carga en los tercios), psi (MPa)

f'_c = Esfuerzo de compresión, psi (MPa)

C = Constante entre 9 y 11 dependiendo de la misma mezcla de CCR.

2.1.6.4. Comportamiento a la Fatiga

La falla por fatiga se define como la capacidad del material para soportar un cierto número de repeticiones de carga, con niveles de esfuerzo menores a la resistencia última del material. Solo ensayos limitados han sido realizados para evaluar el comportamiento a la fatiga del CCR. Los resultados de ensayos de fatiga en vigas (obtenidas de una sección de prueba a escala real en EEUU que comprende cuatro mezclas de CCR), indican que el comportamiento a fatiga del CCR es similar al de concreto convencional. ⁽⁶⁾

2.1.6.5. Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad del concreto representa la rigidez de este material ante una carga impuesta sobre el mismo. Está definido como la relación del esfuerzo normal a su correspondiente deformación para esfuerzos de tensión o compresión, por debajo del límite elástico proporcional del material.

Los principales factores que pueden afectar el módulo de elasticidad del CCR son la edad, la resistencia, el volumen de pasta y el tipo de agregado. Generalmente para un tipo de agregado dado, el módulo de elasticidad está en función de la resistencia. ⁽⁷⁾

Las mezclas CCR preparadas con agregados para concretos convencionales y un contenido relativamente alto de cemento o cemento más puzolana pueden desarrollar módulos similares a aquellos obtenidos en concretos convencionales.

Relación de Poisson

Valores de relación de Poisson para CCR varían aproximadamente de 0.17 a 0.22 con valores bajos ocurridos a edades tempranas y con mezclas de baja resistencia a la compresión. En general, los valores de relación de Poisson para CCR son similares a los valores reportados para mezclas de concreto convencionales.

2.1.6.6. Cambios de Volumen

El volumen del concreto varía principalmente por las siguientes causas: contracción de fragua o secado y por contracción autógena.⁽⁴⁾

a. Contracción de fragua:

Dicha contracción se rige principalmente por el contenido de agua de la mezcla y las características propias del agregado. La contracción por secado de un CCR es similar o menor que el de una mezcla de concreto convencional, debido al menor contenido de agua de estas mezclas. La contracción por secado se evalúa de acuerdo a la norma ASTM C 157.

b. Contracción autógena:

Es una disminución de la volumen del hormigón debido a la hidratación de los materiales cementantes, sin la obtención de concreto o pérdida de humedad. Este tipo de cambio de volumen se produce en el interior de una gran masa de concreto y puede ser un factor significativo. Se relaciona principalmente con a las propiedades del material, las proporciones en la mezcla, y sobre todo del tipo de agregado. La contracción autógena se da durante un tiempo mucho más largo que la contracción por secado. Aunque no existe un método específico, dicha contracción puede ser determinada en especímenes de acuerdo a la norma ASTM C 512.

2.1.6.7. Propiedades Térmicas

Las propiedades térmicas de un concreto convencional y la de un CCR son en general similares, Scanlon y McDonald (1994) describen las propiedades térmicas, métodos de prueba, rangos de valores de prueba y la importancia de estas propiedades, incluyendo el coeficiente de expansión térmica, aumento de la temperatura adiabática, el calor específico, y la conductividad térmica. Los valores de la propiedad pueden variar significativamente en función del agregado, cemento y tipo de puzolana.

El aumento de la temperatura adiabática es afectado por el total del contenido de material cementante y el porcentaje de puzolana en la mezcla. Las mezclas de CCR con bajo contenido de material cementante tendrán menor aumento de temperatura que las mezclas normales de concreto masivo. También, las puzolanas pueden reducir la velocidad de aumento de temperatura en las edades tempranas.

2.1.6.8. Permeabilidad

Esta propiedad se refiere a la cantidad de desplazamiento de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc.). La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto a la restauración, al ataque de sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ion cloruro. La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. En el concreto la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del concreto. Un concreto de baja permeabilidad requiere de una relación Agua – Cemento baja y un periodo de curado húmedo adecuado.⁽⁴⁾

2.1.6.9. Durabilidad

La durabilidad es la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto.

La conclusión primordial que se desprende de la definición anterior, es que la durabilidad no es un concepto absoluto que dependa solo del diseño de mezcla, sino que está en función del ambiente de exposición y las condiciones de trabajo a las cuales lo sometamos. En este sentido, no existe un concreto “durable” por sí mismo, ya que las características físicas, químicas y mecánicas que pudieran ser adecuadas para ciertas circunstancias no necesariamente lo habilitan para seguir siendo “durable” bajo condiciones diferentes

Tradicionalmente se asoció la durabilidad a las características resistentes del concreto y particularmente a su resistencia en compresión, pero las experiencias prácticas y el avance de la investigación en este campo han demostrado que es solo uno de los aspectos involucrados, pero no el único ni el suficiente para obtener un concreto durable. El problema de la durabilidad es sumamente complejo, en la medida en que cada situación de exposición y condición de servicio ameritan una especificación particular tanto para los materiales y diseño de mezcla, como para los aditivos, la técnica de producción y el proceso constructivo, por lo que es usual que en este campo las generalizaciones resulten nefastas.

Los factores que afectan la durabilidad del concreto, son aquellos que producen el deterioro del mismo. Estos factores se clasifican en 5 grupos:

- Congelamiento y Deshielo
- Ambiente químicamente agresivo
- Abrasión
- Corrosión de metales en el concreto

- Reacciones químicas en los agregados

2.1.6.10. Peso Unitario

El peso unitario o densidad se define como la masa por unidad de volumen, el peso unitario del CCR depende en primer lugar de la densidad de los agregados y del grado de compactación. Los valores típicos del peso unitario para un concreto convencional varían entre 2240 a 2560 kg/m³ (140 a 160 lb/ft³). La falta de aire incorporado y un menor contenido de agua de muchas mezclas de CCR dan como resultado una densidad ligeramente superior al de un concreto convencional hecho con el mismo agregado. Para algunos proyectos en zonas sísmicas, el peso unitario juega un papel importante en el diseño estructural y en el costo.

2.1.6.11. Resistencia a la Adhesión

La resistencia a la adhesión determina si para una mezcla de CCR construida en varias capas se comportará como una capa monolítica o como capas parcialmente adheridas o sin adherencia.

El desarrollo de la resistencia a la adhesión es menor para juntas frías no tratadas. Idealmente, la resistencia a la adhesión de la interfaz debe ser por lo menos 50 por ciento de la resistencia del material CCR patrón basado en una buena práctica de ingeniería.

2.1.6.12. Resumen de las Propiedades del CCR

La evaluación de los datos de ensayo en proyectos de pavimentado de CCR mostraron que el comportamiento estructural del CCR es similar a la del concreto de peso normal convencional. Por lo tanto, el CCR puede ser tratado como el concreto convencional cuando se diseñe el espesor del pavimento.

Está claro que solo existe una base de datos limitada sobre las propiedades ingenieriles de las mezclas de CCR. Estudios definitivos no han sido ejecutados

para determinar las influencias de varios parámetros en las propiedades ingenieriles del CCR.

2.1.7. Materiales para la Mezcla CCR

Las materias primas utilizadas para la confección de mezclas de CCR son de manera general, los mismos utilizadas para el concreto convencional: material aglutinante (cemento y puzolana), grava o piedra chancada, arena, agua, y cuando es necesario aditivos, las propiedades de la estructura de la mezcla de CCR dependen en gran parte de los materiales que lo conforman y de los cuales se describirán a continuación.

2.1.7.1. Materiales Aglutinantes (Cementantes)

Un material cementante es aquel que tiene propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad.

a. Cemento

El cemento mas apropiado para el uso en la construcción de carreteras con CCR, es aquel que posea un bajo calor de hidratación, poca retracción y elevadas resistencias a largo plazo que puedan contrarrestar el fenómeno de fatiga.

La selección del tipo de cemento debe considerar la economía en la obtención de este, el cemento mas apropiado para la fabricación del CCR es el cemento portland puzolánico IP por cuestiones técnicas y económicas.

Las ventajas que le confiere la de puzolana son:

- Reemplazar parcialmente el cemento para reducir la generación de calor.
- Reemplazar parcialmente para reducir el costo.
- Incrementar la resistencia la compresión a edades de 28 días a mas
- Incrementar la durabilidad.
- Ser usada como aditivo para aumentar los finos para mejorar la trabajabilidad de la mezcla y el volumen de la pasta.

- El desarrollo de la resistencia para estos cementos generalmente es mas bajo a edades tempranas, pero producen finalmente resistencias mas altas.

El contenido de cemento por metro cúbico varia fundamentalmente de acuerdo a la resistencia que se desee alcanzar, de manera general, para CCR utilizados como bases de pavimentos flexibles los consumos varían desde 40 hasta 120 Kg/m³, para revestimientos, estos consumos varían desde 160 hasta 380 Kg/m³.

2.1.7.2. Agregados

Los agregados (gravas y arenas) constituyen aproximadamente el 80% del volumen del CCR, cuya finalidad es conformar el esqueleto de este, pueden ser de cualquier tipo y tener cualquier origen, siempre que cumplan determinados requisitos, los cuales dependerán de las condiciones de carga del pavimento; pueden ser utilizados materiales naturales o de machaqueo que cumplan las normas vigentes de cada país, en el Perú son de aplicación las normas ASTM complementadas en cada caso por las especificaciones técnicas de cada obra.⁽¹⁾

La calidad del agregado, la granulometría, la dureza, la ausencia de materia orgánica y arcilla son factores que influyen en el producto final del CCR. Para la aplicación del CCR en obras de pavimentación el tamaño máximo nominal (TMN) recomendado es de ¾" (19mm), para poder reducir la probabilidad de segregación del CCR y permitir una buena terminación superficial.

Cuando se requiere que un pavimento de CCR tenga una alta capacidad de soporte inicial (CBR), se incentiva el uso de grava triturada, lo que permite el tráfico inmediato sobre el pavimento después de la construcción.

La elección de los agregados apropiados se tendrá que basar en los bajos costos que tienen con lo cual se pretende también, reducir costos en la mezcla de concreto y en las ubicaciones de sus fuentes de obtención, las cuales se consideran estratégicas para el acarreo en proyectos carreteros.

Los agregados ideales para el CCR deberían consistir en un cierto tipo de materiales chancados o rodados que cumplieran las siguientes características generales:

- Que resista lo suficiente como para no triturarse bajo la acción del compactado por rodillo vibratorio.
- Que no superen un máximo de contenido de arcilla que daría como resultado un concreto poco resistente,

Como agregado fino debería emplearse arenas naturales o productos finos de chancadoras con una granulometría continua. El uso de fracciones de agregado más finas que el tamiz de 75 μm (Nº. 200), si son no plásticas, puede ser una medida beneficiosa para reducir los vacíos del agregado fino. Sin embargo, sus efectos en las propiedades del CCR fresco y endurecido deben ser evaluados en el estudio del proporcionamiento de la mezcla.

Si las fracciones del agregado fino y grueso son premezcladas y almacenados como un grupo de tamaño único, la segregación puede dificultar el control de gradación. Se debe prestar una cuidadosa atención, al orden de almacenamiento y subsecuente manipuleo del agregado en grupo de tamaño único.

La granulometría ideal para la demanda mínima de mortero será la que proporcione la máxima densidad del material seco compactado, con la mínima área superficial.

2.1.7.3. Agua

El único requerimiento para el agua en mezclas de CCR es que esta debe estar exenta de sustancias perjudiciales a la hidratación del cemento se supone adecuadas las aguas potables.

El porcentaje óptimo de agua dentro de un metro cúbico de CCR varía entre 4 a 7% del peso de los materiales secos, siendo necesario, en la mayoría de los casos, del orden de 110 a 130 litros/ m^3 de material, es decir, aproximadamente

70% del agua que normalmente se utiliza para fabricar concreto convencional que está en el orden de 190 litros/m³.

Los CCR son muy sensibles a las variaciones del contenido de agua, la falta de agua aumenta el riesgo de segregación, dificultando la compactación y el acabado superficial, el exceso de agua produce inestabilidad de la mezcla durante la compactación (acolchonamiento). El aumento de agua como su disminución produce disminución de la resistencia mecánica del concreto.

2.1.7.4. Aditivos

De acuerdo a los equipos que se empleen en la elaboración, transporte, distribución y compactación del CCR, puede ser necesario el uso de aditivos, para aumentar el tiempo de trabajo del concreto; su dosificación es similar a la empleada para un concreto convencional.

2.1.8. Proceso Constructivo para Pavimentos de Concreto Compactado con Rodillo

El proceso de construcción de un pavimento de CCR implica la colocación y compactación de una mezcla de concreto seco usando equipos y técnicas similares a las usadas en un pavimento asfáltico.

La construcción de pavimentos de CCR típicamente implica la elaboración de la sub-base; dosificación, mezclado y transporte; colocación, compactación; construcción de juntas; y curado y protección. Mediante el esquema presentado apreciamos la secuencia que se aplica para la construcción de pavimentos de CCR.

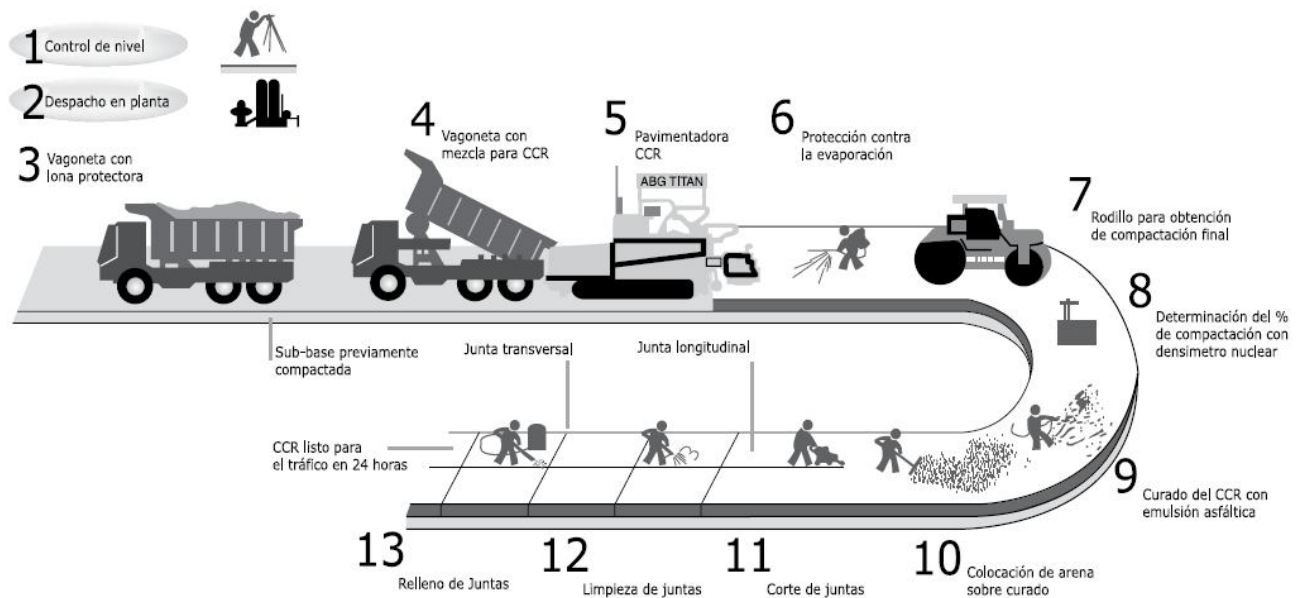


Fig. N°2.2: Esquema Gráfico del Procedimiento Constructivo del CCR

Fuente: Valle Gómez, J.P., Diseño y dosificación para HCR y de una base de agreg. estabilizados

2.1.8.1. Elaboración de la Sub-Base

Los principios involucrados en la elaboración de la sub-base de CCR son los mismos utilizados en los pavimentos de concreto convencional. La sub-base es preparada para proporcionar suficiente soporte para permitir la compactación del concreto. La superficie de la sub-base debe ser humedecida antes que el concreto sea colocado para ayudar a prevenir que la humedad sea absorbida por el concreto, esto es especialmente importante para aquellas mezclas muy secas. Se utiliza líneas de guía para la pavimentadora al costado de la vía, cuyo fin es colocar la altura adecuada de la capa de concreto y también alinear la pavimentadora. ⁽⁸⁾

2.1.8.2. Dosificación, Mezclado y Transporte

El CCR se puede producir en planta mezcladora del tipo empleado para suelo - cemento o mezcla granular y también en planta hormigonera de paletas móviles, las primeras dosifican por volumen y la segunda por peso. Se ha comprobado que la dosificación por peso resulta más eficiente, ya que asegura una mezcla

uniforme de los agregados, el cemento y el agua. En cambio, cuando se dosifica por volumen, se ha comprobado que las variaciones que se producen son bastante importantes.

Es deseable realizar la producción del CCR en las mismas centrales utilizadas en la fabricación de concretos convencionales, sin embargo se requerirá de una acción mas rigurosa para dispersar la cantidad relativamente pequeña de agua la cual es mezclada uniformemente en toda la matriz. El tipo de central debe ser escogido en función del volumen de obra y de los requerimientos requeridos, la dosificación del concreto ha sido lograda satisfactoriamente usando ya sea, una planta de molino de mezclado continuo o una planta de tambor giratorio; como el CCR es muy sensible al contenido de agua en el caso de variar la humedad de los agregados, deben continuamente ser ejecutadas correcciones de ésta.

Una planta de molino de mezclado continuo es comúnmente usada debido a que esta puede ser fácilmente transportada y montada en el lugar, tiene una capacidad de producción relativamente grande, y proporciona una eficacia de mezclado excelente.

Una vez mezclado el material en planta deben tomarse muestras para verificar (y corregir si es necesario) el contenido de humedad, debido a que en obra no será posible corregirla si el transporte es ejecutado en camiones tolvas.

En molinos de mezclado continuo, una tolva tipo boca sujeta al final de la faja de descarga final ha sido usada para reducir la caída libre del concreto (y de ese modo reducir la segregación), y para contener temporalmente la descarga de concreto entre volquetes consecutivos. El uso de la tolva tipo boca permite a la planta operar más o menos continuamente, de ese modo se mejora la uniformidad de la mezcla. La planta es generalmente localizada tan cerca como sea posible del sitio de pavimentado para minimizar el tiempo de transporte del concreto a la pavimentadora.

Para el transporte de la mezcla de la planta a la pavimentadora el medio mas adecuado son los volquetes los que pueden variar su capacidad de 5 a 12 m³, y

son equipados algunas veces con coberturas cuando es necesario proteger el concreto contra los efectos medioambientales adversos, tales como la lluvia, el frío y el calor.



Fig. N°2.3: Planta de Mezclado Continuo del CCR

Fuente: spanish.alibaba.com – Mixing Plant



Fig. N°2.4: Colocación del concreto de la central en camión para su transporte

Fuente: ASOCCEM – Estado del arte de los pavimentos de pavimento de concreto compactado con rodillo

2.1.8.3. Colocación

El CCR es típicamente colocado con una pavimentadora asfáltica, modificada como sea necesario para alojar la cantidad relativamente grande de material (en función al espesor de capa) que se mueve a través de la pavimentadora. Estas modificaciones pueden incluir ampliar las compuertas entre la tolva de alimentación y la niveladora. El ajuste de las paletas de extendido delante de la niveladora asegura que el concreto sea extendido uniformemente a través del ancho del carril del pavimento, es similar a las prácticas para pavimento asfáltico mezclado en caliente. Las pavimentadoras están típicamente equipadas con niveladoras vibratorias para proporcionar alguna compactación externa inicial.

Modelos de pavimentadoras recientes han incluido uno o más barras de apisonado además de la vibración para incrementar el esfuerzo de compactación y por lo tanto la densidad inicial tras la niveladora, con efectos beneficiosos en la regularidad superficial y densidad finales.

La coordinación de la colocación y la compactación de los carriles del pavimento son críticas para obtener la densidad y regularidad adecuadas en el pavimento de CCR terminado. El concreto es usualmente colocado y compactado mientras este aún fresco y trabajable, usualmente dentro de los 45 a 90 minutos después de la adición del agua en la planta, dependiendo de las condiciones medioambientales. Esta limitación de tiempo para la compactación del concreto determina el tiempo entre la colocación de los carriles contiguos, ya que el área de junta es generalmente la última porción del carril a ser compactado. Un método de tener en cuenta la limitación de tiempo entre la colocación de carriles contiguos es limitar la longitud de los carriles del pavimento. Dos o más pavimentadoras moviéndose en paralelo también ayudarán a reducir el tiempo entre carriles contiguos.

Los sardineles, las cunetas, y el alcantarillado han sido a menudo instalados antes y después de la colocación del CCR. Cuando son instalados antes que el CCR sea colocado, ellos proporcionan confinamiento para ayudar a la compactación de los bordes del pavimento. Cuando son instalados después de que el CCR es

colocado y compactado, su altura puede ser más fácilmente ajustada a la superficie del pavimento de CCR.

2.1.8.4. Compactación con Rodillo Vibratorio

El CCR es usualmente compactado con un rodillo vibratorio de tambor doble de 10 toneladas, inmediatamente después de que el concreto sea colocado. Un patrón de rodillado común consiste en hacer dos pasadas estáticas (un movimiento de ida y vuelta equivale a dos pasadas) sobre la superficie de concreto fresca para “preparar” la superficie antes del inicio del rodillado vibratorio. Las pasadas estáticas son seguidas por varias pasadas vibratorias hasta que la densidad especificada sea lograda, usualmente después de cuatro o más pasadas. La compactación vibratoria puede entonces ser usualmente seguida por varias pasadas de un rodillo de neumáticos de caucho de 10 a 20 toneladas para aplanar cualquier vacío de la superficie o fisura. Finalmente, un rodillo estático puede ser usado para remover cualquier marca de rodillo dejada por los rodillos vibratorios o de neumáticos de caucho. Variaciones en este patrón de rodillado han incluido:

- a) No usar el modo vibratorio del rodillo, e incrementar el número de pasadas estáticas.
- b) No usar un rodillo de neumáticos de caucho para aplanar la textura de la superficie.

Ya que no hay medios normalizados para determinar la consistencia del CCR, una buena indicación de que el CCR está listo para compactarse es por observación del comportamiento del CCR fresco bajo las pasadas estáticas de rodillo. CCR que tenga la consistencia apropiada para compactarse se deflactará uniformemente bajo las pasadas del rodillo. Si el CCR es muy húmedo para una compactación apropiada, la superficie aparecerá brillante y pastosa, y el CCR presentará un comportamiento de acolchonamiento bajo el rodillo e incluso bajo el tráfico peatonal. Si el CCR es muy seco, la superficie aparecerá cubierta de polvo o granulosa e incluso puede cortarse horizontalmente; el rodillo no hará una impresión profunda en la superficie; y la densidad especificada será difícil de

obtener, especialmente en la porción inferior de la capa. Solo ajustes menores en el contenido de agua, para la trabajabilidad, deben ser hechos o un nuevo diseño de mezcla puede ser requerido.

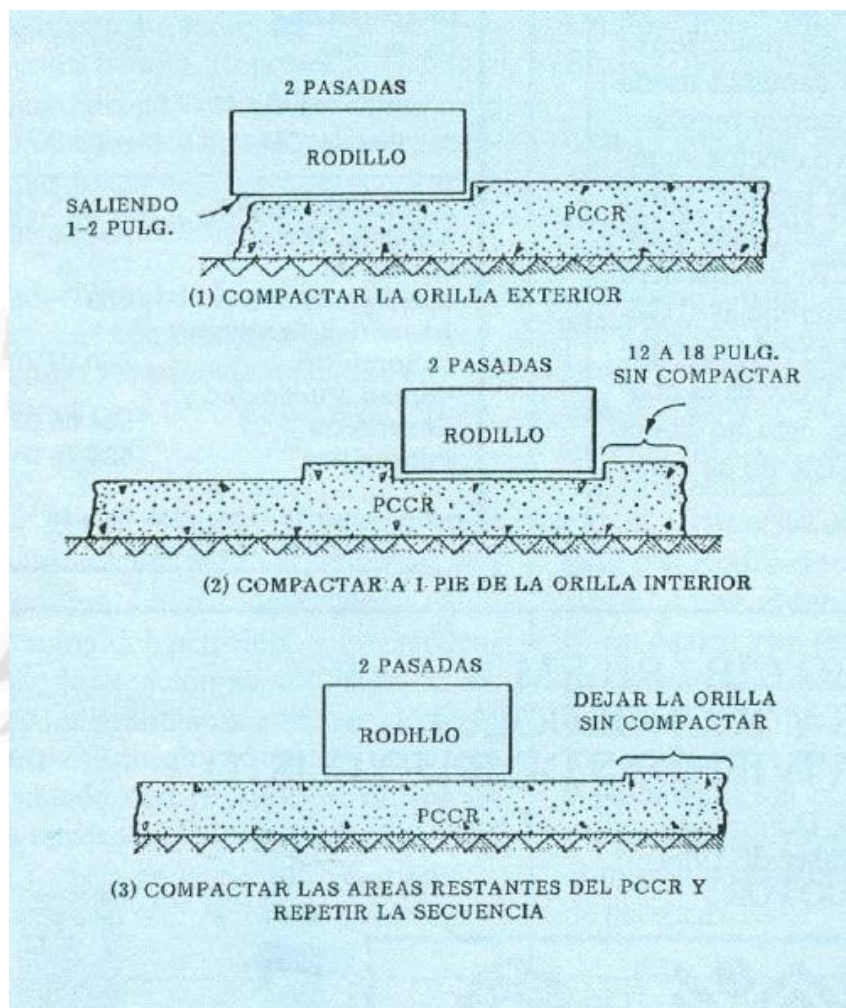


Fig. N°2.5: Procedimiento de Compactación del primer carril

Fuente: Gómez Domínguez, J.; Scholer, C., Construcción de caminos de bajo volumen con CCR

2.1.8.5. Juntas de Construcción

Las juntas para un pavimento de CCR son las áreas mas críticas del proyecto para obtener una adecuada regularidad superficial.

Las juntas longitudinales y transversales para CCR son tratadas utilizando los procedimientos empleados para concreto convencional (aserrado y sellado). Las

primeras son formadas entre carriles de pavimentos contiguos en la dirección del pavimento; y las segundas son formadas en los finales de los carriles del pavimento, perpendiculares a la dirección del pavimento.

Una junta de construcción puede ser considerada “fresca” si es formada entre carriles de pavimento sucesivos cuando el intervalo de tiempo entre la colocación y la compactación de los carriles es lo suficientemente corto para permitir que los carriles sean compactados juntos para formar una unión monolítica de los carriles. Este intervalo de tiempo es usualmente una hora, dependiendo del viento, la temperatura, y la humedad.

Juntas longitudinales frescas son construidas dejando de 12 a 18 in (305 a 457 mm) del lado exterior del carril de pavimento sin compactar durante la operación de rodillado. Este borde no compactado es entonces usado para fijar la altura de la niveladora de la pavimentadora para pavimentar el carril contiguo. Después de que el carril contiguo es colocado, la junta es compactada centrando el tambor del rodillo encima de la junta y compactando los bordes del carril contiguo simultáneamente. Más pasadas pueden ser necesitadas en la junta que en la porción interior del carril para obtener la densidad especificada y la adecuada regularidad a través de la junta.

Si el intervalo de tiempo entre la colocación y la compactación es mayor a una hora se ha de formar una junta fría, son usualmente construidas recortando el borde exterior no compactado del carril de pavimento con una sierra de concreto, y pavimentando contra el borde vertical. Las Juntas de construcción transversales son usualmente formadas recortando los desniveles finales redondeados con una sierra de concreto, y pavimentando los carriles sucesivos contra el borde vertical restante. El material traslapado fresco el cual es dejado encima del carril endurecido más antiguo en las juntas de construcción resulta muy frecuentemente en el desgrane (tendencia del agregado a desplazarse y separarse del concreto a lo largo de la junta al ser aserrada) y a la formación de fragmentos en forma de escamas, indeseables en la construcción de juntas a edades posteriores. El material traslapado es usualmente removido antes que la junta sea compactada.

Los espaciamientos de estas juntas varían típicamente entre 9 a 21 m, dependiendo de los patrones de grietas naturales; la profundidad del corte de sierra ha variado entre 1/4 a 1/3 de la profundidad del pavimento; la PCA recomienda que las juntas deben estar separadas no mas de 6m, naturalmente ocurriendo la formación de grietas que por lo general no son selladas; sin embargo las juntas aserradas son usualmente selladas

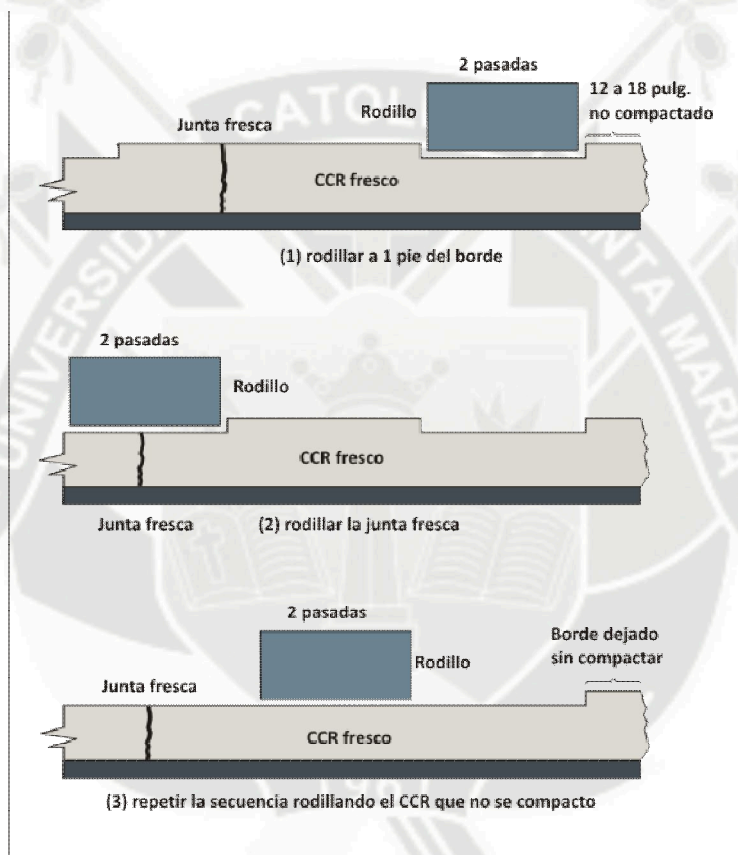


Fig. N°2.6: Patrón de Rodillado para juntas frescas

Fuente: Report on Roller-Compacted Concrete Pavements, ACI 325

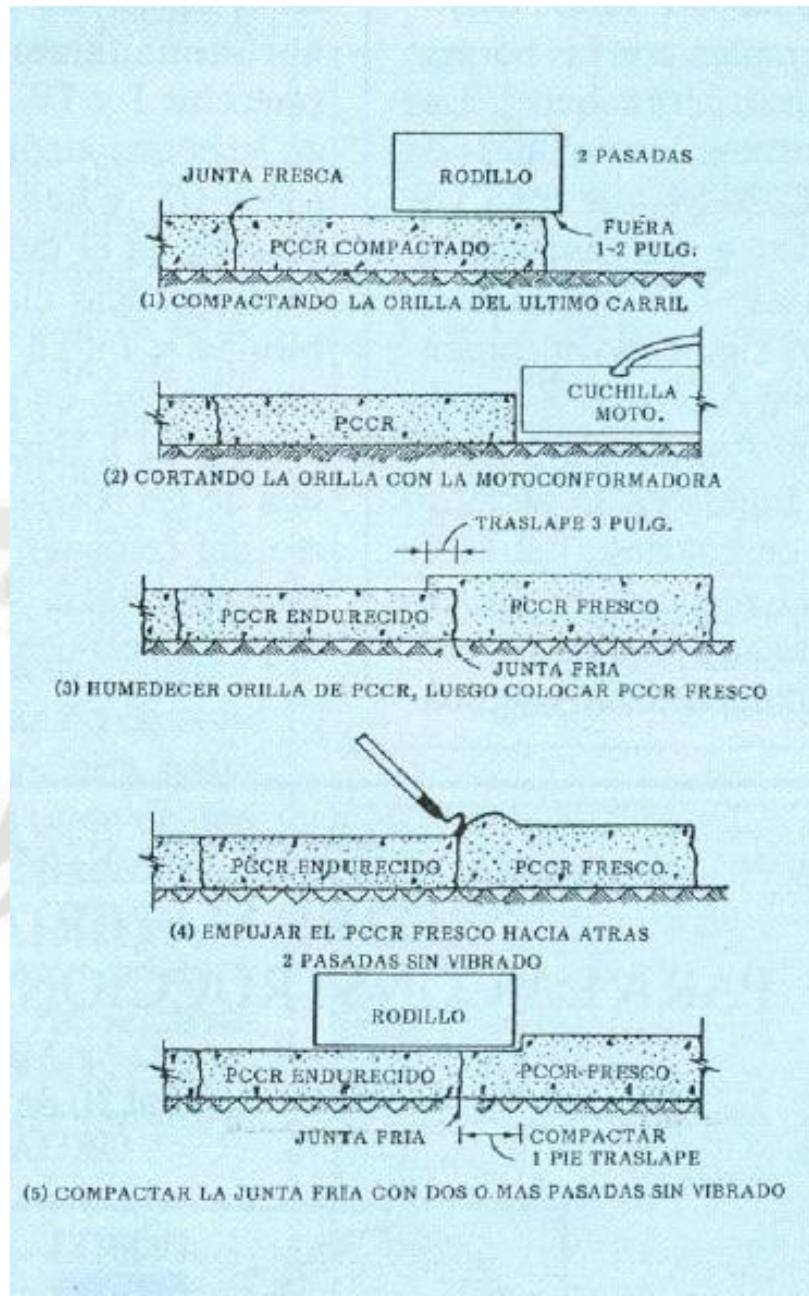


Fig. N°2.7: Construcción de una junta fría

Fuente: Gómez Domínguez, J.; Scholer, C., Construcción de caminos de bajo volumen con CCR

2.1.8.6. Curado

Debido a que el CCR tiene un contenido de agua relativamente bajo, el curado por humedad ha sido usado para la mayoría de los proyectos. El curado por humedad beneficia al pavimento permitiendo que el concreto desarrolle la resistencia de diseño y ayuda a prevenir la formación de escamas y desgrane de la superficie endurecida. El CCR típicamente es curado por humedad por un mínimo de 7 días. Un camión cisterna equipado con una barra atomizadora es usado comúnmente para mantener la superficie húmeda el primer día, después del cual un sistema de riego por aspersión, tejido de estopa o yute húmedo, o uso continuo del camión cisterna es usado para mantener la superficie húmeda por el resto del periodo de curado.

Una emulsión asfáltica ha sido usada en Canadá y Europa con algún éxito en el curado del CCR, pero a menudo es además cubierta con un revestimiento de concreto asfáltico. Todo el tráfico vehicular excepto por los camiones atomizadores de agua es usualmente restringido de la superficie del pavimento por un mínimo de 14 días. Una práctica común en Europa es permitir la apertura de un pavimento de CCR después de 24 horas, usualmente después de la aplicación de un concreto asfáltico o una capa de rodadura sellada con gravilla y asfalto para proteger la superficie de la abrasión del tráfico. Esta práctica aprovecha la estabilidad del pavimento de CCR nuevo, pero los efectos de la carga anticipada en la durabilidad a largo plazo y características de fatiga del concreto son desconocidos.

2.1.8.7. Inspección y Evaluación del Pavimento CCR

Los procedimientos de inspección y evaluación para pavimentos de CCR son similares a aquellos para pavimentos de concreto convencional, con unas pocas excepciones. Para asegurar que un pavimento de calidad es construido, la inspección y evaluación son la responsabilidad conjunta del contratista y del propietario/ingeniero. La extensión de la inspección y evaluación dependerá de la

naturaleza y tamaño del proyecto y será especificada en los documentos del contrato.

a. **Inspección y Evaluación de Pre-construcción**

La inspección y evaluación de pre-construcción incluye típicamente ensayos de calidad de los materiales, inspección de la planta de mezclado, calibración de la planta, inspección del equipo, y la construcción, inspección y evaluación de una sección de prueba.

Evaluación de los materiales

El muestreo y evaluación de los materiales para pavimentos de CCR son típicamente los mismos que para el concreto convencional. Antes de la construcción, los materiales son muestreados y ensayados en concordancia con los estándares especificados y son aceptados o rechazados de acuerdo a las especificaciones planteadas. Los materiales a ser ensayados incluyen agregados, materiales cementantes, agua y aditivos.

Dosificación de la mezcla

Después de la evaluación de los materiales, los estudios de dosificación de la mezcla son realizados, para asegurar que los requerimientos de diseño para resistencia, durabilidad y otras propiedades pueden ser cumplidos.

Planta mezcladora

Antes de comenzar las operaciones de pavimentado, la planta mezcladora es inspeccionada. Dos puntos de particular importancia para la construcción de pavimentos de CCR son la capacidad de la planta y el tipo de mezcladora. Una planta mezcladora es seleccionada para proporcionar la capacidad mínima necesitada para alimentar adecuadamente CCR mezclado a la pavimentadora sin retrasos y de este modo minimizar las juntas frías. El tipo de mezcladora es seleccionada para asegurar que la capacidad de la planta indicada puede ser

alcanzada mientras que se asegure un mezclado adecuado de los materiales del CCR.

Equipo

Es esencial que todo el equipo cumpla los requerimientos de las especificaciones y sea mantenido en condiciones de trabajo satisfactorias. El equipo comúnmente usado para la construcción de pavimentos de CCR incluye pavimentadoras de CCR, volquetes, rodillos vibratorios de ruedas de acero, rodillos de neumáticos de caucho y rodillos de ruedas de acero para el acabado.

Sección de prueba

Una diferencia importante de los pavimentos de concreto convencional es el requerimiento de una sección de prueba antes de la construcción. El propósito de la sección de prueba es permitir al contratista desarrollar y demostrar las técnicas de mezclado, transporte, colocación, compactación, acabado (regularidad y textura superficial), curado, y la preparación de las juntas de construcción propuestas. Adicionalmente, la sección de prueba proporciona la oportunidad para demostrar la distribución, el método y la velocidad del patrón de rodillado, el método de rodillado para las dos juntas de construcción frescas y frías, los procedimientos de arranque y acabado, curado, métodos de evaluación y operaciones de planta.

La sección de prueba debería ser construida sobre una sub-base compactada aprobada usando el mismo equipo, materiales y técnicas de construcción a ser usados en los trabajos posteriores. El muestreo y evaluación de la sección de prueba de pavimento de CCR deben ser completados antes del inicio de la operación de pavimentado. La sección de prueba generalmente incluye la construcción de juntas frías tanto longitudinales como transversales y una junta fresca. Esto usualmente requiere tres carriles de ancho de 12 a 14 ft (3.7 a 4.3 m), largo de 150 ft (45.7 m) cada uno con 1 ½ carriles colocados el primer día y el resto colocado el día siguiente. Atención especial es dada a la construcción de juntas frescas y frías, patrón de rodillado de los rodillos, correlación entre las

densidades del laboratorio y del indicador nuclear, y la correlación entre la densidad y el número de pasadas de los rodillos para que se logre la densidad total en toda la profundidad de cada capa. Al terminarse la sección de prueba, la superficie es verificada por lisura, rasgones y regularidad superficial.

b. Inspección y Evaluación durante la Construcción

Durante la construcción, la planta mezcladora es rutinariamente revisada y calibrada como sea necesario para asegurar que esté produciendo una mezcla de CCR dentro de las tolerancias detalladas en las especificaciones.

Ensayos de gradación, ensayos de humedad del agregado, ensayos de humedad – densidad, ensayos de densidad y humedad en campo, determinaciones de la regularidad superficial, fabricación y ensayo de vigas o cilindros, y calibración de la planta son efectuados en las frecuencias detalladas. Generalmente, los ensayos de gradación han sido ejecutados 3 veces al día, o cada 500 yd³ (382 m³). Los ensayos de humedad del agregado han sido ejecutados diariamente, o tantas veces como sean requeridos. El contenido de humedad del CCR ha sido comprobado, cuando es requerido, usando un horno microondas. Los ensayos de densidad han sido desarrollados cada 100 ft (30 m) por medidores de densidad nuclear (densímetro nuclear). Las lecturas de los medidores de densidad nuclear han sido comprobadas contra una densidad especificada, tal como la de un bloque estandarizado de pavimento de CCR.

Antes de las operaciones de pavimentado, la sub-base es chequeada por densidad y calidad. La sub-base es generalmente humedecida antes del pavimentado. Durante las operaciones de pavimentado, la pavimentadora es monitoreada continuamente para asegurar que está ajustada y que su velocidad está regulada a fin de que la superficie del pavimento de CCR sea suave y continua sin rasgaduras, que el pavimento de CCR sea de la profundidad requerida, y que está conforme a la calidad y regularidad requeridas después de la compactación. Los procedimientos de colocación son verificados para asegurar que toda la mezcla de CCR sea colocada y compactada dentro del límite de

tiempo especificado, generalmente 45 a 60 minutos, y un patrón según el cual el agua de curado de las colocaciones previas no afecte la colocación y compactación del CCR fresco.

La compactación del CCR es monitoreada de cerca para asegurar que la compactación comience y sea completada dentro de los límites de tiempo especificados, y que la compactación sea llevada a cabo usando el patrón de rodillado y el procedimiento desarrollados durante la construcción de la sección de prueba. Después que las deficiencias, si hay alguna, son corregidas, el rodillado es continuado hasta que la densidad requerida sea obtenida. La medición de la densidad usando el método del cono de arena no ha sido satisfactoria debido a la dificultad de efectuar el ensayo alrededor de las operaciones de construcción y al posible daño del hoyo por el equipo de compactación. Las lecturas de densidad nuclear han sido ejecutadas con medidores de retrodispersión, sondeo simple y sondeo doble. La experiencia con medidores de retrodispersión y sondeo simple indica que estos pueden no indicar con precisión la densidad en la porción inferior de los pavimentos de CCR.

La construcción de las juntas debe ser inspeccionada rutinariamente para asegurar que todas las juntas completadas tengan la misma textura, densidad y regularidad que las otras secciones del pavimento. Una atención particular es dada para asegurar que todas las juntas, frías o frescas, estén preparadas y compactadas como se especifican.

c. Inspección y Evaluación de Post-construcción

Para proyectos que requieren juntas aserradas, las operaciones de corte de sierra iniciales son monitoreadas para asegurar que el aserrado de juntas está siendo ejecutado a la alineación requerida y sin astillado, fragmentación, desgarró y agrietamiento del concreto. Después que el curado final ha sido completado, la operación de ensanchamiento de junta es inspeccionada para asegurar que el depósito de la junta este cortado a la profundidad y ancho requeridos y que las

caras de las juntas aserradas estén libres de socavación y lavado causados por el aserrado anticipado. Las juntas pueden ser limpiadas y selladas.

Posterior a la construcción, la extracción de núcleos del pavimento de CCR es usada a menudo para verificar el espesor. Algunos proyectos han requerido el aserrado de vigas o extracción de núcleos del pavimento para determinar la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión, respectivamente. La extracción y aserrado son inspeccionados para asegurar que ellos sean llevados a cabo de la manera y cantidad especificadas y que las áreas sean rellenas.

REFERENCIAS

1. Carrillo Vásquez, A.; Orellana V. (2003), Algunas Consideraciones sobre aspectos relacionados con el concreto compactado con rodillo (CCR) empleado en la construcción de pavimentos
2. Rocha Pitta, M. , Estado del arte de los pavimentos de concreto compactado con rodillo, ASOCM
3. Santaella Valencia, L., Comentarios sobre el concreto compactado con rodillo (CCR). (1999)
4. Escalaya Advíncula, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. (2006)
5. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading), ASTM C 293
6. Ruelas Castillo, Y., Pavimentación de las vías de accesos al puente Chilina tramo I en concreto compactado con rodillo (CCR), diseñado con el concepto de compactación de suelos. (2010)
7. Gilbert Gedeon, P.E., Roller Compacted Concrete
8. Gómez Domínguez, J.; Scholer, C., Construcción de caminos de bajo volumen con concreto compactado con rodillo

Capítulo III

ENSAYOS DE LABORATORIO

3.1. GENERALIDADES

La mayoría de los ensayos usados hasta la fecha para CCR son ensayos estándar desarrollados para concreto convencional o en algunos casos para suelos. Dentro de ellos se incluyen ensayos para definir las propiedades y aprobación de los materiales. ⁽¹⁾

3.2. ENSAYOS PARA SUB-RASANTE

Los ensayos destinados a medir la resistencia de un suelo frente a cargas dinámicas de tránsito son muy variados, siendo los más comunes los que se explican a continuación.

Contenido de humedad

El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje. ⁽²⁾

Granulometría

Los ensayos de granulometría tienen por finalidad determinar en forma cuantitativa la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño. La distribución de las partículas con tamaño superior a 0.075 se determina mediante tamizado, con una serie de mallas normalizadas.

Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg.

Los ensayos se realizan en el laboratorio y miden la cohesión del terreno y su contenido de humedad, para ello se forman pequeños cilindros de de espesor con el suelo. Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

- Límite líquido: Cuando el suelo pasa de un estado líquido a un estado plástico. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
- Límite plástico: Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.
- Límite de retracción o contracción: Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Peso específico

Es necesario para calcular la relación de vacíos de un suelo. El objetivo es determinar el peso específico del suelo de cualquier material compuesto por partículas pequeñas, esta práctica es aplicable específicamente a suelos y agregados finos como los utilizados en mezclas de concreto y asfalto.

Proctor Modificado

Describe y regula los procedimientos de compactación utilizados en el laboratorio para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de los suelos compactados en un molde.

Densidad de Campo

Mediante el uso del método del cono de arena se logra determinar la densidad o masa unitaria del suelo en el sitio o campo, este método también es utilizado para hallar el grado de compactación del suelo.

California Bearing Ratio

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte”. Se aplica para la evaluación de

la calidad relativa de suelos de sub rasante, algunos materiales de sub. bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%.

3.3. ENSAYOS PARA MATERIAL DE CANTERA

Es muy importante saber la ubicación, localización y que tipos de material se extrae de las canteras de nuestra región para así poder tener la accesibilidad al tipo de material que necesitamos.

✓ Agregado Grueso

El agregado grueso es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

✓ Agregado Fino

Se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm. ⁽³⁾

Los ensayos a realizar son los siguientes:

Granulometría:

Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla, y en la economía. (ASTM C136)

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURA EN PULGADAS	ABERTURA EN MILIMETROS
3"	3	75
1 1/2"	1,5	37,5
3/4"	0,75	19
3/8"	0,375	9,5
No 4	0,187	4,75
No 8	0,0937	2,36
No 16	0,0469	1,18
No 30	0,0234	0,59
No 50	0,0117	0,295
No 100	0,0059	0,1475
No 200	0,0029	0,0737

Tabla 3.1: Tamices Standard ASTM C-136

Fuente: Carreteros.org/normativa

Absorción y Peso Específico

Peso específico:

- Es un índice de calidad que puede utilizarse para separar el material bueno del malo.
- Indica cuanto espacio ocuparán en la mezcla de concreto.
- Nos sirve para calcular el porcentaje de huecos presentes en el agregado.

Absorción: Es la capacidad para admitir y sustraer agua en los espacios internos constituidos por poros.

Peso Unitario

Este ensayo presenta la relación peso/volumen, para determinar cómo se van a seleccionar y manejar los agregados. Esta relación tiene cierta influencia sobre la calidad del cemento.

Peso unitario suelto: Es aquel en el que se establece la relación peso/volumen dejando caer libremente desde cierta altura, en un recipiente de volumen conocido y estable. Este dato es permite convertir pesos en volúmenes y viceversa cuando se trabaja con agregados.

Peso unitario compactado: Este proceso es parecido al del peso unitario suelto, pero compactando el material dentro del molde.

Desgaste

Este método consiste en ensayar agregados gruesos, por resistencia de abrasión usando la máquina de ensayo de los ángeles.

3.3.1. Preparación de Especímenes

La tarea del técnico de laboratorio es producir un espécimen de laboratorio que tenga la misma densidad que la final producida en el campo, el problema radica en la preparación de especímenes de laboratorio que produzcan propiedades parecidas a las del CCR colocado en el campo, donde camiones, topadoras y rodillos vibratorios compactan y consolidan la mezcla. ⁽¹⁾ La mayoría de los especímenes se han preparado en moldes usados para la elaboración de cilindros de concreto estándar de 6 pulg de diámetro y 12 pulg de altura (152 por 304 mm).

Usualmente, se utilizan moldes cilíndricos metálicos partidos o con hendidura para permitir la extracción más fácil de las mezclas secas compactadas de CCR. También se han usado moldes plásticos o fundas de metal insertados en un cilindro de acero sobre medido, para facilitar la extracción del espécimen.

Para la preparación de cilindros se utilizan tres métodos básicos: compactación por impacto, vibración y apisonamiento.

3.3.2. Equipos y Procedimientos Apropriados de Laboratorio

Diferentes métodos pueden ser usados para compactar especímenes de CCR en el laboratorio. El equipo utilizado para la compactación de especímenes de CCR en el laboratorio deberá lograr la misma densidad y el contenido de vacíos alcanzados en el campo con un equipo adecuado.

Compactación por impacto:

Los métodos de compactación por impacto para la preparación de especímenes se han limitado a las mezclas de consistencia seca para la aproximación a suelos. El número de capas usado en la preparación de cilindros de prueba ha variado desde 3 capas de 4 pulg (100 mm) de espesor, a 6 capas de 2 pulg (50 mm). Se debe considerar que el número de capas no es tan importante como el tipo de martillo o apisonador usado y la cantidad de esfuerzo de compactación o energía aplicada al material en el cilindro rígido.

La mayoría de los procedimientos para la preparación de especímenes compactados por impacto han sido hechos con el mismo tipo de equipo que es utilizado en el ensayo Proctor Modificado para suelos. El ensayo emplea un martillo de 10 lb (4,5 Kg) que se deja caer 18 pulg (450 mm) antes de golpear la superficie del material ensayado.

Compactación por vibración:

La compactación por vibración es usada para mezclas con aproximación a concreto, diseñadas para tener más pasta que vacíos en los agregados. Un cilindro de acero de 6 pulg por 16 pulg (152 por 304 mm) es sujetado rígidamente a una mesa vibratoria y llenado en 3 capas iguales. Generalmente, la mesa vibratoria es la misma que se usa en el ensayo VeBe, para determinar la consistencia en las mezclas de CCR. En la parte superior de la capa se coloca un peso de 20 lb (9,1 Kg) y el cilindro es vibrado hasta que la pasta se forme alrededor del borde de la sobrecarga. Después de la tercera repetición, el exceso de concreto es enrasado y el cilindro es cubierto para su posterior ensayo.



Fig. N° 3.1: Mesa vibratoria para la preparación de cilindros de CCR

Fuente: Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos

Compactación por apisonamiento:

El método de apisonamiento, puede ser conseguido por dos distintos métodos:

- El uso de un martillo pole neumático
- El uso de un pisón vibratorio impulsado eléctricamente.



Fig. N°3.2: Martillo Neumático para la elaboración de probetas de CCR

Fuente: Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos



Fig. N°3.3: Pisón eléctrico

Fuente: Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos

REFERENCIAS

1. Escalaya Advíncula, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. (2006)
2. http://www.uclm.es/area/ing_rural/trans_hidr/tema14.pdf, Moreno V., A. Conceptos Básicos, Escuela universitaria de ingeniería técnica Agrícola de Ciudad Real
3. <http://www.buenastareas.com/ensayos/Agregado-Grueso-y-Agregado-Fino/2910993.html>, Agregado Grueso y Agregado Fino
4. Carrillo Vásquez, C.; Orellana, V., Algunas consideraciones sobre aspectos relacionados con el concreto compactado con rodillo (CCR) empleado en la construcción de pavimentos

Capítulo IV

PROPORCIÓN DE MEZCLAS

La finalidad de la proporción de mezclas de CCR es producir un material usando la combinación más económica de materiales disponibles que puedan ser colocados por métodos de compactación con rodillo. Las propiedades físicas deseadas de la mezcla dependen de la función, localización y el diseño escogido para la estructura.⁽¹⁾

Se deberá tomar en cuenta las consideraciones iniciales de calidad y tamaño máximo del agregado y el tipo de cemento. Se deberá incluir la preparación de mezclas de prueba para confirmar que la consistencia es adecuada para la compactación con rodillo. Si la mezcla determinada en el laboratorio demuestra ser inadecuada para la construcción, deberá ser ajustada adecuadamente.

4.1. METODOS DE PROPORCIÓN DE MEZCLA CON APROXIMACIÓN A CONCRETO

Los métodos de proporción de mezclas con aproximación al concreto dependen de ensayos de consistencia por vibración para determinar el contenido de agua de la mezcla.

Todos estos métodos están basados en un valor VC (o en un tiempo Vebe) indicador de la completa consolidación del CCR, la premisa básica de estos métodos es que el volumen de la pasta debe exceder los vacíos en el agregado. Por consiguiente existe la necesidad de controlar atentamente la granulometría para minimizar los vacíos y la cantidad de pasta requerida.

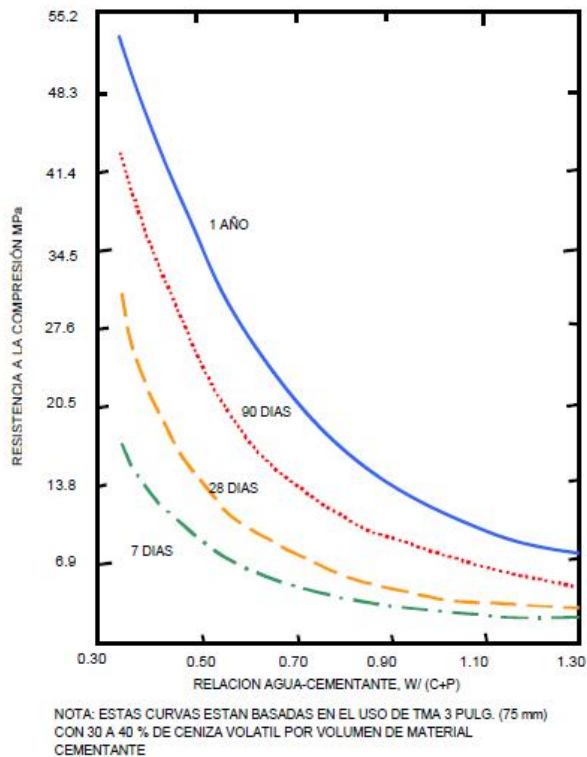
Los métodos de diseño de mezclas con aproximación a concreto usualmente involucran fijar todos los materiales básicos a excepción de uno (material cementante, agua, o contenido de agregado) para luego ir variando este componente hasta llegar a la consistencia deseada o propiedades requeridas. Cada variable puede ser ajustada al punto de optimizar los componentes de la mezcla.

El Método de la Alta Pasta: es un método de proporción de mezclas desarrollado por el Bureau of Reclamation de los Estados Unidos, las mezclas resultantes de este programa de ensayos generalmente contenían alto contenido de material cementante, puzolana, agregados normalizados y limpios y alta trabajabilidad.

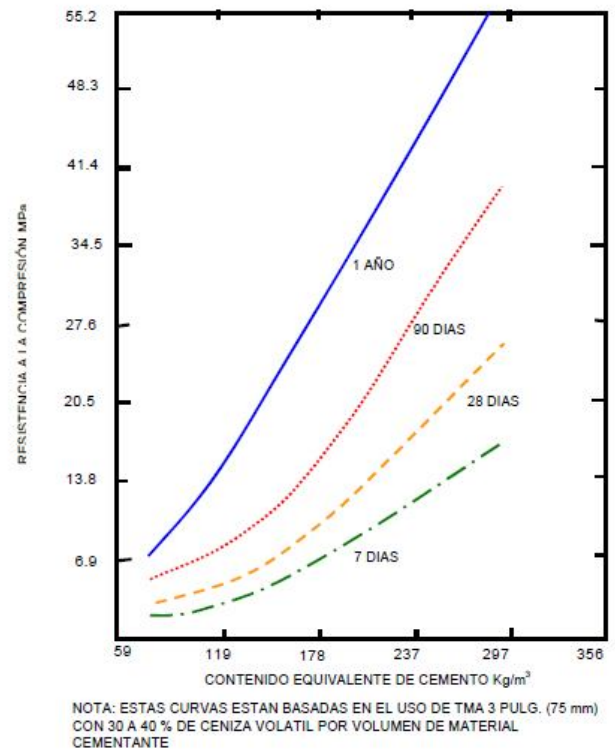
El método de la alta pasta implica determinar proporciones de agua/cemento y/o ceniza volátil – cemento para el nivel de resistencia deseado. Las proporciones óptimas de agua, agregado fino y grueso son determinadas por una serie de ensayos evaluando la consistencia VeBe para un rango de 10 a 30 segundos, los volúmenes y masas requeridas de agregado, cemento, puzolana, agua y aire son entonces calculados.

El Método del Cuerpo de Ingenieros del Ejército: es un método basado en la relación agua/cemento y resistencia, al igual que en un concreto convencional se calcula una cantidad de volumen de sólidos. La relación agua cemento y el contenido equivalente son establecidos de figuras basadas en los criterios de resistencia.

Una vez que el volumen de cada ingrediente es calculado, se puede realizar una comparación del contenido de mortero para valores recomendados, con la finalidad de verificar las proporciones. Este método también provee varios aspectos peculiares, incluyendo una combinación ideal de la granulometría de agregado grueso y fino, incorporando límites con un mayor porcentaje de finos que los permitidos por ASTM C 33.



(a)



(b)

Fig. N°4.1: (a) Resistencia a la compresión vs agua/cemento, (b) Contenido equivalente de cemento vs resistencia a la compresión (U.S. Army Corps of Engineers, 1992)

Fuente: Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos

4.2. METODOS DE PROPORCIÓN DE MEZCLA CON APROXIMACIÓN A SUELO

Para determinar la proporción con aproximación a suelo encontramos dos métodos, estos inician el diseño con la granulometría deseada de agregados y conlleva la preparación de cilindros con varios contenidos de cemento para determinar la resistencia u otras propiedades.

Las diferencias entre los dos métodos se centran en cómo la humedad o contenido de agua para la mezcla es determinada y el método de preparación de especímenes en las pruebas de laboratorio.

Método de CCR pobre:

Este método se inicia con una granulometría de agregados fija, varios contenidos de cemento y la comparación de resultados de la resistencia a la compresión.

La cantidad de agua usada para las mezclas es determinada por la observación de la consistencia de las mezclas con diversos contenidos de agua. El contenido de agua es establecido entre un punto del lado seco, donde los vacíos no son muy visibles en los lados del cilindro de laboratorio y en un lado húmedo, antes que la mezcla tenga un aspecto pegajoso .

Con la granulometría del agregado y el contenido de agua fijos, se preparan cilindros en el laboratorio con contenidos variables de cemento.

El contenido de cemento puede ser seleccionado para satisfacer los requerimientos del proyecto. Una vez que el contenido de cemento es seleccionado, pueden realizarse ensayos adicionales variando el tipo de agregado o la granulometría, especialmente el porcentaje de finos que pasa el tamiz N° 200.

Método de Suelos simplificado o utilizando el concepto de compactación de suelos:

El método básico es bastante similar al método de CCR pobre. Se inicia con una granulometría de agregados fija con una variación de contenidos de material cementante y la comparación de resultados, una vez que el contenido de agua es determinado.

El óptimo contenido de humedad es determinado por los principios de humedad - densidad, usando la compactación por impacto con un martillo estándar o dejando caer el apisonador un número prescrito de veces. Los pasos restantes en el método de diseño de mezcla son idénticos a los descritos para el método CCR pobre.

La investigación de laboratorio puede involucrar varios contenidos de cemento para alcanzar un nivel deseado de durabilidad. Para muchos de los diseños de mezclas por concepto de compactación de suelos, los contenidos de cemento son expresados como un porcentaje del peso seco del agregado. Los porcentajes son útiles en el proporcionamiento volumétrico del CCR.

REFERENCIAS

1. Escalaya Advíncula, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. (2006)
2. <http://www.slideshare.net/Garychv/nuevos-metodos-de-diseo-de-mezclas-de-concreto>, Nuevos métodos de diseño de mezclas de concreto
3. Rocha Pitta, M., Estado del arte de los pavimentos del concreto compactado con rodillo
4. Gilbert Gedeon, P.E., Roller Compacted Concrete
5. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos
6. Santaella Valencia, L., Comentarios sobre el concreto compactado con rodillo (CCR). (1999)

CAPITULO V

DISEÑO DE MEZCLAS CCR UTILIZANDO CONCEPTOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

5.1. GENERALIDADES

El Concreto Compactado con Rodillo (CCR) es un importante desarrollo en la tecnología de presas y pavimentos; este método no solo se desarrollo por diseñadores de presas, sino también del trabajo de ingenieros geotécnicos y empresas de ensayos de materiales familiarizados con los procedimientos de compactación de suelos y con los equipos utilizados en el ensayo de probetas de concreto.⁽¹⁾

Para el diseño de mezclas de Concreto Compactado con Rodillo utilizando los conceptos de compactación de suelos, se combinan la teoría de mecánica de suelos y la teoría de concreto convencional, utilizando procedimientos, equipos, materiales y ensayos de laboratorio de uso convencional en nuestro medio.

Las mezclas de CCR producidas usando métodos de diseño de concreto tienen una consistencia mas fluida que las mezclas con aproximaciones a suelos, debido a que existe una mayor cantidad de pasta en la mezcla de áridos. Estas mezclas pueden ser descritas como mas trabajables que las desarrolladas usando la aproximación a suelos; sin embargo, ambas filosofías producirán un concreto que es calificado como de “Slump cero”.

En general el método de conceptos de compactación de suelos puede ser considerado un “enfoque simplificado” (Reeves y Yates 1985), ya que puede ser tratado como un suelo procesado desde la fase de diseño hasta su colocación y la realización de ensayos de campo del material; después del colocado debe ser curado y tratado como si fuese un concreto convencional.⁽²⁾

Es de importancia que el diseño, los ensayos y el proceso constructivo sean lo más simples posible; de tal manera, que el ingeniero de diseño, el constructor y el ingeniero de laboratorio puedan fácilmente responder a las necesidades de un proyecto de CCR. Para lograr este objetivo, un proyecto de CCR debe utilizar equipos de laboratorio, ensayos, tecnologías de construcción y control de campo, conocidos.

5.2. MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLA DEL CCR POR CONCEPTOS DE MÉCANICA DE SUELOS

La teoría del diseño de mezclas para el diseño de concreto convencionales, tiene validez para las mezclas de CCR. Sin embargo, en esta metodología de diseño de mezclas para CCR, se le considera como un suelo procesado o un agregado enriquecido con cemento, cuyo diseño de mezclas está basado en dos características que hacen que el diseño de la mezcla sea recurrente, la compactación y la baja relación agua/cemento.

Para un agregado específico y un contenido de material cementante, es necesario determinar un contenido óptimo de humedad para un esfuerzo de compactación de laboratorio que corresponde al esfuerzo o densidad aplicado por los rodillos en el campo. En la aproximación a suelos, la pasta (cemento, puzolana, agua) no rellena generalmente todos los vacíos en los agregados después de la compactación.

En esta metodología para la dosificación del CCR como se dijo, al concreto se le trata como un suelo mejorado con adición de cemento, entonces se debe conocer todas las propiedades de los componentes como son las características y combinación de agregado grueso y fino, el requerimiento de agua, teniéndose como variable para obtener una resistencia requerida, la cantidad de cemento, siendo esta obtenida realizando ensayos de resistencia en su estado endurecido para diferentes cantidades de cemento.

5.3. PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO DE LA MEZCLA DE CCR

En base a las filosofías mencionadas, se ha desarrollado una metodología de trabajo a utilizar en el proyecto de tesis para la dosificación de los componentes de la mezcla del CCR por el método de compactación de suelos, se presenta el siguiente esquema:

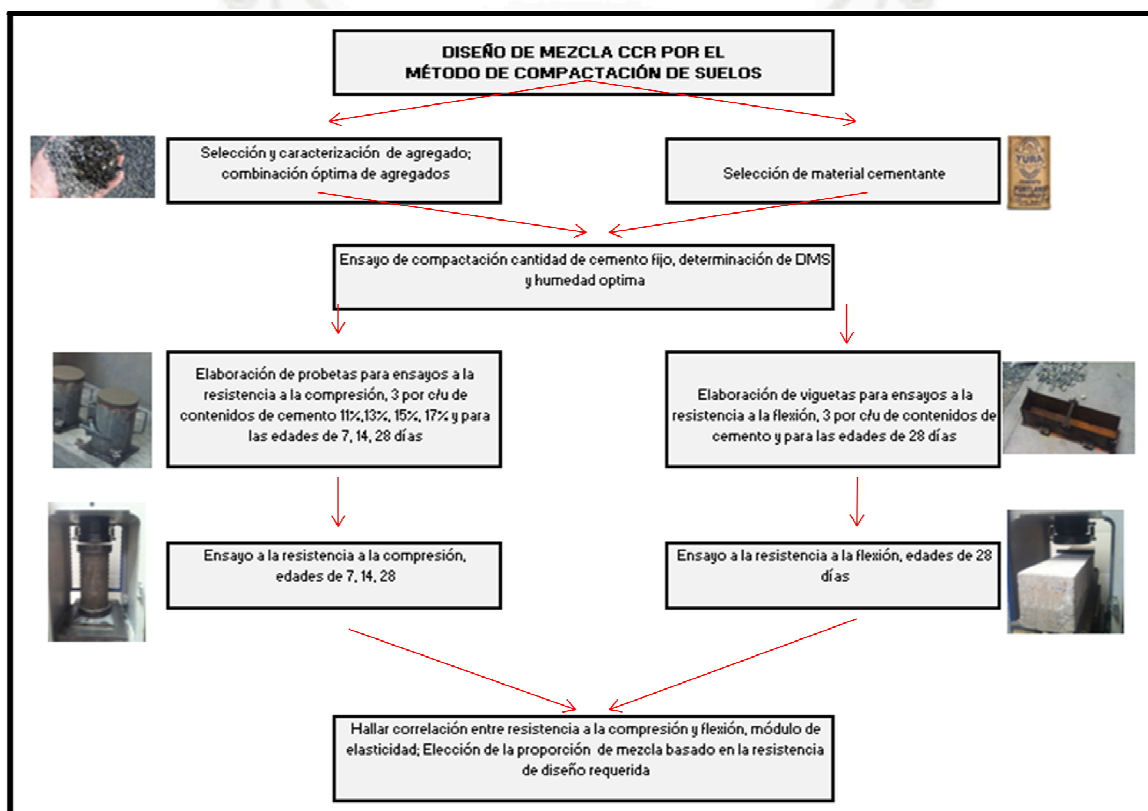


Fig. N° 5.1: Esquema gráfico del procedimiento para la obtención de la mezcla de CCR

Fuente: Propia

Teniendo la secuencia de trabajo a realizar para determinar las proporciones de los componentes del CCR que fuera necesario para alcanzar la resistencia requerida, se iniciará con la selección y caracterización de las propiedades físicas de los agregados a emplearse, para posteriormente hacer las combinaciones de mezclas de ambos agregados, siendo elegida la mezcla de agregado que posea

menor cantidad de vacíos entre sus partículas. Asimismo se elegirá el tipo de cemento a emplearse para dicho diseño, con el fin de que sus características cumplan con las exigencias impuestas por el CCR aplicado a pavimentación.

El siguiente paso a realizar consiste en estimar el contenido de humedad, haciendo uso del ensayo de Proctor Modificado según la norma ASTM D 1557, tomándose en consideración que el agregado empleado es la mezcla óptima que se obtuvo en un inicio y la cantidad de cemento a considerar en este ensayo será según recomendaciones seguidas para la resistencia solicitada, ambos componentes se mantienen constantes en dicho ensayo.

Teniendo una mezcla óptima de agregado, el tipo de cemento a emplearse, la cantidad de agua necesaria, lo que faltaría es la cantidad de cemento requerida para la mezcla de concreto CCR en su estado endurecido, dicha cantidad se obtiene previa elaboración de especímenes tanto de probetas para la prueba de resistencia a la compresión y de viguetas para la prueba de resistencia a la flexión, así como ensayos de módulo de elasticidad.

Para la obtención final de la cantidad de cemento empleada en la mezcla de CCR, se grafica los datos de cantidad de cemento con la resistencia a la compresión y/o a la flexión a los 28 días, sabiendo la resistencia requerida para el proyecto de pavimentación con CCR es hallada la cantidad de cemento.

5.3.1. Selección de canteras aledañas a la zona de estudio

Para la presente investigación se eligió la cantera con ubicación geográfica próxima a la zona del proyecto, con materia prima de bajo costo y cuyas mezclas resultantes de CCR superen las expectativas mínimas de resistencia, necesarias para los parámetros de diseño de la estructura de pavimento flexible.

Las muestras se deben obtener como lo indican las normas NTP y ASTM y de igual manera realizar las pruebas requeridas.

5.3.2. Selección de Agregados

La correcta selección de los agregados y el control de su granulometría son factores importantes que influyen en la calidad y propiedades del CCR. Los agregados utilizados deberán cumplir las normas aplicadas para la elaboración de concreto convencional.

Para alcanzar una alta calidad de mezcla de CCR, tanto el agregado grueso como el fino deben estar compuestos por partículas resistentes, durables y la calidad de cada una debe ser evaluada por pruebas físicas y ensayos de laboratorio que cumplan la norma ASTM C33.

La mezcla de CCR no suele ser tan cohesiva como la mezcla de un concreto convencional y por lo tanto, la segregación es un problema de importante preocupación, sin embargo con el fin de minimizar la segregación durante la manipulación y colocación de mezcla de CCR y para proporcionar un pavimento de textura relativamente suave, el TMN no debe superar los $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

Los límites granulométricos que se han utilizado para producir satisfactoriamente mezclas de CCR para pavimentos se muestran en la Fig. N° 5.2, también tenemos recomendaciones acerca de la cantidad de agregado grueso presente en la mezcla de CCR según la Tabla 5.1.

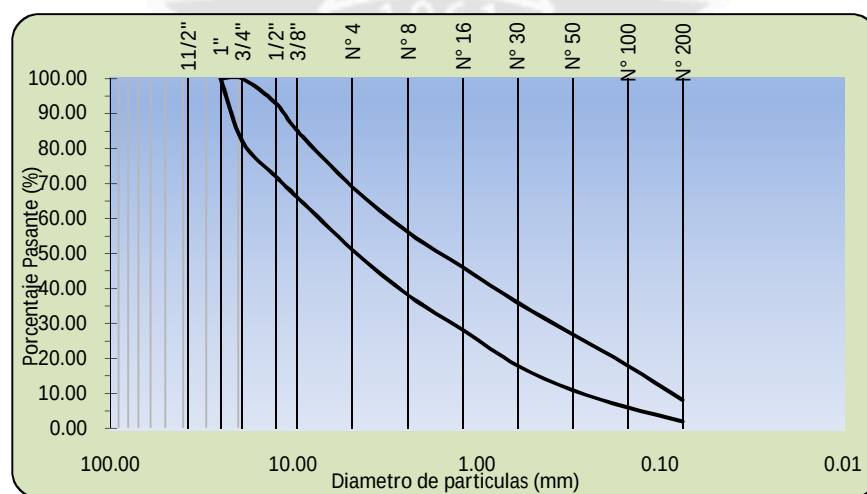


Fig. N° 5.2: Límites granulométricos para CCR según la ACI (American Concrete Institute)

TMN mm (in)	% de Agregado Grueso del Volumen total de CCR
150 (6)	63 a 64
115 (4-1/2)	61 a 63
75 (3)	57 a 61
37.5 (1-1/2)	52 a 56
19 (3/4)	46 a 52
9.5 (3/8)	42 a 48

Tabla: 5.1: Recomendaciones del ACI, cantidad en volumen absoluto del Agregado grueso por unidad volumen de CCR (ACI 211.3R, 2005)

5.3.2.1. Características de los Agregados

Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico al cual se somete un suelo es de mucha importancia para la construcción de estructuras de carreteras porque con este ensayo se puede determinar, la conformidad de la gradación o distribución por tamaño de las partículas con los requerimientos de la especificación aplicable, la proporción de datos necesarios para el control de producción de agregados y mezclas de los mismos, permeabilidad y cohesión del suelo.

Para este proyecto los resultados son usados para evaluar su conformidad con los requerimientos de gradación establecidos en ASTM C 33 “Standard Specification for Concrete Aggregates”, esto para asegurar un CCR de calidad aceptable.

La Fig. N°5.3 muestra la granulometría para agregado fino con los límites propuestos por la norma ASTM usado en concretos convencionales

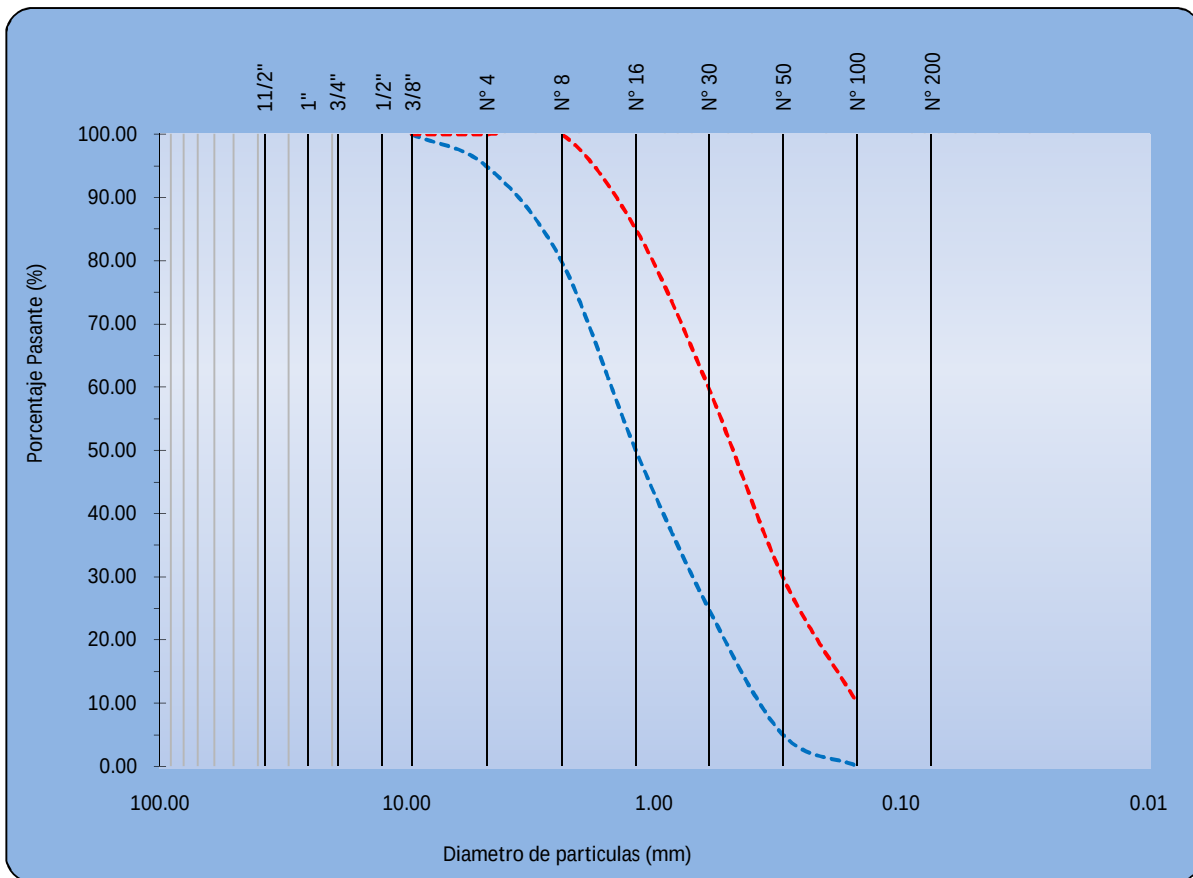


Fig. N°5.3: Límites máximos y mínimos para Agreg. Fino propuestos

Fuente: norma ASTM C33

En la Fig. N°5.4 se muestra la gradación del agregado grueso empleado para mezclas de CCR con sus respectivos límites de acuerdo a la norma ASTM Huso67.

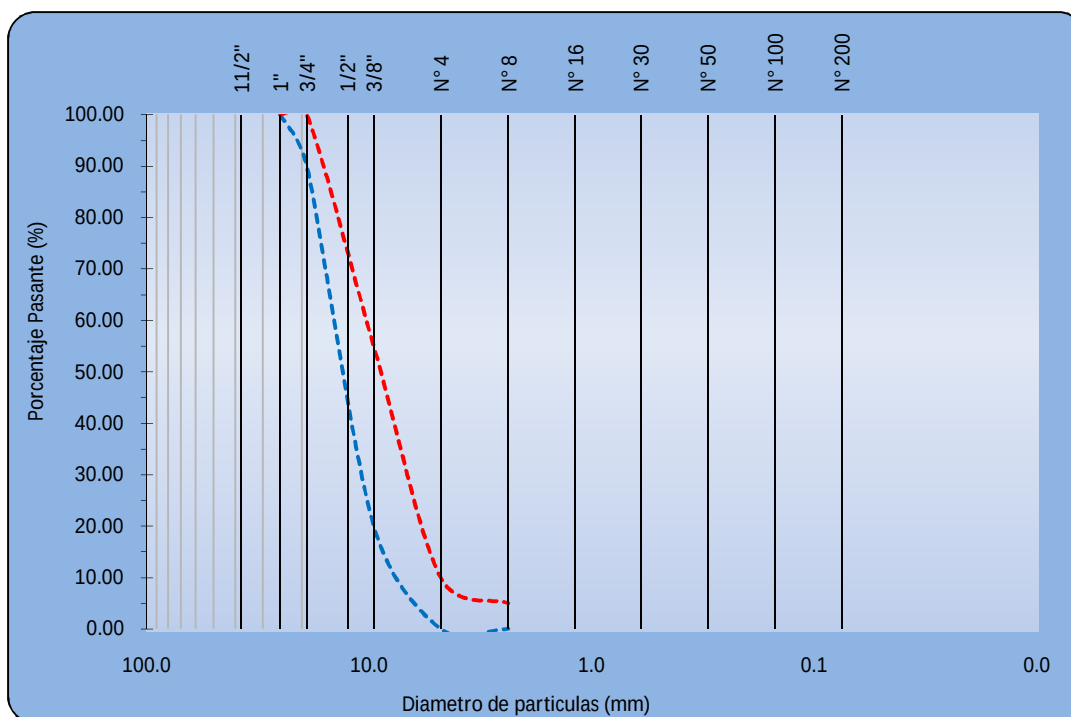


Fig. N°5.4: Límites máximos y mínimos para Agreg. Grueso propuesto

Fuente: norma ASTM C33

Agregado Fino

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
3/8"	9.50	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	11.80 g	2.36%	2.36%	97.64%
#8	2.36	78.40 g	15.68%	18.04%	81.96%
#16	1.18	148.30 g	29.67%	47.71%	52.29%
#30	0.6	108.20 g	21.64%	69.35%	30.65%
#60	0.25	80.50 g	16.10%	85.46%	14.54%
#100	0.15	37.30 g	7.46%	92.92%	7.08%
#200	0.075	27.80 g	5.56%	98.48%	1.52%
Fondo		7.60 g	1.52%	100.00%	0.00%
Suma		499.90 g	100.00%		

Tabla 5.2: Resultado del ensayo de granulometría para el Agreg. Fino

Fuente: Propia

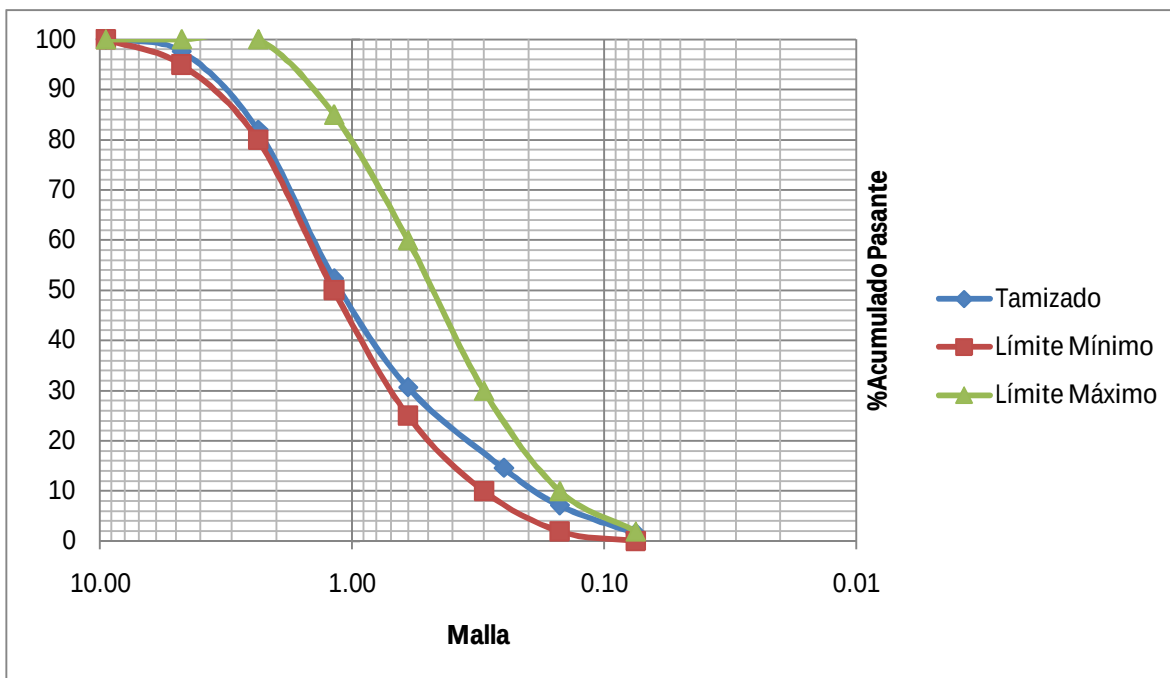


Fig. N°5.5: Resultado del ensayo de granulometría para Agreg. Fino

Fuente: Propia

Agregado Grueso

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	755.60 g	10.07%	10.07%	89.93%
1/2"	12.7	2298.00 g	30.64%	40.71%	59.29%
3/8"	9.53	1722.10 g	22.96%	63.67%	36.33%
#4	4.75	2685.60 g	35.81%	99.48%	0.52%
Fondo		39.10 g	0.52%	100.00%	0.00%
Suma		7500 g	100.00%		

Tabla 5.3: Resultado del ensayo de granulometría para el Agreg. Grueso

Fuente: Propia

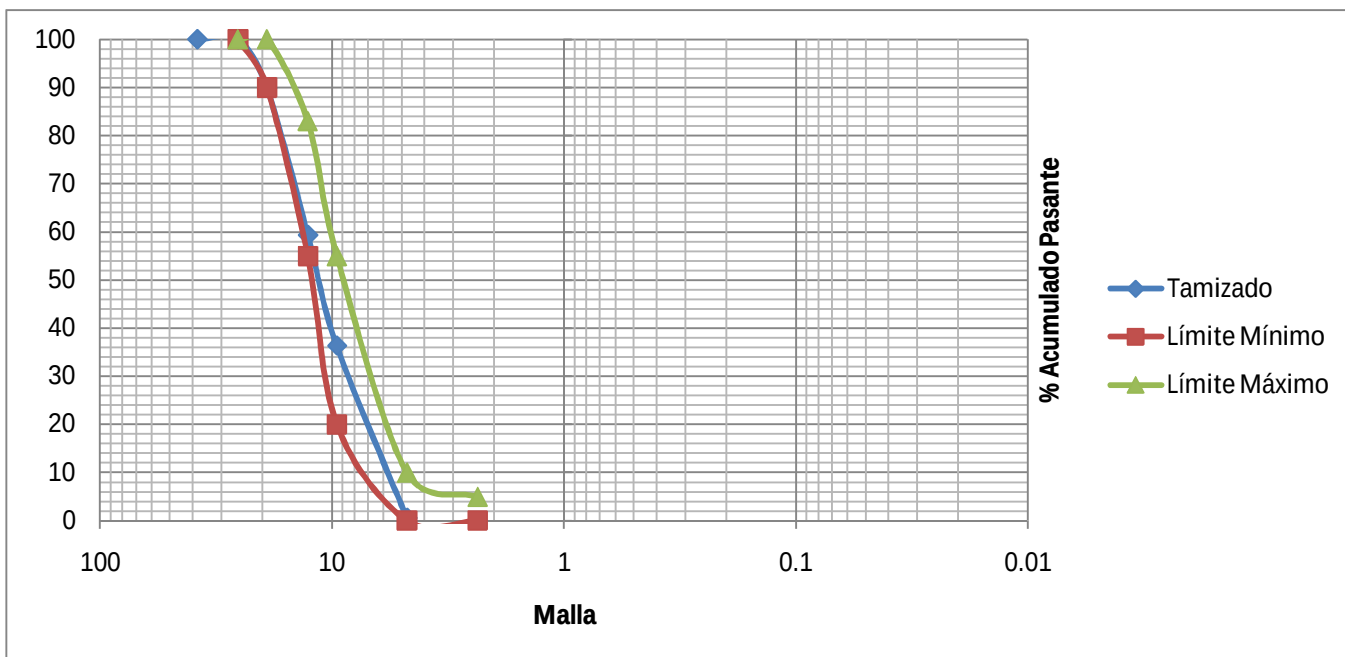


Fig. N° 5.6: Resultados del ensayo de granulometría para Agreg. Grueso

Fuente: Propia

Material pasante la malla N° 200

Las fracciones de agregado mas finas que el tamiz de 75um (N°200) son de gran importancia ya que si son no plásticas, pueden reducir los vacios entre las partículas de agregados. El requerimiento de este material depende de la cantidad de material cementante y del tamaño máximo del agregado.

Los efectos que causan los finos en las propiedades de la mezcla del CCR fresco o endurecido deben ser evaluados en el estudio de proporcionamiento de la mezcla.

La cantidad de material fino pasante la malla No 200 en nuestro caso es de 1.52% en peso del agregado fino.

Tamaño Máximo

- Tamaño máximo: es el menor tamaño de la malla a través de la cual la cantidad entera del agregado pasa.

- Tamaño máximo nominal (TMN): es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado.

Debido a problemas de segregación presentes en una mezcla de CCR, se debe emplear el TMN mas grande, ya que dicho empleo reduce el contenido de vacíos de los agregados y por tanto reduce los requerimientos de la pasta en la mezcla; un menor contenido de material cementante hace que se reduzca el potencial de agrietamiento debido a esfuerzos térmicos en secciones masivas.

Las desventajas de incrementar el tamaño máximo nominal del agregado son fundamentalmente asociados con problemas de mezclado y manejo del CCR, es por ello que para proporcionar una textura superficial de pavimento relativamente lisa y minimizar la segregación durante la manipulación y colocación del CCR, se debe emplear TMN del agregado no mayor a $\frac{3}{4}$ " (19 mm), siendo este valor el empleado en la presente aplicación de CCR en un proyecto de pavimentación.

Gravedad Específica y Absorción

La densidad relativa (gravedad específica) es una característica generalmente usada en cálculos de proporcionamiento y control de la mezcla, tales como el volumen ocupado por el agregado en el método del volumen absoluto del diseño de la mezcla. La densidad relativa es también usada para el cálculo de vacíos en los agregados.

La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) pertenece al material sólido de partículas constituyentes no incluyendo el espacio de poros con las partículas que es accesible al agua.

La densidad relativa (gravedad específica) secado al horno SH es usada para cálculos de agregado en estado seco o se asume estar seco. Al inversa, la densidad relativa (gravedad específica) saturada y superficialmente seco SSS es usada cuando el agregado está húmedo, en resumen si su absorción ha sido satisfecha.

La capacidad de absorción dependerá del tipo de los agregados que usemos, ya que se encontrarán partículas con poros saturables, como no saludables que dependiendo de su permeabilidad pueden estar vacíos, parcialmente saturados o totalmente llenos de agua, generando así una serie de estados de humedad y densidad.

La absorción de los agregados es de gran importancia para el diseño de mezclas porque con el podremos determinar la cantidad de agua a utilizar para un volumen unitario de concreto.

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de poro con las partículas constituyentes, comparado con la condición seca, cuando es considerado que el agregado ha estado en contacto con agua por un periodo suficiente para poder satisfacer la absorción potencial.

Ensayos para el agregado grueso y fino:

$$A = \frac{(W_{ss} - W_s)}{W_s} * 100$$

(A) %	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
Wbalde	217.70 g	207.40 g
W natural	4000.00 g	1000.00 g
W bandeja	430.30 g	167.90 g
Wss	4037.10 g	500.00 g
Ws	3986.70 g	496.80 g
(A)%	1.26%	0.64%

Tabla 5.4: Resultados del ensayo de Absorción para Agreg. Grueso y Fino

Fuente: Propia

$$\gamma = \frac{W_{ss}}{W_{ss} - (W_1 - W_2)}$$

(γ) g/cm ³	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
W_{ss}	4037.10 g	500.00 g
W₁	2945.30 g	963.50 g
W₂	514.10 g	654.50 g
γ	2.51 g/cm ³	2.62 g/cm ³

Tabla 5.5: Resultados del ensayo de Peso Específico para Agreg. Grueso y Fino

Fuente: Propia

Densidad de Masa

También conocido como peso unitario, es la masa por unidad de volumen de un agregado, se incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de los vacíos entre las partículas.

Cuando el agregado sea almacenado por volumen, es necesario conocer la densidad de masa, que es la masa real que llenaría un contenedor de volumen unitario; esta densidad se usa para convertir cantidad desde masa a cantidades por volumen.

La densidad de masa depende de cuan compactado este el agregado y de la distribución de formas y tamaños de las partículas. Por ello, debe especificarse el grado de compactación. La norma *ASTM C 29* reconoce dos grados: suelto y compactado. La prueba se realiza empleando un cilindro de diámetro y profundidad que dependen del tamaño máximo nominal del agregado. Para la densidad en masa suelta, el agregado seco se coloca con cuidado en el contenedor hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Para determinar la densidad en masa compactada, el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen un número determinado

de veces con una varilla de punta redondeada de 16 mm (3/8 pulg.) de diámetro, y se remueve de nuevo lo que sobresalga. La masa neta del agregado en el contenedor, dividida entre su volumen, representará la densidad de masa para uno u otro grado de compactación.

Estado	W agregado	V proctor	Valor	Unidad
PUS	4777 g	2840.54 cm ³	1681.72	kg/m ³
PUC	5109 g	2840.54 cm ³	1798.60	kg/m ³

Tabla 5.6 Peso Unitario Agregado Fino

Fuente: Propia

Estado	W agregado	V proctor	Valor	Unidad
PUS	14832 g	9637.86 cm ³	1538.88	kg/m ³
PUC	15535 g	9637.86 cm ³	1611.91	kg/m ³

Tabla 5.7 Peso Unitario Agregado Grueso

Fuente: Propia

Resistencia al Desgaste

Los agregados se someten al desgaste y deterioro importante a lo largo de su vida. En general, el agregado debe ser duro y lo suficientemente fuerte como para resistir la trituración, degradación y la desintegración de cualquier actividad relacionada, incluida la fabricación, el almacenamiento, producción, colocación y compactación. Además deben ser capaces de transmitir adecuadamente las cargas de la superficie del pavimento a las capas subyacentes y finalmente al sub-suelo. Los agregados no suficientemente resistentes a la abrasión y pulido pueden provocar un fallo prematuro estructural y/o una pérdida de resistencia al deslizamiento. Además una baja resistencia al desgaste puede producir un exceso de polvo en la producción resultando posibles problemas ambientales, así como problemas de control de la mezcla. Esta propiedad importante del concreto es empleada en pavimentos sometidos a tránsito pesado.

Debido a los problemas anteriores, una prueba para predecir una resistencia global al desgaste es el ensayo de abrasión de Los Ángeles, este método es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones estándar resultantes de una combinación acciones en un tambor de acero rotatorio conteniendo un número especificado de esferas de acero, el número depende de la gradación de la muestra de ensayo. A medida que el cilindro rota, una plancha levanta la muestra y las esferas de acero, llevándolas consigo hasta dejarlas caer en el lado opuesto del cilindro, creando un efecto de impacto por aplastamiento. Los contenidos entonces ruedan dentro del cilindro con una acción de abrasión y pulverización hasta que la plancha recoja la muestra y las esferas de acero, y el ciclo es repetido. Después de un número prescrito de revoluciones, los contenidos son removidos del cilindro y la porción del agregado es tamizada para medir la degradación como un porcentaje de pérdida. Los resultados de este ensayo muestran una buena correlación no solo con el desgaste del agregado en el concreto si no con las resistencias a la flexión y compresión del concreto hechos con el mismo agregado.

Material	5000.00 g
Peso retenido Malla N° 12	3768.80 g
Resistencia al desgaste	75.38%
Porcentaje de desgaste	24.62%

Tabla 5.8: Resistencia al desgaste Agregado Grueso

Fuente: Propia



Fig. N°5.7 : Maquina de Abrasión de los Ángeles

Fuente: <http://www.testerinchina.es/5-3-abrasion-testing-machine.html>

5.3.2.2. Selección y Proporción Óptima de Agregado Fino y Grueso

Para la obtención de una combinación óptima de agregados grueso y ag. fino se seguirá un método desarrollado por O'REILLY.

El agregado empleado en la fabricación de CCR, tiene influencia en el porcentaje de vacíos de la mezcla, influyendo de esta manera la resistencia a la compresión, de acuerdo a la planteado la forma del agregado constituye un factor mucho más preciso que la granulometría de los mismos, por lo que no es posible entonces determinar la relación óptima de agregados grueso y fino por métodos basados en curvas granulométricas.

La aplicación de este método es más exacta por ser experimental, basándose en contenido de vacíos entre partículas del agregado, la cual es obtenida mediante la compactación seca de la combinación de diferentes cantidades de agregados.

Para determinar el porcentaje de vacío y la superficie específica mínimos hay que ensayar la mezcla de los agregados con las proporciones en peso de agregado fino y agregado grueso siguientes: 35:65; 40:60; 45:55; 50:50; 55:45; 60:40.

Como primer paso, hay que determinar, por el método normalizado, el peso unitario compactado (densidad de masa compactada) de la mezcla de los agregados (PUCm), de cada una de las mezclas anteriormente expresadas.

Los ensayos se realizaron por el mismo procedimiento normalizado que se empleó para determinar la densidad de masa compactada (peso unitario compactado) del agregado fino y el agregado grueso.

Después determinamos el peso específico aparente (densidad aparente) de la mezcla de los agregados; para obtenerlo, tenemos que determinar la densidad aparente (peso específico aparente) del agregado fino y del agregado grueso que estamos ensayando.

Sobre la base del peso específico aparente (densidad aparente) de la mezcla de agregados (PECm) y el peso unitario compactado (densidad de masa compactada) de ella (PUCm), podemos determinar el porcentaje de vacíos de la mezcla de los agregados (%V).

Relación	Estado	Valor	Unidad
35-65	PUC	1821.46	kg/m ³
40-60	PUC	1850.72	kg/m ³
45-55	PUC	1889.53	Kg/m ³
50-50	PUC	1875.24	kg/m ³
55-45	PUC	1849.41	kg/m ³
60-40	PUC	1841.59	Kg/m ³

Tabla 5.9: Peso Unitario Compactado para proporciones Agreg. Fino: Agreg. Grueso

Fuente: Propia

Relación		PECm	PECm
35%	65%	2.55 g/cm ³	2550.28 kg/m ³
40%	60%	2.56 g/cm ³	2555.47 kg/m ³
45%	55%	2.56 g/cm ³	2560.67 kg/m ³
50%	50%	2.57 g/cm ³	2565.86 kg/m ³
55%	45%	2.57 g/cm ³	2571.05 kg/m ³
60%	40%	2.58 g/cm ³	2576.25 kg/m ³

Tabla 5.10: Peso Específico Aparente para las proporciones de Agreg. Fino : Agreg. Grueso

Fuente: Propia

Relación		% Vacíos
35%	65%	28.58
40%	60%	27.58
45%	55%	26.21
50%	50%	26.92
55%	45%	28.07
60%	40%	28.52

Tabla 5.11: Porcentaje de Vacíos para las proporciones de Agreg. Fino : Agreg. Grueso

Fuente: Propia

Una vez determinado el porcentaje de vacíos para todas las combinaciones de agregado fino y agregado grueso, elegimos la combinación que tenga el porcentaje menor como la óptima para la composición del concreto.

Se puede apreciar en las Fig. N°5.8, Fig. N°5.9; se nota que el Peso Unitario Compactado para las diferentes proporciones del agregado son inversamente proporcionales a la cantidad de vacíos, la metodología seguida para hallar que porcentaje en peso de agregado fino y grueso es aquella que nos da la menos cantidad de vacíos, obteniéndose así una proporción de 45-55.

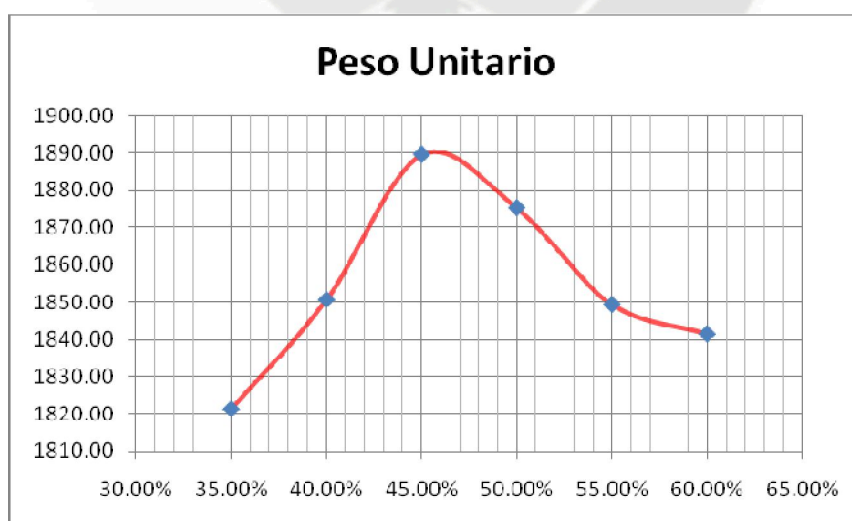


Fig. N°5.8: Pesos Unitarios Compactados para las diferentes proporciones de agregados

Fuente: Propia

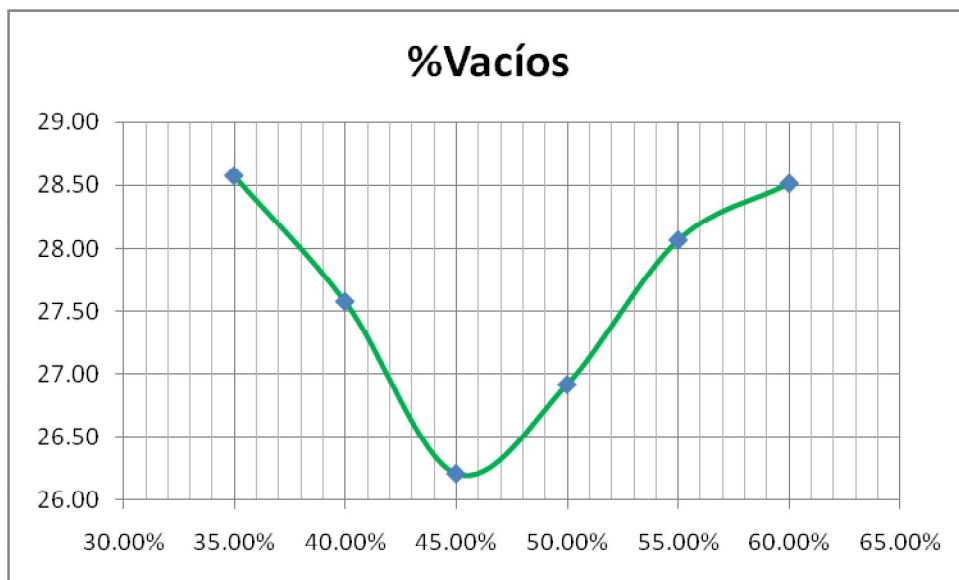


Fig. N°5.9: Porcentaje de Vacíos para las diferentes proporciones de agregados

Fuente: Propia

Sin embargo haciendo el análisis granulométrico para las proporciones la mejor opción es la 50 – 50.

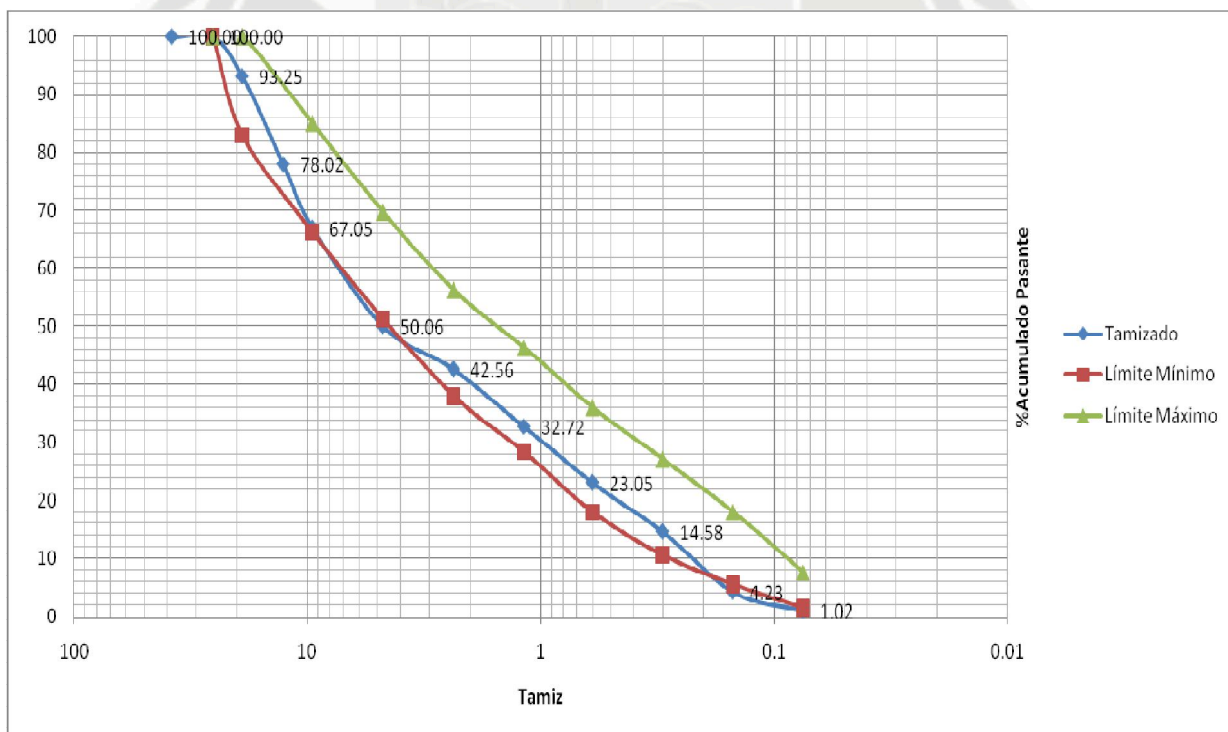


Fig. N°5.10: Granulometría para la proporción 50 - 50

Fuente: Propia

5.3.3. Selección del Material Cementante

Una vez obtenida las características físicas y combinación óptima del agregado a emplear, el siguiente paso es determinar la cantidad de material cementante en la mezcla de prueba. En el enfoque de suelos los materiales cementantes son normalmente expresados como un porcentaje del peso seco del agregado. Para el presente proyecto se utilizó cemento Portland tipo IP, con un porcentaje adicionado de puzolana entre el 15 al 30 % del total, fabricado por Yura S.A., el cual se adapta bien a las exigencias de la mezcla del CCR, ya que la puzolana empleada posee propiedades beneficiosas para su aplicación en estos tipos de concreto.

Cemento Portland Puzolánico Yura Tipo IP		
REQUERIMIENTO	YURA S.A.	ASTM C 595-07 NTP 334.090
Peso Específico (Kg/cm ³)	2909	
Expansión en Autoclave, %	0.00	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo de Vicat, Minutos		
Tiempo de Fraguado (inicial)	185	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (final)	225	420 Máximo
Contenido de Aire del Mortero, %	4.12	12.00 Máximo
Resistencia a la Compresión, MPa, (kgf/cm ²)		Mínimo:
03 días	17.32	13
	(176.7)	(132.56)
07 días	22.67	22.67
	(231.34)	(203.94)
28 días	30.64	25
	(306.51)	(254.93)

Tabla 5.12: Requerimientos para el material cementante

Fuente: http://www.yura.com.pe/info/ficha_tecnica_1p.pdf

5.3.4. Determinación del Contenido de Humedad

El siguiente paso es estimar el contenido de humedad a usarse en la preparación de probetas de CCR, donde el contenido de humedad se expresa en porcentajes de los pesos secos del total de material de la mezcla.

La base de selección de un adecuado contenido de humedad es la clásica relación para suelos humedad - densidad, haciendo uso del ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM D 1557). Este ensayo ha sido usado para determinar relaciones humedad-densidad y para trabajos de diseño de mezclas de CCR, debido a que el esfuerzo de compactación del Proctor Modificado se correlaciona de una mejor forma a la compactación que se le da en campo.

Los agregados a emplear tienen su respectivo proporcionamiento, lo cual todavía no ocurre con el cemento, siendo ésta obtenida al final con relación a resistencia mecánica deseada según exigencias del proyecto; por tanto es necesario tomar un valor promedio como valor tentativo para hallar el contenido de humedad óptima y siguiendo las recomendaciones de experiencias en otros países del CCR para pavimentos tiene el rango de consumo de cemento que están en porcentaje de 13% a 17% para carpetas de rodadura, por tanto se elige el 15 % del cantidad en peso del total de agregados, como valor promedio tentativo con fines de hallar el contenido de humedad, según estudios del CCR dosificado con la metodología de la mecánica de suelos sus curvas de compactación no son muy sensibles a la variación del contenido de cemento, las variaciones de óptimos contenidos de humedades que pudiera presentar con diferente cantidad de cemento son del orden del 0.1%.

Para determinar el contenido de humedad en el CCR, se realizó un ensayo de Proctor Modificado para cada una de las mezclas de prueba los puntos del contenido de humedad – peso unitario seco, se graficaron y se trazo una curva uniforme a través de ellos, el pico de ésta curva dio el máximo peso unitario seco y el óptimo contenido de humedad (OCH), que se uso para determinar la proporción de todos los componentes de cada una de las mezclas de prueba de CCR.

Ensayos de Compactación.- Una muestra con un contenido de agua seleccionado es colocada en cinco capas dentro de un molde de dimensiones dadas, con cada capa compactada por 56 golpes de un martillo de 10 lbf (44.5 N) dejado caer de una distancia de 18 pulg. (457 mm), sometiendo la muestra a un esfuerzo de compactación total de alrededor de 56000 ft-lbf/ft³ (2700 kN-m/m³).

El peso unitario seco resultante es determinado. El procedimiento es repetido para un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua para la muestra. Estos datos, cuando son trazados, representan una relación curvilínea conocida como la curva de compactación. Los valores del contenido de agua óptimo y el peso unitario seco máximo modificado son determinados de la curva de compactación.

Contenido de Humedad Evaporable.- Este método cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado de ambos, humedad de superficie y humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que es combinada químicamente con los minerales en el agregado. Aquella agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método. La muestra es secada mediante un horno, para luego determinar la masa de la muestra seca, después que esta ha sido enfriada lo suficiente para no dañar la balanza.

5.3.5. Determinación de la Proporción de los componentes de la Mezcla

Una vez calculado el óptimo contenido de agua, se determina la proporción de todos los componentes, la dosificación más conveniente es en peso debido a que se trata como un suelo mejorado en CCR.

$$P = P_w + P_f + P_g + P_c$$

Donde:

P : *Peso Total de la mezcla* (En un molde de volumen V), después de la compactación

P_w : *Peso del Agua*

P_f : *Peso del Agregado Fino*

P_g : *Peso del Agregado Grueso*

P_c : *Peso del Material cementante*

El óptimo contenido de humedad basado en el total de masa de sólidos, esta dado por:

$$w = \frac{P_w}{P_f + P_g + P_c}$$

Por otro lado, el peso del material cementante está establecido para la dosificación como porcentaje de la masa seca del agregado:

$$P_c = \frac{n}{100} * (P_f + P_g)$$

La variable “n” es el porcentaje de la masa seca del agregado, resolviendo las ecuaciones mencionadas se obtiene la proporción de cada componente existente en el volumen V del molde.

Se desarrollo la dosificación en peso para las cantidades de cementos de 11%, 13%, 15%, 17%.

REFERENCIAS

1. Ruelas Castillo, Y., Pavimentación de las vías de acceso al puente Chilina Tramo I en CCR diseñado con el concepto de compactación de suelos
2. Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. (2006)
3. ACI 325.10R-95, Report on Roller Compacted Concrete Pavements
4. PCA, Frost durability of Roller Compacted Concrete Pavements
5. ACI 211.3R, Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete

CAPITULO VI

ENSAYOS DE LABORATORIO DEL CCR

6.1 GENERALIDADES

En el capítulo anterior se determino las características adecuadas y parte de las proporciones de los componentes para la dosificación del CCR, quedando por determinar la cantidad de cemento, esto, según la metodología de diseño empleada, dicha cantidad de cemento está relacionada con la resistencia del concreto en su estado endurecido; los ensayos que se realizaron al concreto son: Resistencia a la Compresión y Resistencia a la Flexión; dichos ensayos realizados a diferentes edades nos muestran sus características en su estado endurecido del CCR.

Siendo el CCR una tecnología que está en auge no posee algunas normas estandarizadas para los diferentes ensayos del concreto, debido a que no es la misma empleada para concreto convencional, teniendo en cuenta que su consistencia es rígida, requiere para su elaboración la creación de especímenes de laboratorio que produzcan una energía de compactación parecida a las del CCR colocado en el campo, donde camiones, topadoras y rodillos vibratorios compactan y consolidan la mezcla, se presentan varias alternativas de cómo aplicar dicha energía. Para el caso de elaboración de cilindros de prueba de ensayos de resistencia a la compresión se tiene normas de la ASTM, pero en el caso de la elaboración de viguetas, no se cuenta con normas o mucha información sobre la elaboración de las mismas, lo cual hace que tomando ciertas analogías se proceda a trabajarlas.⁽¹⁾

6.2 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA ELABORACION DE ESPECIMINES DE CILINDROS Y VIGUETAS DEL CCR

Para la preparación de especímenes de briquetas, por la filosofía de la mecánica de suelos, donde la mezcla de los componentes del concreto son de consistencia seca, se emplea la compactación por impacto o apisonado, la compactación por impacto aplica el ensayo de Proctor Modificado ASTM D 1557 adaptándolo para hallar un esfuerzo de compactación modificado. Y la compactación por apisonado es la aplicación de un martillo neumático según norma ASTM C 1435 “Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibratory Hammer”.

Para la fabricación de los especímenes de briquetas del presente estudio se utilizara la compactación por apisonado según la norma ASTM C 1435. En el caso de la fabricación de las viguetas no hay una norma que especifica, solo se cuenta con experiencias de aplicaciones en campo, en la presente investigación se desarrolló, adaptándola de la norma de la fabricación de cilindros.

a. Moldes para briquetas

Para permitir la evaluación de las proporciones de mezclas, se utilizo moldes cilíndricos de acero no absorbente, de 150 mm (6 pulg.) de diámetro por 300 mm (12 pulg) de altura, construidos en dos piezas para facilitar el desmolde, tienen como un cierre o base en el extremo inferior en ángulo recto con el eje del cilindro, Fig. N°6.1. El molde deberá ser recubierto internamente de petróleo o aceite para evitar la adherencia del concreto, en el momento de uso los moldes no deberán filtrar agua.

Se debe acondicionar en la parte superior del molde, un collar de extensión movable de 2 pulg de altura para permitir la compactación de la última capa y nivelar la superficie superior del espécimen después de la compactación.

El molde contenido de concreto debe estar sujeto a un lugar firme, para que al momento de aplicar la vibración del martillo, esto no se mueva, y permita la compactación uniforme y no altere la energía de compactación dada por el martillo vibratorio.



Fig. N°6.1: Molde metálico para la elaboración de probetas de CCR

Fuente: Propia

b. Moldes para viguetas

Para la elaboración de las viguetas del CCR se empleara moldes metálicos, de dimensiones de acuerdo a la norma ASTM C 78 “Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)” o la norma ASTM C 293. Los moldes para las viguetas deben ser de material resistente a la vibración que se le someterá con el martillo, Fig. N°6.2.

Para la compactación uniforme de las capas de CCR, se utiliza una plancha resistente de dimensiones menores al de la vigueta, de tal manera que la vibración se reparta uniformemente en toda la superficie de la vigueta.



Fig. N°6.2: Molde de vigueta para ensayos de CCR

Fuente: Propia

c. Martillo vibratorio

Se utilizó un martillo eléctrico que dio la compactación por vibración a la mezcla de CCR, este tiene una masa mínima (sin plato de apisonamiento) de 10 ± 0.2 kg (22 ± 0.4 lb). También deberá tener un mínimo de potencia de arranque y proporcionar al menos 2000 impactos/minuto.



Fig. N°6.3: Martillo Vibratorio elaborando briquetas de CCR

Fuente: Propia

d. Placa de apisonamiento

Para que se pueda utilizar el martillo vibratorio se tiene que adicionar una placa de acero circular sujeta a un eje metálico, los cuales se insertarán en la prensa de sujeción del martillo vibratorio. El diámetro de dicha placa circular será de 140 ± 3 mm ($5 \frac{3}{4} \pm 1/8$ pulg.), altura de $1.5 \pm 1/8$ pulg y una masa de 3 ± 0.1 kg (6.5 ± 0.2 lb).



Fig. N°6.4: Placa de apisonamiento circular y eje ajustados al martillo vibratorio

Fuente: Propia

e. Herramientas menores

Carretilla, cucharones de mano, baldes, espátulas, palas de borde cuadrado, regla de acero y una barra de apisonamiento según lo solicitado en la práctica ASTM C 31.

6.3 DETERMINACION DEL NUMERO DE CAPAZ Y TIEMPO DE COMPACTACION

Definas las proporciones a utilizar en las diversas mezclas de CCR, se procedió a determinar el tiempo de compactación y el número de capas apropiadas a ser empleadas en la elaboración tanto de briquetas y viguetas.

El tratamiento del CCR por la filosofía de la mecánica de suelos se sustenta en que la mezcla tiene que estar compactada óptimamente, de ahí que el número de capas como el tiempo de compactación son influyentes en la compactación y está es directamente proporcional a la resistencia del concreto.

La compactación por medio de un martillo vibratorio tiene la ventaja que el equipo usado esté disponible fácilmente, completamente utilizable por el personal del laboratorio, y con una amplitud y frecuencia muy similares al equipo de compactación de campo normal. Un procedimiento de ensayo estándar (ASTM C 1435) proporciona resultados reproducibles; sin embargo, dependiendo del diseño de mezcla, las densidades compactadas puede ser menores que las logradas en el campo. El método especifica la colocación del material en tres capas, de forma similar al ensayo de concreto estándar para cilindros varillados de concreto con revenimiento. Sin embargo, el CCR es un concreto sin revenimiento con muy poca trabajabilidad.

Para el tiempo de compactado según experiencias de diferentes países se tiene rangos desde 15 a 50 segundos, para llegar a compactarlo óptimamente, un compactado deficiente va en desmedro de la resistencia del concreto, y el exceso de compactación afecta a la integridad de los agregados, haciendo que se desintegren, viendo el comportamiento se procedió a compactar a 25 segundos por capa, esto en promedio o hasta que se forma un anillo de agua en la superficie que está siendo compactada.

Lo descrito anteriormente fue para las briquetas, en el caso de las viguetas se procedió de igual manera se colocó en 3 capas de 25 segundos o hasta cuando se vea la formación saliente de agua por la placa.⁽²⁾

6.4 PREPARACION DE CILINDROS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CCR

Para el cálculo de la resistencia a la comprensión, se elaboraron probetas cilíndricas de 12 pulg de altura y 6 pulg de diámetro. Se utilizaron moldes metálicos partidos para facilitar el desmolde y adicionalmente un collar de extensión de 2 pulg de altura para permitir la compactación de la última capa y nivelar la superficie superior del espécimen después de la compactación.

Se prepararon probetas usando las dosificaciones por peso de cada uno de sus componentes. Los materiales en la proporción requerida agregado, agua,

cemento variando el porcentaje de este para los diferentes ensayos, los cuales fueron mezclados manualmente debido a que la mezcla a utilizar contiene un porcentaje de agua mínimo y al utilizar mezcladora esto provocaría pérdida de la dosificación agua en la mezcla.

Para garantizar la adecuada mezcla de los materiales, los agregados y el cemento fueron mezclados inicialmente por 5 minutos, luego de este tiempo se adicionó el agua y se procedió a mezclar por otros 8 minutos.

Se procedió al vaceado por capas y tiempo establecidos, entre capa y capa se realizó un rayado con una varilla para facilitar la adherencia entre ellas.

Para el proceso del curado, aproximadamente después de 18 horas de vaceadas las probetas se procedieron a desmoldarlas, para luego almacenarlas en las pozas de curado, hasta unas horas antes de ser ensayas.

Se presenta la secuencia de la preparación de la mezcla del CCR en las siguientes figuras:



Fig. N°6.5: Preparación de moldes y untados con petróleo

Fuente: Propia



Fig. N°6.6: Pesado de agregado para la dosificación de la mezcla de CCR

Fuente: Propia



Fig. N°6.7: Mezclado manual de cemento, agregados y agua

Fuente: Propia



Fig. N°6.8: Muestra de mezcla de CCR de consistencia seca

Fuente: Propia



Fig. N°6.9: Vaciado de mezcla por capas y aplicación de martillo vibratorio

Fuente: Propia



Fig. N°6.10: Poza de curado de briquetas

Fuente: Propia



Fig. N°6.11: Moldes de briquetas refrendadas

Fuente: Propia

6.5 PREPARACION DE VIGUETAS PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXION

Para el cálculo de la resistencia a la flexión, se elaboraron viguetas de dimensiones de 15x15x70 cm; Estas previamente se limpiaron y lubricaron sus paredes con petróleo, se procedieron al compactado por capas, similar al de la elaboración de las briquetas, la dificultad que se tuvo fue la aplicación del martillo vibrador uniformemente en toda la capa de la vigueta, para dicho caso se utilizó una plancha y sobre ella se aplicó el pisón del martillo, siempre teniendo cuidado de que la parte libre donde no se está aplicando el pisón no se levante. Para el proceso del curado se siguió los mismos lineamientos que el realizado para las briquetas.

Se presenta la secuencia de la preparación de la mezcla del CCR en las siguientes figuras:



Fig. N°6.12: Preparación de moldes y Vaciado de mezcla por capas

Fuente: Propia



Fig. N°6.13: Aplicación de martillo vibratorio con plancha metálica

Fuente: Propia



Fig. N°6.14: Desmolde de Vigas refrendadas

Fuente: Propia



Fig. N°6.15: Poza de curado de viguetas

Fuente: Propia

REFERENCIAS

1. Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. (2006)
2. Ruelas Castillo, Y., Pavimentación de las vías de acceso al puente Chilina tramo I, en CCR, diseñado con el concepto de compactación de suelos
3. ASTM D 1557, Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
4. ASTM C 1435, Molding Roller – Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer
5. ASTM C 293, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)
6. ASTM C 39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

7.1. GENERALIDADES

Los ensayos realizados para mezclas de Concreto Compactado con Rodillo (CCR) son ensayos estándar tanto para un concreto convencional como para mecánica de suelos, con los cuales se definirán las propiedades de los materiales para la elaboración de especímenes (briquetas y viguetas); permitiéndonos así elegir el tipo de mezcla que se empleará para el circuito vial.

A continuación se detalla los resultados obtenidos de cada ensayo llevado a cabo.

7.2. CONSISTENCIA

La finalidad del ensayo de consistencia es la de determinar la cantidad correcta agua requerida para alcanzar las propiedades de resistencia deseadas para producir una mezcla adecuada para la compactación por rodillo vibratorio.⁽¹⁾

Para poder hallar el contenido óptimo de agua (CHO) se ha realizado el ensayo de Proctor Modificado para la proporción de Agreg. Grueso – Agreg. Fino. (50%-50%).

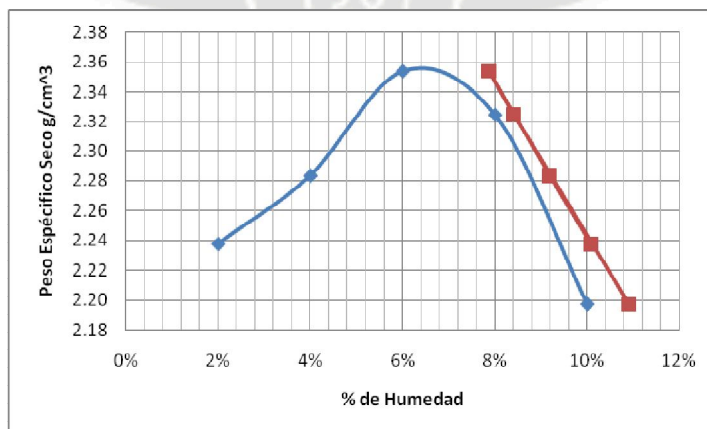


Fig. N°7.1: Relación Peso E. Seco del CCR – Humedad

Fuente: Propia

7.3. PESO UNITARIO

Una vez elaboradas las probetas para los ensayos correspondientes, se obtuvo el peso unitario para cada uno de los distintos porcentajes de cemento utilizados.

Porcentaje de Cemento	Peso Unitario (kg/cm ³)
11%	2448.39
13%	2495.55
15%	2538.93
17%	2578.55

Tabla 7.1: Peso Unitario para distintos porcentajes de cemento

Fuente: Propia

El peso unitario (P.U.) obtenido para cada probeta de concreto supera los 2400 Kg/m³, valor típico obtenido para un concreto convencional, esto debido a que el porcentaje de vacíos es disminuido gracias al tipo de compactación ejecutado al momento de la elaboración de las probetas.

7.4. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los ensayos a compresión realizados fueron obtenidos de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM C 39. Se han ensayado un total de 36 probetas a las edades de 7, 14 y 28 días, las que fueron preparadas con cemento Yura tipo IP en proporciones de 11%, 13%, 15%, y 17% del peso seco de los agregados.

En la Fig. N°7.2 (a) se muestra a la probeta lista para ensayarse y en la Fig. N°7.2 (b) se aprecia al espécimen luego de ser ensayado.



Fig. N°7.2: (a) Probeta lista para ensayarse, (b) Probeta después de la compresión

Fuente: Propia

Los resultados promedios obtenidos para las diferentes edades de curado obtenidos en el ensayo de compresión son mostrados en la siguiente tabla:

RESISTENCIA A LA COMPRESION				
	11 % C	13 % C	15 % C	17 % C
7 días	181.92	219.88	274.73	298.77
14 días	185.51	228.68	288.46	305.90
28 días	206.15	250.45	354.47	380.62

Tabla 7.2: Resumen de los resultados del ensayo a la compresión (kg/cm²) obtenidos a los 7, 14, 28 días para distintos porcentajes de cemento

Fuente: Propia

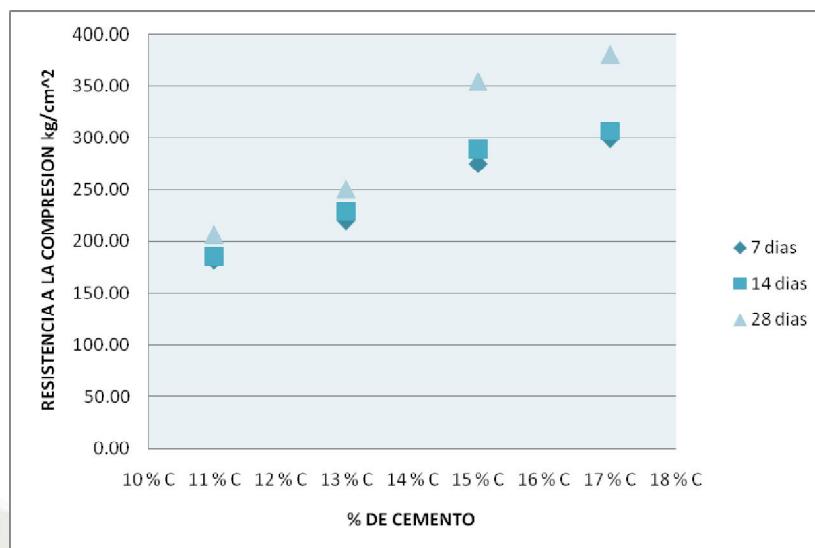


Fig. N° 7.3: Resistencia a la compresión para cantidades de cemento de 11%, 13%, 15%, y 17%

Fuente: Propia

En la Fig. N°7.4, se aprecia la evolución de la resistencia a la compresión para las distintas cantidades de cemento, las curvas para estas cantidades van creciendo en relación al tiempo de curado de las briquetas, observándose que dependiendo de la cantidad de cemento, en los primeros 7 días adquieren una resistencia mayor, luego el incremento de la resistencia va disminuyendo.

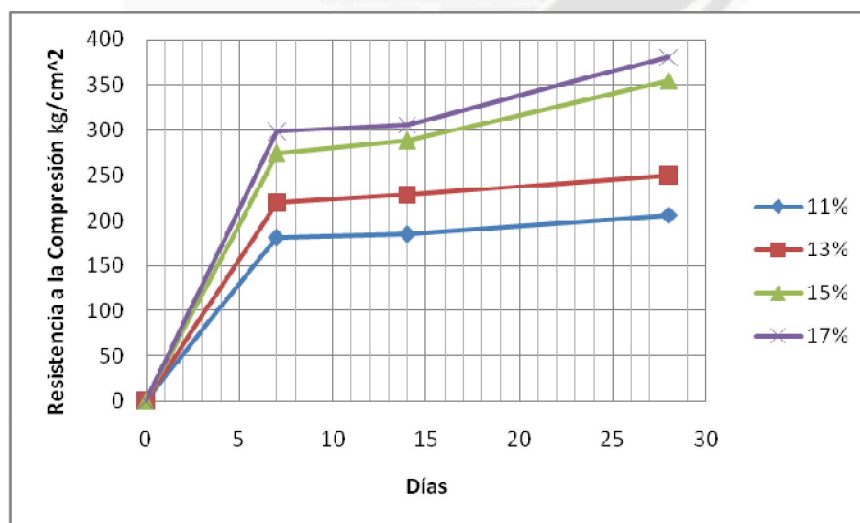


Fig. N°7.4: Evolución de la resistencia a la compresión

Fuente: Propia

7.5. MODULO DE ELASTICIDAD

Los valores de modulo de elasticidad para mezclas de CCR son similares y/o menores que los desarrollados por un concreto convencional. Esto significa que la mezcla de CCR son menos frágiles y menos susceptibles al agrietamiento, ya que el módulo de elasticidad, ayuda a predecir el agrietamiento a causas de esfuerzos térmicos del CCR.

En la

Tabla 7.3 Se muestra el promedio de módulos de elasticidad hallados para los porcentajes de 11%, 13%, 15%, 17% de cantidad en peso de cemento.

Contenido de Cemento	Modulo de Elasticidad
11%	215368.87
13%	237384.18
15%	282410.61
17%	292642.27

Tabla 7.3: Módulo de Elasticidad para los diferentes porcentajes de cemento

Fuente: Propia

7.6. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Para poder hallar la resistencia a la flexión se han ensayado viguetas (15x15x70 cm), aplicando una carga puntual en los dos tercios de la viga. Los ensayos correspondientes se realizaron en viguetas con proporciones de cemento de 11%, 13%, 15%, y 17%.

En la Fig. N°7.5 se muestra a la vigueta lista para ensayarse y luego el espécimen luego de ser ensayado.



Fig. N°7.5: (a) Vigueta lista para ensayarse, (b) Vigueta después de ensayarse

Fuente: Propia

Los resultados promedios obtenidos para las diferentes edades de curado obtenidos en el ensayo de flexión son mostrados en la siguiente tabla:

RESISTENCIA A LA FLEXION				
	11 % C	13 % C	15 % C	17 % C
7 días	17.33	27.16	35.05	38.33
14 días	28.96	30.62	43.72	52.00
28 días	30.40	35.59	49.30	56.91

Tabla 7.4: Resumen de los resultados del ensayo a la flexión (kg/cm^2) para diferentes porcentajes de cemento

Fuente: Propia

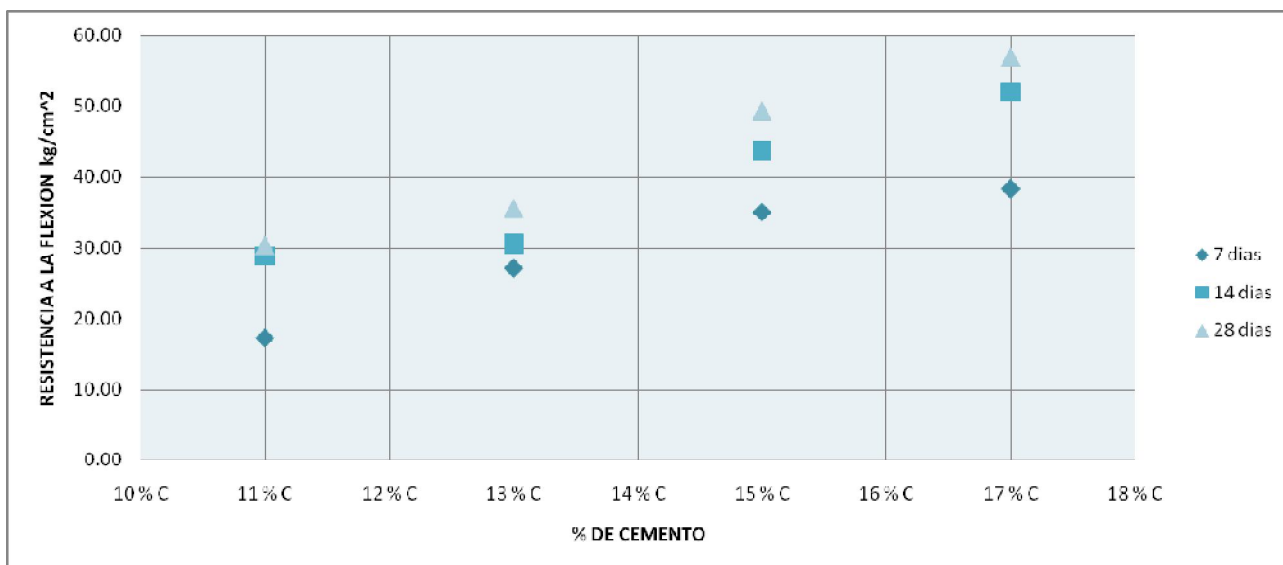


Fig. N°7.6: Resultados del ensayo a la Flexión

Fuente: Propia

7.7. SELECCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA MEZCLA SEGÚN REQUERIMIENTO DEL DISEÑO DE PAVIMENTO

Sabiendo que las proporciones de Agregado Fino y Agregado Grueso son 50:50, y el óptimo contenido de humedad es 6.4% del peso total del agregado mas del cemento, se obtienen las siguientes proporciones de mezcla para los distintos porcentajes de cemento:

Briqueta

%Cemento	Agua	Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	P
11%	781.44	1210	5500	5500	12991.44
13%	795.52	1430	5500	5500	13225.52
15%	809.6	1650	5500	5500	13459.60
17%	823.68	1870	5500	5500	13693.68

Tabla 7.5: Dosificación para distintas cantidades de cementos en peso (kg) para la fabricación de una probeta

Fuente: Propia

Vigueta

%Cemento	Agua	Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	P
11%	2273.28	3520	16000	16000	37793.28
13%	2314.24	4160	16000	16000	38474.24
15%	2355.2	4800	16000	16000	39155.20
17%	2396.16	5440	16000	16000	39836.16

Tabla 7.6: Dosificación para distintas cantidades de cementos en peso (kg) para la fabricación de una vigueta

Fuente: Propia

%Cemento	Cantidad para 1m ³ de CCR (Kg)				Cant. cemento por bolsa/m ³	Relación a/c
	Agua	Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso		
11%	139.6	216.1	982.5	982.5	5.09	0.65
13%	139.8	251.3	966.7	966.7	5.91	0.56
15%	140.0	285.4	951.4	951.4	6.72	0.49
17%	140.3	318.4	936.5	936.5	7.49	0.44

Tabla 7.7: Dosificación de mezcla de CCR para distintos porcentajes de cemento en volumen de 1 m³

Fuente: Propia

Una vez realizados los ensayos para la utilización del CCR en obras de pavimentación es importante tener la propiedad de la resistencia a la flexión del concreto, pero también con fines de ver su comportamiento se realizaron ensayos de resistencia a la compresión para tener más control de la calidad del concreto, debido a que para la elaboración de la viguetas no hay norma o recomendaciones puntuales.

En proyectos de pavimentación según recomendaciones de códigos internacionales el valor mínimo de resistencia a la compresión a emplear es de 280 kg/cm², para el proyecto planteado, se plantea que la resistencia a la compresión sea de 350 kg/cm² y un valor de resistencia a la flexión igual a 42 kg/cm².

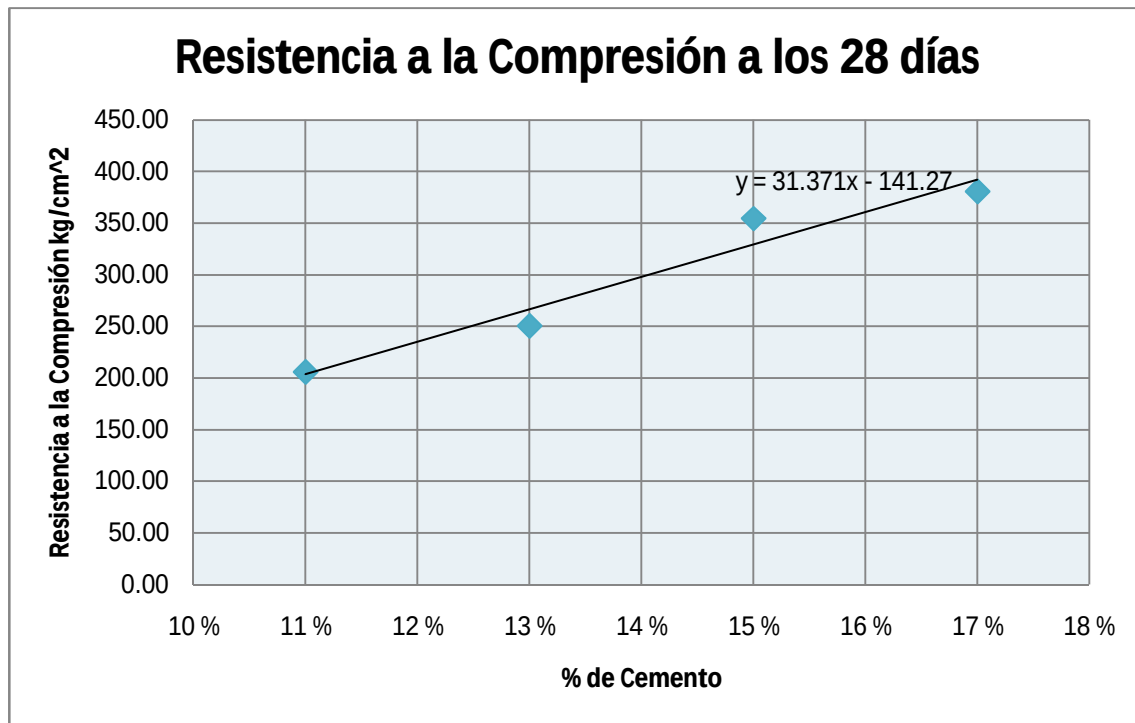


Fig. N°7.7: Curva de resistencia a la compresión

Fuente: Propia

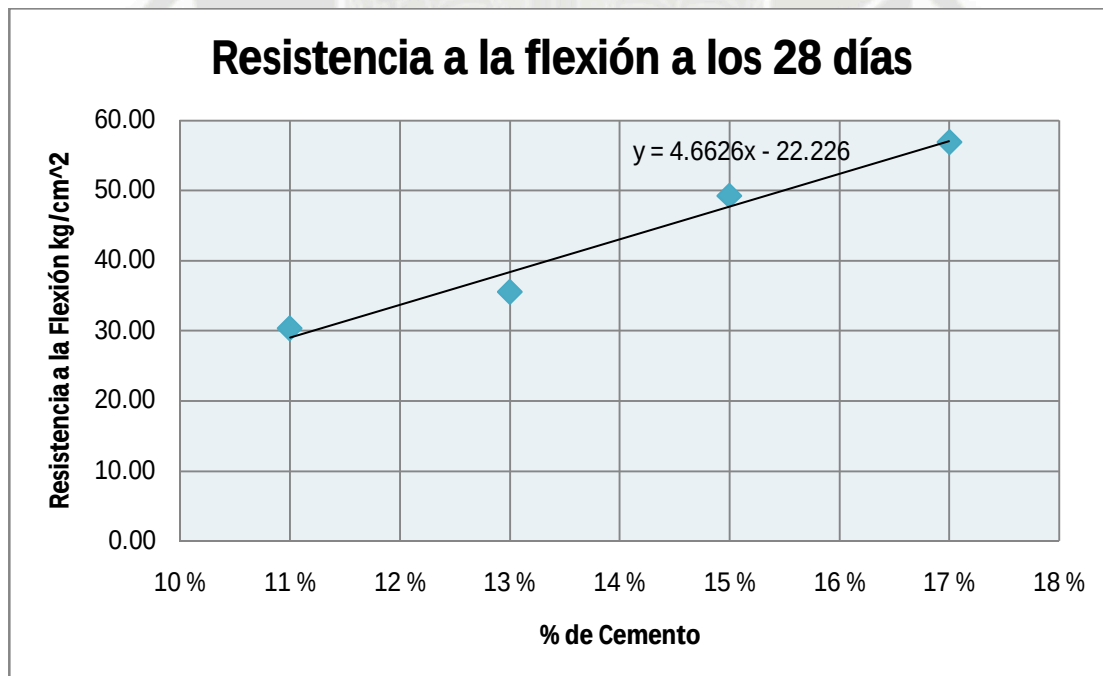


Fig. N°7.8: Curva de resistencia a la flexión

Fuente: Propia

Entonces para los resultados obtenidos en los ensayos realizados se tendrá que el porcentaje de cemento seleccionado es del 15% teniéndose así una resistencia a la compresión de 354.47 Kg/cm² y una resistencia a la flexión de 49.3 Kg/cm².

REFERENCIAS

1. Escalaya, M., Diseño de Mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. (2006)
2. ASTM C 39, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
3. ASTM C 293, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading)
4. NRMCA, El concreto en la práctica ¿Qué, Por qué y Cómo?, CIP16 – Resistencia a flexión del concreto.

CAPÍTULO VIII

FACTORES A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

8.1 CLIMA

Los factores que en nuestro medio mas afecta a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura.

Las lluvias por su acción directa en la elevación de nivel freático, influyen en la resistencia, la compresibilidad y cambios volumétricos de los suelos de sub-rasante especialmente. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como: movimiento de tierras, colocación y compactación de capas de diferentes tipos de pavimento.

Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos de rígidos ocasionan en éstas esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas. Para la fabricación de pavimentos de concreto compactado con rodillo (CCR) deben tomarse las precauciones necesarias para colocarlo a la mínima temperatura que sea práctica. Las temperaturas del concreto deben ser controladas para asegurar su adecuada colocación, compactación, curado y para evitar el agrietamiento debido a contracciones plásticas propias del concreto.⁽¹⁾

8.2 INGENIERIA DE TRÁNSITO

8.2.1 Generalidades

Interesa para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas mas pesadas por eje (simple, tándem o tridem) esperadas en el carril de diseño (el mas solicitado, que determinará la estructura del pavimento de la carretera) durante el periodo de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales (curvas, zona de frenado y aceleración, etc.), las velocidades de operación de los vehículos (en

especial las lentas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados), la canalización del tránsito, etc.

La información que se obtiene mediante el estudio de tráfico vehicular permite, en forma general, lo siguiente.

- Determinar la priorización de carretera.
- Elaborar la planificación del transporte terrestre.
- Calcular proyectos de puentes carreteros.
- Construir nuevas carreteras.
- Diseñar tipos de superficie de rodadura.
- La conservación de carreteras en servicio.
- La implantación de puestos de peaje.

La demanda de transporte es producto de la interacción en el espacio de las actividades socioeconómicas y el pronóstico de su magnitud es decisivo para predecir los volúmenes de tráfico que se manifestaran en una instalación de transporte cualquiera.

El objetivo principal del presente estudio de ingeniería de tránsito es determinar el tráfico que existiría una vez puesta en servicio la vía, así como hacer inferencia a su variación histórica vehicular y su proyección, para el periodo de vida útil. La nueva vía proyectada, es de bastante importancia en la infraestructura de transporte local, haciendo que el tráfico a futuro sea más fluido, teniendo una red vial con condiciones de operaciones seguras, cómodas y económicas para los usuarios.

8.2.2 Análisis de Tránsito

El análisis del tránsito vehicular para un proyecto vial debe ser efectuado de tal manera que se pueda lograr una buena planificación, diseño, construcción y mantenimiento del proyecto vial.

Es necesario realizar un conteo del tráfico actual y así mismo una proyección del tráfico hacia el futuro, considerando su posición y el desarrollo esperado de la

población y de la producción que se generara en el área de influencia del proyecto vial.

Sistema y clasificación de carreteras del Perú

La Clasificación de las Carreteras de la Red Vial Nacional se da de acuerdo a su función, demanda y condiciones orográficas.

GENERICA	DENOMINACION
RED VIAL PRIMARIA	Sistema Nacional Conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras
RED VIAL SECUNDARIA	Sistema Departamental Constituyen la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en zonas de influencia económica, constituyen las carreteras troncales departamentales
RED VIAL TERCIARIA O LOCAL	Sistema Vecinal Compuesta por - Caminos Troncales, vecinales que unen pequeñas poblaciones. - Caminos rurales alimentadores, uniendo aldeas y pequeños asentamientos poblacionales.

Tabla 8.1: Clasificación de las Carreteras según su función

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001

Clasificación de acuerdo a la Demanda.

a) Autopistas

Carreteras de IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles, con control total de los accesos (ingresos y salidas) que proporciona flujo vehicular completamente continuo. Se le denominará con la sigla AP.

b) Carreteras duales o multicarril

De IMDA mayor de 4000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles; con control parcial de accesos. Se le denominará con la sigla MC (multicarri).

c) Carreteras de Primera Clase

Son aquellos con un IMDA entre 4000-2001 veh/día de una calzada de dos carriles (DC).

d) Carreteras de Segunda Clase

Son aquellos de una calzada de dos carriles (DC) que soportan entre 2000-400veh/día.

e) Carreteras de Tercera Clase

Son aquellas de una calzada que soportan menos de 400 veh/día. El diseño de caminos del sistema vecinal <200veh/día se rigen por las Normas emitidas por el MTC para dicho fin.

f) Trochas carrozable

Es la categoría más baja de camino transitable para vehículos automotores. Construido con un mínimo de movimientos de tierras, que permite el paso de un sólo vehículo.⁽²⁾

Clasificación según condiciones Orográficas.

a) Carreteras TIPO 1

Permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos ligeros. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es menor o igual a 10%.

b) Carreteras TIPO 2

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de la de los

vehículos de pasajeros, sin ocasionar el que aquellos operen a velocidades sostenidas en rampa por un intervalo de tiempo largo. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 10 y 50%.

c) Carreteras TIPO 3

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a reducir la velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, varía entre 50 y 100%.

d) Carreteras TIPO 4

Es la combinación de alineamiento horizontal y vertical que obliga a los vehículos pesados a operar a menores velocidades sostenidas en rampa que aquellas a las que operan en terreno montañoso, para distancias significativas o a intervalos muy frecuentes. La inclinación transversal del terreno, normal al eje de la vía, es mayor de 100%.

CLASIFICACIÓN DE LA RED VIAL Y SU RELACION CON LA VELOCIDAD DE DISEÑO

Clasificación	Superior								Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Transito	> 4000								4000 - 2001				2000 - 400				< 400			
Características	AP				MC				DC				DC				DC			
Orografía Tipo	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño																				
30 KPH																				
40 KPH																				
50 KPH																				
60 KPH																				
70 KPH																				
80 KPH																				
90 KPH																				
100 KPH																				
110 KPH																				
120 KPH																				
130 KPH																				
140 KPH																				
150 KPH																				

AP: Autopista

MC: Carretera Multicarril o Dual

DC: Carretera de dos carriles

Rango de Selección de vel

Tabla 8.2: Clasificación de la red vial y su relación con la velocidad de diseño

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001

NOTA 1: En zona tipo 3 y/o 4, donde exista espacio suficiente y se justifique por demanda la construcción de una autopista, puede realizarse con calzadas a diferente nivel asegurándose de que ambas calzadas tengan las características de dicha clasificación.

NOTA 2: En caso de que una vía clasifique como carretera de 1ra. Clase y a pesar de ello se desee diseñar una vía multicarril, las características de ésta se deberán adecuar al orden superior inmediato. Igualmente si es una vía dual y se desea diseñar una autopista, se deberán utilizar los requerimientos mínimos del orden superior inmediato.

NOTA 3: Los casos no contemplados en la presente clasificación, serán justificados de acuerdo con lo que disponga el MTC y sus características serán definidas por dicha entidad.

8.2.3 Elementos del Tránsito

8.2.3.1 Usuario

El usuario por ser sujeto de la acción, puede considerarse como el principal elemento ya sea como conductor de un vehículo, pasajero en el mismo, o como el peatón haciendo uso de la vía pública.

El mas importante desde la óptica de la ingeniería de transito, es como conductor de automotor, ya que en sus manos, en su experiencia y en su pericia para ejecutar maniobra en el transito, radica la integridad física de muchas personas.

8.2.3.2 Vehículo

Un vehículo es un dispositivo con sistema de propulsión automática o mecánica que está diseñado o utilizado para transportar personas o cargas. Muy a menudo los vehículos son fabricados tales como bicicletas, automóviles, motocicletas, trenes.

Las normas que rigen los proyectos de carretera se fundamentan en gran parte en las dimensiones y características de operación de los vehículos que por ellas circulan.

En general para proyectos de carretera se consideran dos tipos de vehículos:

- Vehículos ligeros o livianos
- Vehículos pesados

Las principales características para establecer la clasificación anterior están referidos al radio mínimo y aquellas que determinan los sobre anchos necesarios en curvas horizontales, tales como distancias entre ejes extremos, ancho total del vehículo, dimensiones del parachoques anterior posterior, altura del vehículo, peso del mismo, etc.

La clasificación de un vehículo de acuerdo a sus características y uso son:

- Camión: es un tipo de vehículo de motor diseñado para el transporte de carga y mercadería, los camiones pueden ser muy grandes y poderosos, puede ser configurado para montar el equipo especializado, existen camiones simples, combinados y camión tractor. Este tipo de vehículo es de mayor interés para el ingeniero proyectista.
- Transportes especiales: sirven para transportar líquidos inflamables o explosivos.
- Ómnibus: es un tipo de vehículo motorizado de gran capacidad que sirve para transportar más de 10 personas.
- Automóvil: son vehículos que transportan no más de 8 personas, que corresponden también a los tipos de camioneta panel o rural.

Las dimensiones y características del funcionamiento de los vehículos son factores básicos para proyectar vías, las dimensiones máximas para circular por las vías del país son:

Ancho: 2.60 m

Altura: 4.10 m

8.2.3.3 Vías

La vía es el medio ambiente físico donde se realiza la acción de transportarse, dependiendo de sus características geométricas y físicas, ofrecerán mayor o menor seguridad a sus usuarios; si la distancia de visibilidad, el peralte, las curvas de transición, el estado de deterioro de su carpeta de rodamiento, son satisfactorios redundará en beneficios de los usuarios.

De la reglamentación vigente se considera vía pública, la comprendida por dos caminos, las calzadas, aceras, bermas, estacionamientos, separadores centrales, jardines y equipamientos de servicio necesarios para su utilización.

La vía pública ocupa un área de derecho público, sobre la cual la autoridad competente está facultada para imponer restricciones y otorgar concesiones legales previstas.

Las vías públicas de acuerdo a su utilización serán clasificadas en:

- a) Vías de tránsito rápido, es aquella que permite el tránsito sin interrupciones y con accesos y salidas especiales.
- b) Vía preferencial, es aquella en que los vehículos tienen prioridad de tránsito debido a estar debidamente señalizada.
- c) Vía secundaria, es la destinada a interceptar, coleccionar y distribuir el tráfico que tiene necesidad de entrar o salir a las vías de tránsito rápido o preferencial.
- d) Vía local, es la destinada al acceso de zonas de poca circulación.

Dentro de las especificaciones de la sección transversal de las vías se fijan las dimensiones recomendables en función de los volúmenes de tránsito y también desde el punto de vista funcional, el tipo de vehículo y la velocidad del proyecto.

Derecho de la vía o faja de dominio, es el ancho que comprende la carretera y sus obras complementarias, se extenderá hasta los 5.0 m. más allá de los bordes

de los cortes del pie de los terraplenes o del borde más alejado de las obras de drenaje que se hayan construido.

Ancho mínimo, en todo caso la faja de dominio a considerar será de:

- 20 m. de ancho en zonas en que sea necesario adquirir el terreno, por este de propiedad privada.
- 50 m. de ancho en zonas en que el terreno es de propiedad fiscal.

8.2.4 Volumen del Tránsito

Es el número de vehículos que pasan por una sección de vía o un carril durante un cierto periodo de tiempo, puede ser una hora, día, una semana, un mes, un año u otro tiempo.

Volumen de tránsito acompañado de otros factores nos sirve para determinar el espesor de la estructura del pavimento. Los aforos se toman precisamente para registrar el número de vehículos que pasan por el punto en un lapso de tiempo, dichos aforos son muestras de los volúmenes actuales y el periodo de la muestra puede variar entre unos cuantos minutos a una semana o más.

Para calcular el volumen del tránsito matemáticamente podemos hacerlo de la siguiente forma:

$$Q = \frac{N}{T}$$

Donde:

Q: Número de vehículos que pasan por unidad de tiempo

N: Número total de vehículos que pasan.

T: Periodo de tiempo determinado.

8.2.5 Transito Promedio Diario

Es el volumen del tránsito durante un periodo de tiempo dado (días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del periodo.

Abreviadamente se denota como TPD (IMD). Según el periodo utilizado para medir el volumen de tránsito, el TPD puede ser anual, mensual o semanal denominándose TPDA (IMDa), TPDM (IMDm), TPDS (IMDs), respectivamente.

8.2.6 Métodos de Aforo

Uno de los factores mas importantes que deben considerarse en el análisis de un proyecto de tipo obra vial es estimar el volumen del tránsito que circula y circulará a lo largo de la misma.

El sondeo permanente de las infraestructuras viales proporciona la información básica para la toma de decisiones respecto a su mantenimiento y su aplicación, y para el caso de nuevas vías nos muestra las características del tránsito y así poder inferir su comportamiento futuro.

A continuación se enumera las dos modalidades mas comunes usadas para aforos de tránsito:

- Aforos manuales:
 - o Se usan por lo general para contabilizar volúmenes de giro y volúmenes clasificados.
 - o La duración varia con el propósito del aforo, algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24hr.
 - o El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclado
 - o Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos, la exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona.

- Aforos Mecánico: es aquel que realiza los aforos automáticamente, contadores permanentes son usados para aforar el tránsito continuamente. Pueden ser actuados por células foto-electrónicas, detectores magnéticos y detectores de lazo.

Los anteriores métodos permiten conocer el grado de ocupación y las condiciones en que operan las viabilidades; así como el análisis de la evolución histórica de la demanda permite definir las tendencias del crecimiento y el momento a partir del cual ciertos segmentos dejarán de prestar un servicio inadecuado, convirtiéndose en cuellos de botellas que propicien el estancamiento del desarrollo en lugar de propiciarlo.

No se ha establecido una duración estándar para efectuar un aforo de tránsito, esto supone una cierta libertad para elegirlo. El criterio que debe seguirse en la elección debe considerar el grado de precisión que se desee y la variabilidad de los volúmenes a lo largo de la semana. Los aforos de cinco o siete días se efectúan tanto con medios mecánicos y manuales y deben abarcar también los días sábado y domingo.

8.2.7 Tránsito Futuro

En un estudio de tránsito es muy difícil pronosticar exactamente todo los factores que intervienen en el tráfico sean económicas, sociales, tecnológicos, de costumbres que afectan el movimiento o flujo de tráfico, de día a día y de hora a hora, aun en estas casos son necesarios hacer las mejores aproximaciones o estimaciones posibles a fin de establecer el tránsito futuro, de esta forma hacer que el proyecto sea racional con respecto al promedio probable o a las necesidades típicas. El tránsito futuro en autopistas urbanas está en función del análisis de estos componentes.

- Tránsito desviado.
- Tránsito generado.
- Tránsito Inducido.
- Aumento de tránsito.

8.2.7.1 Transito Desviado

Este factor involucra viajes que poseen los mismos orígenes y destinos que podrían ser antes y después de la puesta en servicio de la nueva vía y que es desviado por una nueva obra. Porque una gran parte de este componente de tránsito se produce al poco tiempo posterior a la puesta en servicio de la nueva vía o mejorada. Se usa con bastante éxito un método, para asignar a los viajes; tomados como base la relación viaje tiempo, tomando como vía la obra proyectada y relacionándolo con la vía y ruta más rápida, de esta forma definir en forma aproximada para las vías propuestas.

Puede obtenerse una aproximación de tránsito probable suponiendo una distribución probable de viajes de la zona, estimando la distribución probable mediante la situación relativa de zonas de comercio, flujo de movimiento laboral de los pobladores las que determinan los orígenes y destinos, en el presente proyecto que está a cargo del Gobierno Regional de Arequipa se realizó un estudio de origen y destino para tener el comportamiento del tráfico. Hallando que porcentaje de trafico de los puntos de aforo, puentes que cruzan el rio Chili, se desviarán a la nueva vía.

8.2.7.2 Transito Generado

Después de puesta en servicio una nueva vía urbana con todas las condiciones del caso, aparecen en los primeros años iniciales el tránsito que no se hubiera producido en caso de no existir la nueva vía, en este tráfico están incluidos los que anteriormente se realizaban por transporte público viajes nuevos, pero que anteriormente no se realizaban por ninguna forma de viajar.

El tránsito generado varía entre los 5% al 30% del tránsito existente y ocurriendo dicho fenómeno generalmente en la mayoría de vías que se mejoran o construyen.

8.2.7.3 Tránsito Inducido

Poner en servicio una nueva vía da la posibilidad que por su inmediato acceso al desarrollo de las zonas residenciales, a un flujo de comercio, las que producen

cambios notorios en los orígenes y destinos, y dependen de algunos factores ajenos a la misma vía y en especial del desarrollo inmediato de las zonas adyacentes.

8.2.7.4 Aumento de Transito

Las condiciones del desarrollo socio-económico de la población, el adelanto tecnológico de los vehículos a motor y la misma necesidad del uso de ellos son los elementos que afectan directamente al incremento del tránsito.

Para cuantificar este componente dependerá del conocimiento de las condiciones locales de desarrollo y de algunos factores ambientales del entorno.

Para facilitar las estimaciones de este aumento de tránsito en un proyecto de ingeniería es necesario contar con la ayuda de técnicos comprendidos en estudios de carácter socio-económicos para así determinar la componente del aumento de tránsito.

8.2.8 Volumen de Trafico Promedio

A partir de los datos obtenidos en los conteos y clasificación vehicular en campo, se procedió a analizar la consistencia de la misma. La demanda del servicio de vía esta medido por el índice medio diario vehicular (IMD Vehicular), es decir por el tránsito existente que circula por la vía en estudio, siendo esta información obtenida por un conteo vehicular; así tenemos que por dicha vía circula un tránsito vehicular de 357 vehículos/día/año, dentro de este IMD vehicular se tiene una composición distribuida mayoritariamente en autos, Station Wagon, Pickup, Combi, Camión 2E, Camión 3E, Camión 4E, Semi Trayler 2S1/2s2, estos últimos transitan debido a que en la zona del proyecto se realiza un gran y variada actividad agrícola, actividad pecuaria y otras actividades, en base a este contexto se determina la demanda actual del servicio de la vía en dicha zona; tomando esta información base se detalla el IMD de la vía en estudio mostrada en los gráficos y cuadros.



Fig. N°8.1: Vehículos de carga por actividad agrícola

Fuente: Propia



Fig. N°8.2: Tránsito de camionetas rurales por la zona

Fuente: Propia

En la siguiente tabla se resumen los recuentos de tráfico y la clasificación respectiva:

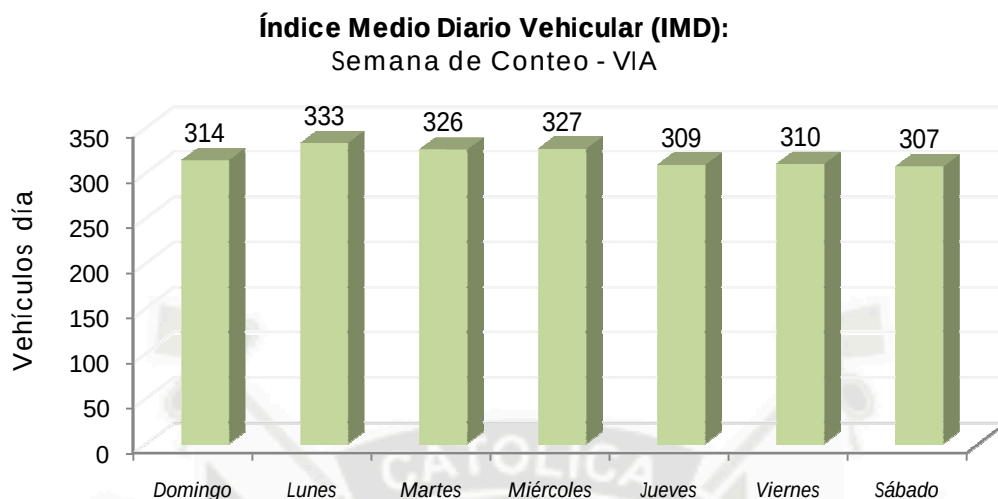


Fig. N°8.3: IMD vehicular

8.2.9 Clasificación Vehicular Promedio

A partir de los resultados de obtenidos en el conteo vehicular, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra, la cual está conformada según grafico de la siguiente manera

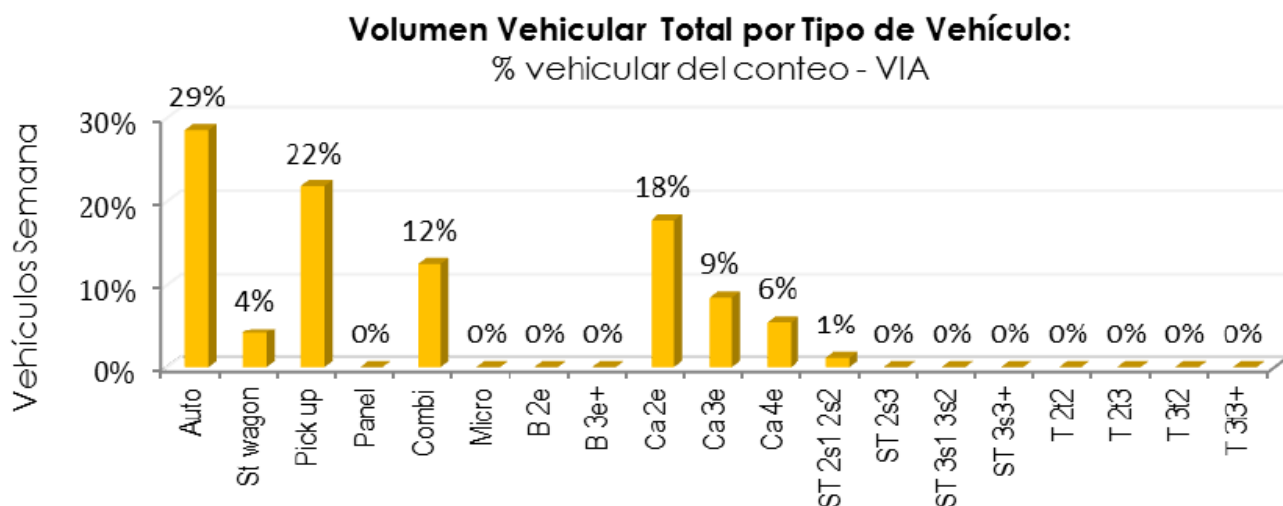


Fig. N°8.4: Volumen Vehicular Total por tipo de Vehículo

8.2.10 Volumen de Tráfico Promedio Anual

El conteo vehicular se ha realizado en un lapso de una semana y requiriéndose estimar el comportamiento anual del tránsito, para determinar el IMDA (veh/día/año), resulta necesario usar factores de corrección que permitan expandir el volumen de esa muestra al universo anual.



F.C.E. VEHÍCULOS LIGEROS	1.121810
F.C.E. VEHÍCULOS PESADOS	1.109913

Fig. N°8.5: Factor de corrección Estacional

DEMANDA DE SERVICIO DE VIA: IMD VEHICULAR; USO ACTUAL DE VIA EN ESTUDIO (2012)																				IMD Vehicular
VIA en Estudio	Auto	St Wag	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Trayler				Trayler				veh / día / año
			Pick Up	Panel	C.Rural		2 E	>= 3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
Volumen de la Semana	636	91	486	0	278	0	0	0	396	190	125	24	0	0	0	0	0	0	0	2,226
IMDs ($\sum Vi/7$)	91	13	69	0	40	0	0	0	57	27	18	3	0	0	0	0	0	0	0	318
Corrección Estacional	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	
IMDa (IMDs*/FC)	102	15	78	0	45	0	0	0	63	30	20	4	0	0	0	0	0	0	0	357
IMD - vía	102	15	78	0	45	0	0	0	63	30	20	4	0	0	0	0	0	0	0	357
Participación %	29%	4%	22%	0%	13%	0%	0%	0%	18%	8%	6%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Fig. N°8.6: Demanda de Servicio de Vía

Fuente: Propia

8.2.11 Proyecciones de Tránsito Futuro

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tráfico actual que utiliza la carretera, resulta necesario realizar las proyecciones de Tránsito Futuro.

En primer lugar resulta necesario determinar el periodo de proyección del tráfico, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento, las cuales están en función de las tasas de crecimiento demográficas y macroeconómicas.

8.2.11.1 Vida Útil del Pavimento

Para el presente proyecto se ha establecido un periodo de diseño de 20 años, contados a partir de la fecha de apertura del tránsito, por otro lado considerando que la vía entrará en servicio en el año 2013 y que el estudio de tráfico se realizó en abril del 2012, el número de años hasta llegar a la vida útil del pavimento será de 20 años.

8.2.11.2 Tasas de Crecimiento

Las tasas de crecimiento vehicular varían dependiendo del tipo de vehículo, para la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo en estudio o de otras vías de naturaleza similar.

Una metodología alternativa o complementaria en el caso de no contar con información histórica o en caso que la misma resulte insuficiente es realizar un análisis elástico de las variables macroeconómicas (PBI, Demografía, etc.) del área de influencia del proyecto, considerando los resultados de una encuesta de origen - destino.

En resumen las tasas de crecimiento del tráfico vehicular ligero y pesado que han sido consideradas para la proyección del tráfico, son las siguientes:

TASAS DE CRECIMIENTO Y DETERMINACIÓN DE TRÁFICOS			
PARA PROYECCIÓN VEHICULAR			
Tipo de Vehículo			Tasa % - r
<i>Vehículos de Pasajeros</i>	1º	Auto	10.35%
	2º	St wag.	10.35%
	3º	Pick up	10.35%
	4º	Combi	10.35%
<i>Vehículos de Carga</i>	5º	Camión 2e	6.86%
	6º	Camión 3e	6.86%
	7º	Camión 4e	6.86%
	8º	ST 2s1 2s2	6.86%

Tabla 8.3: Tasas de crecimiento y determinación de tráficos

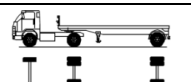
8.2.12 Demanda Proyectada

A continuación se mostrará los valores del estudio de tránsito que nos servirán para el diseño de la pavimentación, la Tabla 8.4 muestra el IMDa con su clasificación según el tipo de vehículo; se aprecia la proyección del tránsito considerando que el año de base fue el 2012, y haciendo proyección para 20 años a partir del 2013 que será 2032, obteniéndose así un tráfico total de 2483.

Demanda del Servicio de Vías (uso de vía) - TRÁFICO TOTAL									
Índice Medio Diario Vehicular Anual Corregido (IMDa por Tipo de Vehículo)									
Años	Auto	St wag.	Pickup	Combi	Camión 2e	Camión 3e	Camión 4e	ST 2s1 2s2	IMDa V
	10.35%	10.35%	10.35%	10.35%	6.86%	6.86%	6.86%	6.86%	Veh/día/año
0	102	15	78	45	63	30	20	4	357
1	130	20	99	58	77	37	24	5	450
2	143	21	109	63	83	39	26	6	490
3	158	23	121	69	89	43	28	6	537
4	174	25	133	77	94	45	30	6	584
5	192	29	147	85	101	48	32	7	641
6	212	31	162	93	108	52	35	7	700
7	233	35	178	104	115	55	37	7	764
8	258	38	197	114	123	59	39	8	836
9	284	41	217	125	131	63	41	8	910
10	314	46	240	138	140	67	45	9	999
11	346	51	265	153	151	71	47	9	1,093
12	382	56	292	169	161	77	51	10	1,198
13	422	62	323	186	171	82	54	10	1,310
14	466	69	357	206	183	87	59	12	1,439
15	514	76	393	227	196	93	62	13	1,574
16	567	83	434	250	209	100	67	14	1,724
17	626	92	478	276	224	107	71	14	1,888
18	690	101	528	305	239	114	76	15	2,068
19	761	112	583	336	255	122	82	16	2,267
20	841	123	643	370	273	130	86	17	2,483

Tabla 8.4: Demanda proyectada de Servicio IMDa

8.2.13 Determinación del Número de Ejes Equivalentes del 8.2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño

MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			PESO TOTAL (Kips)	Lx POR EJES (Kips)	L2	B _x	EALF _i (POR EJE)	FACTOR CAMIÓN FC=Σ EALF _i	FC*IMDA
			EJE	%	Lx							
VEHIC. MAYOR												
CATEGORIA " M"	307											
AUTOMOVILES 	130	3.00	Del.	50.0%	1.50	6.608	3.304	1	0.835	0.0010372	0.002074	0.2696828
			Post. 01	50.0%	1.50		3.304	1	0.835	0.0010372		
STATION WAGON 	20	3.50	Del.	50.0%	1.75	7.709	3.855	1	1.041	0.0017587	0.003517	0.0703480
			Post. 01	50.0%	1.75		3.855	1	1.041	0.0017587		
CAMIONETA PICK UP 	99	5.00	Del.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	2.052	0.0064925	0.012985	1.2855165
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	2.052	0.0064925		
COMBI 	58	7.00	Del.	50.0%	3.50	15.419	7.709	1	4.636	0.0248192	0.049638	2.8790231
			Post. 01	50.0%	3.50		7.709	1	4.636	0.0248192		
VEHICULOS PESADOS												
CATEGORIA " N"	143											
C=CAMION												
CAMION (C2) 	77	18.00	Del.	38.9%	7.00	39.648	15.419	1	33.233	0.4979855	4.378367	337.1342657
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	131.899	3.8803816		
CAMION (C3) 	37	25.00	Del.	28.0%	7.00	55.066	15.419	1	33.233	0.4979855	2.629645	97.2968570
			Post. 01	72.0%	18.00		39.648	2	71.151	2.1316593		
CAMION (C4) ₁₋₃ 	24	30.00	Del.	43.8%	7.00	66.079	15.419	1	33.233	0.4979855	1.740354	41.7685018
			Post. 01	56.3%	23.00		50.661	3	43.699	1.2423687		
CATEGORIA " O"												
TS=TRACTO CAMIÓN + SEMIREMOLQUE												
T2S1 	5	29.00	Del.	24.1%	7.00	63.877	15.419	1	33.233	0.4979855	8.258749	41.2937433
			Post. 01	37.9%	11.00		24.229	1	131.899	3.8803816		
			Post. 02	37.9%	11.00		24.229	1	131.899	3.8803816		

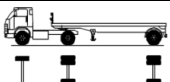
$$ESAL = \sum_{i=1}^{i=m} FACTORCAMI \acute{O}N_i \times IMD_i (G)(D)(L)(Y) \times 365$$

3,150,015.68

ESAL 3.15E+06

Tabla 8.5: Cálculo de ESAL para Pavimento Flexible

Fuente: Propia

MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			PESO TOTAL (Kips)	Lx POR EJES (Kips)	L2	B _x	EAL _{F_i} (POR EJE)	FACTOR CAMIÓN FC=ΣEAL _{F_i}	FC*IMDA
			EJE	%	Lx							
VEHIC. MAYOR												
CATEGORIA " M"		307										
AUTOMOVILES 	130	3.00	Del.	50.0%	1.50	6.608	3.304	1	1.000	0.0012560	0.002512	0.3265720
			Post. 01	50.0%	1.50		3.304	1	1.000	0.0012560		
STATION WAGON 	20	3.50	Del.	50.0%	1.75	7.709	3.855	1	1.001	0.0021904	0.004381	0.0876157
			Post. 01	50.0%	1.75		3.855	1	1.001	0.0021904		
CAMIONETA PICK UP 	99	5.00	Del.	50.0%	2.50	11.013	5.507	1	1.002	0.0084684	0.016937	1.6767369
			Post. 01	50.0%	2.50		5.507	1	1.002	0.0084684		
COMBI 	58	7.00	Del.	50.0%	3.50	15.419	7.709	1	1.011	0.0324412	0.064882	3.7631845
			Post. 01	50.0%	3.50		7.709	1	1.011	0.0324412		
VEHICULOS PESADOS												
CATEGORIA " N"		143										
C=CAMION												
CAMION (C2) 	77	18.00	Del.	38.9%	7.00	39.648	15.419	1	1.300	0.5484109	3.706069	285.3673151
			Post. 01	61.1%	11.00		24.229	1	3.798	3.1576582		
CAMION (C3) 	37	25.00	Del.	28.0%	7.00	55.066	15.419	1	1.300	0.5484109	3.795350	140.4279409
			Post. 01	72.0%	18.00		39.648	2	4.305	3.2469389		
CAMION (C4)1-3 	24	30.00	Del.	43.8%	7.00	66.079	15.419	1	1.300	0.5484109	3.343773	80.2505619
			Post. 01	56.3%	23.00		50.661	3	3.962	2.7953625		
CATEGORIA " O"												
TS=TRACTO CAMIÓN + SEMIREMOLQUE												
T2S1 	5	29.00	Del.	24.1%	7.00	63.877	15.419	1	0.419	1.1293414	16.586538	82.9326911
			Post. 01	37.9%	11.00		24.229	1	0.478	7.7285984		
			Post. 02	37.9%	11.00		24.229	1	0.478	7.7285984		

$$ESAL = \sum_{i=1}^m FACTORCAMIÓN_i \times IMD_i(G)(D)(L)(Y) \times 365 \quad 3,954,030.89$$

Tabla 8.6: Cálculo de ESAL para Pavimento Rígido

Fuente: Propia

8.3 SUB-RASANTE

8.3.1 Generalidades

En la etapa de construcción de un pavimento lo que se quiere es preparar una plataforma estable, denominada comúnmente sub-rasante con una sección transversal predeterminada sobre la cual se colocará la estructura propia del pavimento, por lo que es fundamental conocer las propiedades de los suelos donde se construirá el pavimento.

La finalidad de realizar el estudio de mecánica de suelos, es el de conocer las características físico-mecánicas y las condiciones del terreno de fundación, así como la ubicación de las canteras y las características del material obtenido de las mismas, con el fin de que pueda ser explotado para su utilización en la construcción de carreteras.

8.3.2 Estudio de la Sub-Rasante

Se define a la sub-rasante al terreno de fundación sobre la cual un pavimento es construido, pudiendo estar constituida de: suelo natural, estrato rígido, o por medio de conformación de terraplenes.

De la calidad de esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea este flexible o rígido. Para el estudio de la sub-rasante se siguió toda una metodología iniciándose con trabajos de campo, consistiendo está en la toma de muestras de suelo. El método empleando para la extracción de muestras fue el de la excavación de calicatas. Las calicatas se efectuaron a una profundidad promedio de 1.50 m.

8.3.3 Ensayos de Laboratorio Para Su Clasificación y Capacidad de Soporte

Para establecer las propiedades físicas del suelo muestreado y estimar su comportamiento bajo diversas condiciones, es necesario efectuar varias pruebas. Para el presente estudio de suelos, se desarrolló los ensayos que se describen a continuación:

8.3.3.1 Determinación del contenido de Humedad

Este ensayo permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. El suelo constituido por: partículas sólidas, aire y agua. En los suelos que consisten en partículas finas, la cantidad de agua presente en los poros tiene un marcado efecto en las propiedades de los mismos.



Fig. N°8.7: Componentes del suelo

Fuente: <http://amyde.galeon.com/esuelo.htm>, Estructura del suelo

El conocimiento de la humedad natural permite definir a priori el tratamiento a darle, durante la construcción, estimar su posible comportamiento, como subrasante, si el contenido natural de agua esta próximo al límite líquido, es casi seguro que se está tratando con un suelo muy sensitivo y si, por el contrario, el contenido de agua es cercano al límite plástico, puede anticiparse que el suelo presentará un buen comportamiento.

Calicata	Ws (Bandeja + Muestra)	W Bandeja	Ws Neto	%w
C-1	3412.9	428.7	2984.2	0.53%
C-2	3416.4	428.7	2987.7	0.41%
C-3	3412.3	428.7	2983.6	0.55%
C-4	3411.8	428.7	2983.1	0.57%

Tabla 8.7: Porcentaje del contenido de humedad

Fuente: Propia

8.3.3.2 Análisis Granulométrico

Determina cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas de suelo.

Existen diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica de un suelo. Por ejemplo, para clasificar por tamaños más partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

Granulometría												
% Acumulado Pasante												
Calicatas	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
C-1	100	100	99	92	87	74	60	43	27	15	9	5
C-2	100	98	90	75	63	43	29	18	12	7	3	1
C-3	100	100	98	91	85	75	61	44	27	16	9	4
C-4	100	99	91	77	66	52	38	26	20	14	8	3

Tabla 8.8: Análisis granulométrico para material de calicata

Fuente: Propia

8.3.3.3 Determinación del Límite Plástico

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa, sin que dichas barritas se desmoronen. El suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

El material extraído de las calicatas no presenta límite plástico.

8.3.3.4 Determinación del Límite Líquido

El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado

plástico y el estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande

El material extraído de las calicatas el material no presenta límite líquido.

8.3.3.5 Peso Específico

Se define como peso específico de un suelo a la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen de agua que desalojan.

El valor del peso específico, que queda expresado por un número abstracto, además de servir para fines de clasificación, determinación de la densidad de equilibrio de un suelo y corrección de la densidad en el terreno por la presencia de partículas de agregado grueso, interviene en la mayor parte de los cálculos de Mecánica de Suelos.

	MUESTRA	GRAVA
A	Peso Mat.Sat.Sup. Seca (En Aire) (gr.)	4125
B	Peso de Rec. + H2O (gr)	1925
C	Peso de Rec. + H2O (gr) + A	6050
D	Peso del Material + H2O en Rec. (gr)	4463
E	Volumen de Masa + Volumen De Vacío = C-D (gr)	1587
F	Peso de Material Seco en estufa (105°C) (gr)	4097
G	Volumen de Masa = E-(A-F) (gr)	1559
Peso Seco Material Bulk (Base seca) = F/E		2.582
Peso Seco Material Bulk (Base saturada) = A/E		2.599
Peso Seco Material Bulk Aparente (Base seca) = F/G		2.628
% de Absorción = ((A-F)/F) x 100		0.68%
	MUESTRA	ARENA
A	Peso Mat.Sat.Sup. Seca (En Aire) (gr.)	500.0
B	Peso Frasco + H2O (gr)	643.5
C	Peso Frasco + H2O (gr) + A	1143.5
D	Peso del Material + H2O en el frasco (gr)	956.55
E	Volumen de Masa + Volumen De Vacío = C-D (gr)	186.98
F	Peso de Material Seco en estufa (105°C) (gr)	497.77
G	Volumen de Masa = E-(A-F) (gr)	184.75
Peso Seco Material Bulk (Base seca) = F/E		2.662
Peso Seco Material Bulk (Base saturada) = A/E		2.674
Peso Seco Material Bulk Aparente (Base seca) = F/G		2.694
% de Absorción = ((A-F)/F) x 100		0.45%

Tabla 8.9: Peso Específico y Absorción para el material de calicata

Fuente: Propia

8.3.3.6 Ensayos de compactación

La compactación de suelos permite incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, además de reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

Para un control adecuado en la compactación durante la construcción, es necesario efectuar pruebas que permitan conocer la máxima densidad y óptimo contenido de humedad (OCH).

Máxima densidad: Es el máximo peso seco, obtenido cuando el material se mezcla con diferentes porcentajes de agua y se compacta de una manera normal preestablecida.

Óptimo contenido de humedad: Es el porcentaje de agua con el cual se obtiene la máxima densidad para el esfuerzo de compactación especificado.

MAXIMA DENSIDAD - OPTIMA HUMEDAD				
METODO DE COMPACTACION :		PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-180 ASTM D 1557		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2140	PESO DEL MOLDE (gr.) :		
				3306
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3
				4
PESO SUELO + MOLDE		7782	7940	8136
				8179
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		4476	4634	4830
				4873
DENSIDAD HUMEDA		2.092	2.165	2.257
				2.277
CAPSULA Nro.		1	2	3
				4
PESO SUELO HUMEDO +CAPSULA		709.0	927.0	846.0
				942.0
PESO SUELOS SECO +CAPSULA		688.0	884.0	796.0
				872.0
PESO DE LA CAPSULA		186.0	188.0	187.0
				185.0
PESO DE AGUA		210	43.0	50.0
				70.0
PESO DE SUELO SECO		502.0	696.0	609.0
				687.0
CONTENIDO DE AGUA		4.18	6.18	8.21
				10.19
DENSIDAD SECA		2.008	2.039	2.086
				2.067
DENSIDAD MAXIMA SECA gr./cc.	2.088	HUMEDAD OPTIMA %		
				8.45

Tabla 8.10: Máxima densidad – Óptimo contenido de humedad

Fuente: Propia

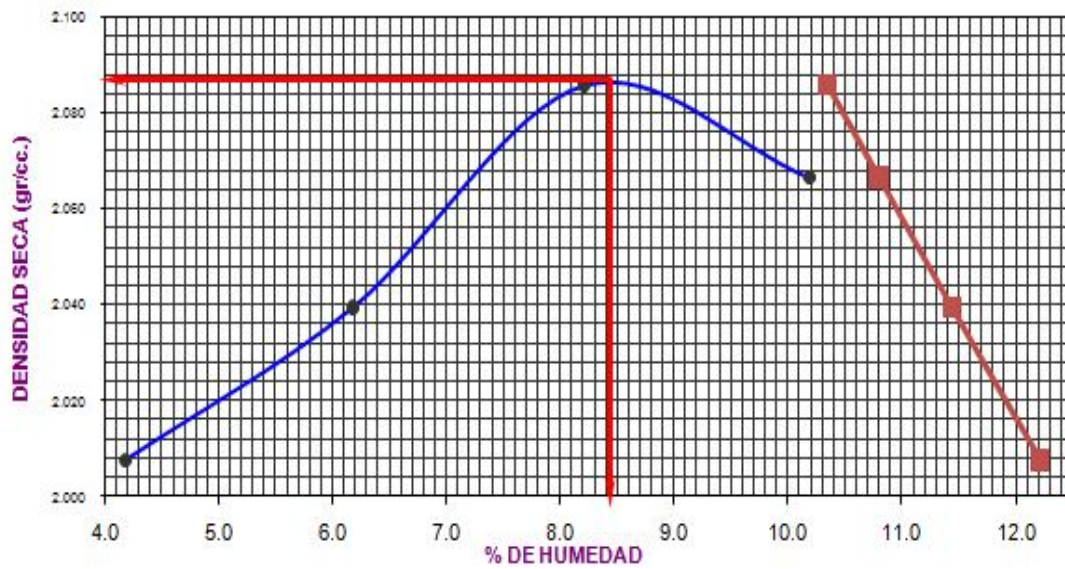


Fig. N°8.8: Máximo contenido de humedad

Fuente: Propia

8.3.3.7 Determinación de la densidad

Este ensayo permite determinar el peso seco de una muestra de la capa cuya densidad se desea conocer, así como el volumen del orificio excavado para recoger el suelo, el cual se mide mediante una arena y procedimiento normalizado. La relación entre el peso seco del material y el volumen del orificio del cual se extrajo es la densidad seca de la capa cuyo nivel de compactación se verifica.

UBICACIÓN	M-1	M-2
LADO DE LA VIA CONTROLADA	LD	LI
VOLUMEN DEL HOYO		
1 PESO DE LA ARENA + FRASCO	8,037	7,962
2 PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	2,431	2,206
3 PESO DE LA ARENA EMPLEADA (1-2)	5,606	5,756
4 PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	1860	1860
5 PESO DE LA ARENA EMPLEADA PARA LLENAR EL HOYO (3-4)	3,746	3,896
6 DENSIDAD DE LA ARENA EMPLEADA	148	148
7 VOLUMEN DEL HOYO (5/6)	2,531	2,632
DENSIDAD SECA IN SITU DE LA MUESTRA TOTAL		
8 PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	4,339	4,902
9 PESO DEL RECIPIENTE	0	0
10 PESO DEL SUELO HÚMEDO (8-9)	4,339	4,902
11 DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO (10/7)	171	186
12 DENSIDAD EL SUELO SECO NATURAL $(11 \cdot 100) / (19 + 100)$	170	182
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA FRACCIÓN FINA (ASTM D - 2216)		
13 PESO DE MUESTRA DE SUELO HÚMEDO + CÁPSULA	464.00	520.00
14 PESO DE LA MUESTRA DE SUELO SECO + CÁPSULA	461.00	513.00
15 PESO DEL AGUA (13-14)	3.00	7.00
16 PESO DE LA CÁPSULA	143.00	185.00
17 PESO DE LA MUESTRA SECA (14-16)	318.00	328.00
18 PORCENTAJE DE LA HUM. DE LA FRACCIÓN FINA $((15/17) \cdot 100)$	0.94	2.13
19 PORCEN. DE HUM. DE MUESTRA TOTAL $(25 \cdot 28 + 24 \cdot 27) / 100$	0.93	2.10
CORRELACIÓN DE LA DENSIDAD SECA Y CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D - 4718)		
20 P. MUESTRA EXTRAIDA SECA (22+23)	4,299.21	4,801.07
21 P. DEL MAT. EXTRADIMENSIONADO HÚMEDO	292.00	106.00
22 P. DEL MAT. EXTRADIMENSIONADO SECO $(21(1-(27/100)))$	290.03	105.28
23 P. DEL MAT. DE LA FRACCIÓN FINA SECA $(10-21)/(1+18/100)$	4,009.18	4,695.79
24 %DEL MAT. EXTRADIMENSIONADO $(22/(22+23)) \cdot 100$	6.75	2.19
25 %DEL MAT. DE LA FRACCIÓN FINA $(23/(22+23)) \cdot 100$	93.25	97.81
26 P. ESPECÍFICO DEL MAT. EXTRADIM. (ASTM C-127)	2.582	2.582
27 %DE ABSORCIÓN DEL MAT. EXTRADIM. (ASTM C-127)	0.68	0.68
28 %DE HUM. FRACCIÓN FINA $(=18)$	0.94	2.13
29 DENSIDAD SECA DE LA FRACCIÓN FINA $(12 \cdot 26 \cdot 25) / (100 \cdot 26 - 12 \cdot 24)$	166	181
GRADO DE COMPACTACIÓN CORREGIDA		
30 MÁXIMA DENSIDAD SECA PROCTOR....MÉTODO....C	2.088	2.088
31 PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN $(29/30 \cdot 100)$	79	87
32 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.45	8.45

Tabla 8.11: Densidad de campo

Fuente: Propia

8.3.3.8 Determinación de la Resistencia

Los ensayos de resistencia más utilizados son el CBR y los ensayos de carga sobre una placa. Para el diseño de un pavimento de concreto lo que se requiere es el módulo de reacción k, dicho ensayo en muchos casos no se puede hacer debido a recursos de equipo y económico, por tanto por medio de varios estudios

existe correlación entre el CBR y k, que son valores aceptables debido a que para el diseño el valor de k es de menor incidencia comparados con los otros factores.

Ensayo de CBR (Relación Californiana de soporte) (AASHTO – T193-63):

El índice de California (CBR) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica solo al estado en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. Se usa en el diseño de pavimentos flexibles, se expresa en porcentaje como, la razón de carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria que se requiere para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida.

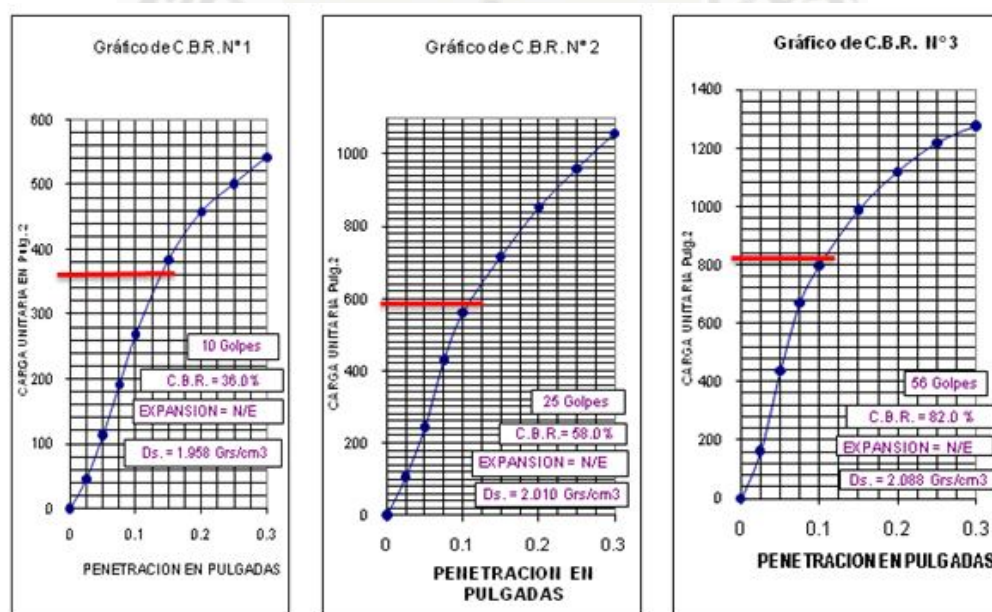


Fig. N°8.9: Relación California de soporte (AASHTO – T193-63)

Fuente: Propia

Ensayo de carga directa sobre placa (AASHTO D1195 y D1196):

Este ensayo evalúa la capacidad portante de las sub-rasantes, las bases y en ocasiones, los pavimentos completos. Aunque esta prueba es generalmente

aplicada al diseño de pavimentos rígidos, es también utilizada en pavimentos flexibles.

El ensayo consiste en cargar una placa circular, en contacto estrecho con el suelo por probar, midiéndose las deformaciones finales correspondientes a los distintos incrementos de carga utilizados. A través de esta prueba es posible calcular el módulo de reacción de una sub-rasante dada. Este concepto se define como la presión necesaria que ha de transmitirse a la placa para producir en el suelo una deformación prefijada.

Teniendo en cuenta que la mayoría de laboratorios no poseen los equipos necesarios para elaborar cualquier prueba de resistencia se han establecido relaciones empíricas entre las diversas medidas de resistencia, relaciones entre valores de CBR entre la clasificación de suelos, módulo de soporte del suelo K, entre otros valores.

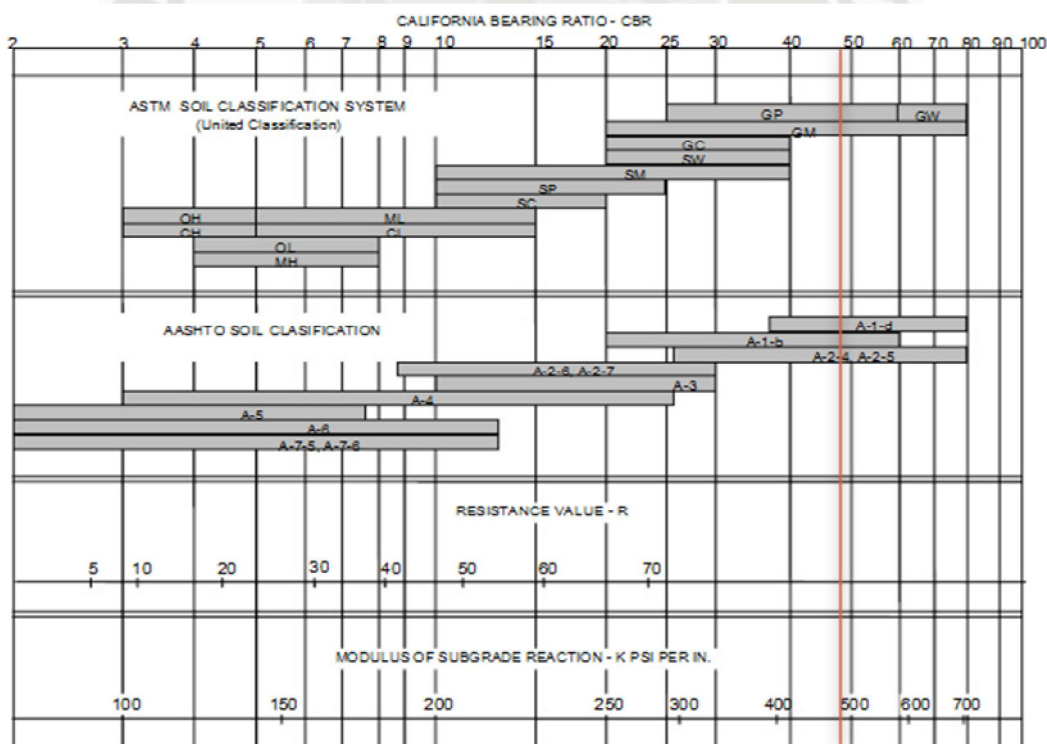


Fig. N °8.10: Relación entre valores de CBR y módulo de soporte del suelo K

Fuente: Ing. Montejo Fonseca, A., Ingeniería de Pavimentos

8.3.3.9 Clasificación de Suelos

Una adecuada y rigurosa clasificación permite al ingeniero tener una idea acerca del comportamiento que cabe esperar de un suelo como cimiento del firme, a partir de propiedades de sencilla determinación; normalmente, suele ser suficiente conocer la granulometría y plasticidad de un suelo para predecir su comportamiento mecánico

El objetivo de la clasificación de suelos es de ordenarlos en grupos en base a su granulometría, esto nos facilita la comparación de sus propiedades entre distintos tipos de suelos.

Existen dos métodos estándar de clasificación se suelos según su granulometría que son:

- Sistema de clasificación según AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte).
- Sistema de clasificación según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). La clasificación SUCS se usa para cimentaciones.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
Grupo:	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

Tabla 8.12: Sistema de clasificación según la AASHTO

Fuente: <http://www3.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/clasifM2.htm>, Mecanica de Suelos

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3		
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D ₃₀) ² /D ₁₀ xD ₆₀ entre 1 y 3		
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.		
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	LOS límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
	SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.		
				CL		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
OL				Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.					
		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.					
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.					
		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.					

Tabla 8.13: Sistema de clasificación según la SUCS

Fuente: Steven Quesada, Clasificación de un suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Para la Clasificación AASHTO:

Material granular
Excelente a bueno como subgrado
A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

Tabla 8.14: Clasificación AASHTO

Fuente: Propia

Para la clasificación SUCS:

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas.(Nomenclatura con símbolo doble).
Arena bien graduada con limo con grava SW SM

Arena bien graduada con limo con grava SW SM

Tabla 8.15: Clasificación SUCS

Fuente: Propia

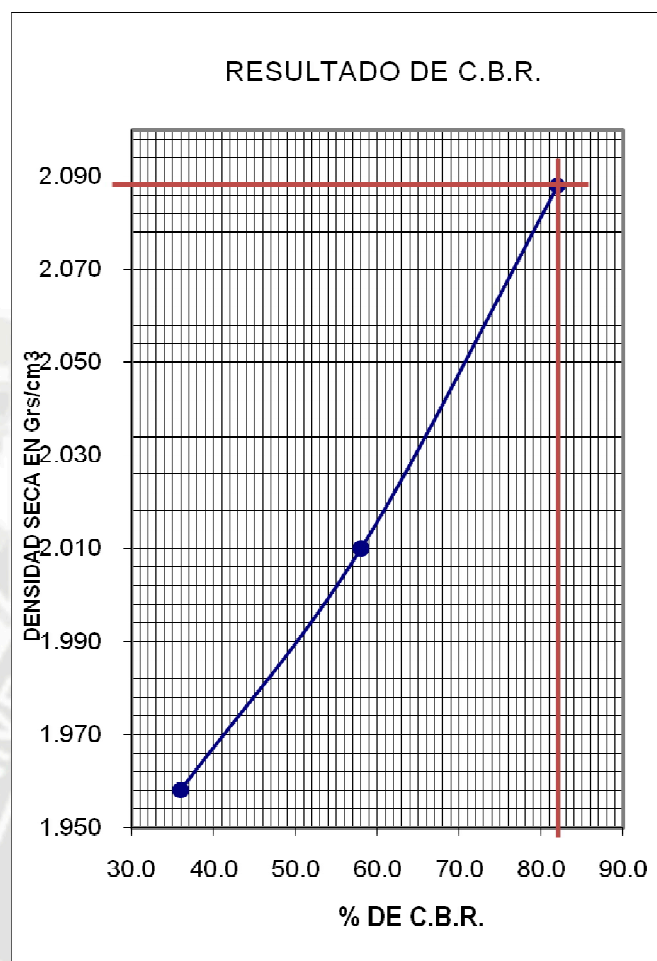
8.3.4 Determinación de Suelo Típico de Sub-rasante para Unidad de Diseño

A partir de los ensayos realizados del suelo de fundación que servirá para poder soportar el pavimento de CCR se escoge el suelo representativo con fines de diseño, para el presente caso el suelo analizado presenta uniformidad en sus características

8.3.5 Selección de Valor de Resistencia del Suelo Típico de La Sub-rasante

Se realizaran ensayos “in situ” o en laboratorio, que nos permitirán conocer su resistencia en las condiciones de equilibrio, los que deberán presentarse durante el periodo de servicio del pavimento.

El criterio para la determinación del valor de resistencia de diseño es el propuesto por la norma ASTM D-1883-91 (C), el cual toma un valor total del 95% del valor total, tal como se muestra en la tabla



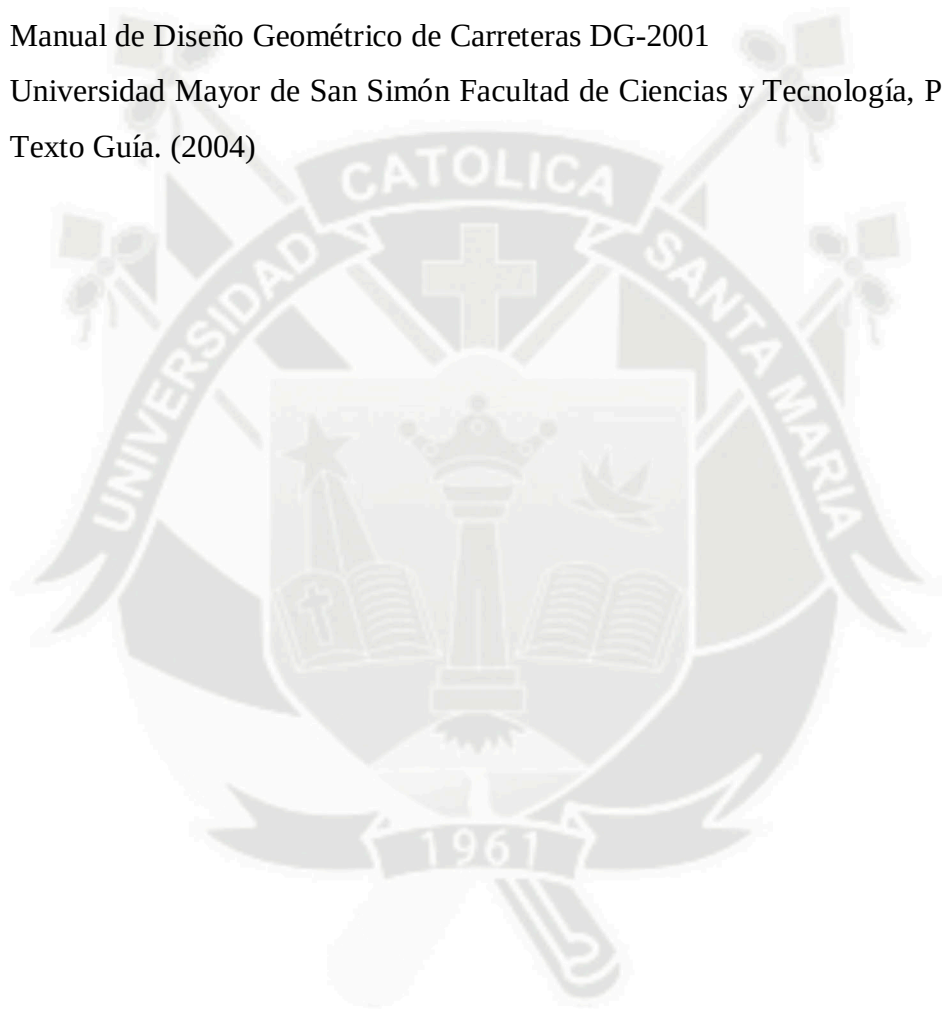
CBR AL 100% DE LA M.D.S.	82.0%
CBR AL 95% DE LA M.D.S.	49.0%

Fig. N°8.11: Valor de resistencia del suelo de la Sub Rasante

Fuente: Propia

REFERENCIAS

1. Montejo Fonseca, A., Ingeniería de Pavimentos Tomo I. (2002)
2. León Tejada, M.; Minaya Tejada, R. Tesis UCSM PPIC: “Estudio de los daños y plan de rehabilitación de la Avenida Pizarro de los distritos de Paucarpata – José Luis Bustamante y Rivero”. (2010)
3. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2001
4. Universidad Mayor de San Simón Facultad de Ciencias y Tecnología, Pavimentos Texto Guía. (2004)



CAPÍTULO IX

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS

El pavimento es la superficie de rodamiento para los distintos tipos de vehículos, formada por el agrupamiento de capas de distintos materiales destinados a distribuir y transmitir las cargas aplicadas por el tránsito al cuerpo del terraplén. ⁽¹⁾

Entre los tipos de pavimentos están los flexibles (de asfalto) y los rígidos (de concreto), la diferencia entre estos tipos de pavimentos es la resistencia que presentan a la flexión.

9.1 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible es una estructura formada por las capas que se muestran en la Fig. N° 9.1 y con la finalidad de cumplir con los siguientes propósitos:

- Soportar y transmitir las cargas que se presentan con el paso de vehículos.
- Ser lo suficientemente impermeable.
- Soportar el desgaste producido por el tránsito y el clima.
- Mantener una superficie cómoda y segura para el rodamiento de los vehículos.
- Mantener un grado de flexibilidad para cubrir los asentamientos que presente la capa inferior (base o sub-base).

Los materiales de estos pavimentos necesitan tener una gran resistencia al corte para evitar las posibles fallas. De esta forma el diseño se basa en ensayos de penetración, es decir mediante la determinación del valor de soporte de California o CBR. ⁽²⁾

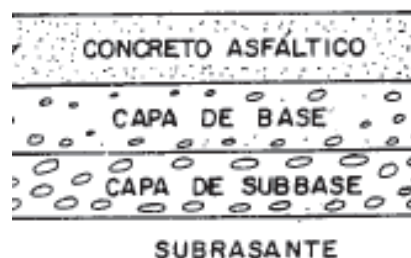


Fig. N° 9.1: Estructuración de un pavimento flexible

Fuente: Montejo Fonseca, A. Ingeniería de Pavimentos

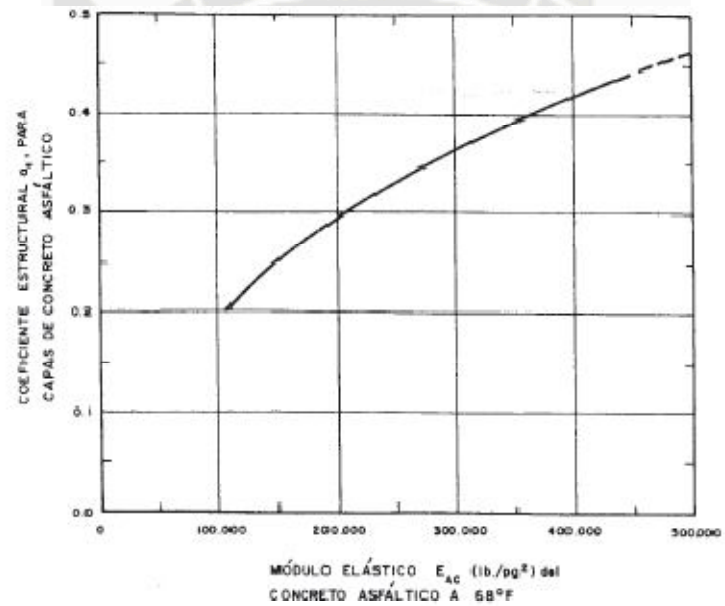


Figura 5.28 – Gráfica para hallar a_1 en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.

Fig. N°9.2: Grafica para hallar a_1 en función del MR del concreto asfáltico

Fuente: Montejo Fonseca, A. Ingenieria de Pavimentos

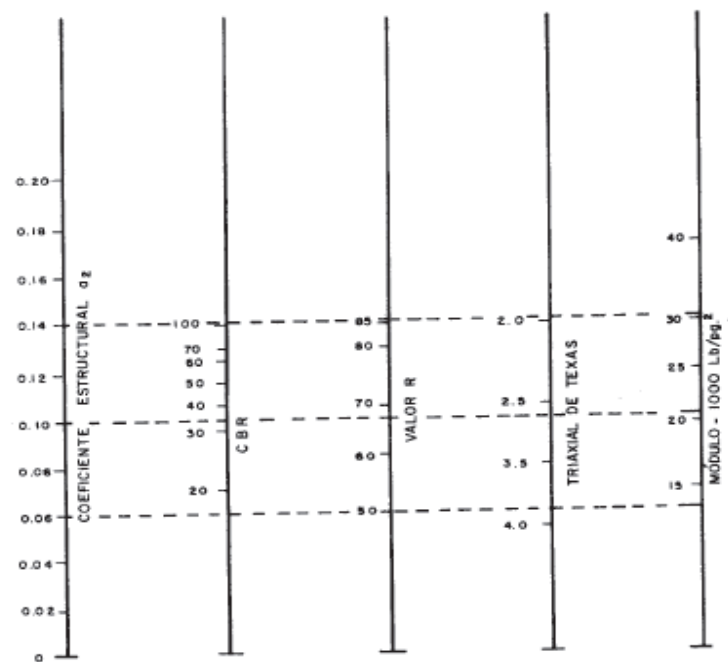


Figura 5.29 - Variación de coeficiente a_2 con diferentes parámetros de resistencia de la base granular.

Fig. N°9.3: Variación de coeficiente a_2 para diferentes parámetros de resistencia de la base granular

Fuente: Montejo Fonseca, A. Ingeniería de Pavimentos

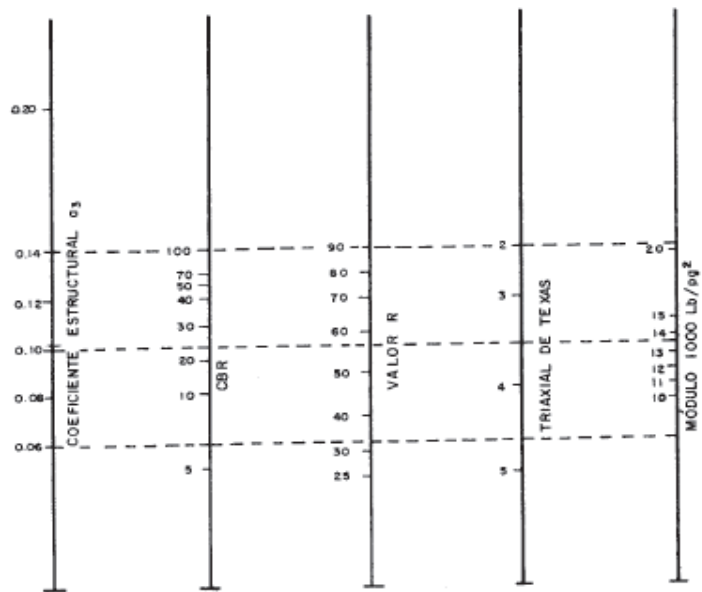


Figura 5.32 – Variación del coeficiente a_3 con diferentes parámetros de resistencia de la subbase.

Fig. N°9.4: Variación del coeficiente A3 para diferentes parámetros de resistencia de la sub base

Fuente: Montejo Fonseca, A. Ingeniería de Pavimentos

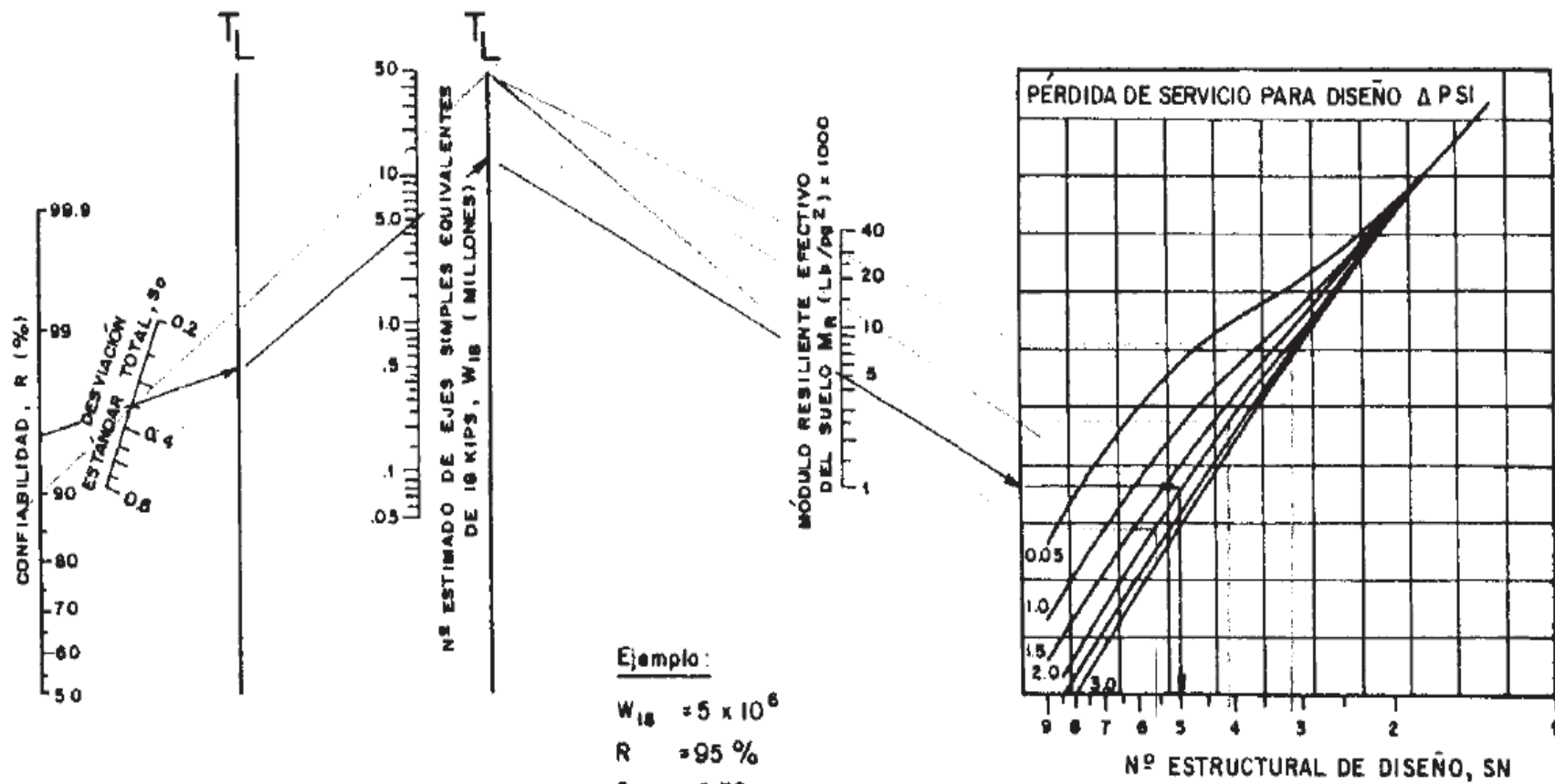


Fig. N°9.5: Gráfica de diseño para pavimento flexible

Fuente: Montejo Fonseca, A. Ingeniería de Pavimentos

Una vez realizados los ensayos y el conteo vehicular podemos empezar con el diseño del pavimento, y teniendo en cuenta las recomendaciones del método AASHTO, y utilizando los ábacos anteriores, se tiene los siguientes valores:

DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	3.15E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	90%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-1.282
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	17.00
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.5
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	20

DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0.40
Base granular (a ₂)	0.10
Subbase (a ₃)	0.13
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m ₂)	1.15
Subbase (m ₃)	1.15

MÓDULO RESILIENTE O ELÁSTICO (MR)

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

CBR

SUBRASANTE	49%
SUBBASE	92%
BASE	96%

Para suelos con CBR ≤ 10% se considera la siguiente ecuación

$$MR = 1500 \times CBR$$

Para suelos con CBR > 10% se considera la siguiente ecuación

$$MR = 4326 \times \ln CBR + 241$$

MÓDULO RESILIENTE (SUBRASANTE)	17077.0146 psi	17.0770146 ksi
MÓDULO RESILIENTE (SUBBASE)	19802.2574 psi	19.8022574 ksi
MÓDULO RESILIENTE (BASE)	19986.3703 psi	19.9863703 ksi
MÓDULO RESILIENTE (CARPETA ASFALTICA)	350000 psi	350 Ksi

SN	3.1
SN1	3
D1	7.5
D1 corregido	2
SN1	0.8
SN2	3
SN (base)	2.2
SN (base)	$a2 \cdot D2 \cdot m2$
D2	19.13043478
D2 corregido	7.9
SN (base)	0.9085
SN (subbase)	1.3915
SN (subbase)	$a3 \cdot D3 \cdot m3$
D3	9.3

DISEÑO DEL PAVIMENTO (in)	
Concreto Asfáltico	2
Base Granular	7.9
Sub Base Granular	9.3
Total	19.2

9.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO (CCR)

El pavimento rígido es una estructura formada por las capas que se muestran en la Fig. N° 9.6

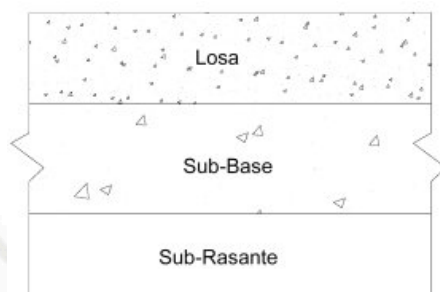


Fig. N° 9.6: Estructuración de un pavimento rígido

Fuente: http://cybertesis.upc.edu.pe/upc/2006/llosa_gj/html/sdx/llosa_gj-TH.2.html

Debido a su alta rigidez, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona mas amplia. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poco influencia en el diseño del espesor del pavimento.⁽³⁾

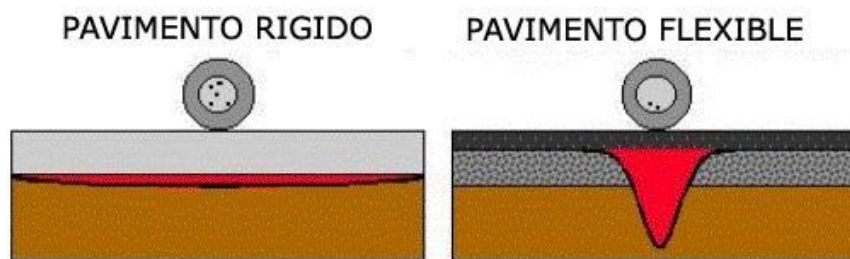


Fig. N° 9.7: Comportamiento del pavimento Flexible y Rígido

Fuente: Rondón Quintana, H. Pavimentos serie guías

Para el diseño del pavimento se usará el método de la Portland Cement Association (PCA), los procedimientos de diseño que brinda la PCA tiene en cuenta:

- Grado de transferencia de carga proporcionado en las juntas transversales.
- El efecto de usar bermas de concreto.

- Dos criterios de diseño:
 - o Fatiga
 - o Erosión

Factores de Diseño

El diseño se realiza teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Rotura, MR)
- Resistencia de la sub-rasante (K)
- Los tipos, frecuencias y magnitudes de las cargas por eje esperadas.
- El periodo de diseño que usualmente se toma como 20 años, pudiendo ser mayor o menos.

Una ventaja que debe destacarse en el método del PCA es que toma el tráfico real que circulará sobre el pavimento, sin convertirlo Ejes Sencillos Equivalentes.

Transito

Para el presente diseño del pavimento de la vía, sabiendo que ya fue analizado el tránsito en el capítulo anterior, en la Tabla 9.1 se aprecia el transito promedio diario anual para vehículos pesados, dichos valores los separamos por tipo de ejes, considerando el tránsito para el periodo de diseño de la vía.

Tipo de vehículo pesado	TPDA	Peso total (ton)	Peso por ejes (Ton)			TPDA*peso
			Eje	%	Peso	
C2	77	18	sencillo	38.90%	7	539
			sencillo	61.10%	11	847
C3	37	25	sencillo	28.00%	7	259
			tándem	72.00%	18	666
C4	24	30	sencillo	43.80%	13	312
			sencillo	56.30%	17	408
TS	5	29	sencillo	24.10%	7	35
			tándem	37.90%	11	55
			tridem	37.90%	11	55

Tabla 9.1: Transito promedio diario anual de vehículos pesados, según análisis de tránsito para el proyecto

Fuente: Propia

Cargas por eje (Ton)	Repeticiones al año	Repeticiones en la vida útil
Sencillos		
7	1145	20839
11	847	15415.4
23	408	7425.6
Tándem		
18	666	12121.2
11	55	1001
Tridem		
11	55	1001

Tabla 9.2: Repeticiones esperadas para cada tipo de eje en el diseño del pavimento por el método PCA

Fuente: Propia

Factores de Seguridad de Carga

El método exige que las cargas reales se multipliquen por unos factores de seguridad de carga (F.S.C.), recomendándose los siguientes:

Para tránsito pesado, FSC: 1.2

Para tránsito medio, FSC: 1.1

Para tránsito bajo, FSC: 1.0

Procedimiento de Diseño

Para un diseño de espesor de pavimento por el método de la PCA debe de tenerse los siguientes factores, y se adjunta los valores del proyecto:

- Tipo de juntas y bermas
- Resistencia a la flexión del concreto a 28 día, para un CCR de 49.3 kg/cm²
- Valor k de la sub-rasante, 480 pci
- Factor de seguridad de carga FSC, será de 1.1
- Distribución de cargas por eje
- Numero esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño durante el periodo de diseño

El grafico siguiente será el formato utilizado para la ejecución del diseño, en el se presenta los dos tipos de análisis requeridos:

Fatiga: para controlar el agrietamiento

Erosión: para controlar la erosión de la fundación y las bermas, el bombeo y el desnivel entre losas

Obra: Diseño vía rural de 4 carriles, subbase granular 100 mm.

Espesor de tanteo: 240 mm. Juntas con pasadores si no

K combinado: 35 Mpa/a Berma de concreto si no

Módulo de rotura, MR: 4.5 MPa Período de diseño: 20 años

Factor de seguridad de la carga, FSC: 1.2

Carga por eje KN	Multiplicado por FSC	Repeticiones esperadas	Análisis de fatiga		Análisis de erosión	
			Repeticiones admisibles	Porcentaje de fatiga (%)	Repeticiones admisibles	Porcentaje de daño (%)
1	2	3	4	5	6	7
8. Esfuerzo equivalente			<u>1.44</u>	10. Factor de erosión <u>2.61</u>		
9. Factor de relación de esfuerzos			<u>0.32</u>			
Ejes sencillos						
133	160	6310	21000	30.0	1400000	0.5
125	150	14690	55000	26.7	2000000	0.7
Ejes Tandem						
11. Esfuerzo equivalente			<u>1.35</u>	13. Factor de erosión <u>2.80</u>		
12. Factor de relación de esfuerzos			<u>0.30</u>			
231	277	21320	500000	4.3	910000	0.2
213	256	42870	350000	1.2	1500000	2.8
195	234	124900	Ilimitado	0	2400000	5.2
178	214	372900			4000000	9.3
160	192	885800			7600000	11.6
142	160	930700			35000000	2.6
125	142	1656000			Ilimitado	0
		984900				
		1227000				
		1356000				
			Total	8.7	Total	38.3

Tabla 9.3: Formato para el diseño de espesores por el método de la PCA, con valores de diseño del proyecto

Fuente: Montejo Fonseca, A. Ingeniería de Pavimentos

Análisis por Fatiga.

Se emplean las mismas tablas y figuras para pavimentos con o sin pasajuntas, mientras que la única variable es si se cuenta o no con apoyo lateral.

Sin apoyo lateral.

- Tabla 9.4 y la Fig. N°9.8

Con apoyo lateral.

- Tabla 9.5 y la Fig. N°9.8

Análisis por Erosión.

Sin apoyo lateral.

- Para pavimentos con pasajuntas, emplear Tabla 9.6 y la Fig. N°9.9
- En los pavimentos en que la transferencia de carga se realiza exclusivamente mediante la trabazón de los agregados, usar la Tabla 9.7 y la Fig. N°9.9

Con apoyo lateral.

- Para pavimentos con pasajuntas ó continuamente reforzados, emplear Tabla 9.8 y la Fig. N°9.10.
- En los pavimentos en que la transferencia de carga se realiza exclusivamente mediante la trabazón de los agregados, usar Tabla 9.9 y la Fig. N°9.10.

Esfuerzo equivalente - Sin Apoyo Lateral

Eie Sencillo / Eie Tandem / Eie Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	825	679	510	728	585	458	671	542	437	634	516	428	584	486	419	523	457	414	484	443	412
4.5	699	586	439	616	500	380	571	460	359	540	435	349	498	406	339	448	378	331	417	363	328
5.0	602	516	387	531	436	328	493	399	305	467	376	293	432	349	282	390	321	272	363	307	269
5.5	526	461	347	464	387	290	431	353	266	409	331	253	379	305	240	343	278	230	320	264	226
6.0	465	416	315	411	348	261	382	316	237	362	296	223	338	271	209	304	246	198	285	232	193
6.5	417	380	289	367	317	238	341	286	214	324	267	201	300	244	186	273	220	173	256	207	168
7.0	375	349	267	331	290	219	307	262	198	292	244	183	272	222	167	246	199	154	231	186	148
7.5	340	323	247	300	268	203	279	241	181	265	224	168	248	203	153	224	181	139	210	169	132
8.0	311	300	230	274	249	189	255	223	168	242	208	156	225	188	141	205	167	126	192	155	120
8.5	285	281	215	252	232	177	234	206	158	222	193	145	206	174	131	188	154	116	177	143	109
9.0	264	264	200	232	218	168	216	195	148	205	181	136	190	163	122	174	144	108	163	133	101
9.5	245	248	187	215	205	157	200	183	140	190	170	129	178	153	115	161	134	101	151	124	93
10.0	228	235	174	200	193	148	186	173	132	177	160	122	164	144	108	150	126	95	141	117	87
10.5	213	222	163	187	183	140	174	164	125	165	151	115	153	136	103	140	119	89	132	110	82
11.0	200	211	153	175	174	132	163	155	119	154	143	110	144	129	98	131	113	85	123	104	78
11.5	188	201	142	165	165	125	153	148	113	145	136	104	135	122	93	123	107	80	116	98	74
12.0	177	192	133	155	158	119	144	141	108	137	130	100	127	116	89	116	102	77	109	93	70
12.5	168	183	123	147	151	113	136	135	103	129	124	95	120	111	85	109	97	73	103	89	67
13.0	159	176	114	139	144	107	129	129	98	122	119	91	113	106	81	103	93	70	97	85	64
13.5	152	168	105	132	138	101	122	123	93	116	114	87	107	102	78	98	89	67	92	81	61
14.0	144	162	97	125	133	96	116	118	89	110	109	83	102	98	75	93	85	65	88	78	59

Tabla 9.4: Esfuerzo equivalente para pavimentos sin apoyo lateral

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

Esfuerzo equivalente - Con Apoyo Lateral.

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																				
	50			100			150			200			300			500			700		
	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri
4.0	840	534	431	559	488	392	517	439	377	489	422	389	452	403	382	409	388	380	383	384	359
4.5	547	481	385	479	400	328	444	372	313	421	358	305	390	338	297	355	322	292	333	318	291
5.0	475	404	317	417	349	281	387	323	268	367	308	258	341	290	250	311	274	244	294	287	242
5.5	418	380	279	388	309	246	342	285	231	324	271	223	302	254	214	278	238	208	261	231	208
6.0	372	325	249	327	277	218	304	255	204	289	241	198	270	225	187	247	210	180	234	203	178
6.5	334	295	225	294	251	196	274	230	183	260	218	175	243	203	168	223	188	159	212	180	158
7.0	302	270	204	268	230	178	248	210	165	236	198	158	220	184	149	203	170	142	192	162	138
7.5	275	250	187	243	211	162	228	193	151	215	182	143	201	168	135	185	155	127	178	148	124
8.0	252	232	172	222	196	149	207	179	138	197	168	131	185	155	123	170	142	116	162	135	112
8.5	232	218	159	205	182	138	191	166	128	182	158	121	170	144	113	157	131	108	150	125	102
9.0	215	202	147	190	171	128	177	155	119	169	146	112	158	134	105	148	122	98	139	116	94
9.5	200	190	137	176	160	120	164	146	111	157	137	105	147	128	98	136	114	91	129	108	87
10.0	188	179	127	164	151	112	153	137	104	148	129	98	137	118	91	127	107	84	121	101	81
10.5	174	170	119	154	143	105	144	130	97	137	121	92	128	111	88	119	101	79	113	95	78
11.0	164	161	111	144	135	99	135	123	92	129	115	87	120	105	81	112	95	74	108	90	71
11.5	154	153	104	138	128	93	127	117	88	121	109	82	113	100	78	105	90	70	100	85	67
12.0	145	146	97	128	122	88	120	111	82	114	104	78	107	95	72	99	88	68	95	81	63
12.5	137	139	91	121	117	83	113	106	78	108	99	74	101	91	68	94	82	63	90	77	60
13.0	130	133	85	115	112	79	107	101	74	102	95	70	98	88	65	89	78	60	85	73	57
13.5	124	124	80	109	107	75	102	97	70	97	91	67	91	83	62	85	74	57	81	70	54
14.0	118	122	75	104	103	71	97	93	67	93	87	63	87	79	59	81	71	54	77	67	51

Tabla 9.5: Esfuerzo equivalente para pavimentos con apoyo lateral

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

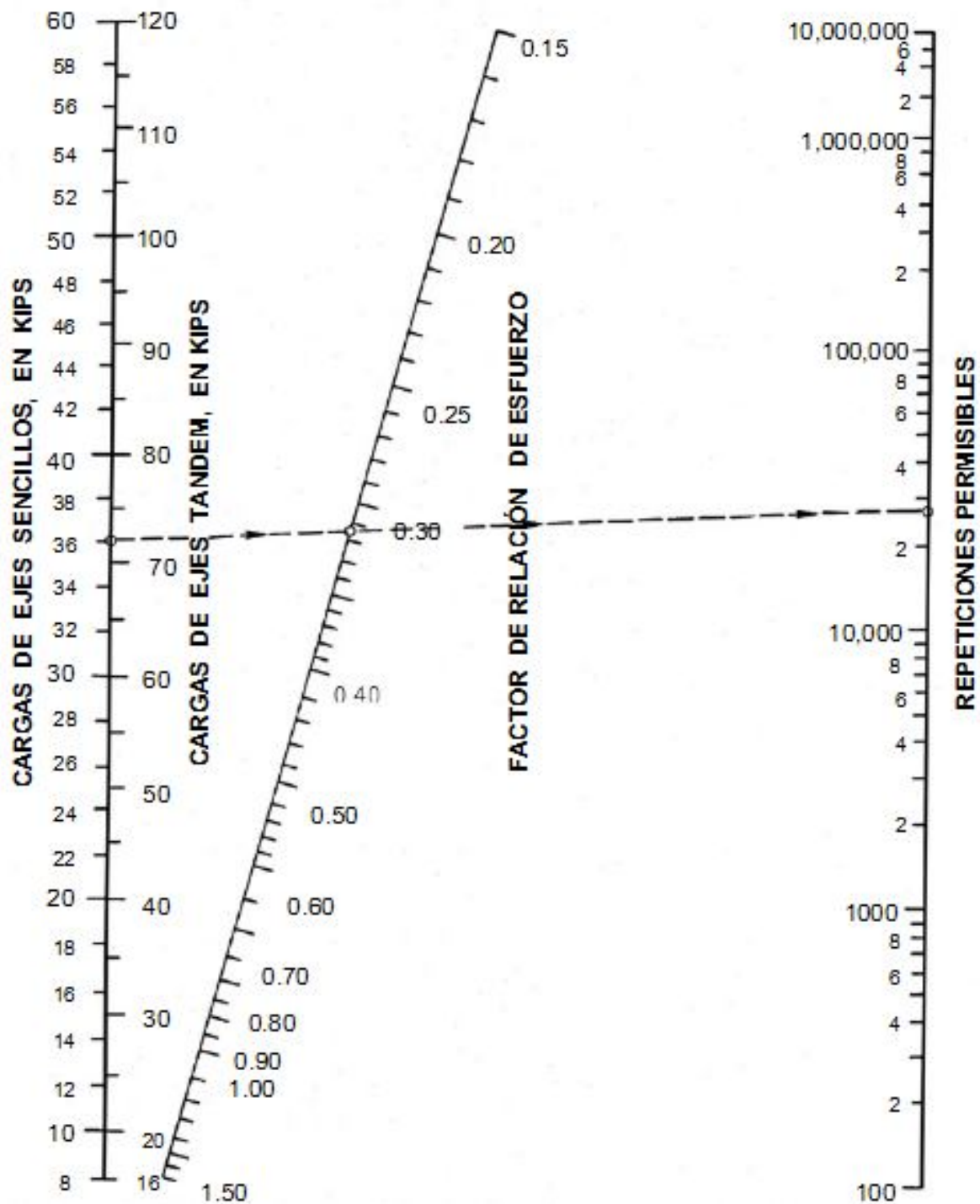


Fig. N°9.8: Análisis de Fatiga (Repeticiones permisibles basadas en el factor de relación de esfuerzo, con o sin apoyo lateral)

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

Factores de Erosión - Con Pasajuntas - Sin Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl
4.0	3.74	3.83	3.89	3.73	3.79	3.82	3.72	3.75	3.75	3.71	3.73	3.70	3.70	3.70	3.61	3.68	3.67	3.53
4.5	3.59	3.70	3.78	3.57	3.65	3.69	3.56	3.61	3.62	3.55	3.58	3.57	3.54	3.55	3.50	3.52	3.53	3.44
5.0	3.45	3.58	3.68	3.43	3.52	3.58	3.42	3.48	3.50	3.41	3.45	3.46	3.40	3.42	3.40	3.38	3.40	3.34
5.5	3.33	3.47	3.59	3.31	3.41	3.49	3.29	3.36	3.40	3.28	3.33	3.36	3.27	3.30	3.30	3.26	3.28	3.25
6.0	3.22	3.38	3.51	3.19	3.31	3.40	3.18	3.25	3.31	3.17	3.23	3.26	3.15	3.20	3.21	3.14	3.17	3.16
6.5	3.11	3.29	3.44	3.09	3.22	3.33	3.07	3.16	3.23	3.06	3.13	3.18	3.05	3.10	3.12	3.03	3.07	3.08
7.0	3.02	3.21	3.37	2.99	3.14	3.26	2.97	3.08	3.16	2.96	3.05	3.10	2.95	3.01	3.04	2.94	2.98	3.00
7.5	2.93	3.14	3.31	2.91	3.06	3.20	2.88	3.00	3.09	2.87	2.97	3.03	2.86	2.93	2.97	2.84	2.90	2.93
8.0	2.85	3.07	3.26	2.82	2.99	3.14	2.80	2.93	3.03	2.79	2.89	2.97	2.77	2.85	2.90	2.76	2.82	2.86
8.5	2.77	3.01	3.20	2.74	2.93	3.09	2.72	2.86	2.97	2.71	2.82	2.91	2.69	2.78	2.84	2.68	2.75	2.79
9.0	2.70	2.96	3.15	2.67	2.87	3.04	2.65	2.80	2.92	2.63	2.76	2.86	2.62	2.71	2.78	2.61	2.68	2.73
9.5	2.63	2.90	3.11	2.60	2.81	2.99	2.58	2.74	2.87	2.56	2.70	2.81	2.55	2.65	2.73	2.54	2.62	2.68
10.0	2.56	2.85	3.06	2.54	2.76	2.94	2.51	2.68	2.83	2.50	2.64	2.76	2.48	2.59	2.68	2.47	2.56	2.63
10.5	2.50	2.81	3.02	2.47	2.71	2.90	2.45	2.63	2.78	2.44	2.59	2.72	2.42	2.54	2.64	2.41	2.51	2.58
11.0	2.44	2.76	2.98	2.42	2.67	2.86	2.39	2.58	2.74	2.38	2.54	2.68	2.36	2.49	2.59	2.35	2.45	2.54
11.5	2.38	2.72	2.94	2.36	2.62	2.82	2.33	2.54	2.70	2.32	2.49	2.64	2.30	2.44	2.55	2.29	2.40	2.50
12.0	2.33	2.68	2.91	2.30	2.58	2.79	2.28	2.49	2.67	2.26	2.44	2.60	2.25	2.39	2.51	2.23	2.36	2.46
12.5	2.28	2.64	2.87	2.25	2.54	2.75	2.23	2.45	2.63	2.21	2.40	2.56	2.19	2.35	2.48	2.18	2.31	2.42
13.0	2.23	2.61	2.84	2.20	2.50	2.72	2.18	2.41	2.60	2.16	2.36	2.53	2.14	2.30	2.44	2.13	2.27	2.39
13.5	2.18	2.57	2.81	2.15	2.47	2.68	2.13	2.37	2.56	2.11	2.32	2.49	2.09	2.26	2.41	2.08	2.23	2.35
14.0	2.13	2.54	2.78	2.11	2.43	2.65	2.08	2.34	2.53	2.07	2.29	2.46	2.05	2.23	2.38	2.03	2.19	2.32

Tabla 9.6: Factores de Erosión, para pavimentos con pasajuntas y sin apoyo lateral

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Sin Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl	Sen	Tán	Trl
4.0	3.94	4.03	4.06	3.91	3.95	3.97	3.88	3.89	3.88	3.86	3.86	3.82	3.82	3.83	3.74	3.77	3.80	3.67
4.5	3.79	3.91	3.95	3.76	3.82	3.85	3.73	3.75	3.76	3.71	3.72	3.70	3.68	3.68	3.63	3.64	3.65	3.56
5.0	3.66	3.81	3.85	3.63	3.72	3.75	3.60	3.64	3.66	3.58	3.60	3.60	3.55	3.55	3.52	3.52	3.52	3.46
5.5	3.54	3.72	3.76	3.51	3.62	3.66	3.48	3.53	3.56	3.46	3.49	3.51	3.43	3.44	3.43	3.41	3.40	3.37
6.0	3.44	3.64	3.68	3.40	3.53	3.58	3.37	3.44	3.48	3.35	3.40	3.42	3.32	3.34	3.35	3.30	3.30	3.29
6.5	3.34	3.56	3.61	3.30	3.46	3.50	3.26	3.36	3.40	3.25	3.31	3.34	3.22	3.25	3.27	3.20	3.21	3.21
7.0	3.26	3.49	3.54	3.21	3.39	3.43	3.17	3.29	3.33	3.15	3.24	3.27	3.13	3.17	3.20	3.11	3.13	3.14
7.5	3.18	3.43	3.48	3.13	3.32	3.37	3.09	3.22	3.26	3.07	3.17	3.20	3.04	3.10	3.13	3.02	3.06	3.08
8.0	3.11	3.37	3.42	3.05	3.26	3.31	3.01	3.16	3.20	2.99	3.10	3.14	2.96	3.03	3.07	2.94	2.99	3.01
8.5	3.04	3.32	3.37	2.98	3.21	3.25	2.93	3.10	3.15	2.91	3.04	3.09	2.88	2.97	3.01	2.87	2.93	2.96
9.0	2.98	3.27	3.32	2.91	3.16	3.20	2.86	3.05	3.09	2.84	2.99	3.03	2.81	2.92	2.95	2.79	2.87	2.90
9.5	2.92	3.22	3.27	2.85	3.11	3.15	2.80	3.00	3.04	2.77	2.94	2.98	2.75	2.86	2.90	2.73	2.81	2.85
10.0	2.86	3.18	3.22	2.79	3.06	3.11	2.74	2.95	3.00	2.71	2.89	2.93	2.68	2.81	2.85	2.66	2.76	2.80
10.5	2.81	3.14	3.18	2.74	3.02	3.06	2.68	2.91	2.95	2.65	2.84	2.89	2.62	2.76	2.81	2.60	2.72	2.76
11.0	2.77	3.10	3.14	2.69	2.98	3.02	2.63	2.86	2.91	2.60	2.80	2.84	2.57	2.72	2.77	2.54	2.67	2.71
11.5	2.72	3.06	3.10	2.64	2.94	2.98	2.58	2.82	2.87	2.55	2.76	2.80	2.51	2.68	2.72	2.49	2.63	2.67
12.0	2.68	3.03	3.07	2.60	2.90	2.95	2.53	2.78	2.83	2.50	2.72	2.76	2.46	2.64	2.68	2.44	2.59	2.63
12.5	2.64	2.99	3.03	2.55	2.87	2.91	2.48	2.75	2.79	2.45	2.68	2.73	2.41	2.60	2.65	2.39	2.55	2.59
13.0	2.60	2.96	3.00	2.51	2.83	2.88	2.44	2.71	2.76	2.40	2.65	2.69	2.36	2.56	2.61	2.34	2.51	2.56
13.5	2.56	2.93	2.97	2.47	2.80	2.84	2.40	2.68	2.73	2.36	2.61	2.66	2.32	2.53	2.58	2.30	2.48	2.52
14.0	2.53	2.90	2.94	2.44	2.77	2.81	2.36	2.65	2.69	2.32	2.58	2.63	2.28	2.50	2.54	2.25	2.44	2.49

Tabla 9.7: Factores de Erosión, para pavimentos sin pasajuntas y sin apoyo lateral

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

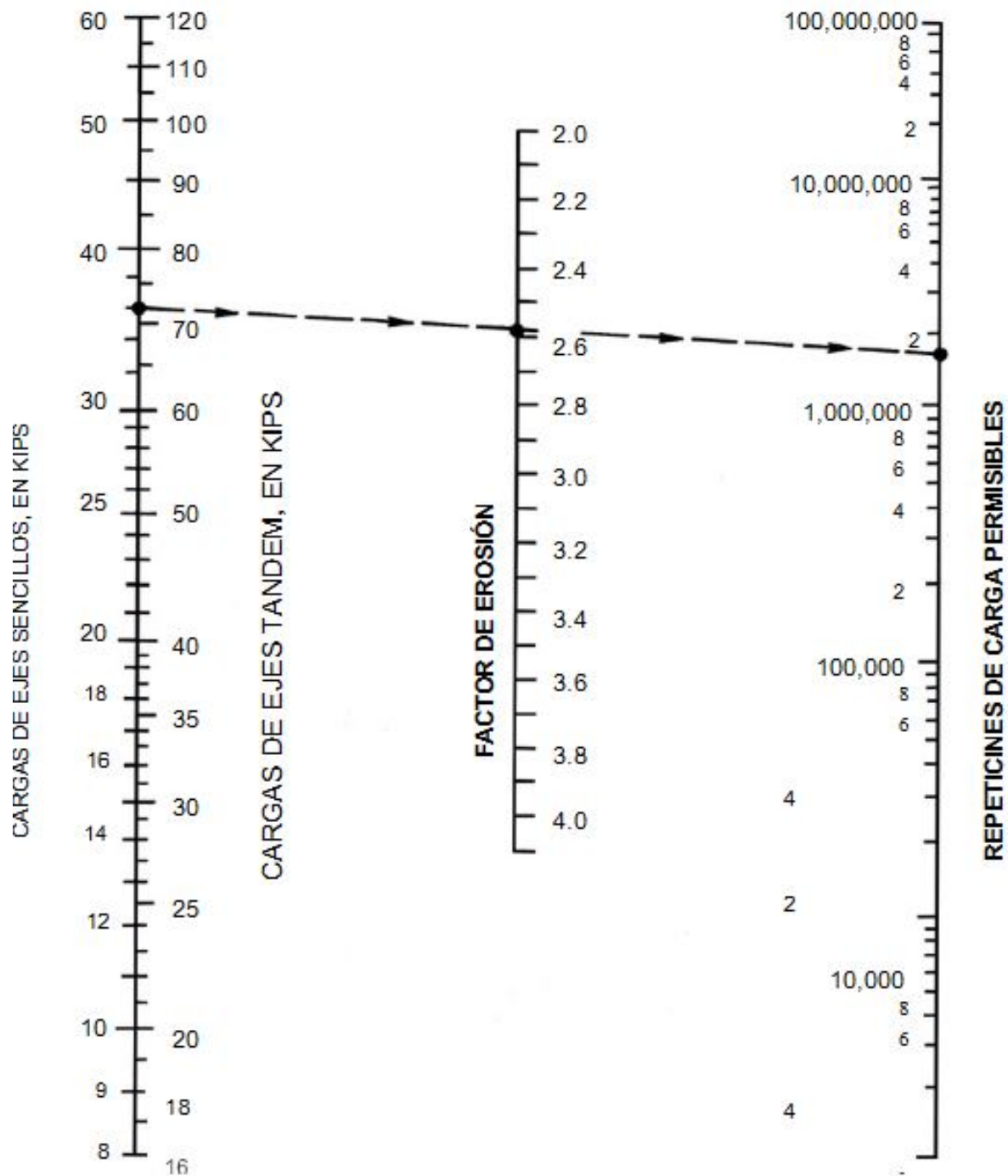


Fig. N°9.9: Análisis de Erosión (Repeticiones permisibles basadas en el factor de erosión, sin apoyo lateral)

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

Factores de Erosión - Con Pasajuntas - Con Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			300			500			700		
	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri	Sen	Tán	Tri
4.0	3.28	3.30	3.33	3.24	3.20	3.20	3.21	3.13	3.13	3.19	3.10	3.10	3.15	3.09	3.05	3.12	3.08	3.00
4.5	3.13	3.19	3.24	3.09	3.08	3.10	3.06	3.00	2.99	3.04	2.98	2.95	3.01	2.93	2.91	2.98	2.91	2.87
5.0	3.01	3.09	3.16	2.97	2.98	3.01	2.93	2.89	2.89	2.90	2.84	2.83	2.87	2.79	2.79	2.85	2.77	2.75
5.5	2.90	3.01	3.09	2.85	2.89	2.94	2.81	2.79	2.80	2.79	2.74	2.74	2.78	2.68	2.67	2.73	2.65	2.64
6.0	2.79	2.93	3.03	2.75	2.82	2.87	2.70	2.71	2.73	2.68	2.65	2.66	2.65	2.58	2.58	2.62	2.54	2.54
6.5	2.70	2.86	2.97	2.65	2.75	2.82	2.61	2.63	2.67	2.58	2.57	2.59	2.55	2.50	2.50	2.52	2.45	2.45
7.0	2.61	2.79	2.92	2.56	2.68	2.76	2.52	2.58	2.61	2.49	2.50	2.53	2.46	2.42	2.43	2.43	2.38	2.37
7.5	2.53	2.73	2.87	2.48	2.62	2.72	2.44	2.50	2.58	2.41	2.44	2.47	2.38	2.36	2.37	2.35	2.31	2.31
8.0	2.46	2.68	2.83	2.41	2.58	2.67	2.36	2.44	2.51	2.33	2.38	2.42	2.30	2.30	2.32	2.27	2.24	2.25
8.5	2.39	2.62	2.79	2.34	2.51	2.63	2.29	2.39	2.47	2.26	2.32	2.38	2.22	2.24	2.27	2.20	2.18	2.20
9.0	2.32	2.57	2.75	2.27	2.46	2.59	2.22	2.34	2.43	2.19	2.27	2.34	2.16	2.19	2.23	2.13	2.13	2.15
9.5	2.26	2.52	2.71	2.21	2.41	2.55	2.16	2.29	2.39	2.13	2.22	2.30	2.09	2.14	2.18	2.07	2.08	2.11
10.0	2.20	2.47	2.67	2.15	2.36	2.51	2.10	2.25	2.35	2.07	2.18	2.26	2.03	2.09	2.15	2.01	2.03	2.07
10.5	2.15	2.43	2.64	2.09	2.32	2.48	2.04	2.20	2.32	2.01	2.14	2.23	1.97	2.05	2.11	1.95	1.99	2.04
11.0	2.10	2.39	2.60	2.04	2.28	2.45	1.99	2.16	2.29	1.95	2.09	2.20	1.92	2.01	2.08	1.89	1.95	2.00
11.5	2.05	2.35	2.57	1.99	2.24	2.42	1.93	2.12	2.26	1.90	2.05	2.16	1.87	1.97	2.05	1.84	1.91	1.97
12.0	2.00	2.31	2.54	1.94	2.20	2.39	1.88	2.09	2.23	1.85	2.02	2.13	1.82	1.93	2.02	1.79	1.87	1.94
12.5	1.95	2.27	2.51	1.89	2.16	2.36	1.84	2.05	2.20	1.81	1.98	2.11	1.77	1.89	1.99	1.74	1.84	1.91
13.0	1.91	2.23	2.48	1.85	2.13	2.33	1.79	2.01	2.17	1.78	1.95	2.08	1.72	1.86	1.96	1.70	1.80	1.88
13.5	1.88	2.20	2.46	1.81	2.09	2.30	1.75	1.98	2.14	1.72	1.91	2.05	1.68	1.83	1.93	1.65	1.77	1.86
14.0	1.82	2.17	2.43	1.76	2.08	2.28	1.71	1.95	2.12	1.67	1.88	2.03	1.64	1.80	1.91	1.61	1.74	1.83

Tabla 9.8: Factores de Erosión para pavimentos con pasajuntas y con apoyo lateral

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

Factores de Erosión - Sin Pasajuntas - Con Apoyo Lateral

Eje Sencillo / Eje Tandem / Eje Tridem

Espesor de Losa, (pulgadas)	k de la subrasante, pci																	
	50			100			200			30			500			700		
	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri	Sen	Tân	Tri
4.0	3.48	3.49	3.50	3.42	3.39	3.38	3.38	3.32	3.30	3.38	3.29	3.25	3.32	3.28	3.21	3.28	3.24	3.16
4.5	3.32	3.39	3.40	3.28	3.28	3.28	3.24	3.19	3.18	3.22	3.16	3.13	3.19	3.12	3.08	3.15	3.09	3.04
5.0	3.20	3.30	3.32	3.16	3.18	3.19	3.12	3.09	3.08	3.10	3.05	3.03	3.07	3.00	2.97	3.04	2.97	2.93
5.5	3.10	3.22	3.26	3.05	3.10	3.11	3.01	3.00	3.00	2.99	2.95	2.94	2.98	2.90	2.87	2.93	2.88	2.83
6.0	3.00	3.15	3.20	2.95	3.02	3.05	2.90	2.92	2.92	2.88	2.87	2.86	2.88	2.81	2.79	2.83	2.77	2.74
6.5	2.91	3.08	3.41	2.86	2.96	2.99	2.81	2.85	2.86	2.79	2.79	2.79	2.78	2.73	2.72	2.74	2.68	2.67
7.0	2.83	3.02	3.09	2.77	2.90	2.94	2.73	2.78	2.80	2.70	2.72	2.73	2.68	2.66	2.65	2.65	2.61	2.60
7.5	2.76	2.97	3.05	2.70	2.84	2.89	2.65	2.72	2.75	2.62	2.66	2.67	2.60	2.59	2.59	2.57	2.54	2.54
8.0	2.69	2.92	3.01	2.63	2.79	2.84	2.57	2.67	2.70	2.55	2.61	2.62	2.52	2.53	2.54	2.50	2.48	2.48
8.5	2.63	2.88	2.97	2.56	2.74	2.80	2.51	2.62	2.65	2.48	2.55	2.58	2.45	2.48	2.49	2.43	2.43	2.43
9.0	2.57	2.83	2.94	2.50	2.70	2.77	2.44	2.57	2.61	2.42	2.51	2.53	2.39	2.43	2.44	2.38	2.38	2.38
9.5	2.51	2.79	2.91	2.44	2.65	2.73	2.38	2.53	2.58	2.38	2.46	2.49	2.33	2.38	2.40	2.30	2.33	2.34
10.0	2.46	2.75	2.88	2.39	2.61	2.70	2.33	2.49	2.54	2.30	2.42	2.46	2.27	2.34	2.36	2.24	2.28	2.29
10.5	2.41	2.72	2.85	2.33	2.58	2.67	2.27	2.45	2.51	2.24	2.38	2.42	2.21	2.30	2.32	2.19	2.24	2.26
11.0	2.36	2.68	2.83	2.28	2.54	2.65	2.22	2.41	2.48	2.19	2.34	2.39	2.16	2.26	2.29	2.14	2.20	2.22
11.5	2.32	2.65	2.80	2.24	2.51	2.62	2.17	2.38	2.45	2.14	2.31	2.36	2.11	2.22	2.26	2.09	2.16	2.19
12.0	2.28	2.62	2.78	2.19	2.48	2.59	2.13	2.34	2.43	2.10	2.27	2.33	2.08	2.19	2.23	2.04	2.13	2.16
12.5	2.24	2.59	2.76	2.15	2.45	2.57	2.09	2.31	2.40	2.05	2.24	2.31	2.02	2.15	2.20	1.99	2.10	2.13
13.0	2.20	2.56	2.74	2.11	2.42	2.55	2.04	2.28	2.38	2.01	2.21	2.28	1.98	2.12	2.17	1.95	2.08	2.10
13.5	2.16	2.53	2.72	2.08	2.39	2.53	2.00	2.25	2.35	1.97	2.18	2.26	1.93	2.09	2.15	1.91	2.03	2.07
14.0	2.13	2.51	2.70	2.04	2.36	2.51	1.97	2.23	2.33	1.93	2.15	2.24	1.89	2.06	2.12	1.87	2.00	2.05

Tabla 9.9: Factores de Erosión para pavimentos sin pasajuntas y con apoyo lateral

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

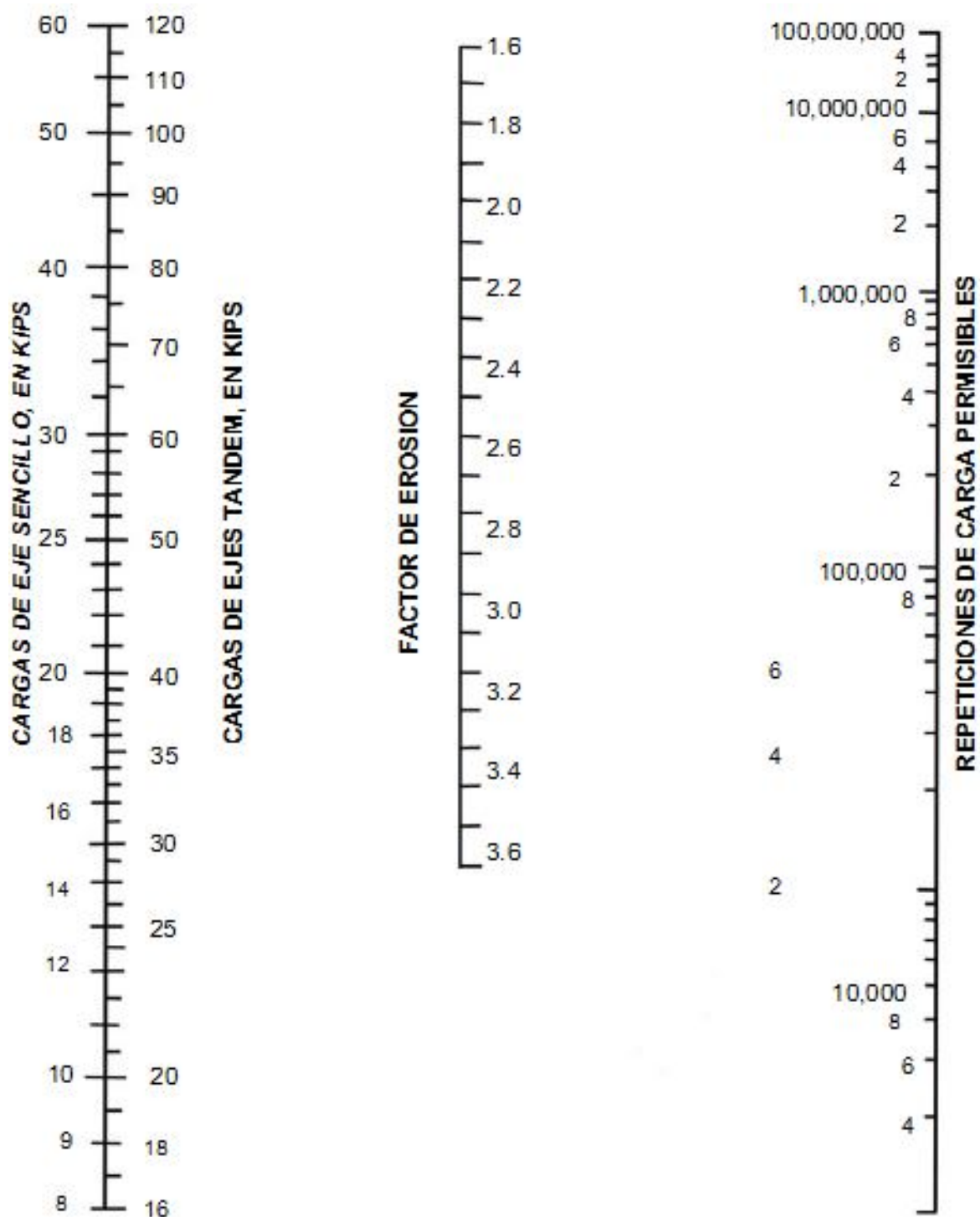


Fig. N°9.10: Análisis de Erosión (Repeticiones permisibles basados en el factor de erosión, con apoyo lateral)

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/56200343/2-5-METODO-DE-LA-ASOCIACION-DEL-CEMENTO-PORTLAND-PCA>

Espesor inicial: 8 in
Modulo de reacción subrazante: 480 pci
Modulo de ruptura: 701.046 psi
Factor de Seguridad FS: 1.1

Pasa juntas: No
Apoyo Lateral: Sí
Periodo de diseño (años): 20
Espesor de base granular: 6 in

Carga de Eje Kips	Multiplicad o por FS	Repeticiones esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones Permisibles	% Fatiga	Repeticiones Permisibles	% Erosión
1	2	3	4	5	6	7

8 Esfuerzo Equivalente 171.5 10 F. de Erosion 2.523
 9 F. de Relacion de Esfuerzo 0.2446

Ejes Sencillos

15.4	16.94	20839	ilimitado	0%	ilimitado	0%
24.2	26.62	15415.4	ilimitado	0%	1300000	1%
50.6	55.66	7425.6	10100	74%	10300	72%

11 Esfuerzo Equivalente 143.3 13 F. de Erosion 2.538
 12 F. de Relacion de Esfuerzo 0.2044

Ejes Tandem

39.6	43.56	12121.2	ilimitado	0%	10300000	0%
24.2	26.62	1001	ilimitado	0%	ilimitado	0%

14 Esfuerzo Equivalente
 15 F. de Relacion de Esfuerzo

116.7
 0.1665

16 F. de Erosion

2.548

Ejes Tridem

24.2	26.62	1001	ilimitado	0%	ilimitado	0%
------	-------	------	-----------	----	-----------	----

Total	74%	Total	73%
-------	-----	-------	-----

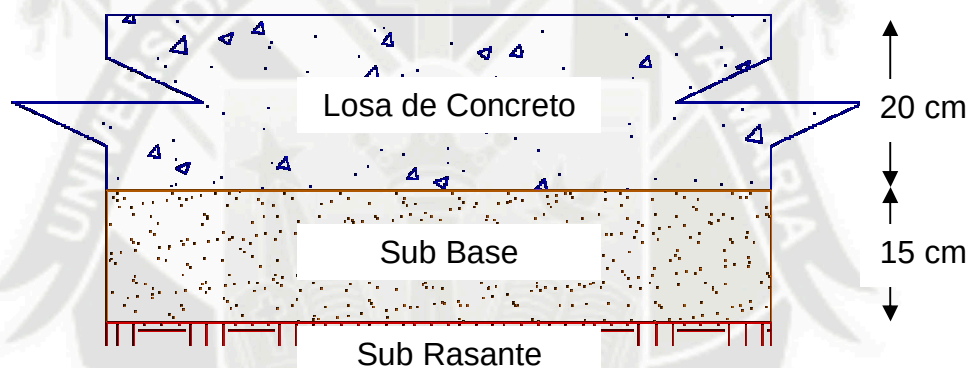


Fig. N°9.11: Espesor final del pavimento

Fuente: Propia

9.2.1 Diseño de Juntas

En los pavimentos de concreto, la junta es diseñada para formar un plano de debilidad para controlar la formación de grietas transversales y la separación de las juntas se diseña para que no se formen grietas transversales intermedias ó aleatorias.

Existe una regla práctica que nos permite dimensionar los tableros de losas para inducir el agrietamiento controlado bajo los cortes de losas, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo:

$$S_{JT} = (21 \text{ a } 24) D$$

Donde:

S_{JT} = Separación de Juntas Transversales (≤ 5.5 m)

D = Espesor del Pavimento Normalmente se utiliza el 21 cuando tenemos mayor fricción entre la sub-base y el pavimento de concreto, como en los casos en donde tenemos bases estabilizadas.

El valor de 24 se utiliza cuando la fricción entre la sub-base y el pavimento corresponde valores normales, como en el caso de sub-bases granulares.

La separación de juntas transversales que arroja esta fórmula no debe ser mayor de 5.0m, en tal caso deberá limitarse a este valor de 5.0 m. Obteniendo una separación entre juntas $S_{JT} = 4.8$ m, teniendo así una relación largo/ancho de 0.8, cumpliendo con los límites ($0.71 < \text{largo/ancho} < 1.4$)⁽⁴⁾.

Para la profundidad de la junta se tomará 1/3 del espesor del concreto obtenido en el diseño, obteniendo así para un espesor de 20 cm una profundidad de 7 cm; para el ancho de la junta de contracción 5 mm y para la junta de dilatación 25 mm.

REFERENCIAS

1. Campaña Minchong, J.; Mata Pillajo, W.; Mendoza Cedeño, X., Los Geosintéticos aplicados a obras de Pavimento Flexible, Pavimentos. (2011)
2. Gutiérrez Graf, F., “Rediseño geométrico del distribuidor vial de la UDLA-P en la ruta Quetzalcóatl”, Diseño de Pavimento, Universidad de las Américas Puebla. (2004)
3. Montejo Fonseca, A., Ingeniería de Pavimentos Tomo I. (2002)
4. <http://es.scribd.com/doc/2539829/Pavimentos-Diseno-y-Construccion-de-Juntas>

CAPITULO X

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO FLEXIBLE Y PAVIMENTO RÍGIDO (CCR)

En este capítulo se evaluaron diferentes factores, ventajas y desventajas, que intervienen en la elección de un tipo de pavimento sobre otro, a fin de proveer un pavimento resistente, económico y de rápida construcción.

10.1 FACTORES ANALIZADOS EN EL ESTUDIO COMPARATIVO

- **Economía**

Presupuesto y Análisis de costos para Pavimento Flexible

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,659.90
01.01	ALMACEN, OFICINAS Y CASETA P/GUARDIANIA	GLB	1.00	1,471.22	1,471.22
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M	und	1.00	1,188.68	1,188.68
01.03	GUARDIANIA	mes	2.00	1,500.00	3,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				8,121.40
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	1,602.98	1,602.98
02.02	SEÑALIZACION PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO	GLB	1.00	800.00	800.00
02.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	KM	2.90	1,971.87	5,718.42
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				109,552.07
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=350 M3/DIA	m3	8,685.96	5.05	43,864.10
03.02	NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	17,371.92	1.69	29,358.54
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE	m3	10,176.31	3.57	36,329.43
04	OBRAS DE PAVIMENTACION				1,022,858.65
04.01	SUB-BASE GRANULAR E=0.25 M.	m2	17,371.92	13.15	228,440.75
04.02	BASE GRANULAR E=0.20 M	m2	17,371.92	11.54	200,471.96
04.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	17,371.92	6.25	108,574.50
04.04	CARPETA ASFALTICA EN FRIO 2"	m2	17,371.92	27.94	485,371.44
05	VARIOS				7,716.12
05.01	PINTADO DE MARCAS EN PAVIMENTO	m2	289.53	19.25	5,573.45
05.02	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	1.00	2,142.67	2,142.67
	Costo Directo				1,153,908.14
	Gastos Generales 5%				57,695.41
	Utilidad 5%				57,695.41
	Sub Total				1,269,298.96
	IGV 18%				228,473.81
	PRESUPUESTO TOTAL				1,497,772.77
SON : UN MILLON CUATROCIENTOS NOVENTISIETE MIL SETECIENTOS SETENTIDOS Y 77/100 NUEVOS SOLES					

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601040** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 01/02/2013 Fecha presupuesto

Partida **01.01** **ALMACEN, OFICINAS Y CASETA PIGUARDIANIA**

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **1,471.22**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	16.48	13.18
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.23	105.84
0147010004	PEON	hh	5.0000	40.0000	11.93	477.20
						596.22
Materiales						
0239100011	ALMACEN DE OBRAS	m2		70.0000	7.00	490.00
0239130021	OFICINA	m2		30.0000	7.00	210.00
0239130022	CASETA PARA GUARDIANIA	m2		25.0000	7.00	175.00
						875.00

Partida **01.02** **CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M**

Rendimiento **und/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : und **1,188.68**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	16.48	13.18
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	15.21	121.68
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.23	105.84
0147010004	PEON	hh	1.0000	8.0000	11.93	95.44
						336.14
Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		1.0000	3.82	3.82
0202100010	PERNOS HEXAGONALES DE 3/4" x 3 1/2"	pza		9.0000	1.00	9.00
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.9000	18.12	16.31
0238000000	HORMIGON	m3		0.3600	40.68	14.64
0244000016	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		70.0000	4.95	346.50
0244030022	TRIPLAY DE 4'x8'x 6 mm	pln		8.6400	52.00	449.28
0254020042	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gln		0.4329	30.00	12.99
						852.54

Partida **01.03** **GUARDIANIA**

Rendimiento **mes/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : mes **1,500.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010101	GUARDIAN	mes		1.0000	1,500.00	1,500.00
						1,500.00

Partida **02.01** **MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **1,602.98**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
0348040014	CAMION PLATAFORMA 6x4 300 HP 19 TON.	DIA	1.0000	1.0000	1,200.00	1,200.00
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	0.0600	0.4800	102.30	49.10
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.0300	0.2400	94.35	22.64
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	0.0500	0.4000	135.00	54.00
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	0.0500	0.4000	85.60	34.24
0349040010	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.0375	0.3000	160.00	48.00

Fecha : **11/09/2013 12:38:58p.m.**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601040** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 01/02/2013 Fecha presupuesto

0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	0.0375	0.3000	150.00	45.00
0349120001	CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON.	DIA	1.0000	1.0000	150.00	150.00
						1,602.98

Partida **02.02** **SEÑALIZACION PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO**

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **800.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales						
0243400033	SEÑALIZACION Y DESVIO DE TRANSITO	GLB		1.0000	800.00	800.00
						800.00

Partida **02.03** **TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO**

Rendimiento **KM/DIA** MO. **0.3500** EQ. **0.3500** Costo unitario directo por : KM **1,971.87**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147000032	TOPOGRAFO	hh	2.0000	45.7143	14.37	656.91
0147010004	PEON	hh	2.0000	45.7143	11.93	545.37
						1,202.28
Materiales						
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.2000	10.00	2.00
0243510061	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	4.50	0.09
						2.09
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1,202.28	36.07
0337540001	MIRAS Y JALONES	hm	1.0000	22.8571	7.00	160.00
0349190001	TEODOLITO	hm	1.0000	22.8571	25.00	571.43
						767.50

Partida **03.01** **CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=350 M3/DIA**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **350.0000** EQ. **350.0000** Costo unitario directo por : m3 **5.05**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.48	0.04
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	13.23	0.30
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0457	11.93	0.55
						0.89
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.89	0.04
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0229	180.00	4.12
						4.16

Partida **03.02** **NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,600.0000** EQ. **1,600.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.69**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0025	16.48	0.04
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.0150	11.93	0.18
						0.22
Materiales						
0239050000	AGUA	m3		0.0300	6.00	0.18

Fecha : **11/09/2013 12:38:58p.m.**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601040** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 01/02/2013 Fecha presupuesto

						0.18
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.22	0.01
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.4000	0.0020	94.35	0.19
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	0.5000	0.0025	135.00	0.34
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0050	150.00	0.75
						1.29

Partida **03.03** **ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **350.0000** EQ. **350.0000** Costo unitario directo por : m3 **3.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.48	0.04
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0229	11.93	0.27
						0.31

Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.31	0.01
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	1.0000	0.0229	102.30	2.34
0349040010	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.2500	0.0057	160.00	0.91
						3.26

Partida **04.01** **SUB-BASE GRANULAR E=0.25 M.**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,500.0000** EQ. **1,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **13.15**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0053	16.48	0.09
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0320	11.93	0.38
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	13.23	0.07
						0.54

Materiales						
0205010014	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUBBASE	m3		0.3000	35.00	10.50
0239050000	AGUA	m3		0.0200	6.00	0.12
						10.62

Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.54	0.02
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0053	135.00	0.72
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0053	85.60	0.45
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0053	150.00	0.80
						1.99

Partida **04.02** **BASE GRANULAR E=0.20 M**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,500.0000** EQ. **1,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **11.54**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0053	16.48	0.09
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0320	11.93	0.38
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	13.23	0.07
						0.54

Materiales						
0205010013	MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE	m3		0.2400	35.00	8.40
0239050000	AGUA	m3		0.0200	6.00	0.12
						8.52

Equipos

Fecha : 11/09/2013 12:38:58p.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601040** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
01/02/2013 Fecha presupuesto

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible

0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		1.0000	0.54	0.01
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	1.0000	0.0053	94.35	0.50
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0053	135.00	0.72
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0053	85.60	0.45
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0053	150.00	0.80
						2.48

Partida **04.03** IMPRIMACION ASFALTICA

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,600.0000** EQ. **1,600.0000** Costo unitario directo por : m2 **6.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0050	16.48	0.08
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0050	15.21	0.08
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0050	13.23	0.07
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.0200	11.93	0.24
						0.47
Materiales						
0204010012	ARENA PARA IMPRIMADO	m3		0.0100	35.00	0.35
0213000006	ASFALTO RC-250	gln		0.3500	10.94	3.83
0253000000	KEROSENE INDUSTRIAL	gln		0.0500	10.00	0.50
						4.68
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.47	0.01
0349010091	BARREDORA MECANICA 10-20 HP	hm	1.0000	0.0050	65.00	0.33
0349080090	TRACTOR DE TIRO DE 60 HP	hm	1.0000	0.0050	51.10	0.26
0349130004	CAMION IMPRIMIDOR 6x2 178-210 HP 1,800 G	hm	1.0000	0.0050	100.00	0.50
						1.10

Partida **04.04** CARPETA ASFALTICA EN FRIO 2"

Rendimiento **m2/DIA** MO. **2,500.0000** EQ. **2,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **27.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.0128	15.21	0.19
0147010003	OFICIAL	hh	6.0000	0.0192	13.23	0.25
0147010004	PEON	hh	10.0000	0.0320	11.93	0.38
						0.82
Materiales						
0204010013	ARENA SELECCIONADA PARA ASFALTO	m3		0.0390	30.00	1.17
0205000006	PIEDRA CHANCADA DE 1 1/2"	m3		0.0360	30.00	1.08
0213000006	ASFALTO RC-250	gln		1.9800	10.94	21.66
						23.91
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.82	0.02
0348040034	CAMION VOLQUETE 12 M3.	hm	4.0000	0.0128	102.30	1.31
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0032	85.60	0.27
0349030043	RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 58-70HP 8-10T	hm	1.0000	0.0032	120.00	0.38
0349040010	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.5000	0.0048	160.00	0.77
0349050008	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	hm	1.0000	0.0032	145.00	0.46
						3.21

Partida **05.01** PINTADO DE MARCAS EN PAVIMENTO

Rendimiento **m2/DIA** MO. **800.0000** EQ. **800.0000** Costo unitario directo por : m2 **19.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
--------	---------------------	--------	-----------	----------	------------	-------------

Fecha : 11/09/2013 12:38:58p.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601040** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa" - Pavimento Flexible
 01/02/2013 Fecha presupuesto

Mano de Obra

0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0010	16.48	0.02
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0200	15.21	0.30
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0800	11.93	0.95
						1.27

Materiales

0229030100	MICROESFERA DE VIDRIO	kg		0.3500	23.50	8.23
0254020036	PINTURA ESMALTE PARA TRAFICO	gln		0.1100	75.00	8.25
0254440001	DISOLVENTE XILOL	gln		0.0208	35.00	0.73
						17.21

Equipos

0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.27	0.04
0337900050	EQUIPO DE PINTURA	hm	1.0000	0.0100	37.00	0.37
0349010034	COMPRESORA 250 P.C.M.	hm	0.5000	0.0050	72.80	0.36
						0.77

Partida **05.02** LIMPIEZA FINAL DE OBRA

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **2,142.67**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	8.0000	16.48	131.84
0147010004	PEON	hh	20.0000	160.0000	11.93	1,908.80
						2,040.64
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2,040.64	102.03
						102.03

Presupuesto y Análisis de costos para Pavimento Rígido CCR

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,659.90
01.01	ALMACEN, OFICINAS Y CASETA P/GUARDIANIA	GLB	1.00	1,471.22	1,471.22
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M	und	1.00	1,188.68	1,188.68
01.03	GUARDIANIA	mes	2.00	1,500.00	3,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				8,121.40
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	1,602.98	1,602.98
02.02	SEÑALIZACION PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO	GLB	1.00	800.00	800.00
02.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	KM	2.90	1,971.87	5,718.42
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				87,090.19
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=350 M3/DIA	m3	6,080.17	5.05	30,704.86
03.02	NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	17,371.92	1.69	29,358.54
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE	m3	7,570.53	3.57	27,026.79
04	OBRAS DE PAVIMENTACION				867,208.60
04.01	SUB - BASE GRANULAR DE 0.15 M.	m2	17,371.92	8.94	155,304.96
04.02	CARPETA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)				711,903.64
04.02.01	PREPARACION DE LA MEZCLA DE CCR	m2	17,371.92	35.09	609,580.67
04.02.02	TRANSPORTE DE MEZCLA CCR A OBRA	m3	3,474.38	10.27	35,681.88
04.02.03	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA MEZCLA DE CCR	m2	17,371.92	1.40	24,320.69
04.02.04	CURADO DE CONCRETO CCR	m2	17,371.92	1.51	26,231.60
04.02.05	ASERRADO DE JUNTAS EN CCR	m	3,640.00	0.76	2,766.40
04.02.06	SELLADO DE JUNTAS CON MEZCLA ASFALTICA	m	3,640.00	3.66	13,322.40
05	VARIOS				7,716.12
05.01	PINTADO DE MARCAS EN PAVIMENTO	m2	289.53	19.25	5,573.45
05.02	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	1.00	2,142.67	2,142.67
	Costo Directo				975,796.21
	Gastos Generales 5%				48,789.81
	Utilidad 5%				48,789.81
	Sub Total				1,073,375.83
	IGV 18%				193,207.65
	TOTAL DE PRESUPUESTO				1,266,583.48
SON : UN MILLON DOSCIENTOS SESENTISEIS MIL QUINIENTOS OCHENTITRES Y 48/100 NUEVOS SOLES					

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601039** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 01/02/2013 Fecha presupuesto

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"

Partida **01.01** **ALMACEN, OFICINAS Y CASETA PIGUARDIANIA**

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **1,471.22**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	16.48	13.18
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.23	105.84
0147010004	PEON	hh	5.0000	40.0000	11.93	477.20
						596.22
Materiales						
0239100011	ALMACEN DE OBRAS	m2		70.0000	7.00	490.00
0239130021	OFICINA	m2		30.0000	7.00	210.00
0239130022	CASETA PARA GUARDIANIA	m2		25.0000	7.00	175.00
						875.00

Partida **01.02** **CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M**

Rendimiento **und/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : und **1,188.68**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	16.48	13.18
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	15.21	121.68
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.23	105.84
0147010004	PEON	hh	1.0000	8.0000	11.93	95.44
						336.14
Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		1.0000	3.82	3.82
0202100010	PERNOS HEXAGONALES DE 3/4" x 3 1/2"	pza		9.0000	1.00	9.00
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.9000	18.12	16.31
0238000000	HORMIGON	m3		0.3600	40.68	14.64
0244000016	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		70.0000	4.95	346.50
0244030022	TRIPLAY DE 4'x8'x 6 mm	pln		8.6400	52.00	449.28
0254020042	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gln		0.4329	30.00	12.99
						852.54

Partida **01.03** **GUARDIANIA**

Rendimiento **mes/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : mes **1,500.00**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010101	GUARDIAN	mes		1.0000	1,500.00	1,500.00
						1,500.00

Partida **02.01** **MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **1,602.98**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Equipos						
0348040014	CAMION PLATAFORMA 6x4 300 HP 19 TON.	DIA	1.0000	1.0000	1,200.00	1,200.00
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	0.0600	0.4800	102.30	49.10
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.0300	0.2400	94.35	22.64
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	0.0500	0.4000	135.00	54.00
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	0.0500	0.4000	85.60	34.24
0349040010	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.0375	0.3000	160.00	48.00
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	0.0375	0.3000	150.00	45.00

Fecha : **11/09/2013 12:33:52p.m.**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601039** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 01/02/2013 Fecha presupuesto

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"

0349120001	CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON.	DIA	1.0000	1.0000	150.00	150.00
						1,602.98

Partida **02.02** **SEÑALIZACION PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO**

Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB		800.00
-------------	---------	------------	------------	----------------------------------	--	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Materiales					
0243400033	SEÑALIZACION Y DESVIO DE TRANSITO	GLB		1.0000	800.00	800.00
						800.00

Partida **02.03** **TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO**

Rendimiento	KM/DIA	MO. 0.3500	EQ. 0.3500	Costo unitario directo por : KM		1,971.87
-------------	--------	------------	------------	---------------------------------	--	-----------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0147000032	TOPOGRAFO	hh	2.0000	45.7143	14.37	656.91
0147010004	PEON	hh	2.0000	45.7143	11.93	545.37
						1,202.28
	Materiales					
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.2000	10.00	2.00
0243510061	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	4.50	0.09
						2.09
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1,202.28	36.07
0337540001	MIRAS Y JALONES	hm	1.0000	22.8571	7.00	160.00
0349190001	TEODOLITO	hm	1.0000	22.8571	25.00	571.43
						767.50

Partida **03.01** **CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=350 M3/DIA**

Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3		5.05
-------------	--------	--------------	--------------	---------------------------------	--	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.48	0.04
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	13.23	0.30
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0457	11.93	0.55
						0.89
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.89	0.04
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0229	180.00	4.12
						4.16

Partida **03.02** **NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE**

Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000	Costo unitario directo por : m2		1.69
-------------	--------	----------------	----------------	---------------------------------	--	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0025	16.48	0.04
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.0150	11.93	0.18
						0.22
	Materiales					
0239050000	AGUA	m3		0.0300	6.00	0.18
						0.18
	Equipos					

Fecha : 11/09/2013 12:33:52p.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601039** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 01/02/2013 Fecha presupuesto

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"

0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.22	0.01
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.4000	0.0020	94.35	0.19
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	0.5000	0.0025	135.00	0.34
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0050	150.00	0.75
						1.29

Partida **03.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE**

Rendimiento **m3/DIA** MO. **350.0000** EQ. **350.0000** Costo unitario directo por : m3 **3.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.48	0.04
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0229	11.93	0.27
						0.31
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.31	0.01
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	1.0000	0.0229	102.30	2.34
0349040010	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.2500	0.0057	160.00	0.91
						3.26

Partida **04.01 SUB - BASE GRANULAR DE 0.15 M.**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,500.0000** EQ. **1,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **8.94**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0053	16.48	0.09
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0320	11.93	0.38
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	13.23	0.07
						0.54
Materiales						
0205310001	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUBASE	m3		0.1800	35.00	6.30
0239050000	AGUA	m3		0.0180	6.00	0.11
						6.41
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.54	0.02
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0053	135.00	0.72
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0053	85.60	0.45
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0053	150.00	0.80
						1.99

Partida **04.02.01 PREPARACION DE LA MEZCLA DE CCR**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **4,000.0000** EQ. **4,000.0000** Costo unitario directo por : m2 **35.09**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0020	16.48	0.03
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0040	13.23	0.05
0147010004	PEON	hh	10.0000	0.0200	11.93	0.24
						0.32
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.0830	30.00	2.49
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0800	30.00	2.40
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		1.4700	18.12	26.64
0239050000	AGUA	m3		0.0370	6.00	0.22
						31.75
Equipos						
0349040010	CARGADOR S/LLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0020	160.00	0.32

Fecha : **11/09/2013 12:33:52p.m.**

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601039** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 01/02/2013 Fecha presupuesto

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"

0349050020	PLANTA ASFALTO EN CALIENTE 60-115 TON/H	hm	1.0000	0.0020	1,329.50	2.66
0349150000	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	1.0000	0.0020	12.00	0.02
0349180000	FAJA TRANSPORT 18"x4' M.E. 3KW 150 TON/H	hm	1.0000	0.0020	11.30	0.02
						3.02

Partida **04.02.02** TRANSPORTE DE MEZCLA CCR A OBRA

Rendimiento **m3/DIA** MO. **90.0000** EQ. **90.0000** Costo unitario directo por : m3 **10.27**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0889	13.23	1.18
						1.18
Equipos						
0348040027	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 10 M3.	hm	1.0000	0.0889	102.30	9.09
						9.09

Partida **04.02.03** EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA MEZCLA DE CCR

Rendimiento **m2/DIA** MO. **3,000.0000** EQ. **3,000.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.40**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0013	16.48	0.02
0147010003	OFICIAL	hh	4.0000	0.0107	13.23	0.14
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0213	11.93	0.25
						0.41
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.41	0.01
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0027	135.00	0.36
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0027	85.60	0.23
0349250003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	hm	1.0000	0.0027	145.00	0.39
						0.99

Partida **04.02.04** CURADO DE CONCRETO CCR

Rendimiento **m2/DIA** MO. **4,500.0000** EQ. **4,500.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.51**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0018	13.23	0.02
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0018	11.93	0.02
						0.04
Materiales						
0230190000	ADITIVO CURADOR	gln		0.0670	14.98	1.00
0239050000	AGUA	m3		0.0500	6.00	0.30
						1.30
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.04	
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	1.0000	0.0018	94.35	0.17
						0.17

Partida **04.02.05** ASERRADO DE JUNTAS EN CCR

Rendimiento **m/DIA** MO. **500.0000** EQ. **500.0000** Costo unitario directo por : m **0.76**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0016	16.48	0.03

Fecha : 11/09/2013 12:33:52p.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **0601039** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Subpresupuesto **001** "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Fecha presupuesto **01/02/2013**

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"

0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	15.21	0.24
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0320	11.93	0.38
						0.65
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	0.65	0.01
0337030019	CORTADORA DE CONCRETO 13 HP	hm	1.0000	0.0160	6.50	0.10
						0.11

Partida **04.02.06** **SELLADO DE JUNTAS CON MEZCLA ASFALTICA**

Rendimiento **m/DIA** MO. **100.0000** EQ. **100.0000** Costo unitario directo por : m **3.66**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	16.48	0.13
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	13.23	1.06
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1600	11.93	1.91
						3.10
Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0030	30.00	0.09
0213000006	ASFALTO RC-250	gln		0.0350	10.94	0.38
						0.47
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.10	0.09
						0.09

Partida **05.01** **PINTADO DE MARCAS EN PAVIMENTO**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **800.0000** EQ. **800.0000** Costo unitario directo por : m2 **19.25**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0010	16.48	0.02
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0200	15.21	0.30
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0800	11.93	0.95
						1.27
Materiales						
0229030100	MICROESFERA DE VIDRIO	kg		0.3500	23.50	8.23
0254020036	PINTURA ESMALTE PARA TRAFICO	gln		0.1100	75.00	8.25
0254440001	DISOLVENTE XILOL	gln		0.0208	35.00	0.73
						17.21
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.27	0.04
0337900050	EQUIPO DE PINTURA	hm	1.0000	0.0100	37.00	0.37
0349010034	COMPRESORA 250 P.C.M.	hm	0.5000	0.0050	72.80	0.36
						0.77

Partida **05.02** **LIMPIEZA FINAL DE OBRA**

Rendimiento **GLB/DIA** MO. **1.0000** EQ. **1.0000** Costo unitario directo por : GLB **2,142.67**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	8.0000	16.48	131.84
0147010004	PEON	hh	20.0000	160.0000	11.93	1,908.80
						2,040.64
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2,040.64	102.03
						102.03

Cuadro Comparativo de Costos Entre Pavimento Flexible Y Pavimento Rígido

PAVIMENTO RÍGIDO	PARTIDAS	PU (S./)	METRADO	PT
	Sub Base Granular e=0.15 m	8.94	17371.92	155304.96
	Preparación de la Mezcla de CCR	35.09	17371.92	609580.67
	Transporte de la Mezcla de CCR a obra	10.27	3474.38	35681.88
	Extendido y compactado de la Mezcla de CCR	1.4	17371.92	24320.69
	Curado de Concreto CCR	1.51	17371.92	26231.60
	Aserrado de Juntas en CCR	0.76	3640.00	2766.40
	Sellado de Juntas con Mezcla Asfáltica	3.66	3640.00	13322.40
TOTAL				867208.61

PAVIMENTO FLEXIBLE	PARTIDAS	PU (S./)	METRADO	PT
	Sub Base Granular e=0.25 m	13.15	17371.92	228440.75
	Base Granular e=0.20 m	11.54	17371.92	200471.96
	Imprimación Asfáltica	6.25	17371.92	108574.50
	Carpeta Asfáltica e=2"	27.94	17371.92	485371.44
TOTAL				1022858.65

Tabla 10.1: Cuadro comparativo de costos entre pavimento flexible y rígido

Fuente: Propia

- **Proceso Constructivo**

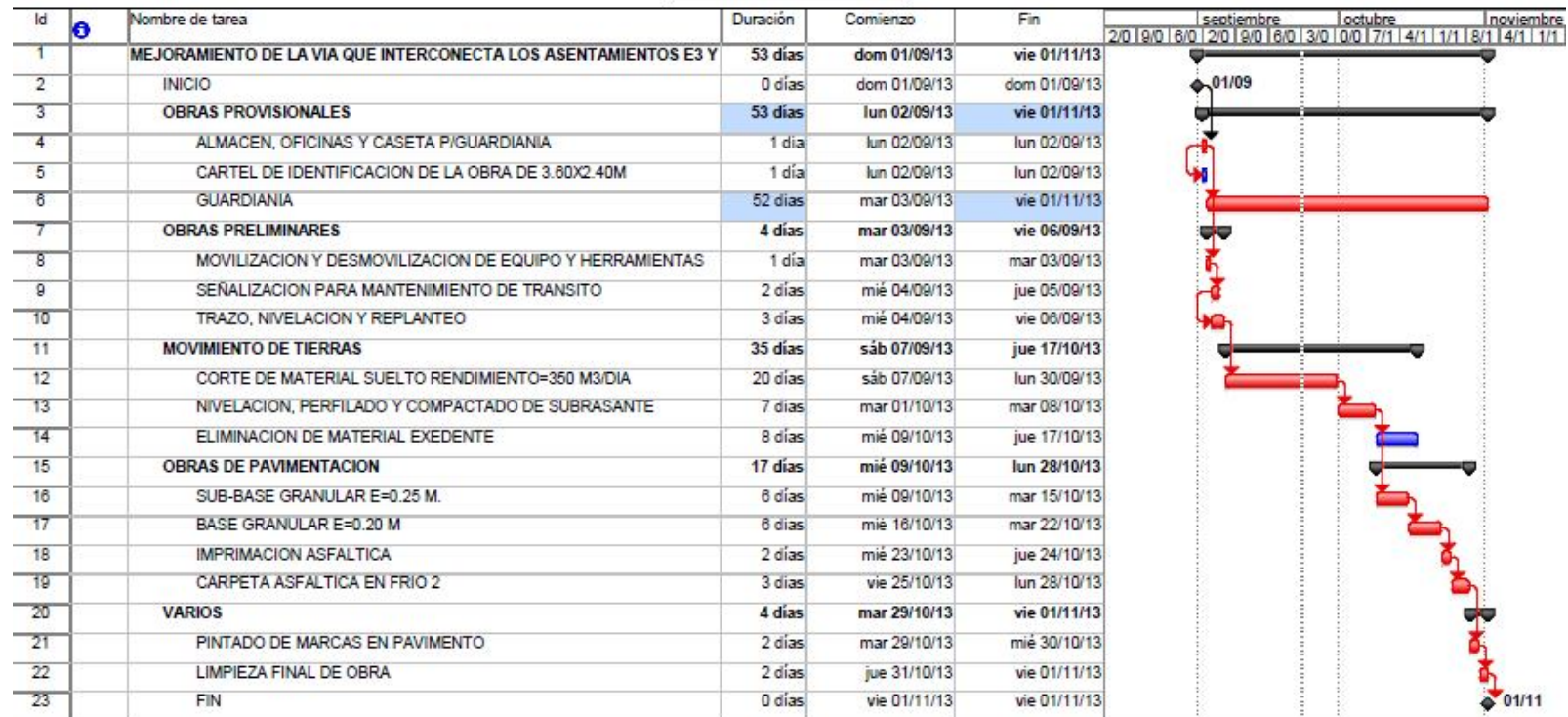
Del Capítulo II podemos analizar que el proceso constructivo de un pavimento de CCR es similar al proceso de un pavimento asfáltico, ya que para ambos casos implica la colocación y compactación de una mezcla seca sobre una capa de sub-base, usando los mismos equipos y técnicas

- **Conservación y Mantenimiento**

Las fallas que puede presentar un pavimento flexible a comparación de un pavimento rígido son numerosas, por lo que la frecuencia de mantenimiento es mucho mas seguido.

Programación Pavimento Flexible

PAVIMENTO FLEXIBLE



Proyecto: PAVIMENTO FLEXIBLE - T Fecha: lun 23/09/13	Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
	Tarea crítica		Tarea crítica resumida		Resumen del proyecto	
	Progreso		Hito resumido		Agrupar por síntesis	
	Hito		Progreso resumido		Fecha límite	
	Resumen		División			

Programación Pavimento Rígido CCR



Proyecto: PAVIMENTO RIGIDO - TES Fecha: lun 23/09/13	Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
	Tarea crítica		Tarea crítica resumida		Resumen del proyecto	
	Progreso		Hito resumido		Agrupar por síntesis	
	Hito		Progreso resumido		Fecha límite	
	Resumen		División			

Fallas típicas en un pavimento flexible:

Los fallas mas relevantes, se han agrupado en tres grandes categorías; los de superficie, los de estructura, y los que encuentran su origen en la construcción. Dentro de estas 3 se agrupan a su vez en las sub categorías de ⁽¹⁾:

- Desprendimientos
- Alisamientos
- Exposición de agregados
- Deformaciones
- Agrietamientos

DETERIOROS DE LA SUPERFICIE	
<u>SUB-CATEGORIA</u>	
<u>Desprendimientos</u>	Descripción
Perdida de Agregados	Perdida de agregados, dejando expuesta áreas aisladas
Perdida de Capa de Rodadura	Desprendimiento de la ultima capa delgada
Perdida de Base	Desprendimiento de la base, después de la perdida de la carpeta
<u>Alisamientos</u>	
Exudación de Asfalto	Presencia de asfalto sin agregado (árido) en la superficie
<u>Exposición de Agregados</u>	Presencia de agregados parcialmente expuestos fuera del asfalto-arena

Tabla 10.2: Deterioro superficial en pavimentos Flexibles

Fuente: Propia

DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA	
SUB-CATEGORIA	
<u>Deformaciones</u>	Descripción
Rodera	Deformación del perfil transversal por hundimiento a lo largo de las rodadas
Canalizaciones	Deformación del perfil transversal tanto por hundimiento como por elevación
Baches	Hundimiento local de la calzada con agrietamiento en malla cerrada
Ondulaciones	Deformación del perfil longitudinal con crestas y valles
<u>Agrietamientos</u>	
Grietas Longitudinales	Rotura longitudinal paralela al eje de la vía
Grietas Transversales	Rotura longitudinal perpendicular al eje de la vía
Piel de Cocodrilo	Roturas longitudinales y transversales y con abertura creciente según avanza el deterioro

Tabla 10.3: Deterioro estructural en pavimentos Flexibles

Fuente: Propia

DETERIOROS POR EFECTO CONSTRUCTIVO	
	Descripción
<u>Deterioros por efectos constructivos</u>	Deterioros que se producen por defectos en la construcción de instalaciones bajo los pavimentos. Se muestran como hundimientos localizados, grietas longitudinales, transversales, etc.

Tabla 10.4: Deterioro por efecto constructivo en pavimentos Flexibles

Fuente: Propia

Fallas típicas en un Pavimento Rígido:

Las fallas típicas en los parámetros de concreto se agrupan en tres secciones, una de ellas considera los asuntos de regularidad y textura y las otras contienen los prototipos en grietas y juntas.

FALLAS DE REGULARIDAD Y SUPERFICIE	
<u>SUB-CATEGORIA</u>	<u>Descripción</u>
<u>Asentaminetos</u>	Desviación longitudinal de las superficies del pavimento con relación a su perfil longitudinal
<u>Baches</u>	Hoyos en la superficie del pavimento
<u>Escalonamiento</u>	Desplazamiento vertical diferencial de las losas adyacentes
<u>Fisuras Ligeras</u>	Fisuras delgadas que solo afectan la superficie

(a)

DEFICIENCIAS O FALLAS EN JUNTAS	
<u>SUB-CATEGORIA</u>	<u>Descripción</u>
<u>Perdida de material de sello</u>	Se presenta en las juntas cuando el material de relleno ha sido comprimido y expulsado
<u>Perdida de adherencia concreto/sello</u>	Cuando el material de sello se ha separado de la(s) cara(s) del canal de la junta
<u>Extrusión del material de sello</u>	Cuando el material de sello ha sido extruido y luego extendido por el tráfico

(b)

GRIETAS Y AGRIETAMIENTOS	
<u>SUB-CATEGORIA</u>	<u>Descripción</u>
<u>Grietas longitudinales</u>	Son aquellas que siguen curso aproximadamente paralelo al eje de la vía
<u>Grietas transversales</u>	Son aquellas que siguen curso aproximadamente en ángulo con la línea central del pavimento
<u>Grietas de borde</u>	Grietas curvadas que se extienden de una junta o grieta transversal hasta el borde del pavimento
<u>Grietas sinuosas</u>	Grietas que discurren como una serpiente

(c)

Tabla 10.5: Fallas en un pavimento rígido (a): fallas de regularidad y superficie, (b): deficiencias o fallas en juntas, (c): grietas y agrietamientos

Fuente: Propia

El tipo de mantenimiento que se le deba a dar a un pavimento sea rígido o flexible va a depender del grado de daño que haya sufrido el pavimento, sin embargo un pavimento flexible presenta fallas a temprana edad en comparación a un pavimento rígido ya que el primero cuenta menor resistencia.

Los tipos de grados se pueden clasificar en tres:

- Bajo
- Moderado
- Alto

Las reparaciones que se le den según el grado de daño van desde un simple tratamiento aislado rutinario hasta la remoción y colocación de una nueva carpeta para el caso de flexibles o la losa para pavimentos rígidos.

10.2 JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA USADA PARA EL PAVIMENTO

Se ponderaron los diferentes factores, que intervienen en la elección de un tipo de pavimento sobre otro y se tomó la decisión de trabajar con un pavimento rígido basado en la tecnología CCR (Concreto Compactado con Rodillo), siendo la principal razón la finalidad de proveer un pavimento resistente, económico y de rápida construcción con principios similares al suelo-cemento y otras construcciones de tierra.

La propuesta del diseño de mezcla de CCR utilizando conceptos de compactación de suelos es simple y está basada en procedimientos de ensayos estándar que están familiarizados con la mayoría de pruebas de laboratorio convencionales. Todos los ensayos para el diseño y control de calidad de un proyecto de CCR pueden ser realizados utilizando equipos y procedimientos familiares a ensayos de laboratorios de pavimentos.

REFERENCIAS

1. Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamérica, Catálogo de deterioros de Pavimentos Flexibles. (2002)
2. Ing. Altamirano Kauffmann, L., Deterioro de Pavimentos Rígidos metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones. (2007)
3. S10 (2003), Guía del usuario Presupuestos

CAPITULO XI

NUEVO CIRCUITO VIAL DEL ASENTAMIENTO E DE LA CIUDAD DE MAJES

11.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

11.1.1 Generalidades

11.1.1.1 Antecedentes

La intervención se realiza sobre una vía local del distrito de Majes siendo esta la que interconectara los Asentamientos E-3 y E-8 del Centro Poblado Santa María La Colina, ésta vía se caracteriza por ser un camino interurbano que comunica dos poblados con el circuito vial urbano del distrito de Majes.

Así tenemos en las fotografías, la primera que muestra el paso de la vía por el asentamiento E-3, y la segunda el paso de la vía por el asentamiento E-8, se puede observar que este se encuentra a nivel de tierra. Según su antecedente situacional, esta vía surge con la formación de la frontera agrícola del “SECTOR E”, cuya zonificación presenta un entorno urbano – rural que data de más de 20 años de formación con el Proyecto de Irrigación Majes, desde entonces esta vía se constituye sobre un camino natural que viene permitiendo el acceso a los Asentamientos E-3 y E-8.



Fig. N°11.1: Asentamientos E-3 y E-8

Fuente: Propia

La vía que interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 tiene una extensión de 2.89532 Km, su trayecto se inicia transversalmente a la vía del eje urbano del distrito (vía asfaltada) y comunica directamente los dos asentamientos involucrados, presenta una superficie a nivel trocha carrozable con suelo erosionado dividiéndose una superficie de tierra y piedra con presencia de baches, condiciones no óptimas para soporte del tránsito vehicular.

La condición de este camino viene afectando negativamente la accesibilidad a los Asentamientos E-3 y E-8:

Se tiene perjudicados a los transportistas que se ven obligados a realizar maniobras peligrosas durante en el trayecto de la vía que a su vez implica desgaste de sus vehículos e incremento de los costos operativos vehiculares.

Los pasajeros del transporte público también se ven afectados por el levantamiento de polvo y la difícil condición de viaje.

Son afectados también la población de los Asentamientos E-3 y E-8 en su condición de habitantes y agricultores del sector que no cuentan con una vía adecuada de acceso predios agrícolas colindantes a la vía

El tráfico que presenta la vía está compuesto por vehículos ligeros referidos a los autos, camionetas y combis de ruta, así también vehículos pesados como camiones que circulan por efecto de la actividad agropecuaria de la zona, todas estas unidades vehiculares generan un importante flujo vehicular que viene experimentando diariamente esta vía.

Tenemos a los Asentamientos E-3 y E-8 en el Centro Poblado Santa María La Colina, como área de influencia directa del proyecto, que cuenta al año 2012 con una población total de 1,790 habitantes, dedicados principalmente a las actividades agropecuarias; actualmente en su composición urbana el Asentamiento E-3 presenta 176 viviendas y una población de 969 habitantes, en tanto el Asentamiento E-8 presenta 171 viviendas con 821 habitantes, ambos

poblados presentan una habitabilidad promedio del 80%, dicha población demanda vías en adecuadas condiciones para su fácil transitabilidad vehicular.

11.1.2 Datos del Proyecto

11.1.2.1 Nombre del Proyecto

“Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma – Arequipa”

11.1.2.2 Ubicación

La vía que interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 se encuentra ubicada en el distrito de Majes provincia Caylloma y Región Arequipa, a una altitud promedio de 1410 m.s.n.m., El tiempo promedio desde la plaza de armas del distrito hasta el área del proyecto es de 25 minutos.

UBICACIÓN	
Departamento / Región:	Arequipa
Provincia:	Caylloma
Distrito:	Majes
Localidades de Intervención:	C.P. Santa María La Colina: C.P. E3 y E8
Región Geográfica:	Costa
Altitud de Capital:	1,410 m.s.n.m.
Superficie:	1625,8 km ²

Tabla 11.1: Datos de Ubicación

Fuente: Propia

Localización:



Fig. N°11.3: Tramo a pavimentar con CCR – vía E3 a E8

Fuente: Propia

11.1.2.3 Tipo de Proyecto

En función a la obra vial a construir clasificamos al presente proyecto de tipo urbano - pavimento rígido utilizando la metodología de concreto compactado con rodillo (CCR).

11.1.2.4 Características de la Vía

La vía analizada tiene una longitud de 2.89532 km, su topografía es plana, el 100% es de tierra, esta vía une los poblados E-3 y E-8, pasa sobre un pontón existente en regular estado. No tiene ningún pavimento o capa de rodadura.

Tampoco presenta infraestructura de drenaje referido a cunetas y otros, ya que no son necesarias para esta zona, por tener escasas y poco significativas precipitaciones con un promedio anual de 9.7 mm concentradas preferentemente en verano, según datos históricos del SENAMHI años 2007-2011.

CARACTERISTICAS DE LA VIA EXISTENTE	
Longitud	2+895.32 km
Seccion Tipica	6.00 m
Tipo de Via	Via Local
Topografia	Plana
Pendiente Minima (%)	0.005
Pendiente Maxima (%)	0.0286
Tipo de material de Superficie Actual	Tierra
Daños en vía nivel actual	Ahuellamiento Hundimiento Baches Encalaminados
Comunidades Conectadas:	AA.HH. E3 y AA.HH. E8
Obras de Arte existentes	1 Ponton de 8 metros de longitud ubicado en la progresiva 1+724
Pavimento a Implementar	Pavimento Rigido - CCR Concreto Compactado con Rodillo

Tabla 11.2: Características de la vía existente

Fuente: Propia



Fig. N°11.4: Pontón en estado regular

Fuente: Propia

Se tiene un pontón en regular estado INICIO Km 1+724, ubicada sobre el canal principal, no se tiene puntos críticos como curvas peligrosas, deslizamientos y otros ya que en el trayecto de la vía no existen ello. Canteras: La cantera mas próxima cuyo agregado cumple con las normas técnicas está localizada a 3.5 Km del proyecto.

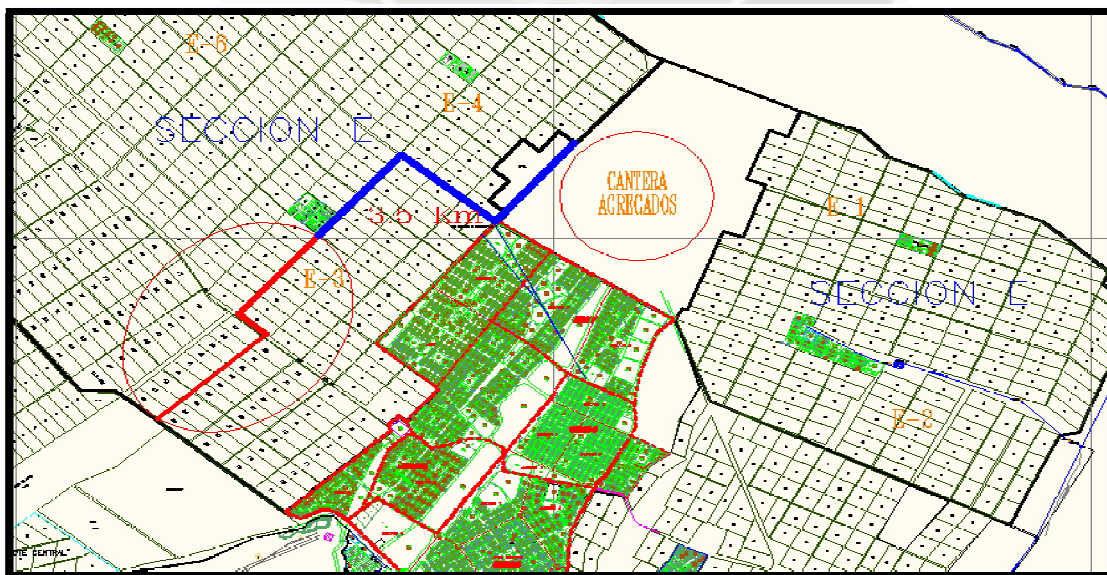


Fig. N°11.5: Ubicación de Cantera de Agregados

Fuente: Propia

11.1.3 Objetivos del Proyecto

“Adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular de la vía local que interconecta los Asentamientos E-3 y E-8, implementando la metodología del Concreto Compactado con rodillo a fin de brindar una vía resistente y económica”

11.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS

11.2.1 Generalidades

Para la ejecución de la pavimentación en CCR de las vías que Interconectan los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, la entidad encargada de su ejecución deberá ceñirse en las Especificaciones generales para construcción de carreteras (EG - 2000), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en lo que respecta a las componentes del pavimento y para el caso de la carpeta de rodadura que se realizará en Concreto compactado con rodillo (CCR) la aplicación de la verificación de la calidad de los materiales empleados debe cumplirse lo señalada en las especificaciones del MTC, y en cuanto al proceso de preparación y colocación que no se contemplan en dicha especificaciones se detallaran en el presente desarrollo.

Estas especificaciones están orientadas a la descripción de los resultados de los acabados por obtener y a los procedimientos de construcción y calidad final de acabados, que serán consecuencia del conocimiento, oficio, práctica y buena fe del Ejecutor de Obra. Los procedimientos constructivos dependerán también de la metodología y organización del Constructor. Las siguientes Especificaciones buscan mantener a su vez una uniformidad de criterios, en cuanto a acabados se refiere en la totalidad de la obra.

La EG-2000 contempla todas las labores preliminares y competencias tanto del contratista o entidad ejecutora, siendo la finalidad de estas especificaciones técnicas la de centrarse en la parte de las especificaciones tanto del proceso constructivo, calidad de material de las capas componentes del pavimento.

01.00.00 OBRAS PROVISIONALES

Se refiere a las partidas que se ejecutan como provisionales, en decir que no serán permanentes sino solo fusionaran durante la ejecución de la obra. Servirán para la seguridad, el control, cuidado e identificación de la Obra.

01.01.00 ALMACEN, OFICINA Y CASETA DE GUARDIANIA (EST)

Descripción

Se refiere a todas las construcciones provisionales de material ligero – resistente, para poder establecer el almacén, oficinas y guardianía. En estas construcciones se albergaran trabajadores, insumos, maquinaria y equipo, etc. Eventualmente se establecerán allí el comedor de los trabajadores y talleres si fuese necesario.

Los ambientes necesarios en esta partida deberán reunir todas las condiciones de higiene y salubridad para poder desarrollar las actividades necesarias, Todos los ambientes deberán tener accesos claros y espacios óptimos para descargar de materiales y equipos o herramientas, evitando que en estos ambientes se produzcan daños en los suelos, como derramamiento de combustible, hidrocarburos o lubricantes y similares.

Terminada la obra se evitara la incineración al aire libre de neumáticos, aceite quemado de motores, y cualquier otro material similar que produzca humo denso. De ser indispensable realizar este trabajo, se hará con personal competente para este caso y bajo autorización expresa de la Supervisión.

Por cuenta del Contratista se efectuara el traslado, acondicionamiento, construcción retiro y limpieza de los ambientes y espacios usados para estos fines.

Método De Medición

Los trabajos ejecutados para esta partida, serán medidos de forma estimada (glb), ejecutados, terminados e instalados de acuerdo a las presentes especificaciones. Deberán de contar siempre con la aprobación de la Supervisión.

Bases de Pago

Esta partida será pagada al precio unitario del contrato, en forma estimada (est), entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda la mano de obra, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la partida.

01.02.00 CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60 x 2.40 M (UND)

Descripción

Comprende la confección y colocación de un cartel de obra en el cual se consignará la información relacionada a la obra en ejecución, figurara de manera oficial el nombre de la obra, las Entidades participantes, el monto de obra y plazos de ejecución y otros datos que considere el Ing. supervisor.

El cartel será de material panaflex, en computadora enmarcada con un armazón de metal, el cual deberá estar anclado al suelo mediante cuartones de madera o parantes de puntales de eucalipto. Sus características serán de 3.60 m x 2.40m, con los colores y modelo que especifique la entidad.

Definida su ubicación se fijará el cartel de manera segura, utilizando los elementos que se requieran para tal fin.

Método De Medición y Bases de Pago

El método de medición será considerado por Unidad (UND) de acuerdo a lo especificado, comprendiéndose que dicho pago constituirá la compensación total para la realización de esta partida.

01.03.00 GUARDIANIA (MES)

Descripción

Comprende la labor de guardianía y seguridad de la obra, con la finalidad de asegurar los materiales y equipos existentes en la obra, así como los trabajos que se ejecuten no sean dañados por terceras personas.

Método De Medición

El método de medición será en forma MES obtenido por el personal y caseta instalada. Alcanza solamente al personal encargado para el cuidado de la obra.

Bases De Pago

El pago se efectuará de forma mensual, comprendiéndose que dicho pago constituirá la compensación total por servicio prestado e imprevistos necesarios para la realización de esta partida.

02.00.00 TRABAJOS PRELIMINARES

02.01.00 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTA (GLB)

Descripción

Se considera en esta partida el costo de llevar el equipo hacia la zona de trabajo, sobre todo a lo que es maquinaria pesada y maquinaria liviana.

Método de Medición

Los trabajos ejecutados para esta partida serán medidos en forma estimada (glb), ejecutados, terminados e instalados de acuerdo a las presentes especificaciones.

Bases de Pago

Esta partida será pagada el precio unitario del contrato, en forma estimada (est), ejecutada y colocada entendiéndose por dicho precio y pago constituirá

compensación total por toda mano de obra, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la partida.

02.02.00 SEÑALIZACION PARA MANTENIMIENTO DEL TRANSITO

Descripción

Se coordinará con las autoridades policial y municipal respectiva, cualquier modificación del tránsito vehicular o peatonal que signifique una variación sustancial del sistema actual, haciendo uso en estos casos de las respectivas señales, avisos, tranqueras y demás dispositivos de control necesarios, tanto diurnos como nocturnos, en concordancia con el manual de señalización y otros dispositivos vigentes, teniendo en cuenta en todo momento la obligación de proporcionar a conductores y peatones una adecuada comodidad para su circulación.

Método De Medición

El trabajo ejecutado se medirá en forma Global (Glb) tomando en cuenta el tiempo que dure la ejecución del proyecto.

Bases De Pago

Esta partida será pagada al precio unitario del contrato, por un Global (Glb), ejecutada y colocada entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por toda mano de obra, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente la partida.

02.03.00 TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO

Descripción

En base a los planos y levantamientos topográficos del Proyecto, sus referencias y BMs, el Constructor procederá al replanteo general de la obra, en el que de ser necesario se efectuarán los ajustes necesarios a las condiciones reales

encontradas en el terreno. El Constructor será el responsable del replanteo topográfico que será revisado y aprobado por el Supervisor y/o Inspector, así como del cuidado y resguardo de los puntos físicos, estacas y monumentación instalada durante el proceso constructivo.

El Constructor instalará puntos de control topográfico estableciendo en cada uno de ellos sus coordenadas geográficas en sistema UTM. Para los trabajos a realizar dentro de esta sección el Constructor deberá proporcionar personal calificado, el equipo necesario y materiales que se requieran para el replanteo estacado, referenciación, monumentación, cálculo y registro de datos para el control de las obras.

El personal, equipo y materiales deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Personal: Se implementarán cuadrillas de topografía en número suficiente para tener un flujo ordenado de operaciones que permitan la ejecución de las obras de acuerdo a los programas y cronogramas. El personal deberá estar suficientemente tecnificado y calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido.
- Equipo: Se deberá implementar el equipo de topografía necesario, capaz de trabajar dentro de los rangos de tolerancia especificados. Así mismo se deberá proveer el equipo de soporte para el cálculo, procesamiento y dibujo.
- Materiales: Se proveerá suficiente material adecuado para la señalización, monumentación, estacado, pintura y herramientas adecuadas. Las estacas deben tener área las dimensiones suficientes que permita anotar marcas legibles.

Consideraciones Generales

Los trabajos de topografía y de control estarán concordantes con las tolerancias que se dan en la Tabla 11.3.

Tolerancias para trabajos de levantamiento topográficos, replanteos y estacado en construcción de pistas y veredas.

Tolerancias Fase de Trabajo	Tolerancias Fase de Trabajo	
	Horizontal	Vertical
Georeferenciación	1:100 00	±5 mm.
Puntos de control	1:10 000	± 5 mm.
Puntos del eje (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5 000	± 10 mm.
Otros puntos del eje	± 50 mm.	±100 mm.
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm.	± 100 mm.
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm.	±20 mm.
Estacas de subrasante	±50 mm.	± 10 mm.
Estacas de rasante	± 50 mm.	± 10 mm.

Tabla 11.3: Tolerancias para trabajos de levantamiento topográficos, replanteos y estacado en construcción de pistas y veredas.

Fuente: Propia

Cualquier trabajo topográfico y de control que no cumpla con las tolerancias anotadas será rechazado. La aceptación del estacado por el Supervisor y/o Inspector no releva al Constructor de su responsabilidad de corregir errores que puedan ser descubiertos durante el trabajo y de asumir sus costos asociados.

Cada 500 m de estacado se deberá proveer una tablilla de dimensiones y color contrastante aprobados por el Supervisor y/o Inspector en el que se anotará en forma legible para el usuario de la vía la progresiva de su ubicación

Aceptación de los Trabajos

Los trabajos de replanteo, levantamientos topográficos y todo lo indicado en esta sección serán evaluados y aceptados de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Inspección Visual que será un aspecto para la aceptación de los trabajos ejecutados de acuerdo a la buena práctica de la ingeniería, experiencia del Supervisor y/o Inspector y estándares constructivos de obras similares.
- Conformidad con las mediciones y ensayos de control: las mediciones y ensayos que se ejecuten para todos los trabajos, cuyos resultados deberá cumplir y estar dentro de las tolerancias y límites establecidos en las especificaciones de cada partida, Cuando no se establezcan o no se puedan identificar tolerancias en las especificaciones o en el contrato, los trabajos podrán ser aceptados utilizando tolerancias indicadas por el Supervisor y/o Inspector.

Método De Medición

El Trazo y Replanteo se medirán en km.

Bases De Pago

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas al precio del contrato de la partida establecida. El pago constituirá compensación total por los trabajos descritos en esta sección. Los precios unitarios del Ejecutor definidos para cada partida del presupuesto, cubrirán el costo de todas las operaciones relacionadas con la correcta ejecución de las obra.

03.00.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS

03.01.00 CORTE EN MATERIAL SUELTO CON EQUIPO PESADO (M3)

Descripción

Esta actividad consiste en el corte del material excedente de las vías, hasta encontrar los niveles para construir el pavimento, eliminar con el corte los materiales inapropiados para la subrasante en conformidad con los alineamientos restantes y dimensiones indicadas en los planos. Comprende, además, la excavación y remoción de la capa vegetal y de otros materiales blandos, orgánicos y objetables, en las áreas donde se hayan de realizar las excavaciones de la explanación y terraplenes.

- **Materiales**

Los materiales provenientes de excavación para la explanación se utilizarán, si reúnen las calidades exigidas, en la construcción de las obras de acuerdo con los usos fijados en los documentos del proyecto o determinados por el Supervisor. El Contratista no podrá desechar materiales ni retirarlos para fines distintos a los del contrato, sin la autorización previa del Supervisor. Los materiales provenientes de la excavación que presenten buenas características para uso en la construcción de la vía, serán reservados para colocarlos posteriormente.

Los materiales de excavación que no sean utilizables deberán ser colocados, donde lo indique el proyecto o de acuerdo con las instrucciones del Supervisor, en zonas aprobadas por éste.

Los materiales recolectados deberán ser humedecidos adecuadamente, cubiertos con una lona y protegidos contra los efectos atmosféricos, para evitar que por efecto del material particulado causen enfermedades respiratorias, alérgicas y oculares al personal de obra, así como a las poblaciones aledañas. El depósito

temporal de los materiales no deberá interrumpir vías o zonas de acceso de importancia local.

Equipo

El Contratista propondrá, para consideración del Supervisor, los equipos más adecuados para las operaciones por realizar, los cuales no deben producir daños innecesarios ni a construcciones ni a cultivos; y garantizarán el avance físico de ejecución, según el programa de trabajo, que permita el desarrollo de las etapas constructivas siguientes.

Los equipos de excavación deberán disponer de sistemas de silenciadores y la omisión de éstos será con la autorización del Supervisor. Cuando se trabaje cerca a zonas ambientalmente sensible, tales como colegios, hospitales, mercados y otros que considere el Supervisor aunado a los especificados en el Estudio de Impacto Ambiental los trabajos se harán manualmente si es que los niveles de ruido sobrepasan los niveles máximos recomendados.

Requerimientos de Construcción

Excavación

Antes de iniciar las excavaciones se requiere la aprobación, por parte del Supervisor, de los trabajos de topografía, desbroce, limpieza y demoliciones, así como los de remoción de especies vegetales, cercas de alambre y de instalaciones de servicios que interfieran con los trabajos a ejecutar.

La secuencia de todas las operaciones de excavación debe ser tal, que asegure la utilización de todos los materiales aptos y necesarios para la construcción de las obras señaladas en los planos del proyecto o indicadas por el Supervisor.

La excavación de la explanación se debe ejecutar de acuerdo con las secciones transversales del proyecto o las modificadas por el Supervisor. Todo sobre-excavación que haga el Contratista, por error o por conveniencia propia para la operación de sus equipos, correrá por su cuenta y el Supervisor podrá suspenderla, si lo estima necesario, por razones técnicas o económicas.

Al alcanzar el nivel de la subrasante en la excavación, se deberá escarificar en una profundidad mínima de ciento cincuenta milímetros (150 mm), conformar de acuerdo con las pendientes transversales especificadas y compactar, según las exigencias de compactación.

En los proyectos de mejoramiento de vías en donde el afirmado existente se ha de conservar, los procedimientos que utilice el Contratista deberán permitir la ejecución de los trabajos de ensanche o modificación del alineamiento, evitando la contaminación del afirmado con materiales arcillosos, orgánicos o vegetales. Los materiales excavados deberán cargarse y transportarse hasta los sitios de utilización o disposición aprobados por el Supervisor.

Limpieza final

Al terminar los trabajos de excavación, el Contratista deberá limpiar y conformar las zonas laterales de la vía, las de préstamo y las de disposición de sobrantes, de acuerdo con las indicaciones del Supervisor.

Referencias topográficas

Durante la ejecución de la excavación para explanaciones complementarias y préstamos, el Contratista deberá mantener, sin alteración, las referencias topográficas y marcas especiales para limitar las áreas de trabajo.

Método De Medición

Metro cúbico (m³)

Bases De Pago

El pago a efectuar en esta partida, será de acuerdo al volumen efectuado en el total de la zona de excavación, medida de acuerdo a los trabajos efectuados, de conformidad con las presentes especificaciones y siempre que cuente con la conformidad del Ingeniero Supervisor.

El volumen realizado para el efecto de la partida, será pagado de acuerdo al precio unitario del Contrato, por metro cúbico y constituirá compensación total por

toda mano de obra y herramientas necesarias para completar satisfactoriamente el trabajo

03.02.00 NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE

Descripción

Después de haber ejecutado el corte correspondientes se realizarán las labores de refine y compactación de la sub-rasante con equipos hasta lograr una consolidación firme del terreno. Esta actividad debe ejecutarse de acuerdo a los niveles y cotas establecidas, luego se compactarán con equipo según condiciones de trabajo especificadas.

La nivelación de la sub-rasante tiene una componente muy importante de trabajo topográfico intenso. De hecho, durante toda la construcción de la carretera, la participación del topógrafo es indispensable para controlar los trazos y niveles hasta la culminación del acabado final de la capa de rodadura.

Estructuralmente la sub-rasante también forma parte del pavimento, puesto que es el estrato de apoyo o cimiento de todas las capas siguientes. De la calidad de su soporte depende en gran parte el espesor del pavimento final.

Compactación

Se compactará a no menos del 95% de la densidad obtenida en el Proctor Modificado en suelos cohesivos y 100% en los suelos no cohesivos, todo los materiales suaves y blandos que no se compacten fácilmente cuando se rodillan o apisonan se removerán y serán reemplazados por material de préstamo apropiado; en todo tiempo la parte superior de la sub-rasante se mantendrán en tal condición que drene rápidamente y no se extenderá material sobre la sub-rasante si esta no ha sido controlada y aprobada, por el Inspector y/o Supervisor.

Controles:

Granulometría (ASTM D-422, ASSHO T-88)

Límite de Consistencia (ASTM D-423, ASSHO T-88/90)

Proctor Modificado (ASTM D-557, ASSHO T-180)

Frecuencia de Control:

Granulometría: cada 1,000 m²

Límite de Consistencia: cada 1,000 m²

Proctor Modificado: cada 2,000 m²

Método De Medición

El trabajo ejecutado se medirá en metros cuadrados (m²) y aprobado por el Ingeniero Supervisor de acuerdo a lo especificado, medido en la posición original según planos.

Bases De Pago

Para efectos de pago se realizará el metrado de avance de obra de la partida expresado en m² multiplicando por el costo unitario del presupuesto base, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por mano de obra, herramientas e imprevistos necesarios

03.03.00 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE

Descripción

El CONTRATISTA, una vez terminada la obra deberá dejar el terreno completamente limpio de desmonte u otros materiales que interfieran a los trabajos necesarios. La eliminación de desmonte deberá ser periódica, no permitiendo que permanezca en la obra más de un mes, salvo lo que se va a usar en los rellenos.

La eliminación se ejecutará manualmente y/o empleando equipo: camión volquete, cargador frontal y herramientas. Se deberá tener especial cuidado de ejecutar los trabajos de carguío sin causar daño o debilitar las partes estructurales cercanas a la zona de demolición y de no causar daños a terceros en cualquier caso. Se deberán tomar todas las precauciones de seguridad con el fin de que no

se produzcan accidentes de trabajo. El personal encargado de realizar estas labores deberá contar como mínimo con lentes de seguridad y guantes.

Método De Medición

La unidad de medida para pago es el metro cúbico (m^3), de material eliminado de Obra hacia los lugares aprobados por la SUPERVISIÓN

Bases De Pago

La eliminación de material excedente, será pagado al precio unitario del contrato por metros cúbicos(m^3) de eliminación según lo indica los planos, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por mano de obra, materiales, maquinaria, herramientas e imprevistos que se presenten.

04.00.00 OBRAS DE PAVIMENTACION

04.01.00 SUB BASE GRANULAR (m^2)

Descripción

Este trabajo consiste en el suministro, colocación y compactación de una capa de sub base granular aprobado sobre sub rasante, en una o varias capas, conforme con las dimensiones, alineamientos y pendientes señalados en los planos del proyecto.

MATERIALES

Para la construcción de sub base granular los materiales provendrán de la una cantera aledaña al proyecto y será obligatorio el empleo de un agregado que contenga una fracción producto de trituración mecánica. Las partículas de los agregados serán duras, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales.

Para el traslado del material se deberá humedecer adecuadamente los materiales y cubrirlos con una lona para evitar emisiones de material particulado, a fin de

evitar que afecte a los trabajadores y poblaciones aledañas de males alérgicos, respiratorios y oculares.

Los montículos de material almacenados temporalmente en las canteras y plantas se cubrirán con lonas impermeables, para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y a cuerpos de agua cercanos y protegerlos de excesiva humedad cuando llueve.

Además, deberán ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

Granulometría

La composición final de la mezcla de agregados presentará una granulometría continua y bien gradada (sin inflexiones notables) según una fórmula de trabajo de dosificación y los requisitos granulométricos que se indican en la siguiente Tabla.

Requerimientos Granulométricos para Sub Base Granular – ASTM D 1241

Tamiz	Gradación A
50 mm (2")	100
25 mm (1")	---
9.5 mm (3/8")	30 – 65
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40
4.25 um (Nº 40)	8 – 20
75 um (Nº 200)	2 – 8

Tabla 11.4: Requerimientos Granulométricos para Sub-base

Fuente: Propia

- Agregado grueso

Se denominará así a los materiales retenidos en la Malla Nº 4, los que consistirán de partículas pétreas durables y trituradas capaces de soportar los efectos de manipuleo, extendido y compactación sin producción de finos contaminantes.

Deberán cumplir las siguientes características:

Requerimientos Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos
Partículas con una cara fracturada	MTC E	D 5821		80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E	D 5821		40% mín.
Abrasión Los Angeles	MTC E	C 131	T 96	40% máx
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E	D 4791		15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E	D 1888		0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E	C 88	T 104	-.-
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E	C 88	T 104	-.-

Tabla 11.5: Requerimientos Agregado Grueso

Fuente: Propia

- Agregado fino

Se denominará así a los materiales pasantes la malla N° 4 que podrán provenir de fuentes naturales o de procesos de trituración o combinación de ambos.

Requerimientos Agregado Fino

Ensayo	Norma	Requerimientos
Índice Plástico	MTC E 111	4% máx
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín
Sales solubles totales	MTC E 219	0,55% máx
Índice de durabilidad	MTC E 214	35% mín

Tabla 11.6: Requerimientos Agregado Fino

Fuente: Propia

EQUIPO

El equipo será el más adecuado y apropiado para la explotación de los materiales, su clasificación, trituración de ser requerido, lavado de ser necesario, equipo de carga, descarga, transporte, extendido, mezcla, homogeneización, humedecimiento y compactación del material, así como herramientas menores.

METODO DE CONSTRUCCION

- **Explotación De Materiales Y Elaboración De Agregados**

Se deberá evaluar las canteras establecidas, el volumen total a extraer de la cantera, así mismo estimar la superficie que será explotada y proceder al estacado de los límites.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración en planta y no se permitirá ejecutarlos en la vía.

Si la mezcla de los materiales de sub base a ser colocada sale de la planta, deberá salir con la humedad requerida de compactación, teniendo en cuenta las pérdidas que puede sufrir en el transporte y colocación.

Definida la fórmula de trabajo de la sub base granular, la granulometría deberá estar dentro del rango dado por el huso granulométrico adoptado.

- **Colocación Del Material**

Se deberá transportar y verter el material, de tal modo que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente. Cualquier contaminación que se presentare, deberá ser subsanada antes de proseguir el trabajo.

Durante ésta labor se tomará las medidas para el manejo del material de sub base, evitando los derrames de material y por ende la contaminación de fuentes de agua, suelos y flora cercana al lugar.

Carguío de sub base granular

La partida considera el proceso de cargar los volquetes con material de sub base para la obra utiliza como equipo un volquete de 15 m³ y un cargador frontal.

Transporte de sub base granular

La partida considera el proceso de traslado del material de de sub base a la obra mediante volquetes de 15 m³ de capacidad y una distancia mayor a 5 km.

Preparación de la superficie existente

El material para la sub base se descargará cuando se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los planos. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias admitidas en la especificación respectiva deberán ser corregidas.

Transporte y colocación del material

Se deberá transportar y depositar el material de modo, que no se produzca segregación, ni se cause daño o contaminación en la superficie existente.

La colocación del material sobre la capa subyacente se hará en una longitud que no sobrepase mil quinientos metros (1 500 m) de las operaciones de mezcla, conformación y compactación del material del sector en que se efectúan estos trabajos.

EXTENSION Y MEZCLA DEL MATERIAL

El material se dispondrá en un cordón de sección uniforme, donde será verificada su homogeneidad. Si la sub base se va a construir mediante combinación de varios materiales, éstos se mezclarán formando cordones separados para cada material en la vía, los cuales luego se combinarán para lograr su homogeneidad.

En caso de que sea necesario humedecer o airear el material para lograr la humedad óptima de compactación, el Contratista empleará el equipo adecuado y aprobado, de manera que no perjudique la capa subyacente y deje el material con una humedad uniforme. Este, después de mezclado, se extenderá en una capa de espesor uniforme que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos, de acuerdo con los resultados obtenidos en la fase de experimentación.

COMPACTACION

Una vez que el material de la sub base tenga la humedad apropiada, se conformará y compactará con el equipo apropiado hasta alcanzar la densidad especificada. Aquellas zonas que por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de arte no permitan la utilización del equipo que normalmente se utiliza, se compactarán por los medios adecuados para el caso, en forma tal que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto de la capa.

La compactación se efectuará longitudinalmente, comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido un ancho no menor de un tercio ($1/3$) del ancho del rodillo compactador. En las zonas peraltadas, la compactación se hará del borde inferior al superior.

No se extenderá ninguna capa de material de sub base mientras no haya sido realizada la nivelación y comprobación del grado de compactación de la capa precedente. Tampoco se ejecutará la sub base granular en momentos en que haya lluvia o fundado temor de que ella ocurra. En esta actividad se tomarán los cuidados necesarios para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación.

Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en lugares de disposición de desechos adecuados especialmente para este tipo de residuos

APERTURA DEL TRANSITO

Sobre las capas en ejecución se prohibirá la acción de todo tipo de tránsito mientras no se haya completado la compactación. Si ello no es factible, el tránsito que necesariamente deba pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren ahuellamientos sobre la superficie.

ACEPTACION DE LOS TRABAJOS

Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar la implementación para cada fase de los trabajos de lo especificado en la partida MANTENIMIENTO DE TRANSITO TEMPORAL Y SEGURIDAD VIAL de este documento.
- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en la respectiva especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aceptado como resultado de los tramos de prueba en el caso de sub base granular.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construido de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.
- Vigilar la ejecución de las consideraciones ambientales incluidas en esta sección para la ejecución de obras de bases.

El Contratista realizará la operación de perforaciones con el fin de medir densidades en el terreno y rellenará inmediatamente de manera que su densidad cumpla con los requisitos indicados en la respectiva especificación.

Calidad de los agregados

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto se tomarán cuatro (4) muestras y de cada fracción se determinarán los ensayos con las frecuencias que se indican en la Tabla de Ensayos y Frecuencias.

Los resultados deberán satisfacer las exigencias indicadas en las Tablas de Requerimientos Granulométricos para sub base granular, Características físico-mecánicas y químicas, Requerimientos de Agregado Grueso y Requerimientos de Agregado Fino de las presentes especificaciones.

No se permitirá acopios que a simple vista presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores de máximo especificado.

Calidad del producto terminado

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las dimensiones, rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la berma no será inferior a la señalada en los planos o la definida por el Supervisor quien, además, deberá verificar que la cota de cualquier punto de la base conformada y compactada, no varíe en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada. Así mismo, deberá efectuar las siguientes comprobaciones:

- **Compactación**

Las determinaciones de la densidad de la sub base granular se efectuarán en una proporción de cuando menos una vez por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m^2) y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) medidas de densidad, exigiéndose que los valores individuales (D_i) sean iguales o mayores al cien por cientos (100%) de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor (D_e).

$$D_i > D_e$$

La humedad de trabajo no debe variar en $\pm 1.5 \%$ respecto del Optimo Contenido de Humedad obtenido con el Próctor modificado.

Siempre que sea necesario, se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas. Previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

- **Espesor**

Sobre la base de los tramos escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al de diseño (e_d) más o menos 10 milímetros ($\pm 10 \text{ mm}$).

$$e_m > e_d \pm 10 \text{ mm}$$

Además el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa y cinco por ciento (95%) del espesor de diseño, so pena del rechazo del tramo controlado.

$$e_i > 0.95 e_d$$

Todas las irregularidades que excedan las tolerancias mencionadas, así como las áreas en donde la base granular presente agrietamientos o segregaciones, deberán ser corregidas por el Contratista, a su costo, y a plena satisfacción del Supervisor.

- **Lisura**

La uniformidad de la superficie de la obra ejecutada, se comprobará con una regla de tres metros (3 m) de longitud, colocada tanto paralela como normalmente al eje de la vía, no admitiéndose variaciones superiores a diez milímetros (10 mm) para cualquier punto. Cualquier irregularidad que exceda esta tolerancia se corregirá con reducción o adición de material en capas de poco espesor, en cuyo caso, para asegurar buena adherencia, será obligatorio escarificar la capa existente y compactar nuevamente la zona afectada.

Método De Medición

La base se medirá en metros cuadrados (m^2), conformado y compactado en su posición final, según se indica en los planos de secciones transversales y aceptadas por el Supervisor.

Bases De Pago

El pago se efectuará al precio unitario del Contrato por metro cuadrado (m^2), para la partida entendiéndose que dicho pago constituirá compensación total por los trabajos prescritos en esta partida y cubrirá los costos de materiales, mano de obra en trabajos diurnos y nocturnos, herramientas, equipos pesados, transporte y todos los gastos que demande el cumplimiento satisfactorio del contrato, incluyendo los imprevistos.

04.02.00 CARPETA DE RODADURA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)

Descripción

Se presentan las especificaciones mínimas de construcción para asegurar el adecuado comportamiento de la carpeta de rodadura de los pavimentos de Concreto Compactado con Rodillo (CCR) a construir.

El CCR es una mezcla homogénea de agregados, agua y cemento que se coloca en obra como un pavimento de concreto asfáltico y su contenido de cemento y comportamiento estructural es similar al de un pavimento de concreto convencional.

Materiales:

a. Cemento

Se utilizará cemento Portland que cumpla con los requisitos de las Normas NTP 334.090-2007.

b. Agua

En general, se podrán utilizar, tanto para el mezclado como para el curado del CCR, todas las aguas que sean potables. El supervisor podrá solicitar al contratista que el agua utilizada sea analizada en el laboratorio.

c. Agregados

Agregados finos

El agregado fino es todo material granular que pasa por el Tamiz 4,76 mm y consistirá de arena natural o triturada o una combinación de ambas. Las partículas deberán ser durables.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los agregados disponibles, o en caso de duda, se deberá comprobar que las sustancias perjudiciales existentes en ellos no excedan los límites prescritos para concretos convencionales.

El Módulo de Finura del agregado fino deberá estar entre 2,3 y 3,3. Durante el período de producción del concreto compactado con rodillo se podrán tener variaciones en el Módulo de Finura de $\pm 0,2$.

Agregados gruesos

El agregado grueso es el material granular mineral o fracción del mismo que sea retenido en el Tamiz 4,76 mm.

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los agregados gruesos disponibles, o en caso de duda, deberá probarse que las sustancias perjudiciales no excederán los límites establecidos para los concretos convencionales.

d. Aditivos

Se podrán utilizar aditivos para alcanzar el tiempo de trabajabilidad de la mezcla. Su empleo se deberá basar en ensayos hechos con antelación a la obra, con las dosificaciones recomendadas por los fabricantes para mezclas secas y deberán cumplir con la Norma para tal fin.

e. Sellantes de juntas

Cuando se especifica el sello de juntas, se empleará material que asegure la estanquidad del pavimento, deberá ser resistente a las agresiones externas y deberá permanecer unido a los bordes de las juntas. Si el del tipo sellante vaciado en el sitio, cumplirá con lo establecido en las Recomendaciones ASTM D 1190-74 y D 1850-74.

Equipos

El equipo y las herramientas necesarias para el manejo de los materiales y la ejecución de todas las partes de la construcción, deberán ser aprobados por el supervisor de obra en cuanto a diseño, capacidad y condiciones mecánicas. El equipo empleado dentro de la obra deberá encontrarse en el lugar de trabajo con suficiente anticipación al comienzo de las operaciones de la construcción, para que pueda ser examinado detenidamente y aprobado, si es el caso.

Planta de fabricación

Se podrán utilizar plantas de mezclas de asfalto o de concreto, continuas o discontinuas. La planta para la fabricación de la mezcla deberá incluir tolvas y básculas para el agregado fino y para cada tamaño de agregado grueso. Es obligatorio el control ponderal para el cemento. Los agregados se podrán dosificar por volumen. El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro y un totalizador con indicador en la cabina de mando central.

Equipos de transporte

El transporte de la mezcla desde la planta hasta la obra se realizará en camiones “volquete” debidamente protegidas con lonas o en camiones mezcladores “mixer”, operados al 80% de su capacidad nominal.

Equipos para la extensión

La extensión de la capa de CCR se realizará con equipos apropiados para tal fin, como las motoniveladoras o las extrusoras de concreto; el empleo de la motoniveladora debe ser autorizado por el supervisor.

Equipos de compactación

El equipo de compactación lo constituyen, como mínimo, un rodillo liso vibratorio pesado con una carga estática sobre la generatriz no inferior a 30 kg/cm², y un rodillo pesado de neumáticos, con carga por llanta no inferior a tres toneladas y presión de inflado mayor que 8 kg/cm².

Equipo para la aspersion

En el caso de que el CCR se vaya a curar con un producto químico de curado que forme membrana, se debe disponer del equipo indicado para que la aspersion sea homogénea en toda la superficie a curar.

Equipo para el control en obra

El control de la densidad y la humedad durante la compactación se debe realizar por medio de un densímetro nuclear, o con ensayos de extracción de material de manera similar a los que se realizan para el control de compactación en suelos.

Se puede también ejecutar un ensayo previamente en la ejecución de la obra en el cual se calibren los equipos para definir en él, el número y la velocidad de las pasadas del equipo compactador y luego, en el campo, el control se reduce a contar las pasadas del equipo de compactación.

Dosificación y producción de la mezcla

Dosificación

Para establecer la dosificación del CCR a emplear, el contratista o entidad deberá recurrir a ensayos previos a la ejecución de la obra con el fin de determinar las proporciones de los materiales, de tal forma que la mezcla resultante satisfaga todas las condiciones que se exigen en estas especificaciones y las que se formulen particularmente.

El contratista o entidad deberá poner a disposición del supervisor de la obra el diseño de la mezcla, los pesos específicos, el porcentaje de absorción de los agregados y los informes de laboratorio referentes al diseño de la mezcla. Si los resultados de los ensayos no son satisfactorios, el supervisor podrá exigir el cambio de los materiales deficientes o la revisión del diseño de la mezcla para obtener todas las condiciones buscadas.

Previa autorización del supervisor, se podrán ensayar probetas a edades tempranas, para establecer correlaciones razonables para el control de la obra.

Producción

No se admite ningún método de acopio de los agregados, ni de transporte desde los acopios a las tolvas de la planta que puedan causar segregación, degradación o mezcla de materiales de distintos tamaños. Se tomarán las medidas necesarias

para impedir la contaminación de los agregados en contacto con el suelo y para asegurar un drenaje adecuado de la superficie de apoyo.

Antes de iniciar la producción deberá estar acopiado el porcentaje de agregados establecido por el supervisor.

El cemento se suministrará y almacenará según las observaciones hechas por el supervisor. La capacidad mínima de almacenamiento corresponderá al consumo de dos jornadas de trabajo de rendimiento normal.

Transporte de la mezcla

El transporte entre la planta y la obra será lo más rápido posible, empleando medios que impidan la segregación, pérdida de agua o contaminación de la mezcla.

Para evitar al máximo la segregación, la carga de los medios de transporte, ya sea camiones volquetes o mezcladores, se efectuará con una altura de caída lo más pequeña posible. En cuanto al suministro del material, éste se debe determinar de acuerdo con el ritmo de colocación del CCR.

Colocación del CCR

Operaciones previas

Si en el diseño está contemplada la construcción de bordillos y cunetas, estos elementos estarán en su posición antes de iniciar la construcción del pavimento de CCR.

Antes de colocar la mezcla, se procederá a saturar la superficie de apoyo de la mezcla sin que se presenten charcos o se colocará una membrana plástica en toda el área del pavimento.

Colocación de la mezcla

La caída máxima de la mezcla en el momento de la descarga no excederá a un metro, procurando descargarla lo más cerca posible a la fundación.

Extendido de la mezcla

Preferiblemente se emplearán equipos terminadores para pavimentos con espesores mayores que 200 mm, ya que producen una precompactación importante, lo cual asegura un mejor nivel de regularidad superficial.

La distribución del CCR con motoniveladora sólo se permitirá en trazados con geometría compleja (urbanizaciones, estacionamientos), para vías sin mayores exigencias de regularidad superficial o cuando se vaya a colocar una capa de rodadura en concreto asfáltico.

Si se utiliza motoniveladora, se requiere un perfilado posterior para conseguir la regularidad superficial adecuada. Esta operación se debe realizar después de obtener una densidad del 80% del Proctor Modificado. Se debe distribuir un espesor sobreabundante de manera que luego de la primera compactación, la rasante quede 20 mm por encima de la teórica. Luego del perfilado se retirará el material excedente y se continuará con la compactación final.

El espesor de la capa de CCR sin compactar se comprobará por medio de una regla, con la frecuencia y en los puntos que señale el supervisor. Dicho espesor no deberá ser en ningún punto inferior en más de 15 mm al indicado en el diseño del espesor del pavimento

Compactación

Se recomienda efectuar unas pasadas previas de rodillo liso sin vibración, a continuación el rodillo vibrando y, finalmente, se pasa el compactador neumático para mejorar la terminación superficial.

La operación completa de compactación se debe realizar en forma tal que garantice como densidad mínima el 98% del Proctor Modificado. La compactación debe finalizar dentro del tiempo de trabajabilidad de la mezcla de CCR.

Para compactar los bordes se debe colocar, previamente un elemento de contención lateral como bordillos o cunetas. Si no es este el caso se recomienda extender previamente el material de cunetas y posteriormente compactar conjuntamente. Si se extiende el CCR por semi-anchos se debe dejar de compactar una franja de 400 a 500 mm, que posteriormente se compactará junto con la segunda franja.

Protección y curado del CCR

Durante el proceso de fraguado, el CCR se debe proteger contra el lavado por lluvias, insolación directa y la humedad ambiente baja.

En todo momento y especialmente en tiempo seco y caluroso, se deberá mantener la humedad mediante un riego de agua finamente pulverizada, hasta la colocación del riego de curado.

Terminada la compactación de la capa de CCR se procederá a la aplicación de un riego de curado. Se podrán utilizar productos especiales, aprobados por el supervisor, que aseguren una adecuada retención de la humedad. La dosificación mínima será de 400 g/m². Este valor lo puede modificar, en caso necesario, el supervisor.

Se colocará una cantidad suplementaria del producto de curado en las juntas de construcción, hasta que se realice la operación de sellado.

Curado con membranas químicas impermeables

Cuando el curado se realiza con productos químicos formadores de membranas impermeables, se deben aplicar inmediatamente haya finalizado la compactación.

La dosificación del producto de curado debe cumplir con las especificaciones dadas por el fabricante y con las de la Norma para tal fin, y deberá cumplir efectivamente con las exigencias de retención del agua.

La aplicación se hará con equipos que aseguren la aspersión del producto como un rocío fino, de forma continua y uniforme. El equipo deberá estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y tendrá un dispositivo que permita controlar la cantidad de membrana aplicada.

No se permitirá la utilización de productos que formen membranas de color oscuro (negro).

Curado por humedad

Cuando se opte por este método, inmediatamente se termine la compactación del CCR, el pavimento se cubrirá completamente con cualquier producto de alto poder de retención de humedad aprobado por el supervisor, como arena, tela de fique o algodón, cascarilla de arroz, etc.

Mientras se cubre la superficie del pavimento, éste se mantendrá húmedo mediante la aplicación de agua en forma de rocío fino, nunca en forma de riego.

Además no se permitirá que se acumule agua sobre la superficie, de manera que se produzca un flujo de ésta.

Los materiales utilizados se mantendrán saturados durante todo el tiempo que dure el curado del CCR.

No se empleará ningún material que ataque o decolore el CCR.

Curado mediante utilización de láminas plásticas

La colocación de las láminas se hará cuando se haya terminado la compactación, durante el intervalo transcurrido; mientras esto sucede se deberá aplicar agua.

Se deberá asegurar la permanencia de las membranas en toda el área, incluyendo los bordes, y durante el tiempo que dure el curado.

No se permitirá la utilización de láminas plásticas de color oscuro (negro).

Acabado de la superficie

En el caso que se considere necesario refinar la superficie del pavimento, la extensión del material se hará en tal forma que la superficie quede unos centímetros por encima de la rasante teórica. Para refinar se podrá emplear motoniveladora, a partir de una compactación mínima del 80% del máximo del Proctor Modificado. Una vez concluida esta operación se debe continuar la compactación hasta lograr la densidad especificada.

Los materiales procedentes de esta labor deberán ser retirados, de manera que se evite la formación de capas delgadas sobre el pavimento.

El control de la regularidad superficial se realizará con una regla de tres metros, de acuerdo con las especificaciones vigentes para los pavimentos de concreto convencional.

La superficie del pavimento de CCR no deberá presentar diferencias de más de 5 mm respecto a la regla de tres metros apoyada sobre la superficie en cualquier dirección.

Ejecución de juntas

Juntas transversales

Se deberán efectuar juntas transversales de construcción al final de cada jornada de trabajo o siempre que el proceso constructivo se interrumpa por un período superior al tiempo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se emplean aditivos ratardantes de fraguado, se debe disponer una junta siempre que la detención sea mayor de dos horas.

Juntas longitudinales

Cuando se construye el pavimento por franjas se debe organizar el trabajo de tal manera que no sea necesaria la disposición de juntas longitudinales de construcción. Para ello, la unión de dos franjas contiguas se realizará dejando de

compactar un cordón longitudinal de 500 mm de ancho, el cual se compactará dejando solidariamente con otro cordón similar al ejecutar la segunda franja.

Sellado de juntas

Una vez finalizado el proceso de curado y si está previsto el sellado de juntas, se limpiarán cuidadosamente los bordes de la ranura con un procedimiento adecuado. Posteriormente, se colocará el material de sello previsto en las especificaciones particulares.

Apertura al tráfico

El supervisor podrá autorizar que el pavimento de CCR sea dado al tráfico cuando finalice la compactación, a menos que el producto de curado obligue a mantener sin circulación la superficie del pavimento.

Controles y tolerancias para la carpeta del CCR

Calidad del CCR

Las especificaciones dadas por el diseñador definirán los niveles de resistencia y consistencia a exigir al CCR. Se especificará la resistencia a flexo-tracción en probetas prismáticas fabricadas y curadas de acuerdo con la Norma ASTM C31.

Control de fabricación

Se comprobará la humedad de la mezcla como mínimo cinco veces al día.

Dos veces al día se comprobará la granulometría, especialmente el contenido de finos y el de cemento.

Se llevará un control del consumo promedio de cemento.

Por cada 50 m³ de mezcla se tomará una muestra compuesta por cuatro especímenes fabricados y curados de acuerdo con la Norma ASTM C78. De los cuales se fallarán dos a siete días y dos a 28 días.

Control de puesta en obra

Compactación

Se refiere este control al procedimiento y número de pasadas aprobadas por el supervisor del equipo.

Densidad

Se efectuarán medidas en sitios aleatorios, con una frecuencia mínima de una medida por cada 100 m² de superficie de pavimento de CCR; para esta operación se exige el empleo del densímetro nuclear.

Humedad “in-situ”

Se efectuarán medidas en sitios escogidos aleatoriamente, en correspondencia con las efectuadas en el control de fabricación. Las zonas donde evidentemente se hubiera producido un incidente se corregirán debidamente.

Si se producen con mucha frecuencia desviaciones superiores a las tolerables, a juicio del supervisor se reforzará el control al día siguiente.

Limitaciones de la ejecución

El CCR se ejecutará cuando las condiciones ambientales permitan esperar que no se presenten lluvias intensas. En el caso que se presenten lluvias se deben suspender las operaciones.

Método De Medición

El CCR se medirá por metro cúbico (m³) realmente construido, de acuerdo con las secciones tipo que figuran en los planos.

Bases De Pago

El pago del CCR se hará por metro cúbico (m³) construido. No se pagarán las operaciones necesarias para reparar las superficies que presenten irregularidades superiores a las tolerables o que presenten aspecto defectuoso.

05.00.00 VARIOS

05.01.00 PINTADO DE MARCAS DE SEÑALIZACION EN PAVIEMNTO

Descripción

Las marcas a aplicar en el pavimento sirven para delimitar los bordes de pista, separar los carriles de circulación y el eje de la vía en carreteras bidireccionales de una sola calzada. También tiene por finalidad resaltar y delimitar las zonas con restricción de adelantamiento.

También las marcas en el pavimento pueden estar conformadas por símbolos y palabras con la finalidad de ordenar encausar y regular el tránsito vehicular y complementar y alertar al conductor de la presencia en la vía de colegios, cruces de vías férreas, intersecciones, zonas urbanas y otros elementos que pudieran constituir zonas de peligro para el usuario.

Los detalles no considerados en los planos deberán complementarse con lo indicado en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras en vigencia.

El Contratista no podrá dar inicio a las labores de demarcación del pavimento, sin autorización del Supervisor, quien verificará la ubicación de las marcas conforme a lo indicado en los planos de proyecto o según las instrucciones del Supervisor.

Materiales

El Contratista deberá presentar al Supervisor los certificados de calidad de la pintura a utilizar en los trabajos.

Pinturas De Tráfico Color Blanco Y Amarillo (Tipo II)

Esta debe ser una pintura compuesta por sólidos de resina de caucho clorado – alquídico con la formulación exacta de la norma TT-P-115F.

La pintura deberá tener la pigmentación adecuada, que permita buena visibilidad, resistencia a la abrasión y gran durabilidad, así como de secado rápido.

Las pinturas de tráfico deberán cumplir con las E.T.C., las cuales se transcriben a continuación:

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PINTURAS

DESCRIPCION	UND	TIPO I	TIPO II
Pigmentos			
Blanco	%	54 mín.	57 mín.
Amarillo	%	54 mín.	57 mín.
Vehículos no volátiles del total del vehículo	%	31 mínimo	41 mín.
Humedad	%	1.0 máx.	1.0 máx.
Arenilla y piel	%	1.0 máx.	1.0 máx.
Viscosidad	Ku	70 – 80	70 – 80
Seco “no pick up”	Minuto	30 máx.	5 máx.
Sangrado		0.90 mín.	0.90 mín.
Grado de fineza	hegman	2 mín.	2 mín.
Reflectancia Direccional			
Blanco	%	85 mín	85 mín
Cubrimiento			
Blanco		0.96 mín.	0.96 mín.
Amarillo		0.96 mín.	0.96 mín.
Resistencia a la abrasión (secado al horno) (litros/arena)			
Blanco		35 mín.	35 mín.
Amarillo		30 mín.	30 mín.
Resistencia a la abrasión (secado a la intemperie) (litros/arena)			
Blanco		26 mín.	26 mín.
Amarillo		23 mín.	23 mín.
Color	Standard para Carretera 595		
Blanco	Standard N° 33538		
Amarillo			
Condición en el envase	La pintura no debe tener excesivo asentamiento en un envase destapado y lleno y debe mezclarse bien con una espátula. La pintura no debe presentar coágulos, terrones, piel o separación del color		
Piel	La pintura no debe presentar piel después de 48 horas en un envase hasta las $\frac{3}{4}$, tapado y cerrado		

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PINTURAS

DESCRIPCION	UND	TIPO I	TIPO II
Estabilidad en almacenamiento		Sin asentamiento excesivo, corteza o incremento en la viscosidad, consistencia de fácil agitación para su uso.	
Flexibilidad y adhesión		La pintura no debe presentar cuarteado, escamas o pérdida de adhesión.	
Resistencia al agua		La pintura no debe presentar ablandamiento, ampollamiento, cambio de color, pérdida de adhesión o cualquier otro deterioro	
Estabilidad fluida		La pintura diluida debe estar uniforme y no debe presentar separación, coágulos o precipitación después de ser diluida en proporción de 8 partes por volumen de la pintura por una parte de un solvente apropiado.	
Propiedades de pulverizado		La pintura tal como viene o diluida no más en la proporción de 8 partes por volumen, debe tener propiedades satisfactorias cuando se aplica con soplete (tendido en posición horizontal) a un espesor húmedo de aproximadamente 381 micrones (0.015 pulgadas)	
Apariencia		La pintura sopleteada debe secar y quedar una película suave, uniforme, libre de asperezas, arenilla u otra imperfección de la superficie.	
Apariencia después de un clima acelerado		Las planchas preparadas y probadas deben evaluarse en primer lugar en la prueba de abrasión, para ver la apariencia y cambio de color. La pintura blanca no debe presentar más allá de una ligera decoloración, la pintura amarilla deberá estar dentro de los límites especificados.	

Tabla 11.7: Especificaciones técnicas de pintura

Método de Medición

Las cantidades aceptadas de marcas en el pavimento se medirán en metros cuadrados, verificados y aceptados por el Supervisor.

Bases de Pagos

El trabajo desarrollado según la presente especificación será pagado con la partida correspondiente y por metros cuadrados al precio unitario del contrato; este precio y pago constituirá compensación total por el suministro de colocación de todos los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar el trabajo comprendido en esta partida y a entera satisfacción del Supervisor.

05.02.00 LIMPIEZA FINAL DE OBRA

Descripción

Esta partida consiste en hacer una limpieza detallada al terminar la obra, cuidando de no dejar ningún resto de material excedente ni escombros.

Se utilizarán para esta partida escobas, recogedores, carretillas y un volquete que elimine todo el material recolectado.

Método De Medición

El trabajo ejecutado será medido en forma global (glb) y deberá contar con la aprobación del Supervisor y/o Inspector.

Base De Pago

El pago se calculará en forma global (glb) según el presupuesto aprobado; entendiéndose que dicho precio y pago constituyen compensación total por mano de obra, materiales, herramientas, equipo e imprevistos que pudieran presentarse en esta partida.

11.3 METRADO

Metrado de Pavimento Rígido (CCR)

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	Area	Parcial	Total
1.00.00	Obras Provisionales								
1.01.00	Almacen, Oficina y Caseta de guardianía	Glb	1					1.00	1.00
1.02.00	Cartel de identificación de la obra de 3.60 x 2.4 m	und.	1					1.00	1.00
1.03.00	Guardiania	mes	2					2.00	2.00
2.00.00	Trabajos Prelimines								
2.01.00	Movilizacion y desmovilizacion	Glb	1					1.00	1.00
2.02.00	Señalización para mantenimiento del transito	Glb	1					1.00	1.00
2.03.00	Trazo nivelizacion y replanteo	km	1	2.90				2.9	2.9
3.00.00	Movimiento de Tierras								
3.01.00	Corte en material suelto con equipo pesado	m ³	1	2895.32	6	0.35		6080.17	6080.17
3.02.00	Nivelacion y Perfilado compactado de sub-razante	m ²	1	2895.32	6		17371.92	17371.92	17371.92
3.03.00	Eliminacion de material excedente	m ³	1					7570.53	7570.53
4.00.00	Obras de Pavimentación								
4.01.00	Sub-base de material granular								
4.01.01	Extendido y mezcla del material	m ²	1	2895.32	6		17371.92	17371.92	17371.92
4.01.02	Preparacion y Compactacion e=0.15m	m ²	1	2895.32	6		17371.92	17371.92	17371.92
4.02.00	Carpeta de rodadura de concreto compactado con rodillo								
4.02.01	Preparacion de la mezcla	m ²	1	2895.32	6		17371.92	17371.92	17371.92
4.02.02	Transporte de la mezcla CCR a obra	m ³	1	2895.32	6	0.20	3474.384	3474.384	3474.384
4.02.03	Extendido y compactado de la mezcla de CCR	m ²	1	2895.32	6		17371.92	17371.92	17371.92
4.02.04	Curado de concreto	m ²	1	2895.32	6		17371.92	17371.92	17371.92
4.02.05	Aserrado de juntas en CCR	m	608	6				3648	3648
4.02.06	Sellado de juntas con mezcla asfáltica	m	608	6				3648	3648
5.00.00	Varios								
5.01.00	Pintado de marcas en pavimento	m ²	1	2895.32	0.1			289.532	289.532
5.02.00	Limpieza final de obra	m ²	1					1	1

METRADO DE EXPLANACIONES					
Progresiva	Distancia entre perfiles	Área de corte	Volumen de corte	Área de Relleno	Volumen de Relleno
0+000	20	1.60	31.96	0.00	0.00
0+020	20	1.46	29.14	0.00	0.00
0+040	20	1.32	26.36	0.00	0.00
0+060	20	1.23	24.64	0.00	0.00
0+080	20	1.23	24.66	0.00	0.00
0+100	20	1.23	24.68	0.00	0.00
0+120	20	1.24	24.70	0.00	0.00
0+140	20	1.24	24.72	0.00	0.00
0+160	20	1.24	24.74	0.00	0.00
0+180	20	1.24	24.76	0.00	0.00
0+200	20	1.24	24.78	0.00	0.00
0+220	20	1.15	23.00	0.00	0.00
0+240	20	0.98	19.64	0.00	0.00
0+260	20	0.81	16.26	0.00	0.00
0+280	20	0.65	12.92	0.00	0.00
0+300	20	0.48	9.58	0.00	0.00
0+320	20	0.36	7.24	0.00	0.00
0+340	20	0.40	8.02	0.00	0.00
0+360	20	0.44	8.80	0.00	0.00
0+380	20	0.45	8.94	0.00	0.00
0+400	20	0.36	7.24	0.00	0.00
0+420	20	0.28	5.56	0.00	0.00
0+440	20	0.19	3.88	0.00	0.00
0+460	20	0.11	2.22	0.00	0.02
0+480	20	0.05	1.02	0.03	0.50
0+500	20	0.02	0.44	0.08	1.58
0+520	20	0.01	0.12	0.15	2.96
0+540	20	0.00	0.00	0.23	4.52
0+560	20	0.00	0.00	0.31	6.20
0+580	20	0.00	0.00	0.37	7.42
0+600	20	0.00	0.00	0.25	5.06

METRADO DE EXPLANACIONES					
Progresiva	Distancia entre	Área de corte	Volumen de corte	Área de Relleno	Volumen de Relleno
0+620	20	0.01	0.10	0.14	2.84
0+640	20	0.03	0.58	0.05	0.98
0+660	20	0.10	1.96	0.00	0.06
0+680	20	0.21	4.24	0.00	0.00
0+700	20	0.33	6.58	0.00	0.00
0+720	20	0.45	8.92	0.00	0.00
0+740	20	0.56	11.26	0.00	0.00
0+760	20	0.68	13.62	0.00	0.00
0+780	20	0.80	15.98	0.00	0.00
0+800	20	0.76	15.18	0.00	0.00
0+820	20	0.66	13.18	0.00	0.00
0+840	20	0.57	11.34	0.00	0.00
0+860	20	0.80	16.04	0.00	0.00
0+880	20	1.04	20.86	0.00	0.00
0+900	20	1.29	25.72	0.00	0.00
0+920	20	1.53	30.60	0.00	0.00
0+940	20	1.60	31.94	0.00	0.00
0+960	20	1.25	24.98	0.00	0.00
0+980	20	0.90	18.04	0.00	0.00
1+000	20	0.56	11.16	0.00	0.00
1+020	20	0.22	4.32	0.00	0.00
1+040	20	0.00	0.02	0.13	2.50
1+060	20	0.00	0.00	0.47	9.34
1+080	20	0.00	0.00	0.82	16.38
1+100	20	0.00	0.00	1.18	23.58
1+120	20	0.00	0.00	0.78	15.58
1+140	20	0.00	0.00	0.32	6.42
1+160	20	0.13	2.50	0.00	0.00
1+180	20	0.57	11.44	0.00	0.00
1+200	20	0.88	17.50	0.00	0.00

METRADO DE EXPLANACIONES					
Progresiva	Distancia entre	Área de corte	Volumen de corte	Área de Relleno	Volumen de Relleno
1+220	20	0.68	13.52	0.00	0.00
1+240	20	0.48	9.58	0.00	0.00
1+260	20	0.28	5.64	0.00	0.00
1+280	20	0.09	1.78	0.00	0.08
1+300	20	0.00	0.08	0.11	2.28
1+320	20	0.00	0.00	0.31	6.12
1+340	20	0.00	0.00	0.51	10.10
1+360	20	0.06	1.26	0.01	0.24
1+380	20	0.29	5.80	0.08	1.62
1+400	20	0.10	1.92	0.34	6.86
1+420	20	0.19	3.70	0.19	3.80
1+440	20	0.31	6.10	0.07	1.40
1+460	20	0.48	9.62	0.01	0.16
1+480	20	0.71	14.22	0.00	0.00
1+500	20	0.95	18.96	0.00	0.00
1+520	20	0.19	3.74	0.00	0.00
1+540	20	1.43	28.54	0.00	0.00
1+560	20	1.67	33.36	0.00	0.00
1+580	20	1.91	38.20	0.00	0.00
1+600	20	2.14	42.72	0.00	0.00
1+620	20	1.92	38.42	0.00	0.00
1+640	20	1.67	33.38	0.00	0.00
1+660	20	1.42	28.38	0.00	0.00
1+680	20	1.12	22.40	0.00	0.00
1+700	20	0.08	1.56	0.32	6.30
1+720	20	0.34	6.84	0.00	0.00
1+740	20	0.58	11.60	0.00	0.00
1+760	20	0.42	8.44	0.00	0.00
1+780	20	0.27	5.30	0.00	0.00
1+800	20	0.11	2.20	0.00	0.04
1+820	20	0.04	0.76	0.09	1.74
1+840	20	0.01	0.12	0.21	4.24
1+860	20	0.00	0.02	0.24	4.70
1+880	20	0.23	4.54	0.00	0.00
1+900	20	0.69	13.82	0.00	0.00

METRADO DE EXPLANACIONES					
Progresiva	Distancia entre	Área de corte	Volumen de corte	Área de Relleno	Volumen de Relleno
1+920	20	0.16	3.18	0.00	0.00
1+940	20	1.63	32.62	0.00	0.00
1+960	20	2.11	42.14	0.00	0.00
1+980	20	2.10	42.08	0.00	0.00
2+000	20	1.59	31.84	0.00	0.00
2+020	20	1.08	21.68	0.00	0.00
2+040	20	0.58	11.64	0.00	0.00
2+060	20	0.10	1.92	0.01	0.26
2+080	20	0.00	0.00	0.42	8.32
2+100	20	0.00	0.00	0.93	18.60
2+120	20	0.00	0.00	0.94	18.84
2+140	20	0.00	0.00	0.75	15.06
2+160	20	0.00	0.00	0.57	11.34
2+180	20	0.00	0.00	0.38	7.66
2+200	20	0.01	0.14	0.21	4.16
2+220	20	0.05	0.94	0.07	1.36
2+240	20	0.16	3.20	0.00	0.00
2+260	20	0.34	6.80	0.00	0.00
2+280	20	0.52	10.44	0.00	0.00
2+300	20	0.70	14.06	0.00	0.00
2+320	20	0.89	17.72	0.00	0.00
2+340	20	0.81	16.26	0.00	0.00
2+360	20	0.62	12.30	0.00	0.00
2+380	20	0.70	14.08	0.00	0.00
2+400	20	0.79	15.86	0.00	0.00
2+420	20	0.90	17.90	0.00	0.00
2+440	20	0.84	16.76	0.00	0.00
2+460	20	0.78	15.60	0.00	0.00
2+480	20	0.72	14.46	0.00	0.00
2+500	20	0.67	13.30	0.00	0.00

METRADO DE EXPLANACIONES					
Progresiva	Distancia entre	Área de corte	Volumen de corte	Área de Relleno	Volumen de Relleno
2+520	20	0.61	12.16	0.00	0.00
2+540	20	0.55	11.00	0.00	0.00
2+560	20	0.49	9.86	0.00	0.00
2+580	20	0.44	8.70	0.00	0.00
2+600	20	0.38	7.56	0.00	0.00
2+620	20	0.55	10.90	0.00	0.00
2+640	20	0.78	15.66	0.00	0.00
2+660	20	1.02	20.44	0.00	0.00
2+680	20	1.26	25.24	0.00	0.00
2+700	20	1.20	24.04	0.00	0.00
2+720	20	0.99	19.84	0.00	0.00
2+740	20	0.78	15.68	0.00	0.00
2+760	20	0.58	11.52	0.00	0.00
2+780	20	0.37	7.38	0.00	0.00
2+800	20	0.16	3.26	0.00	0.00
2+820	20	0.03	0.60	0.07	1.44
2+840	20	0.00	0.00	0.25	4.96
2+860	20	0.01	0.16	0.11	2.10
2+880	5.32	0.86	4.55	0.00	0.00
		Total Mat. de Corte	1740.07	Total Mat. de Relleno	249.72

11.4 PRESUPUESTO

Presupuesto

Presupuesto	0601039	"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"	
Subpresupuesto	001	"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"	
Ciente	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MAJES		Costo al 06/02/2013
Lugar	AREQUIPA - CAYLLOMA - CAYLLOMA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				5,659.90
01.01	ALMACEN, OFICINAS Y CASETA P/GUARDIANIA	GLB	1.00	1,471.22	1,471.22
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M	und	1.00	1,188.68	1,188.68
01.03	GUARDIANIA	mes	2.00	1,500.00	3,000.00
02	OBRAS PRELIMINARES				8,121.40
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS	GLB	1.00	1,602.98	1,602.98
02.02	SEÑALIZACION PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO	GLB	1.00	800.00	800.00
02.03	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	KM	2.90	1,971.87	5,718.42
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS				87,090.19
03.01	CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=350 M3/DIA	m3	6,080.17	5.05	30,704.86
03.02	NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	17,371.92	1.69	29,358.54
03.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE	m3	7,570.53	3.57	27,026.79
04	OBRAS DE PAVIMENTACION				867,208.60
04.01	SUB - BASE GRANULAR DE 0.15 M.	m2	17,371.92	8.94	155,304.96
04.02	CARPETA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)				711,903.64
04.02.01	PREPARACION DE LA MEZCLA DE CCR	m2	17,371.92	35.09	609,580.67
04.02.02	TRANSPORTE DE MEZCLA CCR A OBRA	m3	3,474.38	10.27	35,681.88
04.02.03	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA MEZCLA DE CCR	m2	17,371.92	1.40	24,320.69
04.02.04	CURADO DE CONCRETO CCR	m2	17,371.92	1.51	26,231.60
04.02.05	ASERRADO DE JUNTAS EN CCR	m	3,640.00	0.76	2,766.40
04.02.06	SELLADO DE JUNTAS CON MEZCLA ASFALTICA	m	3,640.00	3.66	13,322.40
05	VARIOS				7,716.12
05.01	PINTADO DE MARCAS EN PAVIMENTO	m2	289.53	19.25	5,573.45
05.02	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	GLB	1.00	2,142.67	2,142.67
	Costo Directo				975,796.21
	Gastos Generales 5%				48,789.81
	Utilidad 5%				48,789.81
	Sub Total				1,073,375.83
	IGV 18%				193,207.65
	TOTAL DE PRESUPUESTO				1,266,583.48

SON : UN MILLON DOSCIENTOS SESENTISEIS MIL QUINIENTOS OCHENTITRES Y 48/100 NUEVOS SOLES

11.5 ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0601039 "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 Subpresupuesto 001 "Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
 01/02/2013 Fecha presupuesto

de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"

Partida 01.01 ALMACEN, OFICINAS Y CASETA P/GUARDIANIA

Rendimiento GLB/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : GLB 1,471.22

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	16.48	13.18
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.23	105.84
0147010004	PEON	hh	5.0000	40.0000	11.93	477.20
596.22						
Materiales						
0239100011	ALMACEN DE OBRAS	m2		70.0000	7.00	490.00
0239130021	OFICINA	m2		30.0000	7.00	210.00
0239130022	CASETA PARA GUARDIANIA	m2		25.0000	7.00	175.00
875.00						

Partida 01.02 CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA DE 3.60X2.40M

Rendimiento und/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : und 1,188.68

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.8000	16.48	13.18
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	8.0000	15.21	121.68
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	8.0000	13.23	105.84
0147010004	PEON	hh	1.0000	8.0000	11.93	95.44
336.14						
Materiales						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg		1.0000	3.82	3.82
0202100010	PERNOS HEXAGONALES DE 3/4" x 3 1/2"	pza		9.0000	1.00	9.00
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.9000	18.12	16.31
0238000000	HORMIGON	m3		0.3600	40.68	14.64
0244000016	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2		70.0000	4.95	346.50
0244030022	TRIPLAY DE 4x8'x 6 mm	pln		8.6400	52.00	449.28
0254020042	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gln		0.4329	30.00	12.99
852.54						

Partida 01.03 GUARDIANIA

Rendimiento mes/DIA MO. 1.0000 EQ. 1.0000 Costo unitario directo por : mes 1,500.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010101	GUARDIAN	mes		1.0000	1,500.00	1,500.00
1,500.00						

Partida	02.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB		1,602.98
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Equipos					
0348040014	CAMION PLATAFORMA 6x4 300 HP 19 TON.	DIA	1.0000	1.0000	1,200.00	1,200.00
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	0.0600	0.4800	102.30	49.10
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.0300	0.2400	94.35	22.64
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	0.0500	0.4000	135.00	54.00
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	0.0500	0.4000	85.60	34.24
0349040010	CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.0375	0.3000	160.00	48.00
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	0.0375	0.3000	150.00	45.00
0349120001	CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON.	DIA	1.0000	1.0000	150.00	150.00
						1,602.98
Partida	02.02 SENALIZACION PARA MANTENIMIENTO DE TRANSITO					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB		800.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Materiales					
0243400033	SEÑALIZACION Y DESMO DE TRANSITO	GLB		1.0000	800.00	800.00
						800.00
Partida	02.03 TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO					
Rendimiento	KM/DIA	MO. 0.3500	EQ. 0.3500	Costo unitario directo por : KM		1,971.87
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147000032	TOPOGRAFO	hh	2.0000	45.7143	14.37	656.91
0147010004	PEON	hh	2.0000	45.7143	11.93	545.37
						1,202.28
	Materiales					
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL		0.2000	10.00	2.00
0243510061	ESTACA DE MADERA	p2		0.0200	4.50	0.09
						2.09
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1,202.28	36.07
0337540001	MIRAS Y JALONES	hm	1.0000	22.8571	7.00	160.00
0349190001	TEODOLITO	hm	1.0000	22.8571	25.00	571.43
						767.50
Partida	03.01 CORTE DE MATERIAL SUELTO RENDIMIENTO=350 M3/DIA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3		5.05
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.48	0.04
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	13.23	0.30
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0457	11.93	0.55
						0.89
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.89	0.04
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0229	180.00	4.12
						4.16

Partida	03.02 NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000	Costo unitario directo por : m2			1.69
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0025	16.48	0.04	
0147010004	PEON	hh	3.0000	0.0150	11.93	0.18	
						0.22	
	Materiales						
0239050000	AGUA	m3		0.0300	6.00	0.18	
						0.18	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.22	0.01	
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	0.4000	0.0020	94.35	0.19	
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	0.5000	0.0025	135.00	0.34	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0050	150.00	0.75	
						1.29	
Partida	03.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3			3.57
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	16.48	0.04	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0229	11.93	0.27	
						0.31	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.31	0.01	
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	1.0000	0.0229	102.30	2.34	
0349040010	CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	0.2500	0.0057	160.00	0.91	
						3.26	
Partida	04.01 SUB - BASE GRANULAR DE 0.15 M.						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			8.94
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0053	16.48	0.09	
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0320	11.93	0.38	
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	1.0000	0.0053	13.23	0.07	
						0.54	
	Materiales						
0205310001	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUBASE	m3		0.1800	35.00	6.30	
0239050000	AGUA	m3		0.0180	6.00	0.11	
						6.41	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.54	0.02	
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0053	135.00	0.72	
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0053	85.60	0.45	
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0053	150.00	0.80	
						1.99	

Partida	04.02.01 PREPARACION DE LA MEZCLA DE CCR					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,000.0000	EQ. 4,000.0000	Costo unitario directo por : m2		35.09
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0020	16.48	0.03
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0040	13.23	0.05
0147010004	PEON	hh	10.0000	0.0200	11.93	0.24
						0.32
	Materiales					
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.0830	30.00	2.49
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0800	30.00	2.40
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		1.4700	18.12	26.64
0239050000	AGUA	m3		0.0370	6.00	0.22
						31.75
	Equipos					
0349040010	CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	1.0000	0.0020	160.00	0.32
0349050020	PLANTA ASFALTO EN CALIENTE 60-115 TON/H	hm	1.0000	0.0020	1,329.50	2.66
0349150000	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	1.0000	0.0020	12.00	0.02
0349180000	FAJA TRANSPORT 18"x4 M.E. 3KW 150 TON/H	hm	1.0000	0.0020	11.30	0.02
						3.02
Partida	04.02.02 TRANSPORTE DE MEZCLA CCR A OBRA					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 90.0000	EQ. 90.0000	Costo unitario directo por : m3		10.27
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0889	13.23	1.18
						1.18
	Equipos					
0348040027	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 10 M3.	hm	1.0000	0.0889	102.30	9.09
						9.09
Partida	04.02.03 EXTENDIDO Y COMPACTADO DE LA MEZCLA DE CCR					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 3,000.0000	EQ. 3,000.0000	Costo unitario directo por : m2		1.40
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0013	16.48	0.02
0147010003	OFICIAL	hh	4.0000	0.0107	13.23	0.14
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0213	11.93	0.25
						0.41
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.41	0.01
0349030013	RODILLO USO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	1.0000	0.0027	135.00	0.36
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	1.0000	0.0027	85.60	0.23
0349250003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69HP	hm	1.0000	0.0027	145.00	0.39
						0.99

Partida	04.02.04	CURADO DE CONCRETO CCR					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 4,500.0000	EQ. 4,500.0000	Costo unitario directo por : m2			1.51
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0018	13.23	0.02	
0147010004	PEON	hh	1.0000	0.0018	11.93	0.02	
						0.04	
	Materiales						
0230190000	ADITIVO CURADOR	gln		0.0670	14.98	1.00	
0239050000	AGUA	m3		0.0500	6.00	0.30	
						1.30	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.04		
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	1.0000	0.0018	94.35	0.17	
						0.17	
Partida	04.02.05	ASERRADO DE JUNTAS EN CCR					
Rendimiento	m/DIA	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por : m			0.76
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0016	16.48	0.03	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	15.21	0.24	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0320	11.93	0.38	
						0.65	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		2.0000	0.65	0.01	
0337030019	CORTADORA DE CONCRETO 13 HP	hm	1.0000	0.0160	6.50	0.10	
						0.11	
Partida	04.02.06	SELLADO DE JUNTAS CON MEZCLA ASFALTICA					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m			3.66
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0080	16.48	0.13	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.0800	13.23	1.06	
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.1600	11.93	1.91	
						3.10	
	Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0030	30.00	0.09	
0213000006	ASFALTO RC-250	gln		0.0350	10.94	0.38	
						0.47	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.10	0.09	
						0.09	
Partida	05.01	PINTADO DE MARCAS EN PAVIMENTO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 800.0000	EQ. 800.0000	Costo unitario directo por : m2			19.25
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0010	16.48	0.02	
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	0.0200	15.21	0.30	
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.0800	11.93	0.95	
						1.27	
	Materiales						
0229030100	MICROESFERA DE VIDRIO	kg		0.3500	23.50	8.23	
0254020036	PINTURA ESMALTE PARA TRAFICO	gln		0.1100	75.00	8.25	
0254440001	DISOLVENTE XILOL	gln		0.0208	35.00	0.73	
						17.21	
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.27	0.04	
0337900050	EQUIPO DE PINTURA	hm	1.0000	0.0100	37.00	0.37	
0349010034	COMPRESORA 250 P.C.M.	hm	0.5000	0.0050	72.80	0.36	
						0.77	

Partida	05.02	LIMPIEZA FINAL DE OBRA					
Rendimiento	GLB/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : GLB			2,142.67
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	8.0000	16.48	131.84
0147010004	PEON		hh	20.0000	160.0000	11.93	1,908.80
							2,040.64
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	2,040.64	102.03
							102.03

11.6 RELACIÓN DE INSUMOS REQUERIDOS

Insumos requeridos – Pavimento Rígido (CCR)

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	0601039	"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
Subpresupuesto	001	"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"
Fecha	01/02/2013	
Lugar	040505	AREQUIPA - CAYLLOMA - CAYLLOMA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	Presupuestado S/.
MANO DE OBRA						
0147000032	TOPOGRAFO	hh	132.5715	14.37	1,905.05	1,905.04
0147010001	CAPATAZ	hh	269.0584	16.48	4,434.08	4,419.37
0147010002	OPERARIO	hh	72.0306	15.21	1,095.59	1,082.14
0147010003	OFICIAL	hh	1,041.9450	13.23	13,784.93	13,642.01
0147010004	PEON	hh	3,079.0528	11.93	36,733.10	36,649.75
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	92.0712	13.23	1,218.10	1,216.03
0147010101	GUARDIAN	mes	2.0000	1,500.00	3,000.00	3,000.00
					62,170.85	61,914.34

MATERIALES						
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	kg	1.0000	3.82	3.82	3.82
0202100010	PERNOS HEXAGONALES DE 3/4" x 3 1/2"	pza	9.0000	1.00	9.00	9.00
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3	1,441.8694	30.00	43,256.08	43,256.08
0205010004	ARENA GRUESA	m3	1,400.6736	30.00	42,020.21	42,020.21
0205310001	MATERIAL CLASIFICADO PARA SUBASE	m3	3,126.9456	35.00	109,443.10	109,443.10
0213000006	ASFALTO RC-250	gln	127.4000	10.94	1,393.76	1,383.20
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL	25,537.6224	18.12	462,741.72	462,804.26
0229030100	MICROESFERA DE VIDRIO	kg	101.3355	23.50	2,381.38	2,382.83
0230020001	YESO DE 28 Kg	BOL	0.5800	10.00	5.80	5.80
0230190000	ADITIVO CURADOR	gln	1,163.9186	14.98	17,435.50	17,371.92
0238000000	HORMIGON	m3	0.3600	40.68	14.64	14.64
0239050000	AGUA	m3	2,345.2092	6.00	14,071.26	14,071.26
0239100011	ALMACEN DE OBRAS	m2	70.0000	7.00	490.00	490.00
0239130021	OFICINA	m2	30.0000	7.00	210.00	210.00
0239130022	CASETA PARA GUARDIANIA	m2	25.0000	7.00	175.00	175.00
0243400033	SEÑALIZACION Y DESVIO DE TRANSITO	GLB	1.0000	800.00	800.00	800.00
0243510061	ESTACA DE MADERA	p2	0.0580	4.50	0.26	0.26
0244000016	MADERA TORNILLO CEPILLADA	p2	70.0000	4.95	346.50	346.50
0244030022	TRIPLAY DE 4'x8'x 6 mm	pln	8.6400	52.00	449.28	449.28
0254020036	PINTURA ESMALTE PARA TRAFICO	gln	31.8483	75.00	2,388.62	2,388.62
0254020042	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gln	0.4329	30.00	12.99	12.99
0254440001	DISOLVENTE XILOL	gln	6.0222	35.00	210.78	211.36
					697,859.70	697,850.13

EQUIPOS						
0337030019	CORTADORA DE CONCRETO 13 HP	hm	58.2400	6.50	378.56	364.00
0337540001	MIRAS Y JALONES	hm	66.2856	7.00	464.00	464.00
0337900050	EQUIPO DE PINTURA	hm	2.8953	37.00	107.13	107.13
0348040014	CAMION PLATAFORMA 6x4 300 HP 19 TON.	DIA	1.0000	1,200.00	1,200.00	1,200.00
0348040027	CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 10 M3.	hm	308.8724	102.30	31,597.65	31,582.11
0348110004	VOLQUETE DE 10 M3	hm	173.8451	102.30	17,784.35	17,764.14
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.	hm	66.2533	94.35	6,251.00	6,276.53
0349010034	COMPRESORA 250 P.C.M.	hm	1.4477	72.80	105.39	104.23
0349030013	RODILLO LISO VIBR AUTOP 70-100 HP 7-9 T.	hm	182.8052	135.00	24,678.70	24,722.12
0349030021	RODILLO NEUMATICO AUTOP. 135 HP 9-26 TON	hm	139.3754	85.60	11,930.53	11,847.14
0349040010	CARGADOR SILLANTAS 125-155 HP 3 YD3.	hm	78.1958	160.00	12,511.33	12,496.19
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	139.2359	180.00	25,062.46	25,050.30
0349050020	PLANTA ASFALTO EN CALIENTE 60-115 TON/H	hm	34.7438	1,329.50	46,191.88	46,209.31
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	179.2308	150.00	26,884.62	26,971.48
0349120001	CAMIONETA PICK-UP 4x2 107HP 1 TON.	DIA	1.0000	150.00	150.00	150.00
0349150000	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW	hm	34.7438	12.00	416.93	347.44
0349180000	FAJA TRANSPORT 18"x4' M.E. 3KW 150 TON/H	hm	34.7438	11.30	392.60	347.44
0349190001	TEODOLITO	hm	66.2856	25.00	1,657.14	1,657.15
0349250003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGA 69 HP	hm	46.9042	145.00	6,801.11	6,775.05
					214,565.38	214,435.76
				Total	S/.	974,595.93
						974,200.23
					S/.	974,200.23

11.7 FÓRMULA POLINÓMICA

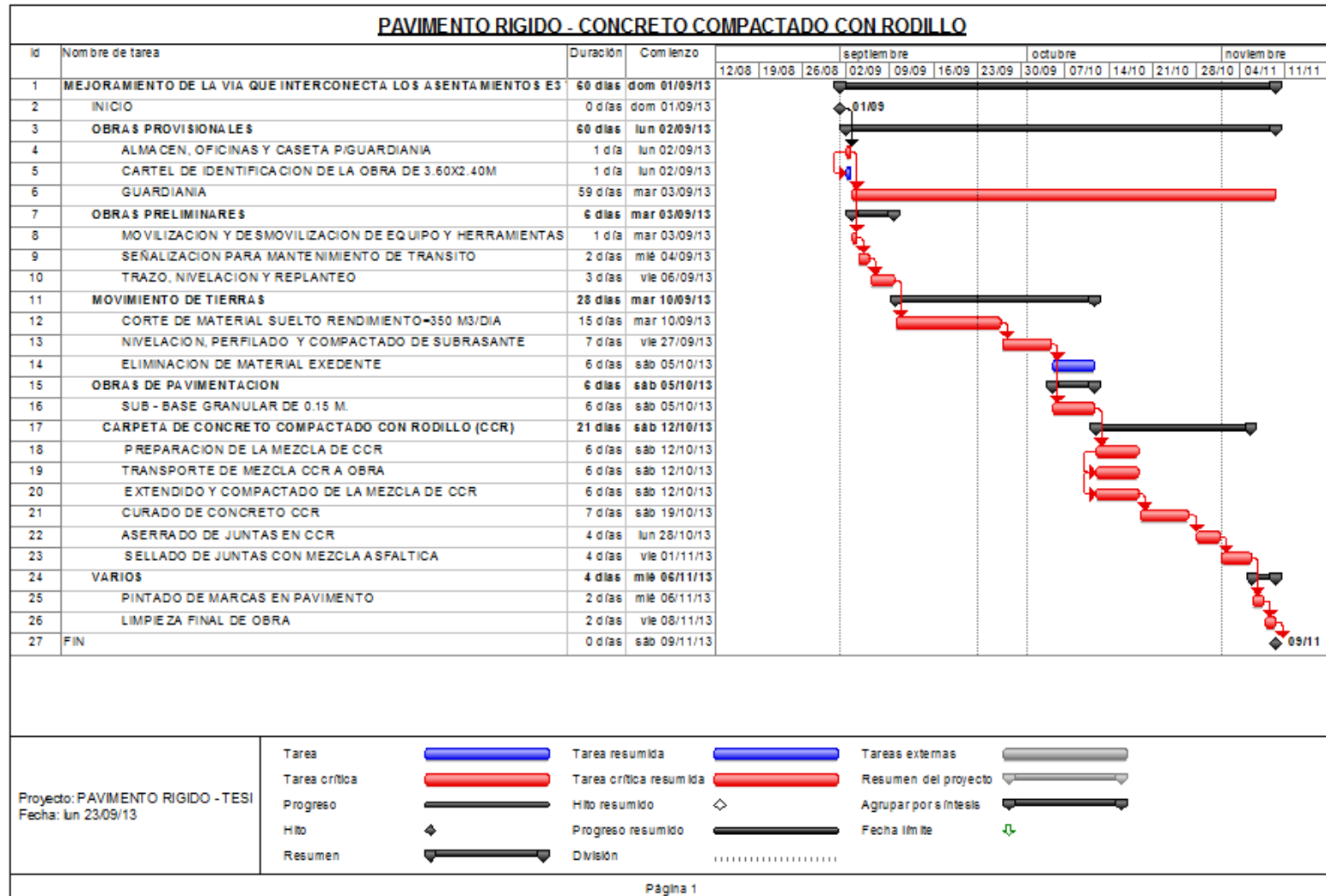
Fórmula Polinómica					
Presupuesto	0601039	"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"			
Subpresupuesto	001	"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"			
Fecha Presupuesto	06/02/2013				
Moneda	NUEVOS SOLES				
Ubicación Geográfica	040505	AREQUIPA - CAYLLOMA - CAYLLOMA			
K = 0.057*(Mr / Mo) + 0.189*(MMHr / MMHo) + 0.460*(Cr / Co) + 0.175*(Ar / Ao) + 0.119*(Ir / Io)					
Monomio	Factor	(%)	Símbolo	Índice	Descripción
1	0.057	100.000	M	47	MANO DE OBRA INC. LEYES SOCIALES
2	0.189	97.354	MMH	49	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORTADO
		1.587		43	MADERA NACIONAL PARA ENCOF. Y CARPINT.
		1.058		37	HERRAMIENTA MANUAL
3	0.460	100.000	C	21	CEMENTO PORTLAND TIPO I
4	0.175	100.000	A	05	AGREGADO GRUESO
5	0.119	100.000	I	39	INDICE GENERAL DE PRECIOS AL CONSUMIDOR

11.8 DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES

DESAGREGADO DE GASTOS GENERALES						
"Mejoramiento de la Vía que Interconecta los Asentamientos E-3 y E-8 en el Distrito de Majes, Provincia de Caylloma - Arequipa"						
1.00	GASTOS GENERALES FIJOS					0.43%
1.10	Gastos de Licitacion					
	Gastos de Elaboracion de Propuesta	Est.		3,000.00		
	Gastos de Notariales	Est.		500.00		
	Gastos de Visita a Obras	Est.		250.00		
					3,750.00	
1.20	Equipamiento y Mobiliario de Campamentos					
	Mobiliario y equipo de oficinas, enseres y equipamiento de dormitorios, baños, cocinas,almacen y menaje (est.)	Est.		500.00	500.00	
1.30	Construcciones Auxiliares					
	Camino de acceso a canteras	Est.		-	-	
1.40	Otros					
	Gastos Legales y Notariales, cartas fianza	Est.		250.00	250.00	
RESUMEN DE GASTOS GENERALES FIJOS						
	Gastos de Licitacion			3,750.00		
	Equipamento y mobiliario de campamento			500.00		
	Construcciones Auxiliares			-		
	Otros			250.00		
			TOTAL (1)	4,500.00		
2.00	GASTOS GENERALES VARIABLES					4.58%
2.10	Personal Técnico, Administrativo y Auxiliar					
		Meses	Cant.		Mensual S/.	
	Ing. Residente de Obra	2	x	1	x	3,500.00 7,000.00
	Ing. Asistente de Obra	2	x	1	x	2,000.00 4,000.00
	Ing. Seguridad	2	x	1	x	3,500.00 7,000.00
	Contador	2	x	1	x	1,400.00 2,800.00
	Administrador	2	x	1	x	1,700.00 3,400.00
	Almacenero	2	x	1	x	1,250.00 2,500.00
						26,700.00
					Leyes Sociales (25%)	6,675.00 33,375.00

2.30 Equipo no Incluidos en los costos directos							
Camioneta Pick Up	2	x	1	x	900.00	1,800.00	
Computadora	2	x	2	x	100.00	400.00	
						2,200.00	2,200.00
2.40 Gastos Varios							
Utiles de oficina y dibujo	2	x	1	x	250.00	500.00	
telefono y Fax	2	x	1	x	80.00	160.00	
implementos de seguridad	2	x	1	x	2,000.00	4,000.00	
							4,660.00
2.60 Gastos Financieros							
Seguros							
Seguro de Obra x (0.5%)						5,258.55	
Total Costo Directo					1,051,710.69		
Seguro del Personal						<u>2,629.28</u>	7,887.83
RESUMEN DE GASTOS GENERALES VARIABLES							
Personal Técnico Administrativo, auxiliar						33,375.00	
Equipos no incluidos en los costos directos						2,200.00	
Gastos Varios						4,660.00	
Gastos Financieros						<u>7,887.83</u>	
					TOTAL (2)		48,122.83
RESUMEN GENERAL							
1. Gastos Generales Fijos						4,500.00	
2. Gastos generales variables						<u>48,122.83</u>	
TOTAL GASTOS GENERALES							52,622.83
EN PORCENTAJE							5.00%
TOTAL GASTOS GENERALES EN %							5.00%

Programación



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El Concreto Compactado con Rodillo (CCR) es un material aceptado para la construcción y la rehabilitación de pavimentos. Esta tecnología provee un método económico y de rápida de construcción con principios similares al suelo-cemento y otras construcciones de tierra.
- ✓ La mezcla de concreto compactado con rodillo, es considerado como agregado enriquecido con cemento, compactado a su máxima densidad. La densidad del CCR es determinada para al menos cuatro diferentes contenidos de humedad usando ensayos de compactación de laboratorio (Proctor Modificado)
- ✓ La propuesta del diseño de mezcla de CCR utilizando conceptos de compactación de suelos es simple y está basada en procedimientos de ensayos estándar que están familiarizados con la mayoría de pruebas de laboratorio convencionales. Todos los ensayos para el diseño y control de calidad de un proyecto de CCR pueden ser realizados utilizando equipos y procedimientos familiares a ensayos de laboratorios de pavimentos.
- ✓ Los agregados empleados son similares a los utilizados en los concretos convencionales. La combinación óptima de agregado fino y grueso fue en proporción de 50% a 50% respectivamente, dicha combinación se determina por la menor cantidad vacíos presente entre partículas de agregados teniendo en cuenta a la vez los límites de granulometría.
- ✓ La obtención de la cantidad de agua óptima para la mezcla de CCR fue de 6.4%, siendo hallado para valores fijos de agregado y cemento, debido a que la variación del porcentaje de cemento es poco incidente en la cantidad de agua en la mezcla siendo esta en un orden del 0.1%.
- ✓ La compactación de las mezclas CCR en el laboratorio es realizado con un martillo vibratorio adaptado, para simular la compactación en campo (rodillo vibratorio de 10 ton).
- ✓ Las probetas de CCR se elaboraron compactando la mezcla en 3 capas, se siguió la misma metodología para la elaboración de las viguetas, cuidando que los agregados no se fracturen por excesivo tiempo de compactación.

- ✓ El CCR planteado para la pavimentación de la vía requiere de un concreto de resistencia a la flexión igual a 42kg/cm^2 para lo cual se obtiene una cantidad de cemento del 15% en peso de los agregados.
- ✓ Desde el punto de vista económico, el empleo del CCR en la construcción de una estructura de pavimento, representa una alternativa competitiva respecto a otras que han sido comúnmente utilizadas
- ✓ El desarrollo de esta tecnología en nuestro país es importante, debido a que se crearían alternativas de solución a problemas relacionados con la construcción de nuevos pavimentos, aplicando conceptos ampliamente conocidos.
- ✓ Durante la elaboración de especímenes se debe controlar la humedad ya que una disminución de la humedad provocaría que el CCR no sea trabajable al momento de moldear presentando deficiencias entre la interface de adherencia entre las capas y el aumento de la humedad saturaría excesivamente la mezcla impidiendo su compactación adecuada.
- ✓ Los tiempos de traslado y colocación de la mezcla de CCR deben ser considerados porque la demora podría alterar la trabajabilidad de la mezcla y las propiedades pueden cambiar debido a la hidratación del cemento y las pérdidas por evaporación.
- ✓ Se espera que los resultados obtenidos en la presente investigación, sea un aporte al mejoramiento tecnológico de la construcción de presas en el Perú.
- ✓ No generalizar el uso del CCR para la construcción de pavimento, ya que la experiencia y la literatura técnica internacional aun no reúne suficiente información, por lo que se requiere ampliar las investigaciones de su comportamiento al fin de tener una mejor utilización y adaptación de esta nueva tecnología

BIBLIOGRAFÍA

Escalaya Advincula, M. (2006). Diseño de mezclas de concreto compactado con rodillo utilizando conceptos de compactación de suelos. Lima: UNI.

Montejo Fonseca, A. (2008). Ingeniería de pavimentos Tomo I.

Carrillo Vásquez César, Orellana Víctor (2003); Algunas consideraciones sobre aspectos relacionados con el Concreto Compactado con Rodillo (CCR) empleado en la construcción de pavimentos.

Rocha Pitta Marcio, Estado del arte de los pavimentos de concreto compactado con rodillo.

Santaella Valencia Luz Phd (1999), Comentarios sobre el Concreto Compactado con Rodillo.

Gómez Domínguez Jorge, Construcción de caminos de bajo volumen con concreto compactado con rodillo.

Valle Gómez Juan Pablo, Ing. Hugo Egúez (2009); Diseño de la dosificación para Hormigón Compactado con Rodillo y de una Base de Agregados Estabilizadas con Cemento para su uso en las Vías de Manabí.

Ing Juan A. Galizzi, Mario Aubert y Carlos A. Rodó Serrano; Hormigón Compactado con Rodillo de uso vial - Experiencia argentina.

Pliego de Especificaciones Técnicas para Tramo Experimental de Hormigón Compactado a Rodillo(HCR) Instrucción de trabajo(1987).

Dale Harrington (2010), Guide for Roller-Compacted Concrete Pavements.

ACI 207.5R-99, Roller-Compacted Mass Concrete.

ACI 325.10R-95, Report on Roller-Compacted Concrete Pavements.

Virginia Concrete Conference (2006), I-285 Asphalt Shoulder Replacement with Roller Compacted Concrete Atlanta, GA.

Kyung-Joon Shin, Ph. D., Purdue University; Neal Carboneau, P.E., Research Manager; Roller Compacted Concrete Pavement Manual for Local Government Agencies.

Norbert Delatte, Nader Amer, and Chris Storey (2003); Improved Management of RCC Pavement Technology.

Gilbert Gedeon, P.E. (2006), Roller Compacted Concrete.

Bernardo Martínez (2010), Tecnología y Conceptos en Concreto Compactado con Rodillo.



GLOSARIO DE TERMINOS

Agregados: Son los materiales naturales, manufacturados o artificiales, que se mezclan con los cementantes para hacer morteros o concretos.

Aire incluido: Burbujas de aire incorporadas intencionalmente en el mortero o concreto durante el mezclado usualmente empleando un agente químico.

Calor de hidratación: Calor liberado por la reacción química del cemento con el agua.

Cemento Portland: Aglutinante hidráulico producido por pulverización del clínker y sulfatos de calcio en algunas de sus formas.

Compactación: es el proceso mediante el cual se reacomodan las partículas solidas del concreto fresco para reducir vacíos. Usualmente se realiza por vibración, centrifugado, apisonado o alguna combinación de estos.

Concreto: es un material pétreo artificial, obtenido de la mezcla en porciones determinadas del cemento, agregados, agua y aditivos.

Consistencia: es el grado de plasticidad del concreto fresco o del mortero para fluir.

Contracción: Disminución de volumen en el concreto causado por perdida de agua, cambio químico y temperatura a través del tiempo.

Curado: es el mantenimiento de un ambiente favorable (humedad y temperatura) para la continuación de las reacciones químicas entre el cemento y el agua dentro del concreto.

Durabilidad: La característica del concreto de resistir la acción de la intemperie, ataque químico y sus condiciones de servicios a través del tiempo.

Fraguado: La condición alcanzada por una pasta de cemento, mortero o concreto cuando pierde plasticidad en un grado arbitrario usualmente medida en términos de resistencia a la penetración o deformación.

Granulometría: La distribución de partículas de un material granular en tamaños definidos expresada en porcentaje.

Módulo de ruptura: es el valor obtenido mediante el procedimiento indirecto para determinar la resistencia a la tensión del concreto por el ensayo a la flexión de una viga estándar.

Relación agua cemento: la relación en peso entre la cantidad de agua, excluyendo la absorbida por los agregados y la cantidad de cemento empleado en la mezcla.

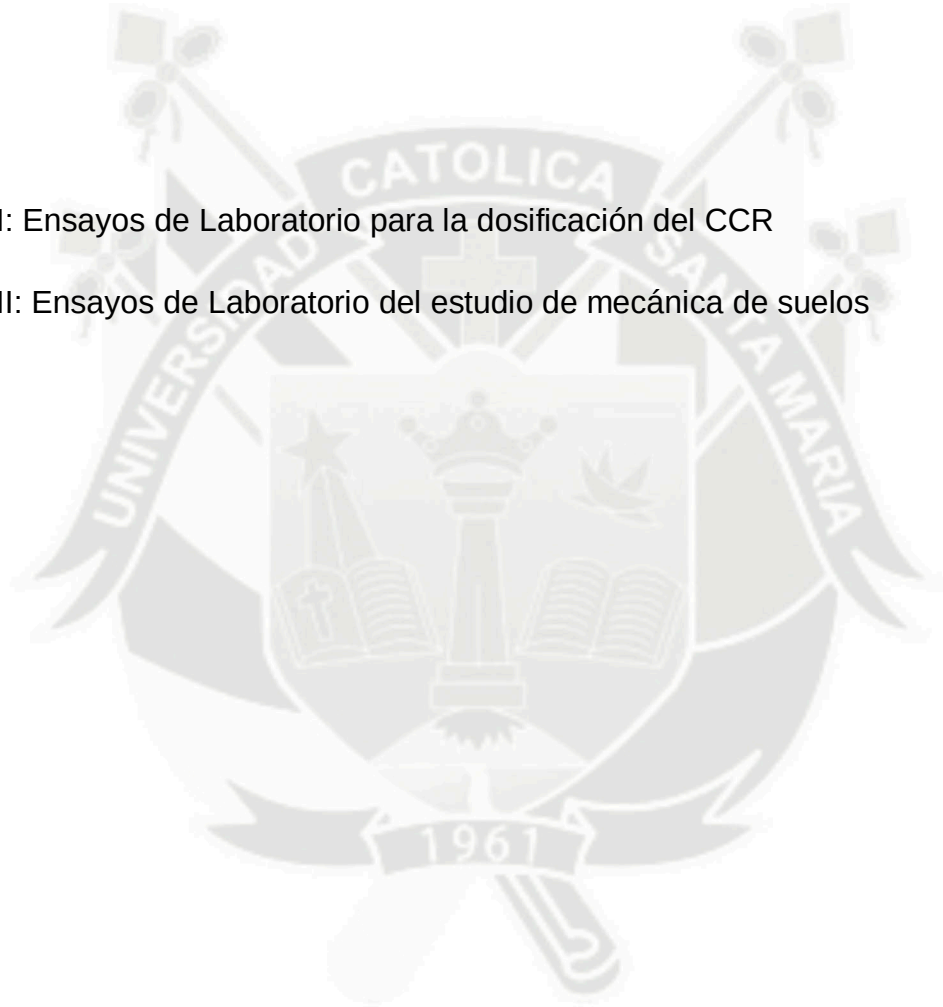
Segregación: es la separación de los constituyentes de un todo ordenado, de modo que la distribución de los tamaños de partículas deja de ser uniforme.

Trabajabilidad: es la facilidad o dificultad que presenta un concreto para colocarlo compactarlo y darle acabado superficial en función del elemento de que se trate y del equipo que se disponga.

ANEXOS

Anexo I: Ensayos de Laboratorio para la dosificación del CCR

Anexo II: Ensayos de Laboratorio del estudio de mecánica de suelos



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

CONSTANCIA

El que suscribe, **Ing. Fernando Garnica Cuba**, Encargado del Laboratorio de Suelos y Concreto del Programa Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa María de Arequipa,

HACE CONSTAR

que los señores Bachilleres en Ingeniería Civil:

GIANCARLO TUNQUE ZEA
KAREN MOSCOSO GUTIERREZ

Código N° 2005230061
Código N° 2005222482

han realizado los ensayos de Laboratorio de Suelos para complementar su trabajo de Tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo título es: **“Estudio y Análisis del Circuito Vial del Asentamiento “E” de la Ciudad de Majes, aplicando la tecnología de mexclas para pavimento del Concreto Compactado con Rodillo, diseñado con conceptos básicos de compactación de suelos”**.

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de Suelos del Parque Industrial han sido elaborados entre el 02/04/2012 y el 16/06/2012.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estimen conveniente.

Arequipa, 21 de Agosto del 2013



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


ING. FERNANDO GARNICA CUBA
Encargado Laboratorio de Suelos y Concreto

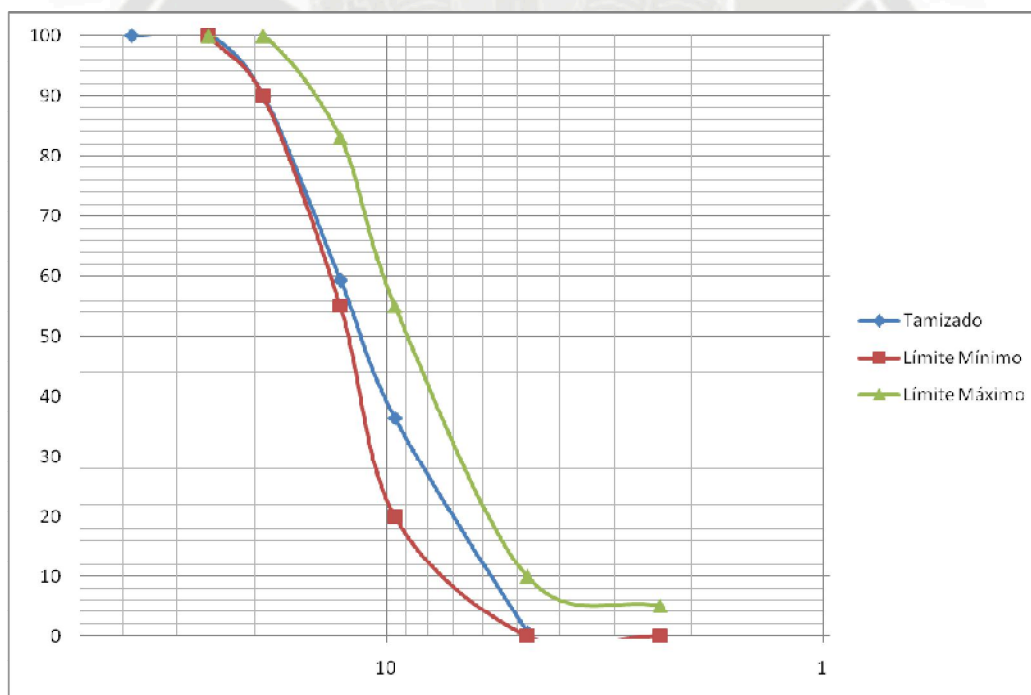
Anexo I

**Ensayos de Laboratorio para la dosificación
del CCR**

ENSAYO GRANULOMÉTRICO – AGREGADO GRUESO

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	755.60 g	10.07%	10.07%	89.93%
1/2"	12.7	2298.00 g	30.64%	40.71%	59.29%
3/8"	9.53	1722.10 g	22.96%	63.67%	36.33%
#4	4.75	2685.60 g	35.81%	99.48%	0.52%
Fondo		39.10 g	0.52%	100.00%	0.00%
Suma		7500 g	100.00%		

Límites Agregado Grueso			
Malla	Abertura (mm)	% Acumulado Pasante	
		Mínimo	Maximo
1"	25.4	100.00%	100.00%
3/4"	19.05	90.00%	100.00%
1/2"	12.7	55.00%	83.00%
3/8"	9.53	20.00%	55.00%
#4	4.75	0.00%	10.00%
#8	2.36	0.00%	5.00%



ENSAYO DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECÍFICO – AGREGADO GRUESO

(A) %	Agreg. Grueso
W _{balde}	217.70 g
W _{natural}	4000.00 g
W _{bandeja}	430.30 g
W _{ss}	4037.10 g
W _s	3986.70 g
(A)%	1.26%

(γ) g/cm ³	Agreg. Grueso
W _{ss}	4037.10 g
W ₁	2945.30 g
W ₂	514.10 g
γ	2.51

ENSAYO DE PESO UNITARIO – AGREGADO GRUESO

Dimensiones del molde		Unidad
Altura	29.20	cm
Diámetro	20.50	cm
Volumen	9637.86	cm ³
Peso	5210.00	g

Estado Suelto PUS			
Wp+WAg:	20047	WAg:	14837
Wp+WAg:	20036	WAg:	14826
Wp+WAg:	19788	WAg:	14578
WAgProm:			14747.00

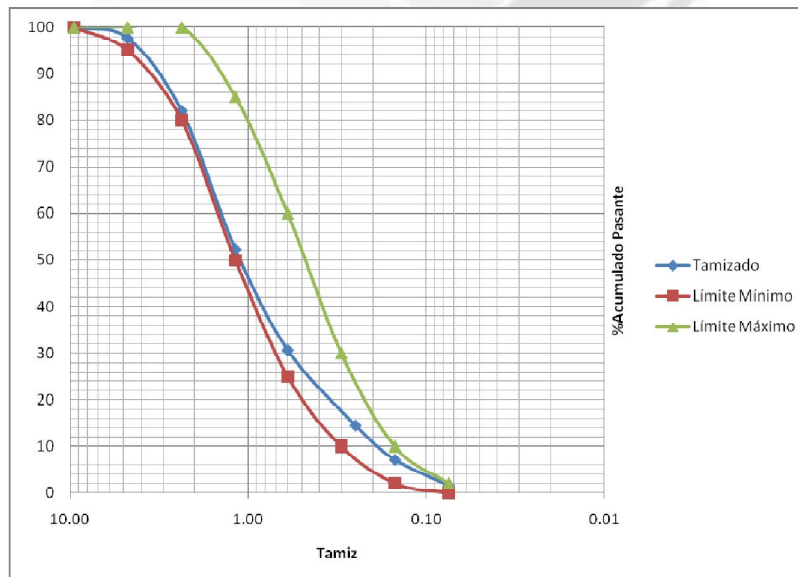
Estado Compactado PUC			
Wp+WAg:	20644	WAg:	18919
Wp+WAg:	20745	WAg:	19020
Wp+WAg:	20847	WAg:	19122
WAgProm:			19020.33

Estado	Valor	Unidad
PUS	1530.11	kg/m ³
PUC	1611.91	kg/m ³

ENSAYO GRANULOMÉTRICO – AGREGADO FINO

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
3/8"	9.50	0.00 g	0.00%	0.00%	100.00%
#4	4.75	11.80 g	2.36%	2.36%	97.64%
#8	2.36	78.40 g	15.68%	18.04%	81.96%
#16	1.18	148.30 g	29.67%	47.71%	52.29%
#30	0.6	108.20 g	21.64%	69.35%	30.65%
#60	0.25	80.50 g	16.10%	85.46%	14.54%
#100	0.15	37.30 g	7.46%	92.92%	7.08%
#200	0.075	27.80 g	5.56%	98.48%	1.52%
Fondo		7.60 g	1.52%	100.00%	0.00%
Suma		499.90 g	100.00%		

Malla	Abertura (mm)	% Acumulado Pasante	
		Mínimo	Maximo
3/8"	9.5	100.00%	100.00%
#4	4.75	95.00%	100.00%
#8	2.36	80.00%	100.00%
#16	1.18	50.00%	85.00%
#30	0.6	25.00%	60.00%
#50	0.3	10.00%	30.00%
#100	0.15	2.00%	10.00%
#200	0.075	0.00%	2.00%



ENSAYO DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECÍFICO – AGREGADO FINO

(A) %	Agreg. Fino
W _{balde}	207.40 g
W natural	1000.00 g
W bandeja	167.90 g
W _{ss}	500.00 g
W _s	496.80 g
(A)%	0.64%

(γ) g/cm ³	Agreg. Fino
W _{ss}	500.00 g
W ₁	963.50 g
W ₂	654.50 g
γ	2.62

ENSAYO DE PESO UNITARIO – AGREGADO FINO

Dimensiones del molde		Und.
Altura	15.45	cm
Diámetro	15.30	cm
Volumen	2840.54	cm ³
Peso	1725.00	g

Estado Suelto PUS			
W _p +W _{Ag} :	6495	W _{Ag} :	4770
W _p +W _{Ag} :	6511	W _{Ag} :	4786
W _p +W _{Ag} :	6500	W _{Ag} :	4775
W _{Ag} Prom:			4777

Estado Compactado PUC			
W _p +W _{Ag} :	6810	W _{Ag} :	5085
W _p +W _{Ag} :	6858	W _{Ag} :	5133
W _p +W _{Ag} :	6834	W _{Ag} :	5109
W _{Ag} Prom:			5109

Estado	Valor	Unidad
PUS	1681.72	Kg/m ³
PUC	1798.60	Kg/m ³

PESO UNITARIO COMBINADO AGREGADO FINO Y GRUESO

Dimensiones del molde		Und.
Altura	29.20	cm
Diámetro	20.50	cm
Volumen	9637.86	cm ³
Peso	5210	g

Estado Compactado PUC

30-65

W _p +W _{Ag} :	22074	W _{Ag} :	16864
W _p +W _{Ag} :	22222	W _{Ag} :	17012
W _p +W _{Ag} :	22145	W _{Ag} :	16935
W _{Ag} Prom:			17555.00

40-60

W _p +W _{Ag} :	23053	W _{Ag} :	17843
W _p +W _{Ag} :	23077	W _{Ag} :	17867
W _p +W _{Ag} :	23244	W _{Ag} :	18034
W _{Ag} Prom:			17837.00

45-55

W _p +W _{Ag} :	23064	W _{Ag} :	17854
W _p +W _{Ag} :	23083	W _{Ag} :	17873
W _p +W _{Ag} :	23100	W _{Ag} :	17890
W _{Ag} Prom:			18211.00

50-50

W _p +W _{Ag} :	22816	W _{Ag} :	17606
W _p +W _{Ag} :	22684	W _{Ag} :	17474
W _p +W _{Ag} :	22782	W _{Ag} :	17572
W _{Ag} Prom:			18073.33

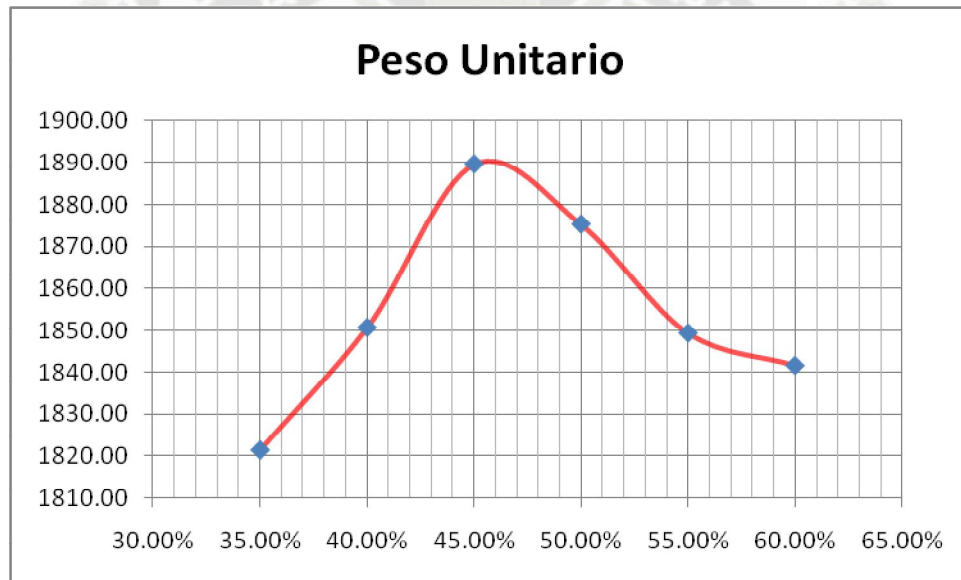
55-45

W _p +W _{Ag} :	22914	W _{Ag} :	17704
W _p +W _{Ag} :	23041	W _{Ag} :	17831
W _p +W _{Ag} :	23148	W _{Ag} :	17938
W _{Ag} Prom:			17824.33

60-40

W _p +W _{Ag} :	23025	W _{Ag} :	17815
W _p +W _{Ag} :	22796	W _{Ag} :	17586
W _p +W _{Ag} :	23056	W _{Ag} :	17846
W _{Ag} Prom:			17749.00

Relación	Estado	W agregado	V proctor	Valor	Unidad
35-65	PUC	17555.00 g	9637.86 cm3	1821.46	kg/m3
40-60	PUC	17837.00 g	9637.86 cm3	1850.72	kg/m3
45-55	PUC	18211.00 g	9637.86 cm3	1889.53	Kg/m3
50-50	PUC	18073.33 g	9637.86 cm3	1875.24	kg/m3
55-45	PUC	17824.33 g	9637.86 cm3	1849.41	kg/m3
60-40	PUC	17749.00 g	9637.86 cm3	1841.59	Kg/m3



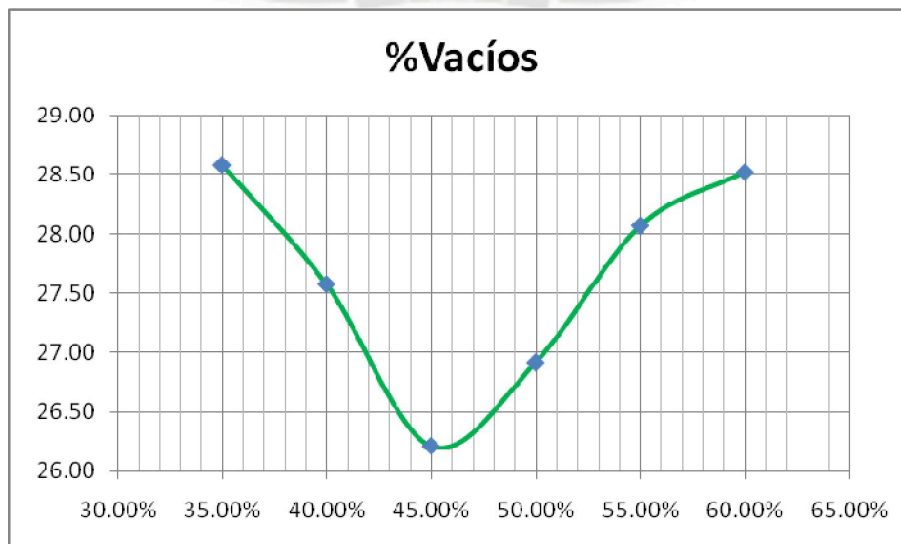
PESO ESPECÍFICO APARENTE Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE COMBINACIONES DE AGREGADOS

$$PEC_m = \frac{PEC_f \cdot \%F + PEC_g \cdot \%G}{100}$$

Relación		PEC _m	PEC _m
35%	65%	2.55 g/cm ³	2550.28 Kg/m ³
40%	60%	2.56 g/cm ³	2555.47 Kg/m ³
45%	55%	2.56 g/cm ³	2560.67 Kg/m ³
50%	50%	2.57 g/cm ³	2565.86 Kg/m ³
55%	45%	2.57 g/cm ³	2571.05 Kg/m ³
60%	40%	2.58 g/cm ³	2576.25 Kg/m ³

$$\%V = \text{Porcentaje de Vacíos} = \frac{PEC_m - PUC_m}{PEC_m} \cdot 100$$

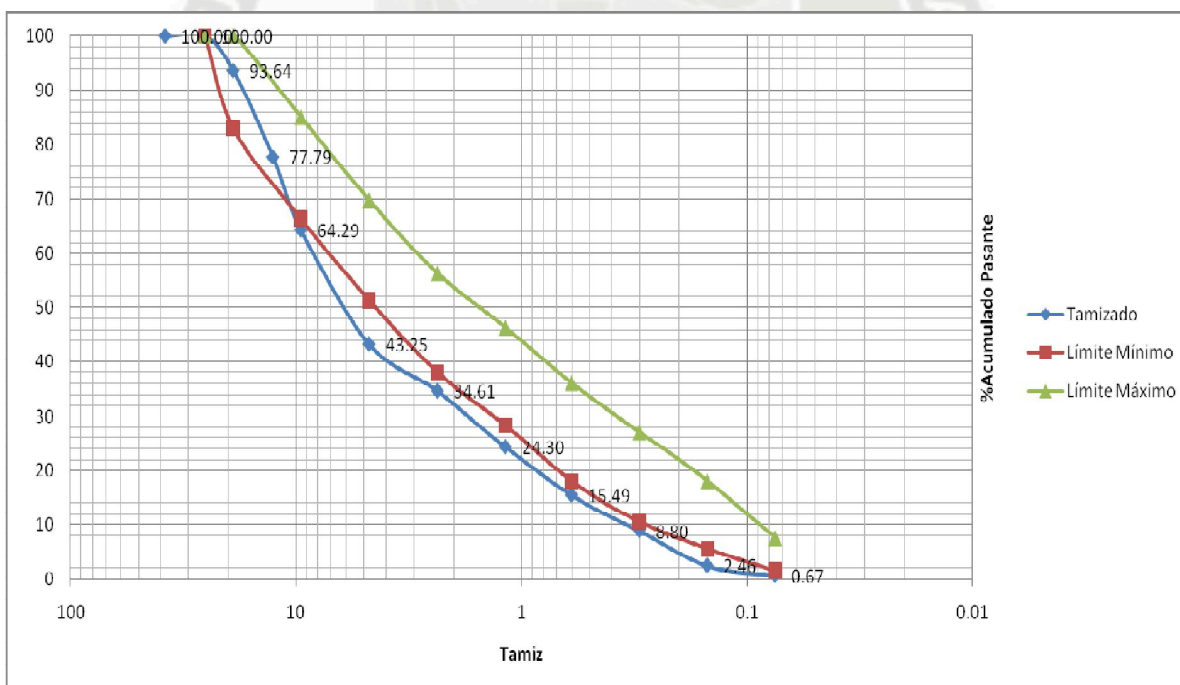
Relación		%Vacíos
35%	65%	28.58
40%	60%	27.58
45%	55%	26.21
50%	50%	26.92
55%	45%	28.07
60%	40%	28.52



GRANULOMETRÍA COMBINADA AGREGADO FINO Y GRUESO

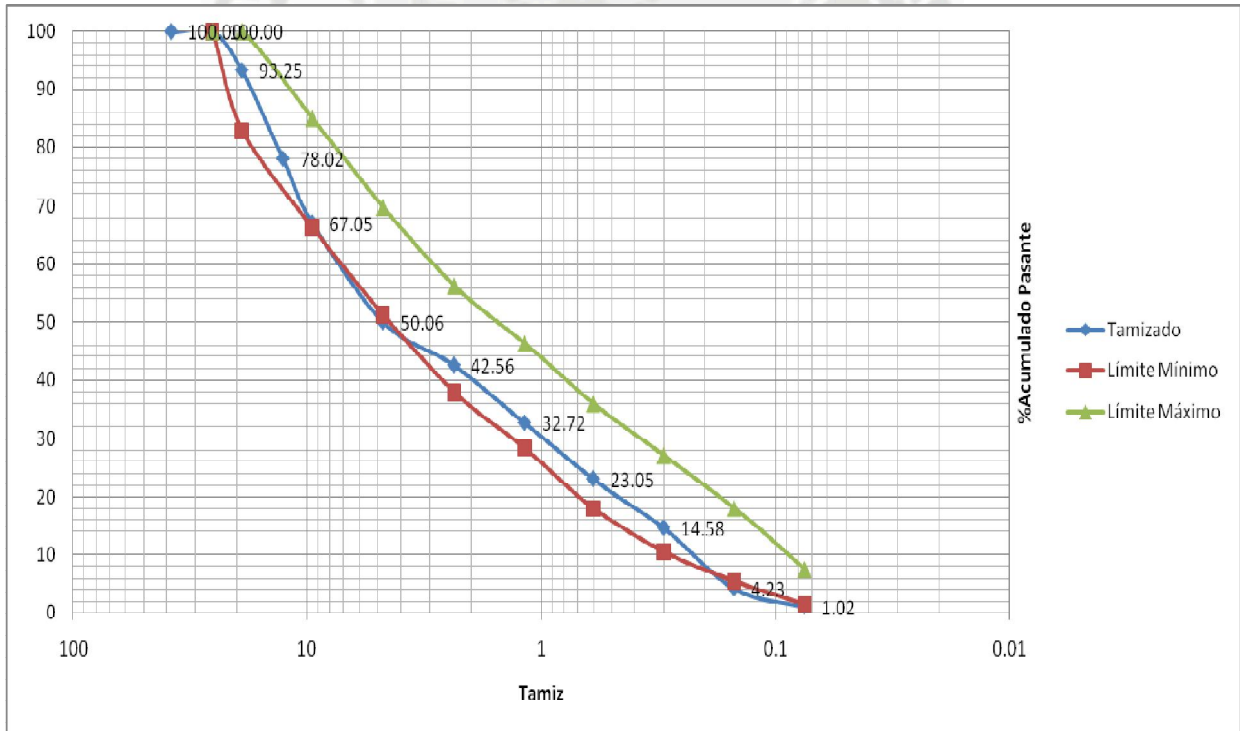
Proporción 45-55

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	253.3	6.36%	6.36%	93.64%
1/2"	12.7	631	15.84%	22.21%	77.79%
3/8"	9.53	537.9	13.51%	35.71%	64.29%
#4	4.75	837.9	21.04%	56.75%	43.25%
#8	2.36	343.8	8.63%	65.39%	34.61%
#16	1.18	410.7	10.31%	75.70%	24.30%
#30	0.6	351	8.81%	84.51%	15.49%
#50	0.3	266.3	6.69%	91.20%	8.80%
#100	0.15	252.6	6.34%	97.54%	2.46%
#200	0.075	71.1	1.79%	99.33%	0.67%
Fondo		26.8	0.67%	100.00%	0.00%
Suma		3982.4	100.00%		



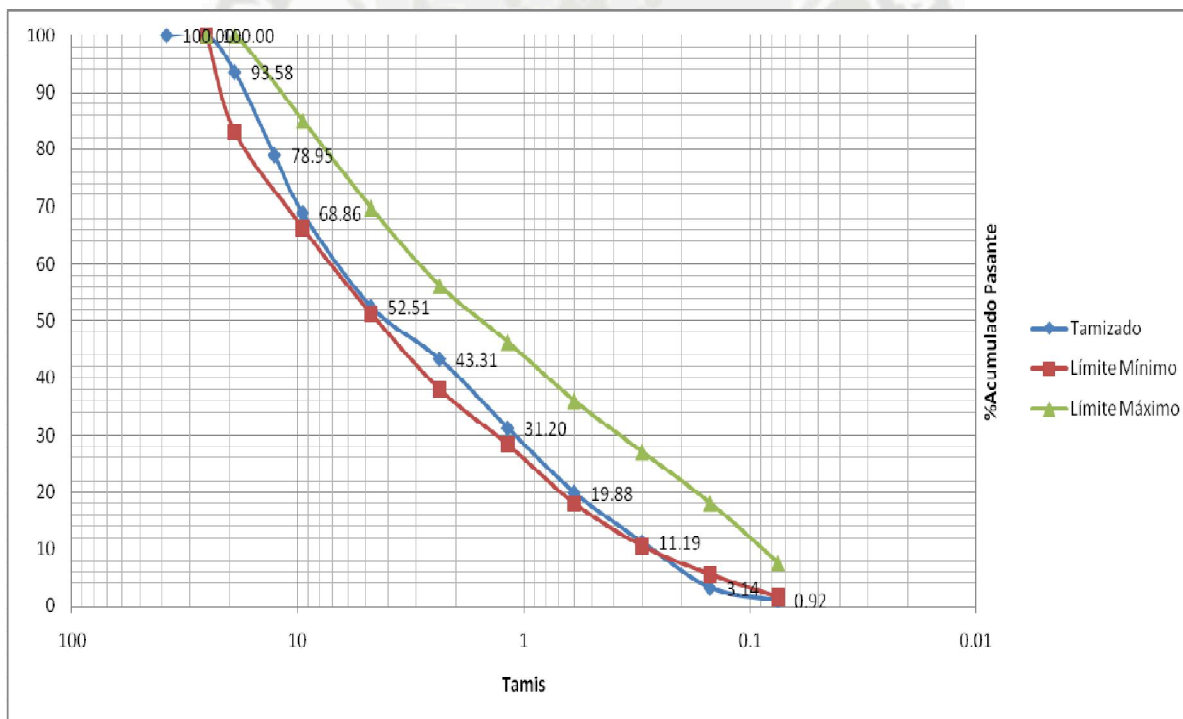
Proporción 50-50

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	269.2	6.75%	6.75%	93.25%
1/2"	12.7	607.1	15.23%	21.98%	78.02%
3/8"	9.53	437.4	10.97%	32.95%	67.05%
#4	4.75	677.4	16.99%	49.94%	50.06%
#8	2.36	299.3	7.51%	57.44%	42.56%
#16	1.18	392.4	9.84%	67.28%	32.72%
#30	0.6	385.5	9.67%	76.95%	23.05%
#50	0.3	337.7	8.47%	85.42%	14.58%
#100	0.15	412.8	10.35%	95.77%	4.23%
#200	0.075	127.8	3.21%	98.98%	1.02%
Fondo		40.7	1.02%	100.00%	0.00%
Suma		3987.3	100.00%		



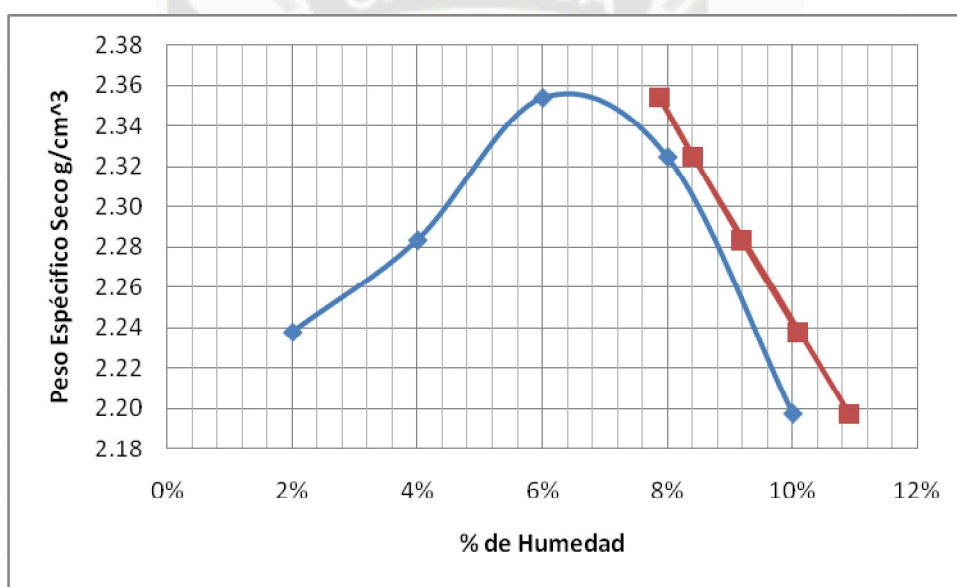
Proporción 55-45

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	255.2	6.42%	6.42%	93.58%
1/2"	12.7	581.8	14.63%	21.05%	78.95%
3/8"	9.53	401.2	10.09%	31.14%	68.86%
#4	4.75	650.5	16.36%	47.49%	52.51%
#8	2.36	365.8	9.20%	56.69%	43.31%
#16	1.18	481.3	12.10%	68.80%	31.20%
#30	0.6	450.2	11.32%	80.12%	19.88%
#50	0.3	345.9	8.70%	88.81%	11.19%
#100	0.15	320	8.05%	96.86%	3.14%
#200	0.075	88.1	2.22%	99.08%	0.92%
Fondo		36.7	0.92%	100.00%	0.00%
Suma		3976.7	100.00%		



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO CONTENIDO ÓPTIMO DE AGUA

Peso E. Seco	2%	4%	6%	8%	10%
Peso de Molde	6791	6791	6791	6791	6791
Peso de Molde +Suelo	11639	11835	12091	12124	11925
Peso Suelo Húmedo	4848	5044	5300	5333	5134
Peso E Húmedo	2.28	2.37	2.50	2.51	2.42
Peso E Seco	2.24	2.28	2.35	2.32	2.20
w%	10.08%	9.19%	7.88%	8.41%	10.90%



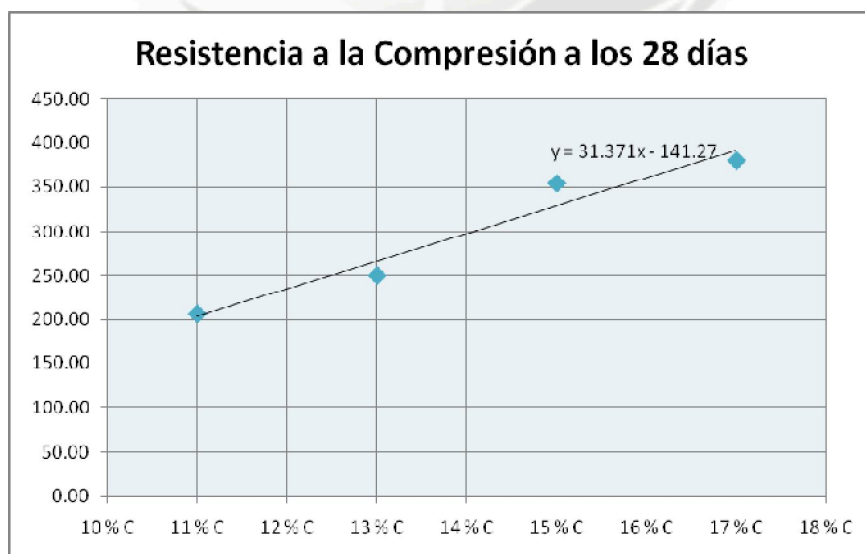
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CCR

%Cemento	Días	Fuerza	Area	Resistencia
11	7	33185	182.414692	181.9206532
13	7	40110	182.414692	219.883604
15	7	52620	182.414692	288.4636061
17	7	54500	182.414692	298.7697935

%Cemento	Días	Fuerza	Area	Resistencia
11	14	33840	182.414692	185.5113727
13	14	41715	182.414692	228.6822373
15	14	50115	182.414692	274.7311596
17	14	55800	182.414692	305.8964124

%Cemento	Días	Fuerza	Area	Resistencia
11	28	37605	182.414692	206.1511575
13	28	45685	182.414692	250.4458351
15	28	64660	182.414692	354.4670614
17	28	69430	182.414692	380.6162709

RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)				
	11 %	13 %	15 %	17 %
7 días	181.92	219.88	274.73	298.77
14 días	185.51	228.68	288.46	305.90
28 días	206.15	250.45	354.47	380.62



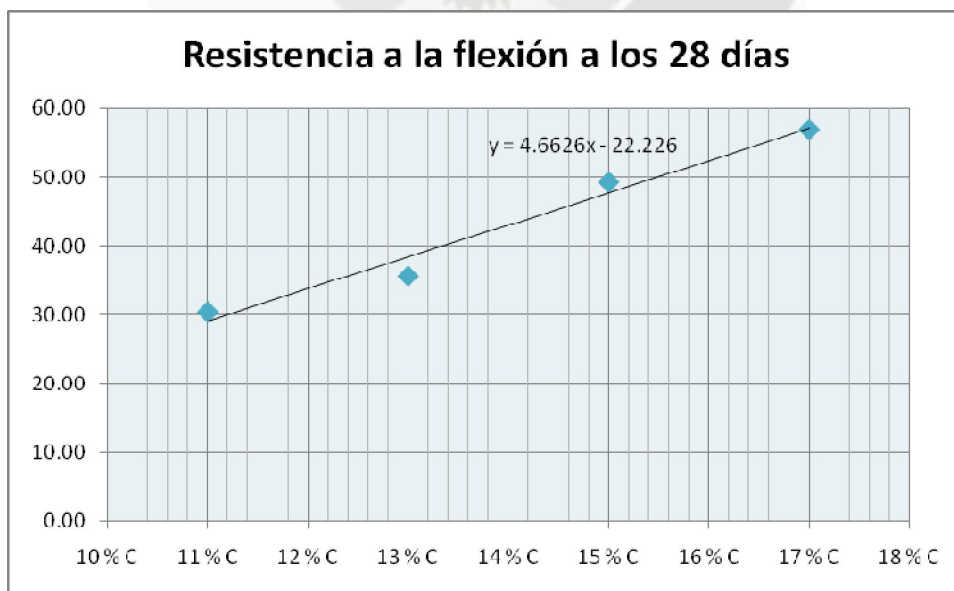
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE CCR

%Cemento	Días	Fuerza	Resistencia
11	7	900	17.33
13	7	1410	27.16
15	7	1820	35.05
17	7	1990	38.33

%Cemento	Días	Fuerza	Resistencia
11	14	1504	28.96
13	14	1590	30.62
15	14	2270	43.72
17	14	2700	52.00

%Cemento	Días	Fuerza	Resistencia
11	28	1578	30.40
13	28	1848	35.59
15	28	2560	49.30
17	28	2955	56.91

RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm ²)				
	11 %	13 %	15 %	17 %
7 días	17.33	27.16	35.05	38.33
14 días	28.96	30.62	43.72	52.00
28 días	30.40	35.59	49.30	56.91



Anexo II

**Ensayos de Laboratorio del estudio de
mecánica de suelos**

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

C-1

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	18.60	0.62%	0.62%	99.38%
1/2"	12.7	225.70	7.56%	8.19%	91.81%
3/8"	9.53	153.30	5.14%	13.32%	86.68%
#4	4.75	368.40	12.35%	25.67%	74.33%
#8	2.36	422.10	14.14%	39.81%	60.19%
#16	1.18	498.90	16.72%	56.53%	43.47%
#30	0.6	502.00	16.82%	73.35%	26.65%
#50	0.3	354.80	11.89%	85.24%	14.76%
#100	0.15	165.80	5.56%	90.80%	9.20%
#200	0.075	121.30	4.06%	94.86%	5.14%
Fondo		153.30	5.14%	100.00%	0.00%

Suma 2984.2 g 100.00%

C-2

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	44.40	2.11%	2.11%	97.89%
3/4"	19.05	161.70	7.70%	9.82%	90.18%
1/2"	12.7	326.20	15.54%	25.35%	74.65%
3/8"	9.53	243.30	11.59%	36.94%	63.06%
#4	4.75	413.40	19.69%	56.63%	43.37%
#8	2.36	298.60	14.22%	70.85%	29.15%
#16	1.18	227.60	10.84%	81.69%	18.31%
#30	0.6	128.10	6.10%	87.79%	12.21%
#50	0.3	101.70	4.84%	92.63%	7.37%
#100	0.15	97.20	4.63%	97.26%	2.74%
#200	0.075	36.70	1.75%	99.01%	0.99%
Fondo		20.80	0.99%	100.00%	0.00%

Suma 2099.7 100.00%

C-3

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	10.00	0.34%	0.34%	99.66%
3/4"	19.05	40.30	1.35%	1.69%	98.31%
1/2"	12.7	220.50	7.39%	9.08%	90.92%
3/8"	9.53	164.30	5.51%	14.58%	85.42%
#4	4.75	296.73	9.95%	24.53%	75.47%
#8	2.36	430.40	14.43%	38.95%	61.05%
#16	1.18	500.20	16.76%	55.72%	44.28%
#30	0.6	530.30	17.77%	73.49%	26.51%
#50	0.3	320.23	10.73%	84.23%	15.77%
#100	0.15	200.00	6.70%	90.93%	9.07%
#200	0.075	150.30	5.04%	95.97%	4.03%
Fondo		120.34	4.03%	100.00%	0.00%

Suma 2983.6 g 100.00%

C-4

Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Peso Retenido	% Acumulado	
				Retenido	Pasante
1 1/2"	38.1	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.4	44.50	1.49%	1.49%	98.51%
3/4"	19.05	238.70	8.00%	9.49%	90.51%
1/2"	12.7	396.20	13.28%	22.77%	77.23%
3/8"	9.53	323.30	10.84%	33.61%	66.39%
#4	4.75	443.67	14.87%	48.49%	51.51%
#8	2.36	396.60	13.29%	61.78%	38.22%
#16	1.18	367.60	12.32%	74.10%	25.90%
#30	0.6	188.10	6.31%	80.41%	19.59%
#50	0.3	171.70	5.76%	86.16%	13.84%
#100	0.15	177.20	5.94%	92.10%	7.90%
#200	0.075	154.70	5.19%	97.29%	2.71%
Fondo		80.83	2.71%	100.00%	0.00%

Suma 2983.1 100.00%

CONTENIDO DE HUMEDAD

C-1	
Ws (Bandeja + Muestra)	3412.9
W Bandeja	428.7
Ws Neto	2984.2
%w	0.53%

C-2	
Ws (Bandeja + Muestra)	3416.4
W Bandeja	428.7
Ws Neto	2987.7
%w	0.41%

C-3	
Ws (Bandeja + Muestra)	3412.3
W Bandeja	428.7
Ws Neto	2983.6
%w	0.55%

C-4	
Ws (Bandeja + Muestra)	3411.8
W Bandeja	428.7
Ws Neto	2983.1
%w	0.57%

Calicata	Ws (Bandeja + Muestra)	W Bandeja	Ws Neto	%w
C-1	3412.9	428.7	2984.2	0.53%
C-2	3416.4	428.7	2987.7	0.41%
C-3	3412.3	428.7	2983.6	0.55%
C-4	3411.8	428.7	2983.1	0.57%

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

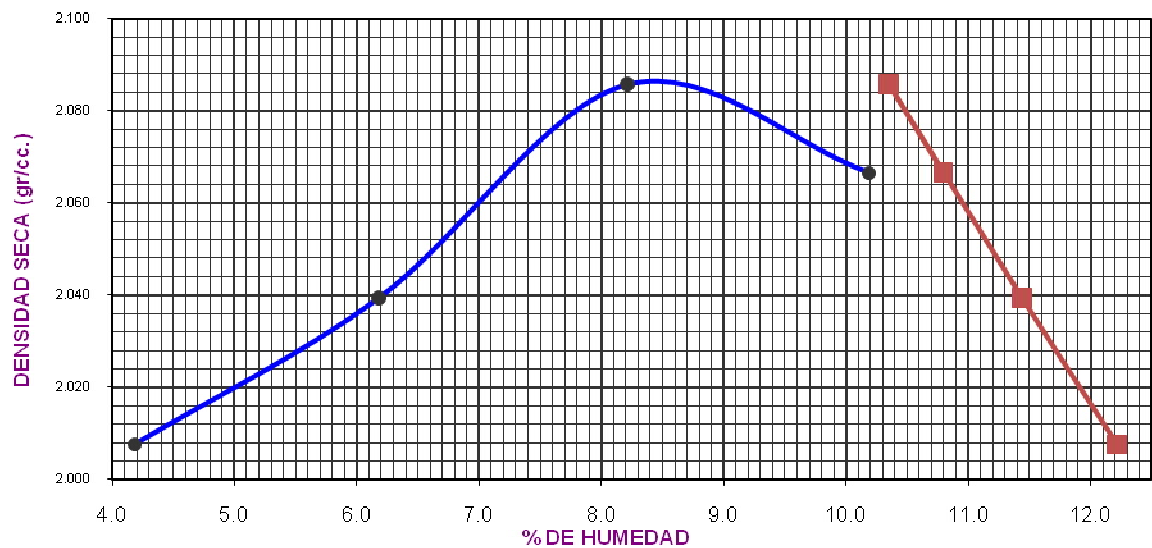
	MUESTRA	GRAVA
A	Peso Mat.Sat.Sup. Seca (En Aire) (gr.)	4125
B	Peso de Rec. + H ₂ O (gr)	1925
C	Peso de Rec. + H ₂ O (gr) + A	6050
D	Peso del Material + H ₂ O en Rec. (gr)	4463
E	Volumen de Masa + Volumen De Vacío = C-D (gr)	1587
F	Peso de Material Seco en estufa (105°C) (gr)	4097
G	Volumen de Masa = E-(A-F) (gr)	1559
Peso Seco Material Bulk (Base seca) = F/E		2.582
Peso Seco Material Bulk (Base saturada) = A/E		2.599
Peso Seco Material Bulk Aparente (Base seca) = F/G		2.628
% de Absorción = ((A-F)/F) x 100		0.68%
	MUESTRA	ARENA
A	Peso Mat.Sat.Sup. Seca (En Aire) (gr.)	500.0
B	Peso Frasco + H ₂ O (gr)	643.5
C	Peso Frasco + H ₂ O (gr) + A	1143.5
D	Peso del Material + H ₂ O en el frasco (gr)	956.55
E	Volumen de Masa + Volumen De Vacío = C-D (gr)	186.98
F	Peso de Material Seco en estufa (105°C) (gr)	497.77
G	Volumen de Masa = E-(A-F) (gr)	184.75
Peso Seco Material Bulk (Base seca) = F/E		2.662
Peso Seco Material Bulk (Base saturada) = A/E		2.674
Peso Seco Material Bulk Aparente (Base seca) = F/G		2.694
% de Absorción = ((A-F)/F) x 100		0.45%

PROCTOR MODIFICADO

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

MAXIMA DENSIDAD - OPTIMA HUMEDAD

METODO DE COMPACTACION :	PROCTOR MODIFICADO AASHTO T-99 ASTM D 1557			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2140	PESO DEL MOLDE (gr.) :		3306
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	7782	7940	8136	8179
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4476	4634	4830	4873
DENSIDAD HUMEDA	2.092	2.165	2.257	2.277
CAPSULA Nro.	1	2	3	4
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	709.0	927.0	846.0	942.0
PESO SUELOS SECO + CAPSULA	688.0	884.0	796.0	872.0
PESO DE LA CAPSULA	136.0	138.0	137.0	135.0
PESO DE AGUA	210	43.0	50.0	70.0
PESO DE SUELO SECO	502.0	696.0	609.0	687.0
CONTENIDO DE AGUA	4.18	6.18	8.21	10.19
DENSIDAD SECA	2.008	2.039	2.086	2.067
DENSIDAD MAXIMA SECA gr./cc.	2.088	HUMEDAD OPTIMA %		8.45



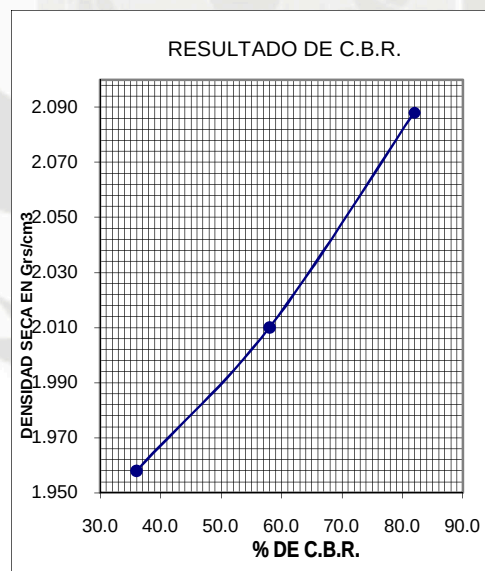
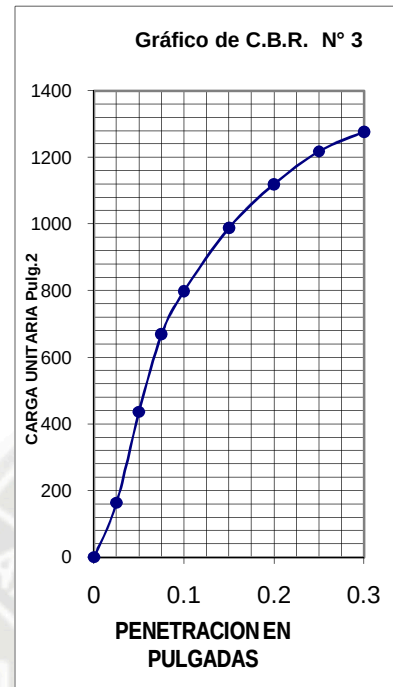
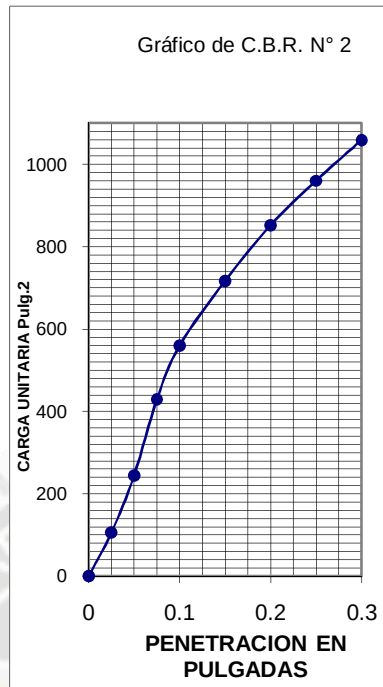
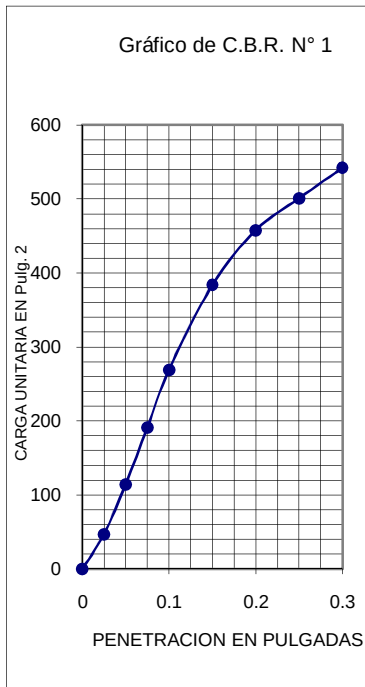
ENSAYO DEL CONO DE ARENA - DENSIDAD DE CAMPO

UBICACIÓN		M-1	M-2
LADO DE LA VIA CONTROLADA		LD	LI
VOLUMEN DEL HOYO			
1	PESO DE LA ARENA + FRASCO	8,037	7,962
2	PESO DE LA ARENA REMANENTE + FRASCO	2,431	2,206
3	PESO DE LA ARENA EMPLEADA (1- 2)	5,606	5,756
4	PESO DE LA ARENA EN EL CONO Y PLACA	1860	1860
5	PESO DE LA ARENA EMPLEADA PARA LLENAR EL HOYO (3 -4)	3,746	3,896
6	DENSIDAD DE LA ARENA EMPLEADA	148	148
7	VOLUMEN DEL HOYO (5/6)	2,531	2,632
DENSIDAD SECA IN SITU DE LA MUESTRA TOTAL			
8	PESO DEL SUELO HUMEDO +RECIPIENTE	4,339	4,902
9	PESO DEL RECIPIENTE	0	0
10	PESO DEL SUELO HÚMEDO (8 - 9)	4,339	4,902
11	DENSIDAD DEL SUELO HÚMEDO (10 / 7)	171	186
12	DENSIDAD EL SUELO SECO NATURAL ($11 \cdot 100$) / ($19 + 100$)	170	182
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA FRACCIÓN FINA (ASTM D - 2216)			
13	PESO DE MUESTRA DE SUELO HÚMEDO +CÁPSULA	464.00	520.00
14	PESO DE LA MUESTRA DE SUELO SECO +CÁPSULA	46100	513.00
15	PESO DEL AGUA (13 - 14)	3.00	7.00
16	PESO DE LA CÁPSULA	143.00	185.00
17	PESO DE LA MUESTRA SECA (14 - 16)	318.00	328.00
18	PORCENTAJE DE LA HUM. DE LA FRACCIÓN FINA ((15 / 17) * 100	0.94	2.13
19	PORCEN. DE HUM. DE MUESTRA TOTAL (25 * 28 + 24 * 27)/100	0.93	2.10
CORRELACIÓN DE LA DENSIDAD SECA Y CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D - 4718)			
20	P. MUESTRA EXTRAIDA SECA (22+23)	4,299.21	4,801.07
21	P. DEL MAT. EXTRADIMENSIONADO HÚMEDO	292.00	106.00
22	P. DEL MAT. EXTRADIMENSIONADO SECO ($21 / (1 + (27/100))$)	290.03	105.28
23	P. DEL MAT. DE LA FRACCIÓN FINA SECA ($10 - 21 / (1 + 18/100)$)	4,009.18	4,695.79
24	% DEL MAT. EXTRADIMENSIONADO ($22 / (22 + 23) \cdot 100$)	6.75	2.19
25	% DEL MAT. DE LA FRACCIÓN FINA ($23 / (22 + 23) \cdot 100$)	93.25	97.81
26	P. ESPECÍFICO DEL MAT. EXTRADIM. (ASTM C-127)	2.582	2.582
27	% DE ABSORCIÓN DEL MAT. EXTRADIM. (ASTM C-127)	0.68	0.68
28	% DE HUM. FRACCIÓN FINA (=18)	0.94	2.13
29	DENSIDAD SECA DE LA FRACCIÓN FINA ($12 \cdot 26 \cdot 25 / (100 \cdot 26 - 12 \cdot 24)$)	166	181
GRADO DE COMPACTACIÓN CORREGIDA			
30	MÁXIMA DENSIDAD SECA PROCTOR....MÉTODO....C	2.088	2.088
31	PORCENTAJE DE COMPACTACIÓN (29/30*100)	79	87
32	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.45	8.45

ENSAYO DE CBR

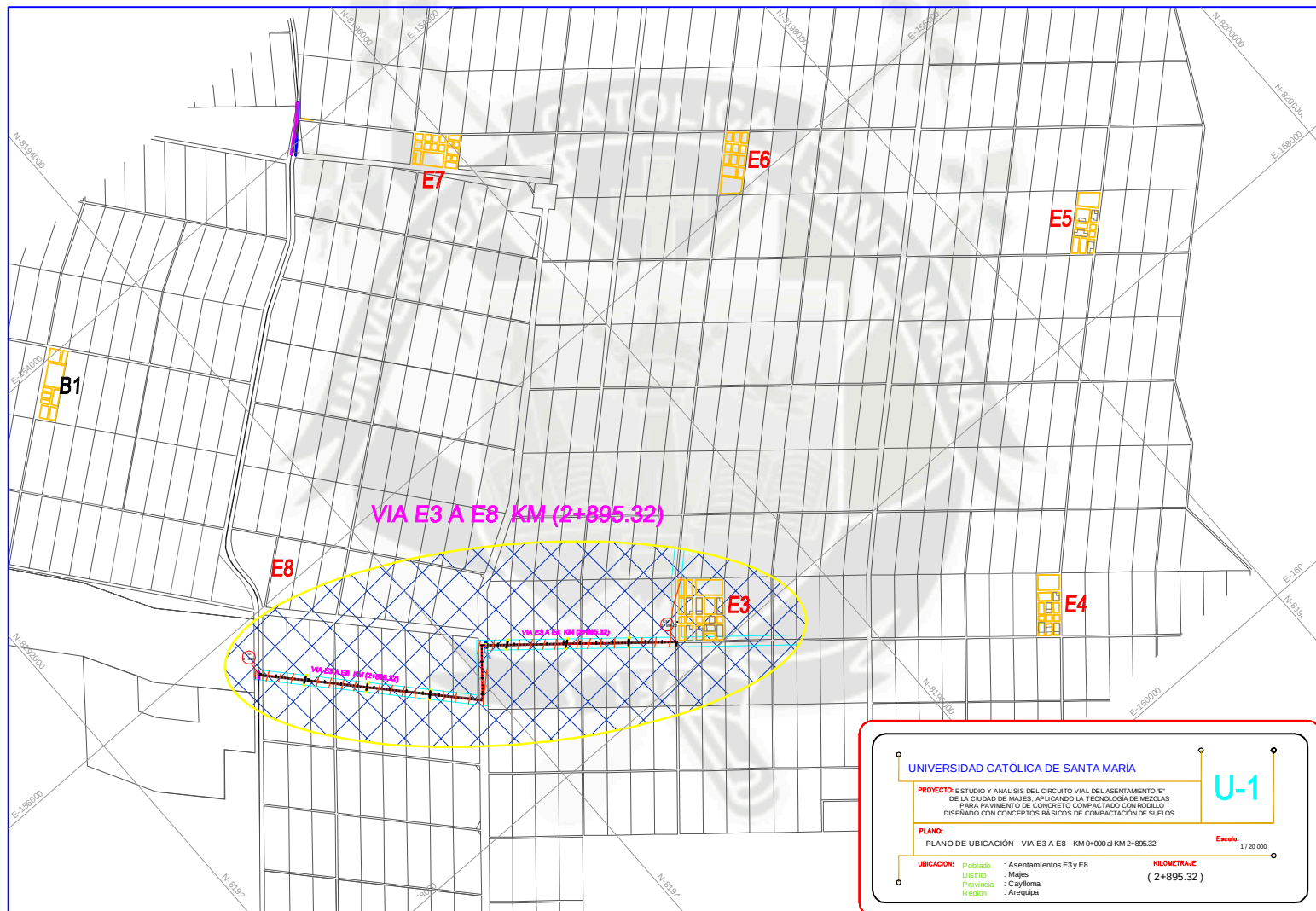
Cond. De la muestr.	SIN MOJAR		SIN MOJAR		SIN MOJAR	
Peso molde+suelo h.	9,027		9,179		9,320	
Peso del molde	4,075		4,099		4,056	
Peso del suelo h.	4,952		5,080		5,264	
Volumen del suelo	2,328		2,328		2,328	
Densidad húmeda	2.13		2.18		2.26	
Tarro N°	1		8		5	
Tarro + suelo h.	559.00		664.00		697.00	
Tarro + suelo seco	524.00		621.00		653.00	
Agua	35.00		43.00		44.00	
Peso del tarro	120.00		120.00		124.00	
Peso del suelo seco	404.00		501.00		529.00	
% de humedad	8.66		8.58		8.32	
Densidad seca	1.958		2.010		2.088	

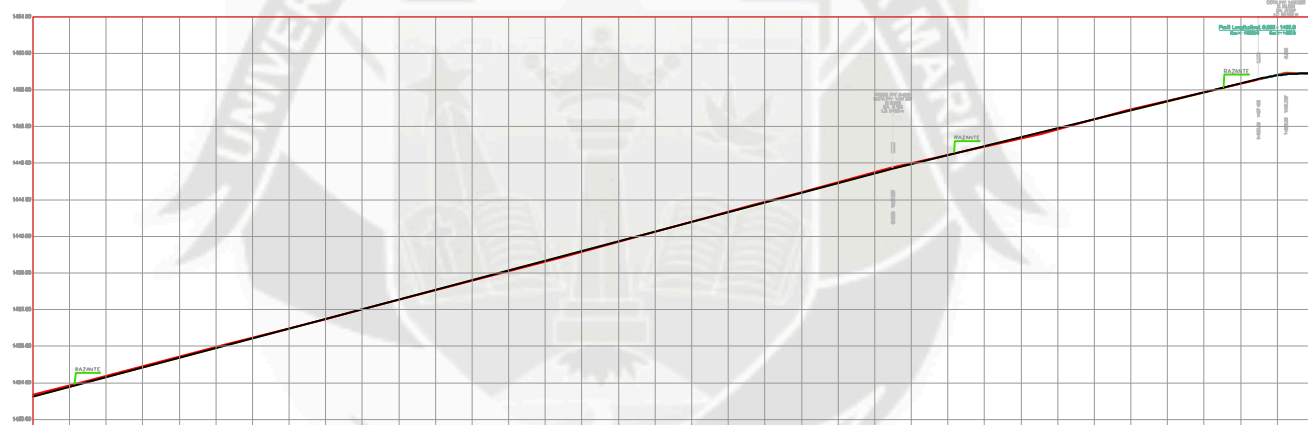
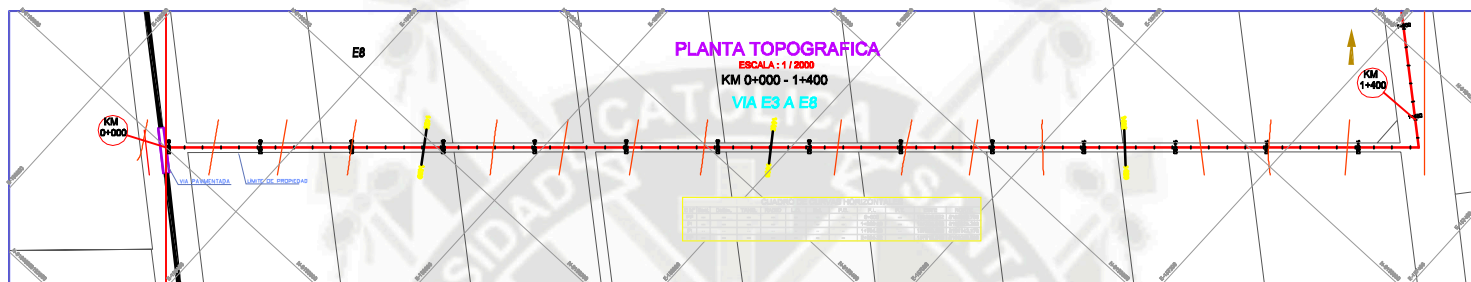
PENETRACIÓN													
		MOLDE		1		MOLDE		2		MOLDE		3	
Penet	Carga	Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección		
Pulg	std.PSI	Lb.	Lb	PSI	%	Lb	Lb	PSI	%	Lb	Lb	PSI	%
0			0.0	0.0			0.0	0.0			0.0	0.0	
0.025			140.1	46.7			319.8	106.6			489.0	163.0	
0.050			342.0	114.0			733.2	244.4			1308.0	436.0	
0.075			573.3	191.1			1289.1	429.7			2006.4	668.8	
0.100	1,000		807.0	269.0			1680.3	560.1			2395.2	798.4	
0.150			1151.4	383.8			2150.1	716.7			2964.0	988.0	
0.200			1372.8	457.6			2556.0	852.0			3357.6	1119.2	
0.250			1503.0	501.0			2880.6	960.2			3652.8	1217.6	
0.300			1626.0	542.0			3175.8	1058.6			3828.0	1276.0	
0.400													
0.500													



Datos de Proctor:		
Densidad seca :	2.088	gr/cc.
Optimo humedad:	8.45	%

CBR AL 100% DE LA M.D.S.	82.0%
CBR AL 95% DE LA M.D.S.	49.0%





PENDIENTE %	0.00										0.00									
ALT. RELLENO	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
ALT. CORTE	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
COTA SUBRASANTE	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
COTA TERRENO	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00	1400.00
KILOMETRAJE	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400					
ALINEAMIENTO																				

PERFIL LONGITUDINAL
 KM 0+000 - 1+400
 Eje: 1+000.00

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA

PL-1

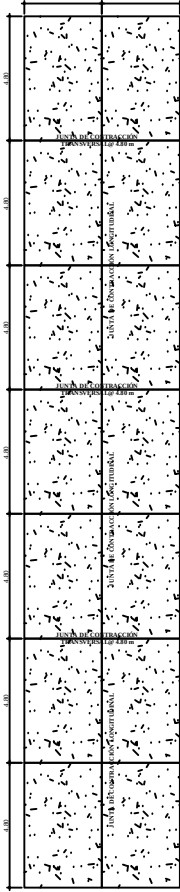
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 KM 0+000 a KM 1+400

Proyecto: 1+000.00

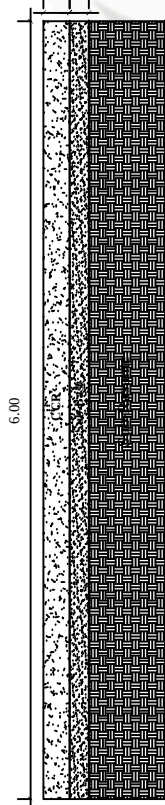
Escala: 1/2000

Fecha: 2023.03

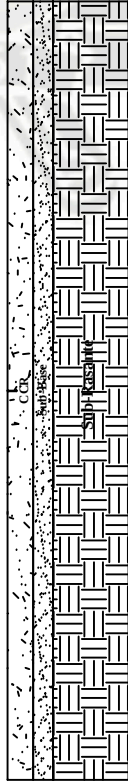




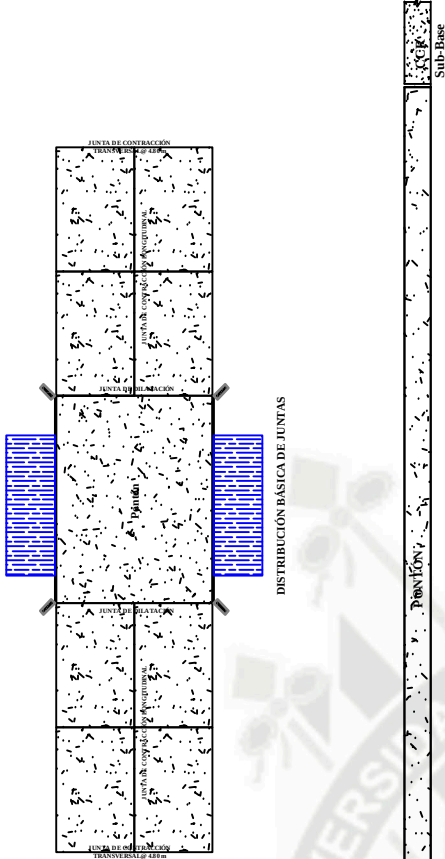
DISTRIBUCIÓN BÁSICA DE JUNTAS
Esc: 1/200



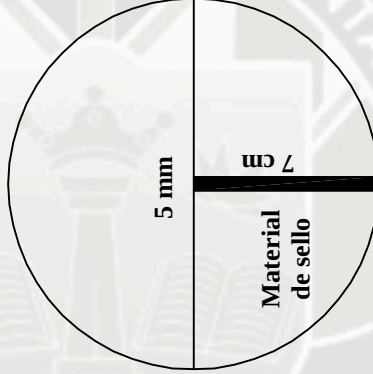
SECCIÓN TRANSVERSAL
Esc: 1/20



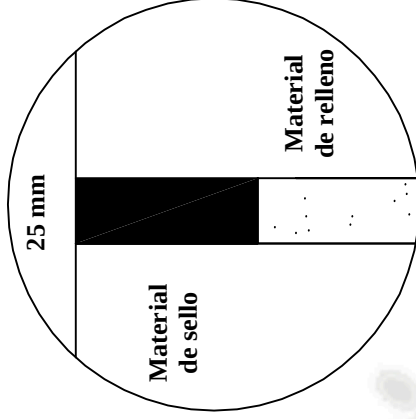
JUNTA DE CONTRACCIÓN LONGITUDINAL
Esc: 1/20



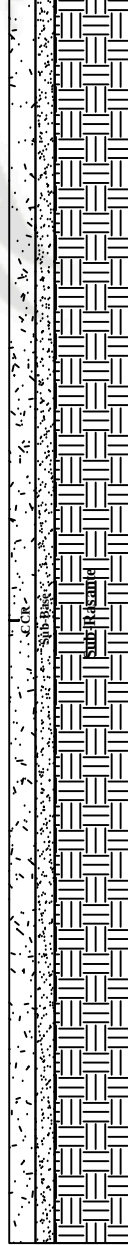
JUNTA DE DILATACIÓN
Esc: 1/20



Detalle Junta de Contracción



Detalle Junta de Dilatación



JUNTA DE CONTRACCIÓN TRANSVERSAL
Esc: 1/20

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROYECTO: ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO VIAL DEL ASENTAMIENTO "E" DE LA CIUDAD DE MAJES, APLICANDO LA TECNOLOGÍA DE MEZCLAS DE ALTA RESISTENCIA Y BAJA PERMEABILIDAD, PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO AL ASENTAMIENTO, DISEÑADO CON CONCEPTOS BÁSICOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN - VIA E3 A EB - KM 0+000 al KM 2+895.32

UBICACIÓN: Poblado : Asentamientos E3 y EB
Distrito : Majes
Provincia : Caylloma
Región : Arequipa

KILOMETRAJE
(2+895.32)