

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**“ANÁLISIS E INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE
LIGANTE ASFALTICO MODIFICADO CON POLÍMERO Y CONVENCIONAL
PARA AGREGADOS DE ALTA Y NORMAL ABSORCIÓN DE UNA MEZCLA
ASFÁLTICA DEL km 141+180.000 AL km 141+400.000 DEL TRAMO 5 DE LA
CARRETERA INTEROCEANICA SUR EN EL DISTRITO DE SAN ANTONIO
DE CHUCA, CAYLLOMA – AREQUIPA”**

Tesis Presentada por los Bachilleres:

Llave Torres, Aldo Javier

Monteagudo Gómez, Ludwing Roberto

Para optar por el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Mg. Gamarra Tuco, Rubén Francisco

Arequipa – Perú

2022

DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA CIVIL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 14 de Noviembre del 2021

Dictamen: 001335-C-EPIC-2021

Visto el borrador del expediente 001335, presentado por:

2012221291 - MONTEAGUDO GOMEZ LUDWING ROBERTO

2012244571 - LLAVE TORRES ALDO JAVIER

Titulado:

**ANÁLISIS E INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE LIGANTE ASFÁLTICO
MODIFICADO CON POLÍMERO Y CONVENCIONAL PARA AGREGADOS DE ALTA Y NORMAL
ABSORCIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 141+180 AL KM 141+400 DEL TRAMO 5 DE LA
CARRETERA INTEROCEANICA SUR EN EL DISTRITO DE SAN ANTONIO DE CHUCA,
CAYLLOMA-AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1888 - NEIRA ARENAS JULY LILIAM
DICTAMINADOR**



**2778 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO
DICTAMINADOR**



**9676 - GARCIA GODOS PEÑALOZA LUZ MATILDE
DICTAMINADOR**



DEDICATORIA

*Agradecer, primeramente, a Dios por permitir que los sueños de uno se hagan posible,
con su enorme amor y bendiciones derramados.*

*A mis padres, sin su apoyo y amor incondicional, esta meta jamás sería posible,
siempre agradecido por todo lo que me enseñaron.*

*A mis hermanos, por su paciencia y enseñanzas que derramaron en mi crecimiento
profesional.*

*A la principal fuente de conocimiento, Universidad Católica de Santa María, por la
formación académica que forjaron en mi persona*

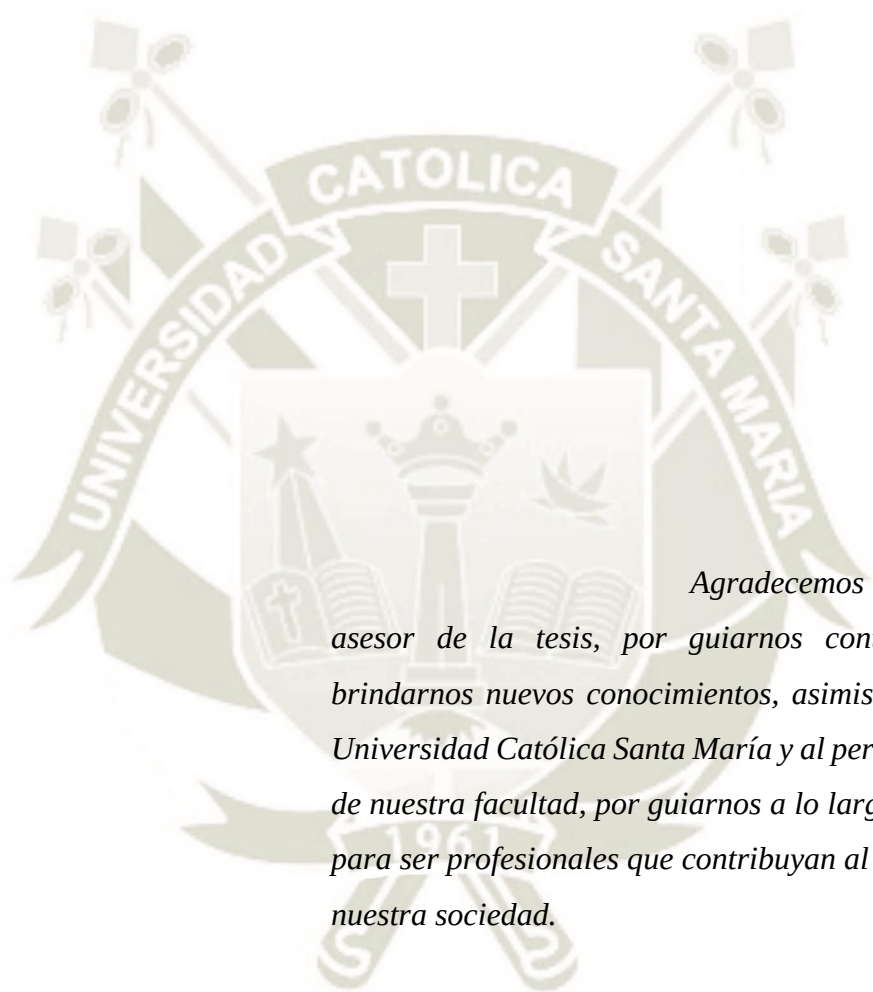
Aldo Javier.

*A mis padres, por su total apoyo y esmero para enfrentar los obstáculos que se
presentan en la vida.*

*A mis hermanos, que son ejemplos a seguir y su preocupación por cumplir una de mis
metas como profesional.*

Ludwing.

AGRADECIMIENTO



Agradecemos a nuestro asesor de la tesis, por guiarnos continuamente y brindarnos nuevos conocimientos, asimismo a nuestra Universidad Católica Santa María y al personal docente de nuestra facultad, por guiarnos a lo largo de los años para ser profesionales que contribuyan al desarrollo de nuestra sociedad.

RESUMEN

El pavimento asfáltico en caliente, compuesta generalmente por una sub base, base granular y carpeta asfáltica; a su vez, son regulados por normas vigentes, siendo las Especificaciones generales para construcción EG-2013 y Manual de Carreteras MTC - 2014.

La presente investigación, tiene como objetivo principal analizar la influencia de usar agregados pétreos con las características que tengan una normal y alta absorción en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente. Se planteó como lugar de estudio el distrito de San Antonio de Chuca, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa, del km 141+180.000 al km 141+400.000 del tramo 5 de la carretera interoceánica Sur, debido a que es una vía principal que conecta los departamentos de Cusco, Puno y Arequipa, y además se encuentra ubicado a más de 3,000 m.s.n.m y con condiciones meteorológicas extremas. Estas circunstancias de enfoque del estudio, permitió realizar otro análisis en el uso de cemento asfáltico convencional PEN 120/150 y asfalto modificado con polímero SBS IC, asfaltos que han sido seleccionados según el cálculo del grado de desempeño (PG) explicado en el capítulo III.

Como complementación a la investigación, se realizó el análisis de la sub rasante, sub base y base en laboratorio, siguiendo las exigencias de la normativa; así como también el estudio de tráfico del lugar de estudio. Parámetros requeridos para el diseño del pavimento flexible.

Se realizó cuatro diseños de mezcla asfáltica en caliente; para agregados con normal absorción y asfalto convencional, agregados con normal absorción y asfalto con polímero, agregado con alta absorción y asfalto convencional, agregado con alta absorción y asfalto con polímero. Se determinó el asfalto óptimo de cada diseño, el análisis a la susceptibilidad a la humedad aplicando ensayos de TSR e inmersión-compresión, y finalmente se realizó un análisis económico. De los resultados se observó que agregados de alta absorción generan mayor gasto de cemento asfáltico y por ende mayor costo de elaboración de la mezcla asfáltica, sin embargo, el comportamiento general respecto a los parámetros de Marshall y susceptibilidad a la humedad, trabajan en cumplimiento de la norma, aunque en menor calidad que mezclas asfálticas diseñadas con normal absorción.

Palabras clave: Mezcla Asfáltica en Caliente, Pavimento Flexible, Grado de Desempeño, Estudio de tráfico, Diseño Marshall, Polímero SBS.

ABSTRACT

The Hot Asphalt Pavement, generally composed for a sub base, granular base and layer asphalt; at the same time, are regulated by current regulations, being the General Specifications for Construction EG 2013 and Highway Manual MTC – 2014.

The present investigation, has a main objective analyze the influence of use stone aggregates with the characteristics that have a normal and high absorption in the design of a hot mix asphalt. It was proposed as a place of study the district San Antonio de Chuca, province of Caylloma, Department of Arequipa, since km 141+180.000 to km 141+400.000 from section 5 of the highway South Interoceanic, because it is a main road that connects the departments of Cusco, Puno and Arequipa, and also it is located at more than 3000 meters above sea level and with extreme weather conditions. These circumstances of focus of the study, allowed to perform another analysis in the use of conventional asphalt cement PEN 120/150 and Polymer modified asphalt SBS IC, asphalts that have been selected according to the calculation of the Performance Grade (PG) explained in chapter III.

As a complement to the research, the analysis of the subgrade, subbase and base was carried out in the laboratory, following the requirements of the regulations; as well as the traffic study of the study place. Parameters required for flexible pavement design.

Four hot mix asphalt designs were made, for aggregates with normal absorption and conventional asphalt, aggregates with normal absorption and Asphalt with polymer, aggregates with high absorption and conventional asphalt, and aggregates with high absorption and Asphalt with polymer. The optimal asphalt of each design was determined, the analysis of susceptibility to moisture applying tests of TSR and immersion-compression, and finally an economic analysis was carried out. From the results it was observed that High absorption aggregates generate higher consumption of asphalt cement and therefore higher cost of elaboration of the asphalt mix, however, the general behavior with respect to the parameters of Marshall and susceptibility to moisture, work in compliance with regulations, although in lower quality than asphalt mixtures designed with normal absorption.

Key words: Asphalt Hot Mix, Flexible Pavement, Performance Grade, Traffic Study, Marshall design, Polymer SBS.

INTRODUCCIÓN

El avance de la ciencia en temas relacionados al diseño de mezclas asfálticas en la estructura de pavimentos flexibles ha generado diversos tipos de innovaciones para lograr un comportamiento óptimo de los pavimentos ante diversos factores, como son; la radiación solar, oxidación y gradiente térmico. Permitiendo tener carreteras de diferentes diseños que se adecuen mejor al lugar de ejecución de la vía.

La capa de rodadura o carpeta asfáltica, está compuesto por materiales pétreos, cemento asfáltico, filler o aditivo según lo estime el ingeniero que diseña. Sin embargo, en un breve estudio de los agregados existentes en la ciudad de Arequipa, por lo general se encontró que cuentan con la propiedad de absorción de los agregados pétreos que están fuera de lo establecido de la normativa. Desarrollar un análisis de estos agregados versus materiales que, si cumplen o no se alejan del requerimiento de la norma, es de vital importancia para determinar la influencia sobre sus resultados obtenidos en un diseño Marshall, TSR, inmersión – compresión y su análisis económico.

La presente investigación busca realizar un análisis a las canteras de La poderosa, Socabaya y Chiguata; como proveedores de materia prima de agregados de normal absorción, agregado grueso para alta absorción y agregado fino de alta absorción, respectivamente.

Aunque se tiene antecedentes establecidos en el Asphalt Institute (1982) como mención teórica que “el contenido óptimo de asfalto depende en gran parte de la capacidad de absorción de los agregados”, con el estudio desarrollado, se obtendrán resultados que describan a mayor detalle el comportamiento y sus propiedades de cada uno de los diseños asfálticos en caliente de la carpeta de rodadura de forma aplicativa y con ello dar mayor enfoque de lo que se tiene como teoría.

Esta investigación, invita y es de carta abierta para futuras investigaciones seguir analizando diferentes canteras del Perú, para contar con numerosos resultados y verificar estadísticamente las relaciones existentes entre agregados con normal absorción y alta absorción en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente, con ello el ingeniero a cargo de un proyecto de carreteras saber tomar la mejor elección de los agregados a utilizar y sus posibles influencias.

ÍNDICE

DICTAMEN APROBATORIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	2
1.2.1. Justificación Académica.....	2
1.2.2. Justificación Social.....	3
1.2.3. Justificación Económica.....	3
1.2.4. Justificación Ética	4
1.2.5. Justificación Ambiental.....	4
1.3. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Secundarios.....	5
1.5. HIPOTESIS	6
1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES	6
1.6.1. Alcances	6
1.6.2. Limitaciones	7
1.7. ANÁLISIS DE VARIABLES.....	7
1.7.1. Variable independiente.....	7
1.7.2. Variable dependiente.....	7
1.8. ANTECEDENTES	7
CAPÍTULO II	10
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO.....	10
2.2. TIPOS DE PAVIMENTOS	10
2.2.1. Pavimentos flexibles	10
2.2.2. Pavimentos rígidos	10
2.2.3. Pavimentos compuestos	10

2.2.4. Pavimentos semirrígidos o segmentados.....	11
2.2.5. Superficies estabilizadas	11
2.2.6. Pavimentos afirmados y de tierra	11
2.3. ESTRUCTURA TÍPICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	11
2.3.1. Subrasante	11
2.3.2. Subbase granular	12
2.3.3. Base granular.....	13
2.3.4. Capa de rodadura.....	15
2.4. ESTUDIO DE VOLUMEN DE TRÁNSITO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS	15
2.4.1. Definición.....	15
2.4.2. Factores para el cálculo de tráfico.....	15
2.4.2.1. Periodo de diseño	16
2.4.2.2. Índice medio diario o tránsito promedio diario (tpd)	16
2.4.2.3. Tasa de crecimiento	16
2.4.2.4. Factor de crecimiento	16
2.4.2.5. Factor de distribución direccional	17
2.4.2.6. Factor de distribución carril.....	17
2.4.2.7. Factor camión	17
2.4.2.8. Presión de inflado de los neumáticos	17
2.4.2.9. Factores de ejes equivalentes.....	17
2.5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXBILE	18
2.5.1. Variables de diseño	18
2.5.2. Métodos de diseño.....	18
2.5.2.1. Métodos empíricos	18
2.5.2.2. Métodos de esfuerzos cortantes o deflexión límite	18
2.5.2.3. Métodos de regresión basados en pistas de prueba	18
2.5.2.4. Métodos mecanísticos-empíricos	18
2.5.3. Diseño por AASHTO 1993	19
2.6. MEZCLA ASFALTICA.....	20
2.6.1. Definición.....	20
2.6.2. Componentes de la Mezcla Asfáltica en Caliente	20
2.6.2.1. Agregados pétreos	20
2.6.2.2. Ligante asfáltico	22
2.6.3. Clasificación de Cemento Asfáltico	23

2.6.3.1. Por penetración	23
2.6.3.2. Por viscosidad.....	23
2.6.3.3. Por grado de desempeño (PG)	24
2.6.4. Polímero	24
2.6.4.1. Termoendurecibles	24
2.6.4.2. Termo-plásticos	24
2.6.5. Cemento asfáltico modificado con polímero	24
2.6.6. Diseño de mezcla asfáltica en caliente	25
2.6.7. Diseño por el método Marshall	26
2.6.7.1. Propiedades volumétricas	26
2.6.7.2. Parámetros de diseño Marshall según MTC.....	27
2.6.7.2.1 Gravedad Específica Bulk de la mezcla compactada (Gmb).....	28
2.6.7.2.2 Vacíos en la mezcla total compactada o vacíos de aire	29
2.6.7.2.3 Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)	29
2.6.7.2.4 Vacíos llenados con asfalto (VFA).....	30
2.6.7.2.5 Fluencia.....	30
2.6.7.2.6 Estabilidad	30
2.6.7.2.7 Relación estabilidad – flujo	31
2.6.7.2.8 Relación polvo – asfalto	31
2.6.7.3. Desarrollo del método Marshall en laboratorio MTC E 504.....	32
2.6.7.4. Metodología de hoja de cálculo Marshall.....	36
2.6.7.5. Criterio para obtención del contenido óptimo de asfalto.....	38
2.6.8. Analisis de la susceptibilidad al daño por humedad de la mezcla asfáltica a partir del ensayo de tracción indirecta TSR - MTC E 522.....	39
2.6.8.1. Elaboración de muestras	40
2.6.8.2. Obtención de 7% de vacíos	41
2.6.8.3. Procedimiento del ensayo	41
2.6.8.4. Cálculo del ensayo.....	43
2.6.9. Analisis de la susceptibilidad al daño por humedad de la mezcla asfáltica a partir del ensayo de inmersión – compresión MTC E 518.....	43
2.6.9.1. Elaboración de muestras	44
2.6.9.2. Procedimiento del ensayo	45
2.6.9.3. Cálculo del ensayo.....	46
2.6.10. Absorción de agregados pétreos.....	47
CAPÍTULO III	48

3. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFALTICO SEGÚN EL GRADO DE DESEMPEÑO	48
3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	48
3.1.1. Metodología de cálculo	48
3.1.2. Condiciones hidrometeorológicas	51
3.1.3. Recopilación de Información meteorológicos.....	51
3.2. CALCULO DEL GRADO DE DESEMPEÑO AASHTO M323-13	53
3.2.1. Ajustes del grado de desempeño por Trafico y Velocidad.....	55
3.2.2. Ajuste del grado de desempeño por profundidad.....	57
3.2.3. Ajuste total	58
3.3. CALCULO DEL GRADO DE DESEMPEÑO AASHTO M332-14	59
3.4. RESUMEN DE RESULTADOS.....	60
CAPÍTULO IV.....	61
4. ESTUDIO DE TRÁFICO	61
4.1. UBICACIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO	61
4.2. ALCANCE.....	61
4.3. ESTUDIO VOLUMETRICO Y DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR.....	61
4.3.1. Estaciones de control y conteo	61
4.3.2. Resultados de conteos vehiculares	63
4.3.2.1. Sentido Arequipa	63
4.3.2.2. Sentido Juliaca.....	66
4.3.3. Cálculo de índice medio diario semanal (IMDs) por clasificación de vehículo	69
4.3.4. Índice medio diario semanal (IMDs) con nivel de confiabilidad.....	70
4.3.5. Cálculo de índice medio diario anual (IMDA) por clasificación de vehículo	74
4.3.6. Tasa anual de crecimiento de tránsito	75
4.3.7. Proyección de tráfico.....	76
4.3.8. Factor camión.....	78
4.3.9. Factor direccional y carril	81
4.3.10. Factor de crecimiento acumulado	82
4.3.11. Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 t. o tránsito de diseño	83
4.4. ESTUDIO DE VELOCIDADES.....	84
CAPÍTULO V	95
5. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	95
5.1. GENERALIDADES.....	95

5.2. EXPLORACIÓN DEL SUELO.....	95
5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE.....	99
5.3.1. Granulometría de suelo por tamizado	99
5.3.2. Humedad natural y nivel freático	100
5.3.3. Límites de consistencia	101
5.3.4. Gravedad específica de los sólidos.....	102
5.3.5. Otras propiedades físicas importantes.....	103
5.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	104
5.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE	105
5.5.1. Compactación de suelos	105
5.5.2. Capacidad de soporte del suelo (CBR)	106
CAPÍTULO VI.....	108
6. DESCRIPCION DE MATERIAL BASE Y SUB BASE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	108
6.1. Obtención de material base y sub base	108
6.2. Ensayos para material sub base según manual de carreteras EG-2013	108
6.2.1. Requerimiento Granulométrico para Sub base Granular	108
6.2.2. Requerimiento de ensayos especiales	110
6.2.2.1. Abrasión de Los Ángeles.....	110
6.2.2.2. Limite Líquido.....	111
6.2.2.3. Limite Plástico e Índice de Plasticidad.....	111
6.2.2.4. Equivalente de Arena.....	112
6.2.2.5. Sales Solubles	112
6.2.2.6. Partículas Chatas y Alargadas	113
6.2.2.7. CBR	114
6.3. Ensayos para material Base según manual de carreteras EG-2013.....	114
6.3.1. Requerimiento Granulométrico para Base Granular	114
6.3.2. Requerimiento de ensayos especiales	116
6.3.2.1. Ensayos Material Agregado Grueso	116
6.3.2.1.1 Partículas con una cara fracturada	116
6.3.2.1.2 Partículas con dos caras fracturadas	117
6.3.2.1.3 Abrasión Los Ángeles.....	117
6.3.2.1.4 Partículas Chatas y Alargadas.....	118
6.3.2.1.5 Sales Solubles Totales	118
6.3.2.1.6 Durabilidad al Sulfato de Magnesio	118

6.3.2.2. Ensayos Material Agregado Fino	118
6.3.2.2.1 Índice Plástico	118
6.3.2.2.2 Equivalente de Arena	118
6.3.2.2.3 Sales Solubles	119
6.3.2.2.4 Durabilidad al Sulfato de Magnesio	119
6.3.2.3. CBR DE BASE GRANULAR	119
6.4. Resumen de resultados de ensayos especiales	119
6.4.1. Resultados Ensayos Sub base.....	119
6.4.2. Resultados Ensayos Base	120
6.4.2.1. Resultados Agregado Grueso	121
6.4.2.2. Resultados Agregado Fino	121
6.4.2.3. Valor de CBR de Base.....	122
CAPÍTULO VII	123
7. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93	123
7.1. Información del proyecto	123
7.2. Diseño Estructural Según Manual de Carretera MTC	123
7.2.1. Periodo de Diseño	123
7.2.2. Variables.....	124
7.2.2.1. Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes (W_{18})	124
7.2.2.2. Módulo de Resiliencia (M_R)	124
7.2.2.3. Confiabilidad (%R)	126
7.2.2.4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R)	126
7.2.2.5. Desviación Estándar Combinada (S_O)	127
7.2.2.6. Variación del Índice de serviciabilidad (ΔPSI)	127
7.2.3. Cálculo de espesores de pavimento flexible AASHTO 93	128
7.3. Diseño estructural según AASHTO 93	130
7.3.1. Modulo resiliente y coeficiente estructural de base	131
7.3.2. Modulo resiliente y coeficiente estructural sub base	132
7.3.3. Modulo resiliente y coeficiente estructural carpeta asfáltica	133
7.3.4. Cálculo de espesores AASHTO 93	135
CAPÍTULO VIII	137
8. ANALISIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS PARA DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA.....	137
8.1. Estudio preliminar de canteras	137
8.2. Caracterización del agregado grueso de normal y alta absorción	138

8.2.1. Análisis granulométrico	139
8.2.2. Durabilidad al sulfato de magnesio	139
8.2.3. Abrasión los ángeles.....	140
8.2.4. Adherencia	141
8.2.5. Índice de durabilidad	142
8.2.6. Partículas chatas y alargadas	143
8.2.7. Caras fracturadas	144
8.2.8. Sales solubles totales	145
8.2.9. Peso específico y absorción.....	145
8.2.10. Peso unitario de los agregados	146
8.3. Caracterización del agregado fino de normal y alta absorción	147
8.3.1. Análisis granulométrico	147
8.3.2. Equivalente de arena	148
8.3.3. Angularidad	149
8.3.4. Azul de metileno	150
8.3.5. Índice de plasticidad (malla n° 40 y n° 200).....	150
8.3.6. Durabilidad al sulfato de magnesio	152
8.3.7. Índice de durabilidad.....	152
8.3.8. Sales solubles totales.....	153
8.3.9. Peso específico y absorción.....	154
8.3.10. Peso unitario de los agregados	155
8.4. Resumen de resultados de ensayos	155
8.4.1. Caracterización de Agregado Grueso de normal absorción	156
8.4.2. Caracterización de Agregado Grueso de alta absorción.....	157
8.4.3. Caracterización de Agregado fino de normal absorción	158
8.4.4. Caracterización de Agregado fino de alta absorción.....	159
8.4.5. Caracterización del filler	160
8.4.6. Caracterización del Cemento Asfáltico Convencional.....	160
8.4.7. Caracterización del Cemento Asfáltico modificado con Polímeros.....	161
CAPÍTULO IX.....	162
9. DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE–METODO MARSHALL	162
9.1. Consideraciones Generales	162
9.2. Requerimiento Granulométrico para diseño de mezclas asfálticas	163
9.3. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de normal absorción y asfalto convencional	165

9.3.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio	165
9.3.2. Calculo teórico del contenido óptimo de asfalto	165
9.3.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504	168
9.3.3.1. Peso Específico Bulk vs Porcentaje de asfalto	169
9.3.3.2. Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto	169
9.3.3.3. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA) vs porcentaje de asfalto	170
9.3.3.4. Flujo vs porcentaje de asfalto	170
9.3.3.5. Estabilidad vs porcentaje de asfalto.....	171
9.3.3.6. Índice de Rigidez vs Porcentaje de Asfalto	171
9.3.3.7. Vacíos llenos con asfalto (VFA) vs Porcentaje de Asfalto	172
9.3.3.8. Relación polvo asfalto	173
9.3.4. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfaltico.....	173
9.3.5. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall	174
9.4. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de normal absorción y asfalto con polímero	176
9.4.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio	176
9.4.2. Calculo teórico del contenido óptimo de asfalto	176
9.4.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504	176
9.4.3.1. Peso Específico Bulk vs Porcentaje de asfalto	177
9.4.3.2. Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto	178
9.4.3.3. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA) vs porcentaje de asfalto	178
9.4.3.4. Flujo vs porcentaje de asfalto	179
9.4.3.5. Estabilidad vs porcentaje de asfalto.....	179
9.4.3.6. Índice de Rigidez vs Porcentaje de Asfalto	180
9.4.3.7. Vacíos llenos con asfalto (VFA) vs Porcentaje de Asfalto	180
9.4.3.8. Relación polvo asfalto	181
9.4.1. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfaltico.....	181
9.4.2. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall	182
9.5. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de Alta Absorción y Asfalto Convencional	183
9.5.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio	184
9.5.2. Calculo teórico del contenido óptimo de asfalto	184
9.5.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504	185
9.5.3.1. Graficas de parámetros Marshall	186

9.5.4. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfáltico.....	187
9.5.5. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall.....	187
9.6. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de Alta Absorción y Asfalto con Polímero	188
9.6.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio	188
9.6.2. Calculo teórico del contenido óptimo de asfalto	189
9.6.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504	189
9.6.3.1. Graficas de parámetros Marshall	190
9.6.4. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfáltico.....	191
9.6.5. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall.....	192
CAPÍTULO X	193
10. DESEMPEÑO POR HUMEDAD: INMERSIÓN – COMPRESIÓN Y RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA TSR.....	193
10.1. Resultados Ensayo Inmersión - Compresión.....	193
10.1.1. Inmersión – compresión para agregado de normal absorción y asfalto convencional.....	193
10.1.2. Inmersión – Compresión para agregado normal absorción y asfalto con polímero	196
10.1.3. Inmersión – compresión para agregado de alta absorción y asfalto convencional.....	198
10.1.4. Inmersión – Compresión para agregado de alta absorción y asfalto con polímero	201
10.2. Resultados Ensayo Resistencia tracción indirecta TSR	203
10.2.1. TSR para agregados de normal absorción y asfalto convencional.....	203
10.2.2. TSR para agregados de normal absorción y asfalto con polímero	207
10.2.3. TSR para agregados de alta absorción y asfalto convencional	211
10.2.4. TSR para agregados de alta absorción y asfalto con polímero	214
CAPÍTULO XI.....	219
11. ANALISIS DE RESULTADOS ENTRE MEZCLAS ASFALTICAS CON ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO PARA AGREGADOS DE ALTA Y NORMAL ABSORCION.....	219
11.1. ANALISIS DISEÑO MARSHALL	219
11.1.1. Contenido óptimo de asfalto para cada diseño de Marshall.....	219
11.1.2. Peso específico Bulk	219
11.1.3. Porcentaje de vacíos	220
11.1.4. VMA.....	221
11.1.5. VFA.....	222

11.1.6. ESTABILIDAD	223
11.1.7. FLUJO	224
11.1.8. RELACION ESTABILIDAD – FLUJO	225
11.1.9. RELACION POLVO ASFALTO	226
11.2. ANALISIS RESULTADOS DE ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA TSR	227
11.3. ANALISIS RESULTADOS DE ENSAYO INMERSIÓN - COMPRESIÓN	229
CAPÍTULO XII	232
12. ANÁLISIS ECONÓMICO	232
12.1. METRADO Y PARTIDAS	232
12.2. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE NORMAL ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL	233
12.2.1. Cantidad por m ³ para cada componente de la MAC	233
12.2.2. Presupuesto del Pavimento.....	233
12.3. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE NORMAL ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO	235
12.3.1. Cantidad por m ³ para cada componente de la MAC	235
12.3.2. Presupuesto del Pavimento.....	235
12.4. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE ALTA ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL	237
12.4.1. Cantidad por m ³ para cada componente de la MAC	237
12.4.2. Presupuesto del Pavimento.....	237
12.5. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE ALTA ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFALTICO MODIFICADA CON POLÍMERO	239
12.5.1. Cantidad por m ³ para cada componente de la MAC	239
12.5.2. Presupuesto del Pavimento.....	239
12.6. RESUMEN DE PRESUPUESTOS OBTENIDOS PARA CADA MAC... 241	
12.7. RESUMEN Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS OBTENIDOS.... 241	
CONCLUSIONES	244
RECOMENDACIONES	248
BIBLIOGRAFÍA	250
ANEXOS	253

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Subbase Granular Requerimientos de Ensayos Especiales	12
Tabla 2: Requerimientos granulométricos para Subbase Granular	13
Tabla 3: Requerimientos Agregado grueso	14
Tabla 4: Requerimientos Agregado fino	14
Tabla 5: Requerimientos granulométricos para Base Granular	14
Tabla 6: CBR para Base Granular	15
Tabla 7: Requerimientos para los agregados gruesos.....	21
Tabla 8: Requerimientos para los agregados finos.....	21
Tabla 9: Requerimientos granulométricos para Base Granular.....	22
Tabla 10: Cemento asfáltico en función de la temperatura media anual.....	23
Tabla 11: Requerimientos para la mezcla asfáltica	27
Tabla 12: Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)	28
Tabla 13: Mezcla asfáltica tipo superpave: Vacíos llenos con asfalto (VFA).....	28
Tabla 14: Esquema y procedimiento de llenado Hoja Marshall.....	36
Tabla 15: Rango de temperaturas del cemento asfáltico clasificado por PG 52, PG 58 y PG 64.....	50
Tabla 16: Resumen de Información meteorológicos por año.....	53
Tabla 17: Datos de cálculo	54
Tabla 18: Ajuste de la temperatura alta del PG en función del tráfico de diseño y velocidad de tráfico.	56
Tabla 19: Ajuste de tráfico para Alta Temperatura	57
Tabla 20: Denominación del grado de desempeño según AASHTO M332-14.....	59
Tabla 21: Resumen de Resultados AASHTO M323-13.....	60
Tabla 22: Resumen de resultados AASHTO M332-14.....	60
Tabla 23: Punto de control y conteo vehicular	62
Tabla 24: Cronograma de trabajo	63
Tabla 25: Resumen de conteo por clasificación de vehículos en sentido Arequipa.....	63
Tabla 26: Resumen de conteo por clasificación de vehículos en sentido Juliaca.....	66
Tabla 27: Índice medio diario semanal por tipo de vehículo en ambos sentidos	69
Tabla 28: Índice medio diario semanal con 95% de confiabilidad por tipo de vehículo en sentido Arequipa.....	72
Tabla 29: Índice medio diario semanal con 95% de confiabilidad por tipo de vehículo en sentido Juliaca	73
Tabla 30: Índice medio diario anual por tipo de vehículo en ambos sentidos.....	74
Tabla 31: Número de vehículos del Peaje Patahuasi (Pampas Cañahuas)	75
Tabla 32: IMDA de cada año del Peaje Patahuasi para vehículo ligero y pesado	75
Tabla 33: Proyección del tráfico por tipo de vehículo	77
Tabla 34: Pesos y medidas máximas permitidas	79
Tabla 35: Relación de cargas por eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Pavimentos Flexibles.....	80
Tabla 36: Factor camión por tipo de vehículo	80
Tabla 37: Factor de distribución direccional y por carril	82

Tabla 38: Número de Ejes Equivalentes para sentido Arequipa	83
Tabla 39: Número de Ejes Equivalentes para sentido Juliaca	84
Tabla 40: Resumen para estudio de velocidad instantánea – Sentido Arequipa	85
Tabla 41: Número de Intervalos de Clase por tamaño de muestra	86
Tabla 42: Ancho de Intervalo para estudio de Velocidad Instantánea – Sentido Arequipa	86
Tabla 43: Distribuciones de Frecuencia de Velocidad de Punto – Sentido Arequipa....	87
Tabla 44: Valores representativos – Sentido Arequipa	90
Tabla 45: Percentiles – Sentido Arequipa	90
Tabla 46: Resumen para estudio de velocidad instantánea – Sentido Juliaca	91
Tabla 47: Ancho de Intervalo para estudio de Velocidad Instantánea – Sentido Juliaca.....	91
Tabla 48: Distribuciones de Frecuencia de Velocidad de Punto – Sentido Juliaca.....	92
Tabla 49: Valores representativos – Sentido Juliaca	93
Tabla 50: Percentiles – Sentido Juliaca	94
Tabla 51: Número de calicatas para exploración de suelos	95
Tabla 52: Detalle de espesores de los estratos encontrados.	99
Tabla 53: Distribución de partículas; gravas, arenas y/o finos.....	99
Tabla 54: Contenido de humedad y nivel freático de calicatas.	100
Tabla 55: Limites de consistencia por estratos.	102
Tabla 56: Gravedad Específica de los sólidos por estrato.	103
Tabla 57: Propiedades Volumétricas por estrato	104
Tabla 58: Clasificación SUCS y AASHTO por estrato.....	105
Tabla 59: Máxima densidad seca y humedad optima por estrato.....	105
Tabla 60: Capacidad de soporte del suelo (CBR).....	107
Tabla 61: Granulometría material Sub base	109
Tabla 62: Granulometría material Base	115
Tabla 63: Resultados de ensayos material Subbase.....	120
Tabla 64: Resultados ensayos agregado grueso de material Base.....	121
Tabla 65: Resultados agregado fino para material Base.....	121
Tabla 66: Valor de CBR para material Base	122
Tabla 67: Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño	124
Tabla 68: Categorías de Sub rasante	125
Tabla 69: Valores de nivel de confiabilidad según rango de tráfico	126
Tabla 70: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R) según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y Rango de Trafico	126
Tabla 71: Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) según rango de tráfico	127
Tabla 72: Índice de serviciabilidad final	128
Tabla 73: Variables y cálculo del Número Estructural (SN).....	128
Tabla 74: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_1	129
Tabla 75: Espesores y Número Estructural Propuesto	130
Tabla 76: Calculo de Modulo Resiliencia de carpeta asfáltica.....	134
Tabla 77: Calculo espesor para MAC desfavorable	135
Tabla 78: Espesor de pavimento para una MAC favorable.....	136

Tabla 79: Absorción de Canteras.....	137
Tabla 80: Resultados de absorción de agregados pétreos por cantera.....	137
Tabla 81: Caracterización de Agregado Grueso de normal Absorción	156
Tabla 82: Caracterización de Agregado Grueso de alta absorción.....	157
Tabla 83: Caracterización de Agregado fino de normal absorción	158
Tabla 84: Caracterización de Agregado fino de alta absorción.....	159
Tabla 85: Caracterización de Filler Silico CARPETEK	160
Tabla 86: Características cemento Asfáltico PEN 120/150.....	160
Tabla 87: Características Cemento Asfáltico modificado con Polímeros SBS	161
Tabla 88: Combinación de agregados pétreos y filler en MAC - 1	163
Tabla 89: Dosificación de granulometría por porcentaje de asfalto en diseño.....	164
Tabla 90: Parámetros de materiales pétreos	165
Tabla 91: Cálculo del Área Superficial para MAC-1	166
Tabla 92: Peso específico de agregado combinado bulk, aparente y efectivo	167
Tabla 93: contenido óptimo de asfalto teórico para MAC-1 para agregados normal absorción.....	168
Tabla 94: Resultados de parámetros Marshall por porcentaje de asfalto para Agregado normal Absorción y asfalto convencional	168
Tabla 95: Resultados posibles de contenido óptimo de asfalto para agregados de normal absorción y asfalto convencional.....	174
Tabla 96: Comprobación contenido óptimo de asfalto para agregado normal absorción y asfalto convencional	175
Tabla 97: Parámetros de materiales pétreos para agregado normal absorción y asfalto con polímero	176
Tabla 98: Resultados de parámetros Marshall por porcentaje de asfalto para agregado normal absorción y asfalto con polímero	176
Tabla 99: Posibles contenidos óptimos de asfalto para agregado normal absorción y asfalto con polímero	182
Tabla 100: Comprobación de contenido óptimo de asfalto para agregado normal absorción y asfalto con polímero.....	183
Tabla 101: Parámetros de material pétreo para agregado alta absorción asfalto convencional.....	184
Tabla 102: Peso Específico de agregado combinado para agregados de alta absorción y asfalto convencional	184
Tabla 103: Contenido de asfalto óptimo teórico para agregado de alta absorción y asfalto convencional	185
Tabla 104: Resultados de parámetros Marshall para agregados de alta absorción y asfalto convencional	185
Tabla 105: Posibles contenidos óptimos de asfalto para agregado de alta absorción y asfalto convencional	187
Tabla 106: Comprobación contenido óptimo de asfalto para agregados alta absorción y agregado convencional	188
Tabla 107: Parámetros de Marshall para agregados con alta absorción y asfalto con polímero.....	189

Tabla 108: Resultados parámetros Marshall para agregados alta absorción y asfalto con polímero.....	189
Tabla 109: Posibles contenidos óptimos de asfalto para agregados alta absorción y asfalto con polímero	191
Tabla 110: Comprobación contenido óptimo de asfalto para agregados alta absorción y asfalto con polímero	192
Tabla 111: Inmersión - Compresión estado seco para agregados de normal absorción y asfalto convencional	194
Tabla 112: inmersión - Compresión estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto convencional	195
Tabla 113: resistencia retenida para agregados de normal absorción y asfalto convencional.....	195
Tabla 114: inmersión – Compresión estado seco para agregados de normal absorción y asfalto con polímero	196
Tabla 115: Inmersión – Compresión estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto con polímero.....	197
Tabla 116: Resistencia retenida para agregados de normal absorción y asfalto con polímero.....	198
Tabla 117: inmersión – Compresión estado seco para agregados de alta absorción y asfalto convencional	199
Tabla 118: inmersión – Compresión estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto convencional	200
Tabla 119: resistencia retenida para agregados de alta absorción y asfalto convencional	200
Tabla 120: inmersión – Compresión estado seco para agregados de alta absorción y asfalto con polímero	201
Tabla 121: inmersión – Compresión estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto con polímero	202
Tabla 122: Resistencia retenida para agregados de alta absorción y asfalto con polímero	203
Tabla 123: Porcentaje de Vacíos al 7% para agregado normal absorción y asfalto convencional.....	203
Tabla 124: TSR estado seco para agregados de normal absorción y asfalto convencional	205
Tabla 125: TSR estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto convencional.....	206
Tabla 126: Razón de esfuerzo a tensión para agregados de normal absorción y asfalto convencional.....	207
Tabla 127: Porcentaje de vacíos al 7% para agregados de normal absorción y asfalto con polímero.....	207
Tabla 128: TSR estado seco para agregados de normal absorción y asfalto con polímero	209
Tabla 129: TSR estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto con polímero.....	210

Tabla 130: Razón de esfuerzo a tensión para agregado normal absorción y asfalto con polímero.....	211
Tabla 131: Vacíos al 7% para agregados de alta absorción y asfalto convencional	211
Tabla 132: TSR estado seco para agregados de alta absorción y asfalto convencional	212
Tabla 133: TSR estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto convencional	213
Tabla 134: Razón del esfuerzo a tensión para agregados de alta absorción y asfalto convencional.....	214
Tabla 135: Vacíos al 7% para agregados de alta absorción y asfalto con polímero.....	214
Tabla 136: TSR estado seco para agregados de alta absorción y asfalto con polímero	216
Tabla 137: TSR estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto con polímero	217
Tabla 138: Razón de esfuerzo a tensión para agregados de alta absorción y asfalto con polímero.....	218
Tabla 139: Metrado para vía Tramo 141+180 al 141+400 de la carretera Interoceánica	232
Tabla 140: Cantidad de material por m ³ para una MAC de normal absorción y asfalto convencional	233
Tabla 141: Presupuesto para pavimento de una MAC de normal absorción y asfalto convencional.....	233
Tabla 142: APU para una MAC de normal absorción y asfalto convencional.....	234
Tabla 143: Cantidad de material por m ³ para una MAC de normal absorción y asfalto con polímero.....	235
Tabla 144: Presupuesto de pavimento para una MAC de normal absorción y asfalto con polímero.....	235
Tabla 145: APU para una MAC de normal absorción y asfalto con polímero.....	236
Tabla 146: Cantidad de material para una MAC de alta absorción y asfalto convencional	237
Tabla 147: Presupuesto de pavimento para una MAC de alta absorción y asfalto convencional.....	237
Tabla 148: APU para una MAC de alta absorción y asfalto convencional	238
Tabla 149: Cantidad de material para una MAC de alta absorción y asfalto con polímero	239
Tabla 150: Presupuesto de pavimento para una MAC con alta absorción y asfalto con polímero.....	239
Tabla 151: APU para una MAC con alta absorción y asfalto con polímero	240
Tabla 152: Resumen de Presupuesto para los diseños MAC desarrollados	241
Tabla 153: Resumen de Análisis de Precios Unitarios para los diseños MAC desarrollados	241

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Comportamiento del Asfalto	23
Figura 2: Efecto de la adición de polímero sobre la susceptibilidad térmica del asfalto	25
Figura 3: Esquema de una mezcla asfáltica HMA (en caliente) compactada	27
Figura 4: Mezcla asfáltica para una bachada.....	32
Figura 5: Chuseado de material asfáltico en molde.....	33
Figura 6: Compactación de mezcla asfáltica en caliente.....	33
Figura 7: Retiro de molde cilíndrico del espécimen.....	34
Figura 8: Especímenes saturados para el cálculo de peso específico bulk.....	34
Figura 9: Briquetas sumergidas en baño María a 60°C	35
Figura 10: Toma de datos en la maquina Marshall	35
Figura 11: Especimen cubierto con bolsa hermética	42
Figura 12: Compresión en maquina Marshall con cabezal Lottman	42
Figura 13: Daño 5 de briquetas después de ser sometidas a esfuerzo	43
Figura 14: Especímenes sumergidos a 25°C.....	45
Figura 15: Compresión de briqueta en maquina.....	46
Figura 16: Especimen después de Comprimido	46
Figura 17: Conteo vehicular en turno diurno.....	62
Figura 18: Conteo vehicular en turno nocturno.....	62
Figura 19: Tramo para estudio de velocidades.....	85
Figura 20: Ubicación de la zona de Investigación.....	96
Figura 21: Excavación de calicata 1	97
Figura 22: Medición de estratos y profundidad de calicata 1.....	97
Figura 23: Excavación calicata 2.....	98
Figura 24: Boloneria en la profundidad de calicata 2.....	98
Figura 25: Distribución de partículas de estrato 1 calicata 1.....	99
Figura 26: Distribución de partículas estrato 2 calicata 1	100
Figura 27: Contenido de humedad en laboratorio UCSM.....	101
Figura 28: Limite liquido en cuchara de casa grande.....	102
Figura 29: Limite plástico de material extraído.	102
Figura 30: Gravedad especifica de los suelos en picnómetro.....	103
Figura 31: Estado de muestra para ensayar Gravedad especifica.....	103
Figura 32: Peso unitario en laboratorio UCSM	104
Figura 33: Ensayo de proctor modificado en laboratorio UCSM.....	106
Figura 34: Ensayo de CBR en laboratorio de UCSM.....	107
Figura 35: Material Sub base después de retirado de Maquina Los Ángeles.....	111
Figura 36: Limite liquido material sub base.....	111
Figura 37: Equivalente de Arena material Sub base.....	112
Figura 38: Sales solubles material Sub base.....	113
Figura 39: Chatas y alargadas Sub base	113
Figura 40: CBR para material sub base	114
Figura 41: Caras fracturadas Agregado Grueso material Base.....	117
Figura 42: Dos caras fracturadas para material Base	117
Figura 43: Duración al sulfato de magnesio material Base	118
Figura 44: CBR para Base	119
Figura 45: Espesores de pavimento flexible calculado	130
Figura 46: Relación de CBR, módulo de resiliencia y Coeficiente estructural de Base.	131

Figura 47: Ábaco para determinar modulo resiliente y coeficiente estructural de Sub base	132
Figura 48: Abaco para determinar el coeficiente estructural a partir del módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica.	134
Figura 49: Agregado Pétreo La poderosa	138
Figura 50: Ejecución de ensayos en el laboratorio de la UCSM.....	138
Figura 51: Análisis granulométrico de material grueso La Poderosa.....	139
Figura 52: Análisis granulométrico de agregado grueso Socabaya.....	139
Figura 53: Durabilidad al sulfato de magnesio pétreo normal absorción.....	140
Figura 54: Abrasión de los Ángeles de agregados La Poderosa.....	140
Figura 55: Abrasión Los Ángeles agregado Socabaya.....	141
Figura 56: Adherencia de agregado pétreo.....	141
Figura 57: Adherencia agregado grueso Socabaya.....	142
Figura 58: Ensayo de Índice de Durabilidad en laboratorio UCSM.....	142
Figura 59: Partículas chatas y alargadas de agregados La Poderosa	143
Figura 60: Partículas chatas y alargadas de agregados Socabaya	143
Figura 61: Caras fracturadas de agregados La Poderosa	144
Figura 62: Caras fracturadas agregados Socabaya	144
Figura 63: Sales solubles para agregados La Poderosa	145
Figura 64: Sales solubles agregado Socabaya	145
Figura 65: Material sumergido para cálculo de peso específico	146
Figura 66: Agregados superficialmente saturado	146
Figura 67: Peso Unitario de los agregados	147
Figura 68: Granulometría agregado fino La socabaya	147
Figura 69: Granulometría agregado fino Socabaya.....	148
Figura 70: Equivalente Arena Agregado fino La Poderosa.....	148
Figura 71: Equivalente Arena Agregado fino Socabaya	149
Figura 72: Angularidad de agregado fino.....	149
Figura 73: Azul de metileno agregado fino La Poderosa	150
Figura 74: Azul de metileno agregado fino Socabaya.....	150
Figura 75: Limite liquido Agregado fino La Poderosa.....	151
Figura 76: Limite Liquido Agregado fino Socabaya.....	151
Figura 77: Limite plástico de agregados	151
Figura 78: Durabilidad al Sulfato de magnesio de agregados pétreos	152
Figura 79: Índice de durabilidad.....	152
Figura 80: Alícuotas de agregado fino Socabaya	153
Figura 81: Sales solubles de agregado fino La Poderosa	153
Figura 82: Gravedad específica y absorción de agregados finos La Poderosa.....	154
Figura 83: Gravedad específica y absorción de agregados finos Socabaya	154
Figura 84: Peso unitario agregados Finos	155

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Ejemplo de obtención de vacíos al 7%.....	41
Gráfica 2: Grafico de Correspondencia de Datos meteorológicos Estación Pillones.....	52
Gráfica 3: Grafica Final de datos meteorológicos Estación Pillones	52
Gráfica 4: Composición de vehículos ligero en sentido Arequipa	64
Gráfica 5: Variación horaria por total de vehículos en sentido Arequipa	64
Gráfica 6: Variación horaria por tipo de vehículo ligero en sentido Arequipa	65
Gráfica 7: Número de vehículos en total por día en sentido Arequipa.....	66
Gráfica 8: Composición de vehículos ligero en sentido Juliaca.....	67
Gráfica 9: Variación horaria por total de vehículos en sentido Juliaca	67
Gráfica 10: Variación horaria por tipo de vehículo ligero en sentido Juliaca	68
Gráfica 11: Número de vehículos en total por día en sentido Juliaca	68
Gráfica 12: Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros del Peaje Patahuasi	76
Gráfica 13: Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados del Peaje Patahuasi	76
Gráfica 14: Proyección del IMDA en 10 y 20 años	78
Gráfica 15: Histograma y Polígono de Frecuencias de Velocidades de Punto – Sentido Arequipa	88
Gráfica 16: Curva de Frecuencia observada de Velocidades de Punto – Sentido Arequipa	88
Gráfica 17: Curva de Frecuencia Acumulada de Velocidades de Punto – Sentido Arequipa	89
Gráfica 18: Histograma y Polígono de Frecuencias de Velocidades de Punto – Sentido Juliaca	92
Gráfica 19: Curva de Frecuencia observada de Velocidades de Punto – Sentido Juliaca	93
Gráfica 20: Curva de Frecuencia Acumulada de Velocidades de Punto – Sentido Juliaca	93
Gráfica 21: Curva Granulométrica de sub base.....	110
Gráfica 22: Curva granulométrica para material Base	115
Gráfica 23: Distribución granulométrica MAC 1.....	164
Gráfica 24: Abaco para cálculo de índice asfáltico por unidad de área superficial.....	167
Gráfica 25: Peso específico bulk vs porcentaje de asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional	169
Gráfica 26: % vacíos vs % de asfalto en MAC normal absorción y asfalto convencional	169
Gráfica 27: VMA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional .	170
Gráfica 28: Flujo vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional ..	171
Gráfica 29: Estabilidad vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional	171
Gráfica 30: Índice de rigidez vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional.....	172
Gráfica 31: VFA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional...	172
Gráfica 32: Polvo-Asfalto vs %asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional.....	173

Gráfica 33: Peso específico bulk vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero.....	177
Gráfica 34: % vacíos vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero	178
Gráfica 35: VMA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero .	178
Gráfica 36: Flujo vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero ..	179
Gráfica 37: Estabilidad vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero	179
Gráfica 38: Índice de rigidez vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero.....	180
Gráfica 39: VFA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero...	180
Gráfica 40: Polvo-asfalto vs % de asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero.....	181
Gráfica 41: Parámetros mecánicos y volumétricos Marshall para una MAC alta absorción y asfalto convencional.....	186
Gráfica 42: Parámetros mecánicos y volumétricos Marshall para una MAC alta absorción y asfalto con polímero.....	190
Gráfica 43: % vacíos vs N° de golpes para una MAC normal absorción y asfalto convencional.....	204
Gráfica 44: % vacíos vs N° de golpes para una MAC normal absorción y asfalto con polímero.....	208
Gráfica 45: % Vacíos vs N° de golpes para una MAC alta absorción y asfalto convencional.....	211
Gráfica 46: %vacíos vs N° de golpes para una MAC alta absorción y asfalto con polímero.....	215
Gráfica 47: Contenido óptimo de asfalto vs tipo de agregado y mezcla	219
Gráfica 48: Peso específico bulk vs tipo de agregado y mezcla.....	220
Gráfica 49: Porcentaje de vacíos vs tipo de agregado y mezcla.....	221
Gráfica 50: VMA vs tipo de agregado y mezcla	222
Gráfica 51: VFA vs tipo de agregado y mezcla.....	223
Gráfica 52: Estabilidad vs tipo de agregado y mezcla	224
Gráfica 53: Flujo vs tipo de agregado y mezcla	225
Gráfica 54: Relación estabilidad fluencia vs tipo de agregado y mezcla	226
Gráfica 55: Relación polvo asfalto vs tipo de agregado y mezcla	227
Gráfica 56: TSR vs tipo de agregado y mezcla	228
Gráfica 57: Esfuerzo a la tensión (grupo seco) vs tipo de agregado y mezcla	228
Gráfica 58: Esfuerzo a la tensión (grupo sumergido) vs tipo de agregado y mezcla ...	229
Gráfica 59: Resistencia retenida vs tipo de agregado y mezcla	230
Gráfica 60: Resistencia a la compresión simple (grupo seco) vs tipo de agregado y mezcla.....	231
Gráfica 61: Resistencia a la compresión simple (grupo sumergido) vs tipo de agregado y mezcla.....	231
Gráfica 62: Sección típica existente vía transoceánica km 141+180 al 141+400	232
Gráfica 63: Presupuesto total vs MAC según tipo de agregado y cemento asfáltico...	241

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Índice medio diario	16
Ecuación 2: Formula para el cálculo del Número Estructural	19
Ecuación 3: Peso específico Bulk.....	29
Ecuación 4: Relación polvo-asfalto	31
Ecuación 5: Razón del esfuerzo a tensión de TSR	43
Ecuación 6: Índice de resistencia retenida inmersión – compresión	47
Ecuación 7: Temperatura Máxima	49
Ecuación 8: Coeficiente de variación de temperatura alta	49
Ecuación 9: Temperatura alta a cierto nivel de confiabilidad	49
Ecuación 10: Temperatura baja	49
Ecuación 11: Temperatura baja del grado de desempeño a cierto nivel de confiabilidad	49
Ecuación 12: Ajuste de la temperatura alta	57
Ecuación 13: Ajuste de la temperatura baja	58
Ecuación 14: Ajuste final de la temperatura alta	58
Ecuación 15: Ajuste final para temperatura baja.....	59
Ecuación 16: Índice medio diario semanal.....	69
Ecuación 17: Transito promedio diario anual.....	70
Ecuación 18: Error estándar de la media	70
Ecuación 19: Desviación estándar muestral	71
Ecuación 20: Índice medio diario anual corregido.....	74
Ecuación 21: Proyección de tráfico	76
Ecuación 22: Factor de crecimiento acumulado.....	82
Ecuación 23: Calculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 t.....	83
Ecuación 24: Velocidad media de punto	89
Ecuación 25: Desviación Estándar	89
Ecuación 26: Error estándar de la media	89
Ecuación 27: Tamaño apropiado de la muestra.....	90
Ecuación 28: Índice de Plasticidad.....	101
Ecuación 29: Índice de Grupo clasificación AASHTO.....	105
Ecuación 30: Modulo resiliente en función del CBR:.....	125
Ecuación 31: ecuación para cálculo de espesores según el número estructural	129
Ecuación 32: Ecuación de módulo de resiliencia de la base a partir de CBR	131
Ecuación 33: Modulo Resiliente de carpeta asfáltica	133
Ecuación 34: Formula para el cálculo teórico de contenido óptimo de asfalto	165
Ecuación 35: Formula para cálculo del área superficial.....	165
Ecuación 36: Ecuación para el cálculo de agregados combinados.....	167

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las carreteras a través de los años, han sido de gran ayuda para la interconexión entre ciudades. En el Perú, siendo un país con diversos factores climatológicos y geomorfológicos, se han aplicado diferentes materiales para el diseño de las carpetas de rodaduras. Sin embargo, a raíz del avance tecnológico del diseño de mezclas asfálticas en caliente, han surgido numerosas opciones del sistema de asfalto para el uso de los ingenieros, en tanto, esto también conlleva a que los estudios sean a mayor detalle y en otros casos no se tenga la totalidad de la información, es por ello que surge la necesidad de realizar investigaciones a los diferentes diseños de mezclas, para poder atribuirle su buen comportamiento en relación al lugar de aplicación y/o al accionar de la intemperie. Tal es el caso de nuestro lugar de aplicación de la presente investigación, ubicado en una región determinado por su gran variación térmica, situada a mayor de 3000 m.s.n.m y ser caracterizado por contar con la vía interoceánica que alberga masiva movilización de transportes particulares, privados, mineros y entre otros.

la localidad de san Antonio de Chuca, de la provincia de Caylloma, cuenta como punto de intersección la carretera interoceánica que permite interconectar los vehículos ligeros y pesados de los departamentos de Arequipa, Cusco y Puno, es por tal motivo que se determinó tomar un tramo en específico para analizar los estudios de tráfico, la situación climatológica, diseñar el pavimento flexible y finalmente determinar el contenido óptimo de ligante asfáltico para agregados de alta absorción y normal absorción.

Si bien es cierto que hay numerosos tipos de mezclas asfálticas modificadas con polímeros para diferentes problemáticas que ofrece su diseño, es de gran aporte para la

ciencia, poder realizar una comparación de las propiedades de los agregados pétreos usados para el diseño de mezclas asfálticas, puesto que ello nos dará mayor conocimiento de que tanto varia el consumo del ligante asfáltico, siendo esto una gran contribución para que los futuros diseñadores puedan seleccionar un óptimo diseño, de acuerdo al tipo de agregado(alta o normal absorción) que se le presente en obra.

Es preciso levantar información experimental y teórica para validar la presente investigación, teniendo como base anteriores antecedentes, siendo el caso de los polímeros SBS para apoyarnos en sus especificaciones técnicas que ofrece el proveedor. Y en el caso de los agregados, desarrollar la totalidad de ensayos requeridos según normativa peruana.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.2.1. Justificación Académica

El desarrollo de los diseños de pavimentos flexibles y diseño de mezclas asfálticas son temas de gran importancia académicamente en el desarrollo profesional, es por esta razón que relacionar aspectos puntuales, como son la influencia de los agregados pétreos con alta y normal absorción en el diseño de las mezclas asfálticas, permitirá tomar decisiones para proyectos en donde se presenten características similares para los futuros ingenieros. Cabe mencionar, que la presente investigación conlleva un estudio que aborda varios puntos del diseño vial de un pavimento asfáltico como son; determinación del grado de desempeño de la mezcla asfáltica, estudio de tráfico, caracterización de material base y sub base de un pavimento flexible, diseño del pavimento flexible, caracterización de materiales agregados pétreos de una mezcla asfáltica, determinación del contenido óptimo de asfalto y análisis económico de mezclas asfálticas convencionales y modificados adicionados con agregados pétreos con alta y normal absorción.

1.2.2. Justificación Social

El desarrollo de la presente investigación, pretende otorgar información sobre el uso de agregados pétreos con alta y normal absorción en la determinación del contenido óptimo del asfalto, debido a que en muchas zonas del país existen canteras que no cumplen con la exigencia de la normativa peruana EG 2013 en relación a la absorción de los agregados pétreos. Sin embargo, la presente investigación determinará en qué afecta a la mezcla asfáltica y si cumple o no con las especificaciones restantes; estabilidad, flujo, vacíos, etc. Con la información obtenida, se tendrá una aceptación o rechazo de los diferentes agregados pétreos en relación a la propiedad de la absorción cuando en futuros proyectos se encuentren bajo esta problemática, ello generará una mejora social a nivel nacional e internacional en relación al uso de los agregados pétreos.

1.2.3. Justificación Económica

Se obtendrá información precisa sobre el costo de desarrollar una mezcla asfáltica en caliente con las siguientes características; agregados pétreos con normal absorción y asfalto convencional, agregados pétreos con normal absorción y asfalto con polímero, agregados pétreos con alta absorción y asfalto convencional, finalmente agregados pétreos con alta absorción y asfalto con polímero.

Con los datos obtenidos, se podrá determinar económicamente, cuál es la mezcla asfáltica en caliente que mejor se adecue al presupuesto de las futuras obras que se propongan los proyectos de obras viales, el estudio pretende otorgar información precisa sobre una comparativa de realizar un diseño de mezcla asfáltica, y que los ingenieros puedan tomar la mejor decisión.

1.2.4. Justificación Ética

Las principales obras de inversión pública, en cuanto se refiere a infraestructura vial por lo general presenta mayor incidencia en actos de corrupción en relación a la calidad de los materiales y esto conlleva a que la obra presente deficiencias en su periodo de diseño. Sin embargo, la investigación busca dar alcance del uso de agregado pétreo que presenta alta absorción, siendo éste un indicativo que no necesariamente incumpla los parámetros de las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción- Manual de Carreteras (EG 2013).

1.2.5. Justificación Ambiental

El motivo de la elección del tramo de estudio del km 141+180.000 al km 141+400.000 del tramo 5 de la carretera Interoceánica Sur tiene como antecedente, la contaminación ambiental mediante el levamiento de polvo producido por el paso de los vehículos de transporte pesado, especialmente los de carga minera, a lo que la investigación presenta una alternativa de diseño de un pavimento flexible en caliente, para reducir el impacto ambiental respecto a lo señalado previamente.

1.3. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Perú es uno de los países con una geografía muy diversa cuya conectividad terrestre está limitada a factores económicos y externos. Actualmente, las vías más importantes del país están concesionadas para su mantenimiento por periodos largos, pero debido al crecimiento exponencial del transporte pesado, éstas se ven afectadas y su periodo de operatividad va disminuyendo conforme pasan los años. A esto, hay que añadirle los cambios climatológicos que se puedan presentar en la zona.

Asu vez, aquellas carreteras que están en la etapa de proyecto y se encuentran en lugares de gran altitud y con clima extremo, deben considerar a la absorción del agregado como

un factor importante para el diseño del asfalto de la carretera, ya que implicaría un mayor costo económico para la empresa que la ejecuta.

En la presente investigación, desarrollaremos si el consumo de asfalto se ve afectada por la absorción del agregado que se usa, y si pasa lo mismo con algunas de sus propiedades, sobre todo aquellas que impliquen su desempeño a la humedad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar el contenido óptimo y la influencia en sus propiedades volumétricas y parámetros de diseño, para una mezcla asfáltica en caliente con polímero y convencional con un agregado con alta y normal absorción diseñada por el método Marshall.

1.4.2. Objetivos Secundarios

- Comparar y analizar las propiedades volumétricas de los diseños Marshall realizados en el laboratorio.
- Comparar y analizar los resultados de los parámetros de diseño Marshall de los diseños desarrollados.
- Realizar el ensayo de desempeño por humedad de resistencia a la tracción indirecta (TSR) de los diseños de mezcla asfáltica en caliente ejecutados en el laboratorio y analizar sus resultados.
- Realizar el ensayo de desempeño por humedad de inmersión-compresión de los diseños de mezcla asfáltica en caliente ejecutados en el laboratorio y analizar sus resultados.
- Estimar y comparar los costos unitarios de un pavimento con las mezclas asfálticas diseñadas.
- Determinar el Grado de Desempeño Teórico del ligante asfáltico a usar para el diseño de la Mezcla Asfáltica en caliente, según el Sistema de Clasificación Superpave, en el distrito de San Antonio de Chuca, provincia de Caylloma, departamento Arequipa.

- Realizar un estudio de tráfico para la progresiva 141+180.000 al 141+400.000 Km del tramo 5 de la carretera Interoceánica Sur, usando el método del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)
- Realizar el estudio de suelos de la subrasante del tramo de estudio.
- Caracterizar los materiales subbase y base granular que se va a usar para el pavimento flexible siguiendo los requerimientos y parámetros de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG 2013).
- Diseñar el pavimento flexible de la carretera en investigación, aplicando el método del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y AASHTO 93.
- Determinar las propiedades mecánicas de los agregados pétreos usados para las mezclas asfálticas a través de los ensayos regulados en las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG 2013).

1.5. HIPOTESIS

Es probable que las mezclas asfálticas en caliente diseñadas con agregados pétreos cuyas propiedades de absorción son mayores a la especificada en los requerimientos de la EG 2013 implicaría un mayor consumo de cemento asfáltico convencional y polímero, asimismo, disminuiría su desempeño por humedad y sería mayor el costo de producción.

1.6. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.6.1. Alcances

el alcance de la investigación engloba geográficamente a localidades caracterizados con tener variación térmica extrema y ubicados a 3000 m.s.n.m. en el cálculo del diseño de pavimento flexible y a nivel nacional e internacional en el análisis de la influencia de los agregados pétreos con normal y alta absorción en el diseño de mezclas asfálticas en caliente.

El alcance de acuerdo a la línea de investigación, se considera el estudio de mecánica de suelos, transito, pavimentos y mezclas asfálticas en general.

Según el periodo de tiempo que se determinó la tesis, está considerado para un estudio de análisis de tráfico basado al año 2019, un diseño de pavimento flexible diseñado para un

periodo de 20 años y un análisis económico de las mezclas asfálticas realizados al mes de enero del 2021.

1.6.2. Limitaciones

- El cálculo del grado de desempeño teórico del cemento asfáltico comprende la obtención de datos climatológicos de la estación meteorológica más cercana al lugar de estudio. Sin embargo, se encontró data incompleta en ciertos periodos.
- La velocidad de tráfico que es requisito para la corrección del grado de desempeño teórico del ligante asfáltico, se estimó mediante un estudio de velocidades constantes promedios para vehículos pesados, la cual fue la única manera de poder obtener dicho dato.
- Complejidad en el desarrollo de ensayos para el ligante asfáltico modificado y convencional, por ende, serán proporcionados por la empresa proveedora con su respectivo certificado de calidad. Asimismo, los ensayos; índice de durabilidad y resistencia conservada a la prueba de tracción indirecta, requieren equipos e insumos especiales.

1.7. ANÁLISIS DE VARIABLES

1.7.1. Variable independiente

- El ligante asfáltico modificado con polímero y convencional con el agregado de normal y alta absorción que se usan como materiales para el diseño de mezclas asfálticas en caliente.

1.7.2. Variable dependiente

- Influencia en la variación o en el consumo de asfalto para cada diseño.
- Análisis de las propiedades volumétricas y los parámetros Marshall obtenidos de cada diseño.
- Análisis a la susceptibilidad a la humedad; esfuerzo a la tracción indirecta (TSR) e Inmersión - Compresión de mezclas asfálticas diseñadas mediante metodología Marshall.

1.8. ANTECEDENTES

- ESTUDIO Y ANALISIS DE DESEMPEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL PEN 85/100 PLUS Y MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON

POLIMERO TIPO SBS PG 70-28, Estrada Escalante Rafael, 2017, para obtención del grado al título profesional de Ing. Civil, Universidad Andina del Cusco.

El presente trabajo de investigación realiza un análisis comparativo de las propiedades principales del pavimento entre una mezcla asfáltica modificada con polímero y una convencional. Para ello, hace los ensayos para los agregados y el ligante asfáltico para la verificación de los límites establecidos en la normativa peruana. También ejecuta ensayos de desempeño para determinar el comportamiento de la mezcla asfáltica ante la resistencia a la fatiga y la deformación. La investigación concluye que un asfalto modificado con polímero mejora el desempeño mecánico de la carpeta asfáltica e incremento su periodo de vida útil, y es mucho más beneficioso que un ligante asfáltico convencional.

- EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD ENTRE EL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 120/150 MEJORADO CON UN PROMOTOR DE ADHERENCIA Y EL AGREGADO PIEDRA TIPO GRANITO (C. LEOPOLDO) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD Y RESISTENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE, CASO TRAMO BAMBAMARCA-HUALGAYOC DE LA CARRETERA CHONGOYAPE-COCHABAMBA-CAJAMARCA, Macedo Vilca Alexsandra, 2016, para obtener el grado de Maestra en Transportes y Conservación vial, Universidad Privada Antenor Orrego.

El proyecto de investigación consistió en determinar la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150, un aditivo de adherencia (Quimibond 3000) y agregado tipo granito para lo cual realizaron ensayos de laboratorio de acuerdo a las normas ASTM y AASHTO, y aplicaron la metodología Marshall para un diseño adecuado de mezcla asfáltica. La investigación concluye que el uso del aditivo mejoró las propiedades físico y mecánicas de la capa de rodadura para evitar el deterioro por incremento de la carga de tráfico. Asimismo, una briqueta en estado seco posee mayor resistencia a la comprensión que aquella que se encuentra en estado saturado.

- ANÁLISIS DE DESEMPEÑO POR HÚMEDAD DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL CON GRADACIÓN MARSHALL Y SUPERPAVE, Aguilar Velásquez Dedky, 2019, para obtener el título profesional de Ing. Civil, Universidad Nacional San Agustín.

La tesis analiza el desempeño por humedad de la carpeta asfáltica mediante los ensayos de TSR y la prueba de Rueda de Hamburgo Wheel Track usando la metodología Marshall y Superpave; concluyendo que los requisitos granulométricos MAC tienen mejor desempeño que Superpave, siendo estas mezclas asfálticas muy densas.

- DISEÑO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO DEL KM 200+100 AL KM 205+100 DE LA VÍA NACIONAL VELILLE-ESPINAR EN EL DEPARTAMENTO DE CUZCO, Sivana Carrillo Vicente, 2019, para obtener el título profesional de Ing. Civil, Universidad Nacional de San Agustín.

La tesis realiza un estudio completo del diseño de pavimento bajo la metodología AASTHO de una carretera en el distrito de Velille. Esto comprende recopilación de información socio-geográfica y ambientales de la zona, estudio de tránsito, estudio de subrasante, estudio preliminar de canteras cuyo material será usado para las capas de base y subbase granular; y una estimación de presupuesto.

- ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON FIBRAS DE POLIPROPILENO INCORPORADA PARA CONDICIONES DE ZONAS DE ALTURA, Pilares Calla Carlos, 2018, para obtener el grado de título profesional de Ing. Civil, Universidad San Ignacio de Loyola.

En su investigación desarrolla la aplicación de 0.6% de fibras de polipropileno en una mezcla asfáltica en caliente mejorando sus parámetros Marshall como la estabilidad y el flujo; así como algunas propiedades volumétricas. Sin embargo, el contenido óptimo de asfalto es mayor respecto a un MAC con cemento asfáltico convencional.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

Definido como estructuras de vías conformados por multicapas, es decir, la forma adoptada es de manera horizontal integrada por distintas capas apiladas con características independientes. Estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas impuestas por el tránsito y por las condiciones ambientales. De tal manera, el diseño optado cumplirá con exigencias de ser seguro, cómodo y de confort para la cantidad de vehículos que accionaran durante el periodo de vida del pavimento. (Rondón & Reyes, 2015)

2.2. TIPOS DE PAVIMENTOS

Según Maher et al (2005), los pavimentos por tipos de superficie pueden ser:

2.2.1. Pavimentos flexibles

Pavimentos compuestos por una o varias capas de mezcla asfáltica en caliente o también conocido como HMA (Hot Mix Asphalt), en algunos casos se contará con superficies de rodaduras con tratamientos superficiales, básicamente este tipo de estructura dependerá de la carpeta asfáltica. Se denominan flexibles debido a la rigidez de las diferentes capas del pavimento no es significativamente diferente (menor a 20 veces), por ende, la estructura en su conjunto se deforma ante la aplicación de la carga. (Menéndez, 2016)

2.2.2. Pavimentos rígidos

Este tipo de pavimento está conformado por una losa de concreto hidráulico con o sin refuerzo que sirve como capa de rodadura y como componente principal de pavimento. La estructura de concreto puede estar apoyado sobre una capa de material de relleno como préstamo o con o sin estabilización y en algunos casos directamente sobre el suelo de fundación compactado. (Menéndez, 2016)

2.2.3. Pavimentos compuestos

Los pavimentos compuestos son el resultado de la combinación de un pavimento flexible con un pavimento rígido. Por lo general este tipo de pavimento es diseñado de manera tal que la superficie o carpeta de rodadura flexible esté sujeta en una losa de concreto, caso contrario una losa de concreto apoyada sobre una capa asfáltica. (Menéndez, 2016)

2.2.4. Pavimentos semirrígidos o segmentados

Estructura conformada con la carpeta de rodadura a base de materiales pedregosos, madera, ladrillos, concreto hidráulico que son colocados sobre una capa de arena, apoyada en una o varias capas granulares. (Menéndez, 2016)

2.2.5. Superficies estabilizadas

Como su nombre lo indica, para lograr un pavimento con mayor estabilidad, este tipo de pavimentos son mejorados al adicionarse algún material procesado o fabricado. Algunos de estos materiales requieren ciertas condiciones de calidad tales como cantidad de finos o plasticidad para tener una acción efectiva. (Menéndez, 2016)

2.2.6. Pavimentos afirmados y de tierra

Pavimento, que por lo general en zonas de rurales es más recurrente, debido a que son nuevas vías que se construyen, conformada por una superficie de rodadura con material granular que es afirmado o en algunos casos solo es necesario la compactación del terreno natural. (Menéndez, 2016)

2.3. ESTRUCTURA TÍPICA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

2.3.1. Subrasante

Es la capa sobre la cual se soporta o cimienta la estructura del pavimento (terreno natural de cimentación o de explanación de una vía). Debe soportar en última instancia las cargas producidas por el tránsito, presentar un comportamiento adecuado ante la acción del medio ambiente y suministrar apoyo uniforme a la estructura del pavimento. (Rondón & Reyes, 2015)

El MTC (2014) afirma que los suelos por debajo del nivel superior de la sub rasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, contarán con una especificación mínima de $CBR \geq 6\%$, lo cual lo cataloga como adecuados y estables. Caso contrario, si el suelo cuenta con un $CBR < 6\%$ (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), necesariamente se deberá estabilizar los suelos, donde el ingeniero encargado tendrá la decisión final sobre la mejora óptima del suelo, ya sea con alguna metodología de estabilización de suelos, relleno con material de préstamo, adiciones químicas al suelo, uso de geosintéticos o membranas, o en el peor de los casos realizar una modificación del trazo de la carretera, finalmente el ingeniero responsable escogerá la solución que conlleve el mejor fundamento técnico y que se adecue a la economía del proyecto.

2.3.2. Subbase granular

Es la capa que subyace a la base granular en la estructura típica del pavimento, está conformado por material granular proveniente de canteras no tratados colocados generalmente sobre la subrasante, en algunos casos sobre una superficie tratada o subrasante mejorada, el afirmado o sobre el terraplén mismo. Al igual que la capa de la base, la subbase presenta como función principal, en pavimentos flexibles, la de transferir las cargas o esfuerzos generados por el peso del tráfico hacia la subrasante, donde de manera tolerable soportara dichas magnitudes. (Rondón & Reyes, 2015)

Según el MTC (2013), los materiales para la construcción de la subbase granular deberán satisfacer requisitos:

Tabla 1: Subbase Granular Requerimientos de Ensayos Especiales

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m.)	
		≤3000	≥3000
Abrasión a los Ángeles (%)	MTC E 207	50% máx.	50% máx.
CBR (1) (%)	MTC E 132	40% mín.	40% mín.
Límite líquido (%)	MTC E 110	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad (%)	MTC E 111	6% máx.	4% máx.
Equivalente de arena (%)	MTC E 114	25% mín.	35% mín.
Sales solubles totales (%)	MTC E 219	1% máx.	1% máx.
Partículas chatas y alargadas (2) (%)	ASTM D 4791	20% máx.	20% máx.

Nota:

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

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

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

Asimismo, deberán ajustarse a una de las franjas granulométricas:

Tabla 2: Requerimientos granulométricos para Subbase Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1) (%)	Gradación B (%)	Gradación C (%)	Gradación D (%)
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm. (Nº 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (Nº 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
42.5 µm. (Nº 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (Nº 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Nota:

(1)= La curva de Gradación "A" deberá emplearse en zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m.

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

2.3.3. Base granular

La base granular se denomina a aquel espesor de material granular que subyace por lo general; a la capa de rodadura en pavimentos de tipo flexibles, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y a la capa estabilizada con cementante hidráulico en uno semirrígido. Esta capa está compuesta por materiales granulares no tratados colocados sobre la subbase. Su función es la de retransmitir las cargas de tráfico de manera adecuada a la carpeta asfáltica o capa de rodadura. Sobre dicho espesor es donde se desarrolla el drenaje y se facilita los procesos constructivos. (Rondón & Reyes, 2015)

De acuerdo al MTC (2013), los materiales para la construcción de la base granular deberán satisfacer los siguientes requisitos, tanto en agregado grueso como fino.

Tabla 3: Requerimientos Agregado grueso

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO ALTITUD (m.s.n.m.)	
		≤3000	≥3000
Partículas con una cara fracturada (%)	MTC E 210	80% mín.	80% mín.
Partículas con dos caras fracturadas (%)	MTC E 210	40% mín.	50% mín.
Abrasión Los Ángeles (%)	MTC E 207	40% máx.	40% máx.
Partículas chatas y alargadas (%)	ASTM D 4791	15% máx.	15% máx.
Sales solubles totales (%)	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	-----	18% máx.

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

Tabla 4: Requerimientos Agregado fino

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO ALTITUD (m.s.n.m.)	
		≤3000	≥3000
Índice plástico (%)	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena (%)	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles totales (%)	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	-----	15%

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

La composición final de los materiales presentará una granulometría continua, bien graduada y según los requerimientos de las franjas granulométricas, como se indica en la tabla 5:

Tabla 5: Requerimientos granulométricos para Base Granular

Tamiz	Gradación A (%)	Porcentaje que Pasa en Peso		
		Gradación B (%)	Gradación C (%)	Gradación D (%)
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75-95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75 mm. (Nº 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2.0 mm (Nº 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
42.5 µm. (Nº 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (Nº 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

Asimismo, el material deberá cumplir la siguiente característica físico-mecánica:

Tabla 6: CBR para Base Granular

Valor relativo de Soporte, CBR (1)	Tráfico en ejes equivalentes ($<10^6$)	Mín. 80%
	Tráfico en ejes equivalentes ($\geq 10^6$)	Mín. 100%

(1)= Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1” (2.5 mm.)

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

2.3.4. Capa de rodadura

La capa de superficie o la que está expuesta directamente con el accionar de las cargas del tránsito, generalmente están compuestos por materiales bituminosos catalogados como pavimentos flexibles, o de concreto a base de cemento Portland lo cual es denominado como un pavimento rígido, o como una estructura mixta por ejemplo el uso de adoquines. (MTC, 2016)

2.4. ESTUDIO DE VOLUMEN DE TRÁNSITO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

2.4.1. Definición

Se realiza el estudio de volumen de tránsito con la intención de recopilar información pertinente sobre como fluctúa los vehículos y/o carga viva sobre las secciones de un sistema de vía o carretera. Dichos datos de volúmenes de tránsito son expresados con respecto al tiempo, y sirve para poder realizar estimaciones confiables al momento de realizar el diseño de pavimento flexible y mediante ello ofrecer un servicio de calidad a los usuarios de la carretera en cuestión. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

2.4.2. Factores para el cálculo de tráfico

Según Menéndez (2016), los principales datos relacionados con el tráfico que suelen ser requeridos para el diseño dependen en gran medida de la magnitud del proyecto. Cuando se trata de proyectos de redes nacionales, se requiere el mayor detalle posible de la cantidad de vehículos y las características de los mismos. En el caso de pavimentos de bajo tráfico, el número de vehículos por tipo e incluso solamente el tráfico diario total puede ser suficiente para la estimación del tráfico de diseño. A continuación, se presenta un listado de factores que tienen incidencia en el cálculo del tráfico.

2.4.2.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es, tal vez, la más importante a la hora de realizar un estudio de tráfico, puesto que es aquí donde se determinará la factibilidad económica, debido a lo planteado, donde siempre se debe considerar un periodo de vida útil de acuerdo a la estructura planteada, que por lo general es de 10 a 20 años en los pavimentos flexibles y de 20 a 30 años en los pavimentos rígidos. (Menéndez, 2016)

2.4.2.2. Índice medio diario o tránsito promedio diario (tpd)

El índice medio diario está definido como el conteo total de vehículos que fluctúan durante cierto periodo de días completos, que pueden ser igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. De manera general se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}}$$

Ecuación 1: Índice medio diario

Fuente: Cal Y mayor & Cárdenas, 2007

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante T días. (Cal y Mayor & Cárdenas, 2007)

2.4.2.3. Tasa de crecimiento

El MTC (2014) estipula que existe una correlación dinámica de la tasa anual de crecimiento del tráfico con el crecimiento socio-económico. En donde se detalla que se guarda una relación sobre la tasa de crecimiento de tráfico ligero con la tasa anual de crecimiento poblacional; mientras que la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos pesados o de carga está relacionado con la economía del país, expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Los valores obtenidos de la tasa de crecimiento generalmente dan resultados que oscilan entre 2% y 6%

2.4.2.4. Factor de crecimiento

Una manera simple de proyectar el factor de crecimiento es el de asumir una razón anual de crecimiento de tráfico y usar el tráfico promedio al inicio y fin del período de diseño, como el tráfico de diseño. (Menéndez, 2016)

2.4.2.5. Factor de distribución direccional

Este factor toma en cuenta el volumen de tráfico en cada dirección, este factor se considera, por lo general, igual a 50%, es decir, en ambas direcciones el tráfico es similar. En ciertas circunstancias este valor no adopta el valor de 50% tales como instalaciones industriales, puertos o vías de acceso restringido. (Menéndez, 2016)

2.4.2.6. Factor de distribución carril

El MTC (2014) menciona que es una relación que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE (ejes equivalentes), donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.

2.4.2.7. Factor camión

Establecido como el conteo o suma de los números de repeticiones de ejes equivalentes generados por el pasar de los vehículos considerados como camión. Se determina a partir de la distribución de las cargas por eje que pueda tener un determinado tipo de vehículo; luego, el cálculo es independiente para cada tipo de vehículo con los diferentes ejes que contenga, y posteriormente se determinara el promedio general. (Menéndez, 2016)

2.4.2.8. Presión de inflado de los neumáticos

Existe una correlación principal entre la presión de inflado de los neumáticos con el daño generado hacia el pavimento. A mayor presión de inflado, mayor será el daño producido en el pavimento. Este aspecto es motivo de conflicto con los operadores de transporte quienes consideran que una mayor presión de inflado reduce el deterioro de los neumáticos y reduce también el consumo de combustible. (Menéndez, 2016)

2.4.2.9. Factores de ejes equivalentes

Menéndez (2016) afirma que es una relación entre el daño ocasionado por un determinado eje cargado con respecto a un eje estándar de 18 kips (8.1 t) de carga dual (4 neumáticos) con una presión de inflado de 85 psi. Este factor depende del tipo de pavimento, el espesor del mismo, capacidad estructural y la condición terminal a la cual se considera fallado el pavimento.

2.5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO FLEXBIL

2.5.1. Variables de diseño

El diseño estructural del pavimento está conexas con dos tipos de variables; directas e indirectas. Las variables directas están relacionadas con aquella información adquirida que esté relacionada como dato principal recurrente en la ecuación o fórmula que se usará, según la metodología escogida, para hallar los espesores de las capas del pavimento (p.e., tránsito, subrasante, clima, propiedades mecánicas de materiales, factores de seguridad), e indirectas son características de datos o información que no involucre en el cálculo de las dimensiones de la estructura del pavimento, más si es afecto para la selección del tipo de pavimento que se ejecutará (p.e., costos, materiales disponibles en la zona, topografía, estética, etc.). (Rondón & Reyes, 2015)

2.5.2. Métodos de diseño

Al respecto, Huang (2004), menciona que los métodos de diseño de pavimentos en orden de evolución se pueden agrupar de la siguiente manera:

2.5.2.1. Métodos empíricos

El método empírico relacionado principalmente a la experimentación en base a la observación, en el caso de diseño de pavimentos es aplicable a correlacionarse entre los ensayos y los estratos correspondientes. El ejemplo más representativo es el caso del método CBR. (Menéndez, 2016)

2.5.2.2. Métodos de esfuerzos cortantes o deflexión límite

El método de esfuerzos cortantes, verifica la deflexión hallada al realizar los correspondientes estratos del pavimento, dichos resultados estarán sujetos a ciertos límites establecidos que permitan evitar posibles fallas por fatiga. (Menéndez, 2016)

2.5.2.3. Métodos de regresión basados en pistas de prueba

Este tipo de método desarrolla las relaciones entre las variables de diseño y los espesores del pavimento basados en tramos o pistas de prueba. El método AASHTO (AASHTO, 1993) es un ejemplo de este tipo de método. (Menéndez, 2016)

2.5.2.4. Métodos mecánicos-empíricos

Según Menéndez (2016), método analítico que usa ecuaciones fundamentales que toma como variables el comportamiento de los materiales y de la estructura del pavimento, con la finalidad de obtener la respuesta del pavimento frente a las cargas de tráfico y

condiciones meteorológicas. Los ejemplos más recurrentes son el método desarrollado por NCHRP (ARA Inc. And ERES Consultant Division, 2004), el método SHELL (shell, 1978), y la última versión del MEPDG que también es llamado como AASHTO Ware Pavement ME Design (AASHTO, 2015)

2.5.3. Diseño por AASHTO 1993

El MTC (2014) asevera que el presente procedimiento cuenta con una metodología de diseño que guarda relación respecto al tráfico de diseño, la resistencia o CBR de la subrasante y el grado de performance del pavimento, variables que son como datos principales en el cálculo de los estratos de la estructura.

El principal objetivo de esta metodología es poder hallar el Numero Estructural requerido (SNr) mediante la ecuación 2, para luego determinar los espesores de cada capa que constituye el pavimento a diseñar, que a su vez estarán construidas encima de la subrasante, y según el tipo de suelo encontrado se estimara la aceptabilidad servicial que soportara la carga de tráfico y se cumpla con todas las exigencias que estará en disposición durante el periodo de diseño que se estimó según el proyecto.

La ecuación básica es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Ecuación 2: Formula para el cálculo del Número Estructural
Fuente: AASHTO 93

Algunas de las variables son:

- W_{18} o Número Acumulado de Ejes simples equivalentes a 18000 lb (80 KN)
- Módulo de Resiliencia (M_R)
- Confiabilidad (%R)
- Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R)
- Desviación Estándar Combinada (S_0)
- Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)
- Número estructural propuesto (SN)

2.6. MEZCLA ASFALTICA

2.6.1. Definición

Es la combinación de agregados minerales, un ligante asfáltico y de ser el caso, un material de adherencia que mejore las propiedades de la mezcla.

Menéndez (2016) menciona que las mezclas asfálticas pueden ser en caliente (HMA o MAC y HMAM o MACM), mezclas asfálticas tibias (WMA), mezclas asfálticas en frío y mezclas especiales.

Asphalt Institute (1982) afirma que el pavimento de concreto asfáltico es el de mejor calidad, debido a su composición de agregado con una gradación óptima y el cemento asfáltico que al someterse a la calor o temperatura de mezclado son surtidos en proporciones exactas, ya sea en una planta de asfaltos o de manera empírica para el cálculo del contenido óptimo de asfalto.

2.6.2. Componentes de la Mezcla Asfáltica en Caliente

2.6.2.1. Agregados pétreos

Es un conglomerado de partículas inertes de gravas, arenas, finos y/o fillers (naturales o triturados), utilizados ya sea para la fabricación de mezclas asfálticas, concretos hidráulicos y materiales estabilizados o para la construcción de terraplén, afirmado, subbase y/o base granular. (Rondón y Reyes, 2015)

El MTC (2013) en su Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013 establece unos requisitos que deben cumplir los materiales para su uso.

Tabla 7: Requerimientos para los agregados gruesos

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m.)	
		≤3000	≥3000
Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión a los Ángeles (%)	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia (%)	MTC E 517	95%	95%
Índice de durabilidad (%)	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas (%)	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas (%)	MTC E 210	85/50	90/70
Sales solubles totales (%)	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Gravedad específica y Absorción* (%)	MTC E 206	1% máx.	1% máx.

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

**La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 m.s.n.m. será evaluada mediante la performance de la mezcla.*

**La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.*

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

Tabla 8: Requerimientos para los agregados finos

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (m.s.n.m.)	
		≤3000	≥3000
Equivalente de Arena (%)	MTC E 114	60%	70%
Angularidad del agregado fino (%)	MTC E 222	30%	40%
Azul de metileno (%)	AASHTO TP 57	8% máx.	8% máx.
Índice de plasticidad (malla N.º 40) (%)	MTC E 111	No Presenta	No Presenta
Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	--	18% máx.
Índice de durabilidad (%)	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200) (%)	MTC E 111	4% máx.	No Presenta
Sales solubles totales (%)	MTC E 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Gravedad específica y Absorción** (%)	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

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

**La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 m.s.n.m. será evaluada mediante la performance de la mezcla.*

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013).

La gradación de los agregados en una mezcla asfáltica en caliente tiene que encontrarse en cualquiera de los husos granulométricos recomendados por el MTC (2013) o de ser el caso a una granulometría de una norma ASTM como la D 3515.

Tabla 9: Requerimientos granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa (%)		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25 mm. (1")	100		-
19 mm. (3/4")	80-100	100	
12.5 mm. (1/2")	67-85	80-100	
9.5 mm. (3/8")	60-77	70-88	100
4.75 mm (N° 4)	43-54	51-68	65-87
2.0 mm. (N° 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm. (N° 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm. (N° 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm. (N° 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

2.6.2.2. Ligante asfáltico

Asphalt Institute (1994) precisa el ligante asfáltico que es susceptible a la variación térmica y mediante esa característica permita tener mayor o menor trabajabilidad, debido que, al ser un material aglutinante, el comportamiento de sus propiedades depende de la temperatura que se trabaje, así como de la aplicación de la carga. Puede ser un cemento asfáltico convencional o uno modificado.

La característica del asfalto es que mientras aumenta la temperatura al valor del requerido para su mezcla (135°C) tiende a bajar su rigidez. A medida que la temperatura descienda, el asfalto se vuelve más rígido y a temperaturas muy bajas, el asfalto puede agrietarse porque se vuelve frágil y quebradizo. (Minaya y Ordoñez, 2008)

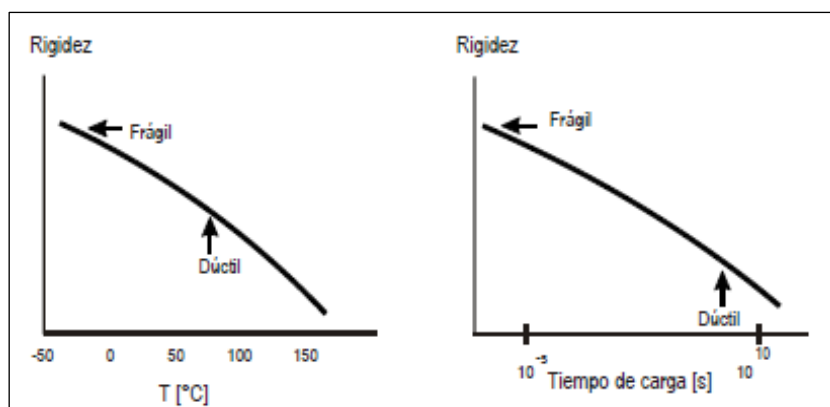


Figura 1: Comportamiento del Asfalto

Fuente: Minaya y Ordoñez (2008)

2.6.3. Clasificación de Cemento Asfáltico

Los asfaltos a lo largo del tiempo han ido variando de sistemas clasificación. En el Perú, se usa el ensayo de penetración para clasificar asfaltos y la variable para escoger el tipo de cemento asfáltico es la temperatura media anual.

Tabla 10: Cemento asfáltico en función de la temperatura media anual

Temperatura media anual			
24° C o más	24° C – 15° C	15° C – 5° C	Menos de 5° C
40-50		85-100	Asfalto modificado
60-70	60-70 (*)	120-150 (*)	
Modificado			

Nota:

(*) Tomar en cuenta lo establecido en Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014)

Menéndez (2016) señala que existen tres sistemas de clasificación.

2.6.3.1. Por penetración

Fue desarrollado para pruebas de cementos asfálticos a una temperatura de 25 °C, sin embargo, el pavimento es sometido a varias temperaturas. Se usa el ensayo de penetración para caracterizar la consistencia del asfalto.

2.6.3.2. Por viscosidad

Las pruebas fueron realizadas a 25 °C (penetración), 60 °C (viscosidad absoluta) y 135 °C (viscosidad cinemática). La ASTM D3381 “Especificación estándar para la clasificación de cementos asfálticos por viscosidad para su uso en la construcción de pavimentos”,

incluye cinco grados de viscosidad que pueden ser desde un asfalto duro hasta el más liviano.

2.6.3.3. Por grado de desempeño (PG)

El programa de investigación de carreteras, conocido como SHRP por sus siglas en inglés, fue desarrollado en la década de 1990. Las propiedades del cemento asfáltico se relacionan con su comportamiento en servicio y se expresa mediante dos valores límites que son la temperatura más alta y la más baja. Este sistema de clasificación no indica temperaturas fijas, sino son temperaturas de servicio previstas que son sometidas a diferentes ensayos.

2.6.4. Polímero

El polímero es el producto obtenido por la conformación de la integración de una cantidad considerable de moléculas denominados monómeros. La diversidad de materiales poliméricos dificulta su clasificación, pero en función de su estructura y propiedades, pueden ser:

2.6.4.1. Termoendurecibles

Denominado a aquellos Polímeros al reaccionar químicamente una sustancia base y un endurecedor. Los más comunes son resinas epoxi, poliuretano y poliésteres.

2.6.4.2. Termo-plásticos

Catalogados como polímeros que son solubles, es decir que al reaccionar con el calor se suavizan y por lo general llegan un estado en que puede fluir. Se dividen en dos grupos:

- Plastómeros, que al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original. Pueden ser el polietileno, polipropileno atáctico (EPDM) y EVA (etileno-acetato de vinilo).
- Elastómeros o cauchos, que son polímeros lineales amorfos y sometidos a un proceso de vulcanización adquiere una estructura parcialmente reticulada. Pueden ser los SBR, isopreno, neopreno, SBS, estireno y butadieno. (Montejo, 2002)

2.6.5. Cemento asfáltico modificado con polímero

Los cementos asfáltico que sufren una modificación, principalmente el polímero, generan efectos en el que mejora las características en la adherencia, cohesión y elasticidad bajo a un costo que se ajusta al mercado. El polímero modifica la susceptibilidad térmica como

se muestra en la figura 2, lo que mejora su comportamiento visco-elástico a las temperaturas de servicio.

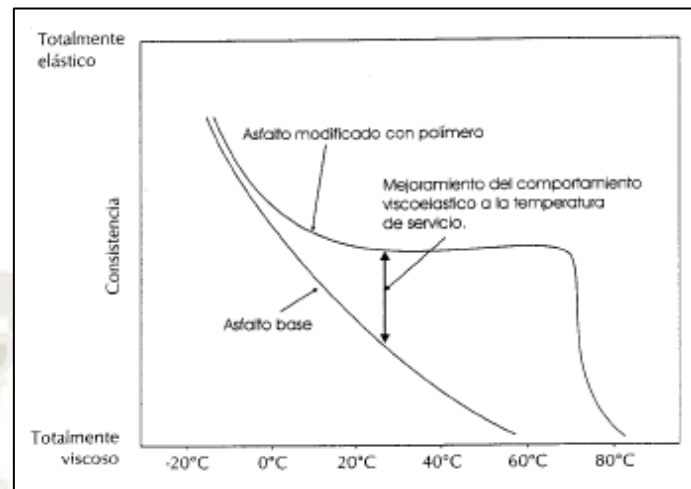


Figura 2: Efecto de la adición de polímero sobre la susceptibilidad térmica del asfalto
Fuente: Montejo (2002)

Entre los beneficios más recurrentes al adicionar el polímero en una mezcla asfáltica son:

- Aumentar la rigidez a altas temperaturas de servicio mejorando la resistencia de las mezclas a la deformación permanente.
- Disminución de la rigidez de la mezcla a temperaturas bajas.
- Incrementa la propiedad de la resistencia a la fatiga de la mezcla asfáltica.
- Mejorar la adhesión con los agregados pétreos.
- Mejorar la cohesión, brindando mejor retención de los agregados en la vida inicial de los tratamientos superficiales.
- En servicio de la carpeta asfáltica, permite disminuir el endurecimiento.
- La susceptibilidad térmica puede ser controlada al rango de temperatura de servicio.
- Aumentar la viscosidad a bajas velocidades de corte. (Montejo, 2002)

2.6.6. Diseño de mezcla asfáltica en caliente

El diseño de mezcla asfáltica en caliente en un pavimento flexible tiene como principal objetivo lograr una composición y gradación de asfaltos y agregados pétreos, que se ajuste al proyecto y de presupuesto económico, por lo general cuenta con lo siguiente:

- La cantidad necesaria de asfalto que conlleve a un pavimento con durabilidad asegurada.

- Contar con una estabilidad con la capacidad de poder soportar cargas de tránsito sin generar deflexiones, deformaciones o posibles desplazamientos
- Asegurar una buena trabajabilidad al momento de realizar el proceso constructivo de la carpeta de rodadura.
- La capacidad de generar vacíos adecuados que permitan acondicionar una compactación añadida cuando este afecta a las cargas vehiculares evitando la producción de la exudación.

El método más utilizado en el Perú es la de Marshall, sin embargo, para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente también es recurrente a métodos como el de Hveem, Triaxial de Smith y Hubbard-Field. (Maila, 2013).

2.6.7. Diseño por el método Marshall

Esta técnica fue desarrollada por Bruce Marshall, un empleado del Mississippi State Highway Department. Su método original sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente para pavimentación que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm. (1") o menor.

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de una altura de 64 mm. (2 ½") y 102 mm. (4") de diámetro. El procedimiento de fabricación de las briquetas será determinado específicamente llevando una secuencia de calentamiento, mezcla y compactación del asfalto, agregado pétreo y algún aditivo o filler. (ASTM D1559). Los dos aspectos principales del método de diseño son, la densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados. (Instituto Mexicano del Transporte, 2004)

2.6.7.1. Propiedades volumétricas

Las relaciones de volumen entre el cemento asfáltico y los agregados son un indicativo del comportamiento de la mezcla en su periodo de servicio. En la figura 3 se representa estos parámetros.

- Gravedad específica bulk (Gsb)
- Gravedad específica aparente (Gss)
- Gravedad específica efectiva (Gse)
- Vacíos en el agregado mineral (VMA)
- Contenido de asfalto efectivo (Pbe)

- Vacíos de aire (V_a)
- Vacíos llenos con asfalto (VFA) (Minaya y Ordoñez, 2008)

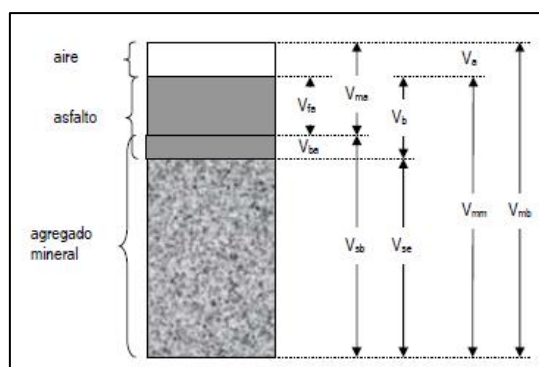


Figura 3: Esquema de una mezcla asfáltica HMA (en caliente) compactada
Fuente: Minaya y Ordoñez (2008)

Asimismo, el MTC (2013) en las tablas 11, 12 y 13 establece ciertos requisitos que debe cumplir una mezcla asfáltica diseñada por la metodología Marshall.

2.6.7.2. Parámetros de diseño Marshall según MTC

Tabla 11: Requerimientos para la mezcla asfáltica

Parámetro de diseño	Clase de mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, numero de golpes	75	50	35
2. Estabilidad (kN)	8.15 mín.	5.44 mín.	4.53 mín.
3. Flujo 0.01" (0.25 mm)	8.0-14.0	8.0-16.0	8.0-20.0
4. Porcentaje de vacíos en el aire (%) (MTC E 505)	3.0-5.0	3.0-5.0	3.0-5.0
(1)			
5. Vacíos en el agregado mineral (%)	Tabla 12		
Inmersión - Comprensión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión (MPa)	2.1 mín.	2.1 mín.	2.1 mín.
2. Resistencia retenida (%)	75 mín.	75 mín.	75 mín.
Relación polvo-asfalto (2)	0.6-1.3	0.6-1.3	0.6-1.3
Relación estabilidad/flujo (kgf/cm) (3)	1700-4000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (MPa) AASTHO T283	80 mín.		

Nota: (1)= A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango de 2% a 4% (es deseable que tienda a menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2)= Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075 mm. y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

(3)= Para zonas de clima frío, es deseable que la relación Est./flujo sea de la menor magnitud posible.

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Tabla 12: Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA)

Tamiz	Vacíos mínimos en el agregado mineral (%)	
	Marshall	Superpave
2.36 mm. (Nº 8)	21	-
4.75 mm. (Nº 4)	18	-
9.50 mm. (3/8")	16	15
12.5 mm. (1/2")	15	14
19.0 mm. (3/4")	14	13
25.0 mm. (1")	13	12
37.5 mm. (1 1/2")	12	11
50.0 mm. (2")	11.5	10.5

Nota: Los valores de esta tabla serán seleccionados de acuerdo al tamaño máximo de los agregados. La tolerancia será definida en función de las propiedades de los agregados.

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Tabla 13: Mezcla asfáltica tipo superpave: Vacíos llenos con asfalto (VFA)

Tráfico (millones de ejes equivalentes)	VFA (%)
$\leq 0,3$	70-80
$> 0,3-3$	65-78
> 3	65-75

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

2.6.7.2.1 Gravedad Específica Bulk de la mezcla compactada (Gmb)

La gravedad Especifica Bulk, el manual de Asphalt Institute MS-22 lo define como su peso unitario (el peso de un volumen específico de la mezcla). También se indica, que la densidad es de gran importancia, puesto que es directamente proporcional con la durabilidad de la mezcla asfáltica, es decir a mayor densidad mejor duración conllevara.

Para la determinación de este valor, se hace referencia a la normativa peruana MTC E 514 “Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca”, donde se determina según la ecuación 3.

$$G_{mb} = \frac{A}{B - C}$$

Ecuación 3: Peso específico Bulk
Fuente: Manual de ensayos MTC E 514

Donde:

- A = Peso seco del aire de un espécimen en gramos
- B = Peso al aire de un espécimen de superficie seca saturada en gramos
- C = Peso en agua de un espécimen en gramos

2.6.7.2.2 Vacíos en la mezcla total compactada o vacíos de aire

Definida como la cantidad, en volumen, de los paquetes de aire que se encuentran en el interior del agregado pétreo, los cuales están encubiertos de asfalto, expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla. (Menéndez, 2016)

Las especificaciones de la EG 2013, sugieren vacíos entre 3 y 5 % para lugares menores o iguales a una altitud de 3000 m.s.n.m y vacíos entre 2 y 4 % para lugares superiores a 3000 m.s.n.m, siempre tendiendo al límite inferior.

La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos. La razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla. En cambio, si se cuenta con vacíos elevados se generan rutas hacia el interior de la mezcla que permita el ingreso de agua o aire, que son perjudiciales en el deterioro de la mezcla. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto. (Asphalt Institute MS-22, 2001)

2.6.7.2.3 Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)

Conceptualizado como los paquetes de aire existentes entre partículas de agregados pétreos dentro de una mezcla asfáltica compactada e incluyendo todos los vacíos que fueron llenados con asfalto. (Asphalt Institute MS-22, 2001)

Según Menéndez, expresa que, por lo general, es recomendable contar con valores mínimos de VMA que otorgue el espacio suficiente para agregar cierta proporción de asfalto que permita la durabilidad y vacíos de aire para la estabilidad, aunque una cantidad alta de VMA conllevaría a una mezcla inestable.

Asphalt Institute, plantea que valores de VMA por debajo del mínimo especificado, puede resultar en películas delgadas de asfalto y en mezclas de baja durabilidad y apariencia

seca. Es por tal motivo, que pensar que disminuir el VMA permitirá economizar la cantidad de asfalto utilizado, puede ser erróneo y generar problemáticas en el pavimento.

Las especificaciones generales del MTC – 2013, establece los valores mínimos de VMA en la tabla 12, donde se detalla el valor optado de acuerdo al tamaño máximo del agregado, en cambio, el manual de carreteras del MTC -2014, recomienda el valor de VMA para proyectos ubicados a mayor de 3,000 m.s.n.m superiores al 15%.

2.6.7.2.4 Vacíos llenados con asfalto (VFA)

Definida como la totalidad de espacio llenado con asfalto que se encuentra dentro de un agregado de la mezcla asfáltica compactada. Un VFA bajo nos indica una cantidad inadecuada de cemento asfáltico o un VTM muy alto, los cuales no son recomendables para la durabilidad. (Menéndez, 2016)

El rango de valores, según la EG – 213, se encuentran establecidos en la tabla 13, según el tráfico expresado en ejes equivalentes de 8.2 toneladas, donde se observa que la tendencia es a mayor tráfico se estima valores bajos de VFA. Mientras que el manual de carreteras del MTC – 2014, recomienda valores próximos al 85%, debido a que la exigencia del VMA también indica un mayor valor, para lugares superiores a 3000 m.s.n.m. debido que son zonas de clima frío y los ciclos de variación térmica frío – calor – frío.

2.6.7.2.5 Fluencia

El flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas determinado durante el ensayo de estabilidad. Si el flujo en el contenido óptimo de asfalto sobrepasa el límite superior, la mezcla se considera demasiada plástica o inestable, y si está bajo el límite inferior se considera demasiado rígida. (MTC E514)

Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de estabilidad Marshall son considerados demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tiene tendencia a deformarse bajo las cargas de tránsito. (Asphalt Institute MS-22)

2.6.7.2.6 Estabilidad

La estabilidad Marshall es la medida de la carga máxima indicada en el medidor del aparato Marshall, donde la briqueta compactada cede o falla totalmente.

La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna. La fricción interna en las partículas de agregado está relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial. La cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto. (Asphalt Institute MS-22)

La estabilidad de la mezcla se ha medido respecto del porcentaje de asfalto. A mayor porcentaje de asfalto la mezcla se hace más estable hasta determinado límite, luego la estabilidad de la mezcla disminuye. A medida que se incrementa el porcentaje de asfalto en la mezcla, la película de asfalto que rodea los agregados permite que estos se acomoden. Si la película de asfalto es muy gruesa impide la trabazón entre las partículas. (Minaya & Ordoñez, 2008)

2.6.7.2.7 Relación estabilidad – flujo

La relación estabilidad y flujo, también llamado índice de rigidez o rigidez de Marshall, esta relación puede ser entendida como una resistencia mecánica evaluada en el estado de falla de las mezclas, bajo carga monotónica en un ensayo de tracción indirecta.

De la investigación “influencia de las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá sobre la estabilidad y el flujo Marshall de una mezcla densa en caliente” se concluyó que el cambio que experimentan la estabilidad y flujo de mezclas asfálticas depende del tipo de cemento asfáltico utilizado. (Rondón, et al, 2008)

Según el parámetro que exige el EG 2013, establece un rango de 1700 a 4000 kgf/cm de relación estabilidad flujo, dando como recomendación que en zonas de climas fríos la relación estabilidad y flujo sea de la menor magnitud posible.

2.6.7.2.8 Relación polvo – asfalto

Es la relación del porcentaje de polvo o porcentaje del pasante N° 200 y el porcentaje de asfalto efectivo. Conforme se aumenta el porcentaje de polvo, hay un sellado de vacíos por lo tanto el porcentaje de vacíos disminuye, esto crea una tendencia de una mezcla más deformable y que el módulo disminuya. En investigación de Benavides (2016) indica que el hecho de que se incumpla con la relación Polvo y asfalto, no quiere decir que no cumpla con parámetros de desempeño y durabilidad. (Benavides, 2016)

$$\frac{P}{A} = \frac{\% \text{ pasante } N^{\circ} 200}{\% \text{ Asfalto efectivo}}$$

Ecuación 4: Relación polvo-asfalto
Fuente: Benavides (2016)

La normativa peruana EG – 2013, recomienda un rango de valores que se debe cumplir en el diseño tentativo de una mezcla asfáltica, deberán corresponder entre 0.6 a 1.3 de relación de polvos y asfalto.

2.6.7.3. Desarrollo del método Marshall en laboratorio MTC E 504

Siguiendo la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el manual de ensayos MTC E504 “Resistencia de Mezclas bituminosas empleando el Aparato Marshall”, establece el criterio y procedimiento para realizar el adecuado y correcto ensayo Marshall de una mezcla asfáltica en caliente. El objetivo principal es diseñar una mezcla asfáltica y calcular sus diferentes parámetros de comportamiento de especímenes con altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro.

Primeramente, se debe tener en cuenta el tipo de gradación granulométrico adecuado para el proyecto o investigación que se está realizando, dichos criterios se encuentran especificados en la EG-2013. Cabe recordar que el material usado para la mezcla asfáltica; Agregado Grueso, Agregado Fino, Filler y/o algún adherente. Deberá estar debidamente dosificado para un peso de 1200 g.

Con los materiales para el diseño de mezcla asfáltica, se deberá llevar a la temperatura de mezcla, lo cual queda especificada según la carta de viscosidad – temperatura del respectivo cemento asfáltico sin ser excedido, se podrá producir bachadas de una, dos, tres o cuatro especímenes compactados, es decir (cerca de 1200, 2400, 3600 o 4800 g respectivamente).

Una vez calentados los materiales a la temperatura de mezclado, se deberá añadir el porcentaje de cemento asfáltico al agregado pétreo formando un cráter y mezclarlos hasta que estén cubiertos totalmente por 60 segundos para bachadas simples y por 120 segundos para bachadas múltiples.



Figura 4: Mezcla asfáltica para una bachada
Fuente: Elaboración propia

Con la mezcla obtenida, se acondiciona el molde y cara de martillo a la temperatura de compactación o entre 90 y 150 °C, colocar un pedazo de papel no absorbente en la base del molde e introducir después la mezcla en el molde, realizando chuseados con una espátula caliente 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior.



Figura 5: Chuseado de material asfáltico en molde
Fuente: Elaboración propia

El molde junto con la mezcla asfáltica, se procede a realizar la compactación a la temperatura que exige la carta de viscosidad temperatura para compactación. Previo, se deberá colocar el molde al pedestal de compactación con el sujetador y aplicar el número requerido de golpes. Remover la placa de base y collar, voltear y reensamblar para aplicar el mismo número de golpes de compactación.



Figura 6: Compactación de mezcla asfáltica en caliente
Fuente: Elaboración propia

Retirar el molde del pedestal y sujetador para dejarlo enfriar, una vez enfriado se procederá a retirar el espécimen del molde con ayuda de una gata hidráulica, evitando dañarlo.



Figura 7: Retiro de molde cilíndrico del espécimen
Fuente: Elaboración propia

Dejar enfriar el espécimen a temperatura ambiente después de la compactación, calcular el peso específico bulk de cada espécimen según el MTC E 514; hallando el peso del espécimen en el aire, peso del espécimen saturado superficialmente seca en aire y el peso del espécimen en agua.



Figura 8: Especímenes saturados para el cálculo de peso específico bulk
Fuente: Elaboración propia

Se procede a medir los espesores de los especímenes.

Los especímenes se sumergen en baño de agua a 60 °C para cementos asfálticos durante 30 a 40 minutos.



*Figura 9: Briquetas sumergidas en baño María a 60°C
Fuente: Elaboración propia*

El aparato Marshall deberá estar completamente acondicionada y el cabezal deberá estar a una temperatura de 20 a 40 °C.

Los especímenes son sacados del baño maría o baño de agua a la temperatura establecido, con ayuda de una toalla se le quita el exceso de agua para después colocar en la fracción inferior del cabezal, luego el superior e iniciar el accionar de carga a 50 mm/min hasta que se logre obtener la máxima carga o la maquina se detenga, en ese momento se procederá a apuntar la carga máxima obtenida y verificar en el dial del flujómetro la fluencia en el instante que fallo la briqueta ambas apuntaciones se hacen en simultaneo. Recordar que el tiempo desde la remoción del espécimen del baño hasta la determinación de la carga máxima, no debe exceder los 30 segundos.



*Figura 10: Toma de datos en la maquina Marshall
Fuente: Elaboración propia*

2.6.7.4. Metodología de hoja de cálculo Marshall

Para obtener los datos correspondientes para el desarrollo del Método Marshall, se adecua la tabla 14, donde se especifica el procedimiento para completar la hoja Marshall mediante una hoja Excel u otra hoja de cálculo que permita realizar operaciones básicas para la obtención de cada variable que se requiere.

Finalmente, con los parámetros calculados como son; Peso específico Bulk, Porcentaje de Vacíos, VMA, VFA, Estabilidad, Flujo, Relación Estabilidad y flujo, Relación Polvo y Asfalto. Se procederá a realizar el criterio de obtención el contenido óptimo del porcentaje de cemento asfáltico.

Tabla 14: Esquema y procedimiento de llenado Hoja Marshall

HOJA MARSHALL			
Nº	ENSAYO Nº	Nº	Ensayo que incluye los 03 especímenes por porcentaje de C.A.
1	Nº DE BRIQUETA	Nº	Numero de briketa por espécimen de C.A.
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	El porcentaje de asfalto toma el rango de 4.0% a 7.5% para la presente investigación
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	Valores tomados en referencia al MAC-1 correspondiente en relación al porcentaje de cemento asfáltico a ensayar
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	Valor obtenido por el proveedor. Para asfalto convencional PEN 120/150 corresponde 1.012 y asfalto modificado SBS tipo IC corresponde 1.020.
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	
12 ^a	Altura del Espécimen 01	mm	Datos obtenidos en caracterización de agregados pétreos, capítulo 8, bajo las normativas peruanas MTC E-205 y MTC E-206.
12 ^b	Altura del Espécimen 02	mm	
12 ^c	Altura del Espécimen 03	mm	
12 ^d	Altura del Espécimen 04	mm	
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	mm	Promedio de las alturas registradas

HOJA MARSHALL			
13	Peso del Espécimen en el aire	gf	Valores obtenidos a partir del ensayo MTC E 514.
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	gf	
15	Peso del Espécimen en agua	gf	
16	Agua absorbida	%	Dato calculado de la siguiente forma: $16 = \frac{(14 - 13)}{(14 - 15)} * 100$
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	cm ³	Dato obtenido por la diferencia: $16a = 14 - 15$
16b	Volumen geométrico	cm ³	Volumen Geométrico calculado con el producto de la altura promedio, punto 12, con el Área de la Sección transversal de la Briqueta.
16c	Volumen adoptado	cm ³	Es el volumen mínimo obtenido entre el volumen del espécimen por desplazamiento (16a) y volumen geométrico (16b).
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	gf/cm ³	Valor obtenido por la división del peso del espécimen en el aire(13) y el volumen del espécimen por desplazamiento(16a)
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	gf/cm ³	Es el peso específico Bulk multiplicado por el factor de corrección de 0.997, para llevar a la temperatura de 25°C.
19	Peso Específico Máximo teórico	gf/cm ³	Se calcula, con la siguiente ecuación: $G_{mm} = \frac{100}{\frac{\%C.A.}{P_{e.C.A.}} + \frac{\%A.G.}{P_{eprom.G.}} + \frac{\%A.F.}{P_{eprom.F.}} + \frac{\%Filler}{P_{efiller}}}$ Donde: $P_{eprom} = (P_{ebulk} + P_{eaparente})/2$
20	Porcentaje de Vacíos	%	Valor calculado respecto al peso específico máximo teórico y Peso específico bulk del espécimen: $\%V = 100 * \frac{(G_{mm} - P_{ebulk})}{G_{mm}}$
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	gf/cm ³	Valor calculado de la siguiente manera: $P_{ebulkT.} = \frac{\%A.G. + \%A.F. + \%Filler}{\frac{\%A.G.}{P_{ebulkA.G.}} + \frac{\%A.F.}{P_{ebulkA.F.}} + \frac{\%Filler}{P_{eapar.Fil.}}}$
22	Peso Específico aparente del agregado total	gf/cm ³	Valor calculado de la siguiente manera: $P_{eap.T.} = \frac{\%A.G. + \%A.F. + \%Filler}{\frac{\%A.G.}{P_{eapar.A.G.}} + \frac{\%A.F.}{P_{eapar.A.F.}} + \frac{\%Filler}{P_{eapar.Fil.}}}$
23	Peso Específico efectivo del agregado total	gf/cm ³	Valor calculado de la siguiente manera: $P_{eef.T.} = \frac{\%A.G. + \%A.F. + \%Filler}{\frac{\%A.G.}{P_{eprom.G.}} + \frac{\%A.F.}{P_{eprom.F.}} + \frac{\%Filler}{P_{eapar.Fil.}}}$ Donde: $P_{eprom} = (P_{ebulk} + P_{eaparente})/2$
24	C.A absorbido por el peso del agregado seco	%	Se calcula usando la siguiente formula: $\%C.A_{abs.} = \left(\frac{P_{eef.T.} - P_{ebulkT.}}{P_{eef.T.} * P_{ebulkT.}} \right) * P_{e.C.A.} * 100$

HOJA MARSHALL			
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	Valor calculado de la siguiente manera: $\frac{\% \frac{VolAG.}{Vol.bruto}}{\% \frac{VolAG.}{Vol.bruto}} = \frac{(\%A.G + \%A.F. + \%Filler) * P_{bulk}}{P_{bulkT.}}$
26	% del volumen del C.A efectivo/volumen de briqueta	%	Valor calculado de la siguiente manera: $\% \frac{VolC.A.ef.}{Vol.Briq.} = 100 - (\% \frac{VolAG.}{Vol.bruto} + \%V)$
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	Valor calculado de la siguiente manera: $\%VMA = 100 - \% \frac{VolAG.}{Vol.bruto}$
28	C.A. efectivo/peso de la mezcla	%	Valor calculado de la siguiente manera: $\% \frac{C.A.ef.}{P_{mezcla}} = \left(\%C.A. - \frac{\%C.A.abs.}{100} \right) * (\%A.G. + \%A.F. + \%Filler)$
29	Relación asfalto – vacíos (VFA)	%	Valor calculado de la siguiente manera: $\%VFA = \frac{\% \frac{VolC.A.ef.}{Vol.Briq.}}{\%VMA} * 100$
30	Lectura del anillo de carga		Valor obtenido en la lectura al fallar el espécimen en la maquina Marshall, lectura máxima.
31	Estabilidad sin corregir	kgf	Conversión de la lectura de anillo de carga a unidades de kgf.
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		Dato obtenido en la tabla 1 del MTC E 504, está en función del volumen del espécimen.
33	Estabilidad corregida	kgf	Valor calculado multiplicando la estabilidad sin corregir (31) con el factor de estabilidad (32)
34	Lectura de Flujo	0.01mm	Valor obtenido del dial de flujo en la falla del espécimen a la estabilidad máxima. Dato obtenido en 0.01 mm.
35	Fluencia	0.25mm	Conversión de la lectura de Flujo a 0.25 mm.
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	Valor obtenido con la división de la estabilidad corregida en kgf y fluencia en cm.
37	Relación polvo-asfalto		Valor calculado de la siguiente manera: $\frac{P}{A} = \frac{\% pasante N^{\circ} 200}{\% \frac{C.A.ef.}{P_{mezcla}}}$

Fuente: Elaboración propia, basados en Ingeniería de Pavimentos Materiales de Rafael Menéndez (2016)

2.6.7.5. Criterio para obtención del contenido óptimo de asfalto

El criterio aplicado para la presente investigación, es la de cumplir con las exigencias de la normativa peruana EG – 2013, dichos parámetros se detallan en las tablas 11, 12 y 13. También se consideró las recomendaciones que exige el manual de carreteras – 2014 del MTC, donde estima valores para aquellos diseños ubicados a una altitud mayor a 3000 m.s.n.m. y que tengan una exposición severa a condiciones meteorológicas.

Al realizar el diseño tentativo de los porcentajes de asfalto, que van desde 4.0% a 7.5%, se verifica el promedio de cada uno de los porcentajes de asfalto y mediante una gráfica

se observan los límites de cada parámetro que exige la normativa, partiendo de ellos se procede a escoger el contenido óptimo visual. Sin embargo, para la presente tesis se realizó una línea de tendencia que se asemeje a los puntos de cada grafica de los parámetros, y con la herramienta de la hoja de cálculo, que permita visualizar la ecuación, se procede a realizar interacciones de cálculo de los contenidos óptimos de asfalto y generar los posibles tentativos.

Debido a que nuestro lugar de estudio se encuentra a una altura superior de 3000 m.s.n.m, se exigen parámetros de porcentaje de vacío de 2-4%, VMA superiores de 14% y VFA próximo al 85%. Dichas condiciones son los principales puntos de partida para estimar los posibles contenidos óptimos de asfalto, siempre y cuando también se cumplan las demás exigencias, como son estabilidad, flujo, relación estabilidad y flujo, relación polvo y asfalto. Cabe mencionar que, para diseños de mezclas acondicionadas con asfalto modificado con polímeros, se obtuvieron valores superiores en flujo y relación estabilidad - flujo que exige la norma, sin embargo, antecedentes y referencias bibliográficas aciertan dichas exigencias superiores, debido a las propiedades de asfaltos modificados con polímeros.

2.6.8. Analisis de la susceptibilidad al daño por humedad de la mezcla asfáltica a partir del ensayo de tracción indirecta TSR - MTC E 522

El daño por humedad en una mezcla de asfalto se puede definir como la pérdida de resistencia, rigidez y durabilidad debido a la presencia de humedad que conduce a la falla del adhesivo en la interfaz aglutinante-agregado y/o falla de la cohesión dentro de la masilla aglutinante o aglutinante-relleno. Existen varios métodos de prueba para identificar la susceptibilidad de las mezclas de asfalto al daño por humedad, como el procedimiento AASHTO T283. (Airey, Collop, Zoorob, & Elliott, 2008).

El ensayo de Tracción Indirecta TSR, fue desarrollado por Robert P. Lottman en 1978, para predecir el daño por humedad inducido en la mezcla asfáltica. Posteriormente, este protocolo fue modificado por Tunnicliff y estandarizado como AASHTO T283. (Figueroa, & Reyes, 2015)

Según el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, especificado en la sección N°5 “Mezclas Bituminosas” ítem MTC E 522, establece la normativa de elaboración y procedimiento del ensayo “Resistencia de

mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad”, lo cual es un extracto de la guía AASHTO T 283 “Resistance of Compacted Asphalt Mixture to Moisture – Induced Damage”.

La finalidad del ensayo, según la normativa MTC E 522, es medir el cambio a la resistencia a la tensión diametral de especímenes de mezclas asfálticas compactadas a efectos de la saturación del agua y acondicionamiento en agua acelerado con un ciclo de congelamiento – deshielo.

2.6.8.1. Elaboración de muestras

Los materiales pétreos y filler deberán estar lavados, dosificados y separados, según el porcentaje de peso que se requiera como se estimó en la granulometría o MAC que se adecue a los requerimientos que exige el EG 2013.

Una vez obtenido el material a ensayar, se procederá a realizar la separación de 06 especímenes como mínimo con material suficiente para la elaboración de briquetas como las que se requieren en el ensayo Marshall. La mitad será ensayada en seco y la otra mitad ensayada tras ser acondicionada en agua y húmedo con ciclo de congelamiento – deshielo.

Con el material separado para la elaboración de briquetas, se procederá a calentarlos en horno o cocina eléctrica hasta llegar a la temperatura de mezclado que especifica el cemento asfáltico, para su posterior mezclado.

Después de mezclar, el material se coloca en un recipiente de dimensiones adecuadas y de espesor de 1” aproximado y dejarlos enfriar a temperatura ambiente por 2 horas.

La mezcla transcurrida las 2 horas, procederá a ser colocada en horno a 60 °C durante 16 horas para su respectivo curado.

Pasado el tiempo de curado se iniciará la adecuación a temperatura de compactado según especificación del ligante asfáltico durante 2 horas.

Antes de la compactación, se deberá calcular el número de golpes capaz de producir el 7 ± 0.5 % de vacíos de aire. Para lograr este fin, el manual recomienda realizar ensayos experimentales según el número de golpes, el nivel de carga o alguna combinación dada en el MTC E 504. Para la presente investigación se desarrolló un ensayo experimental que se describe en el ítem 2.6.8.2.

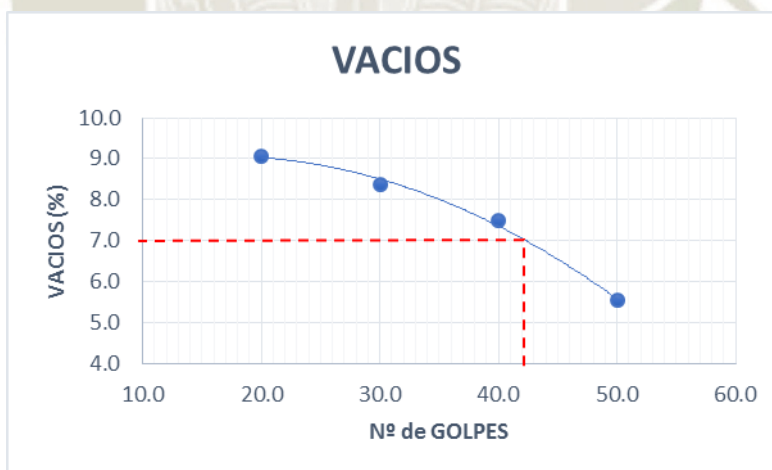
Finalmente, se realiza la compactación del material en especímenes de 100 mm de diámetro por 63.5 ± 2.5 mm de espesor, las mismas que se usó en el ensayo Marshall. Recordemos que el número de golpes en la compactación, debe ser tal que produzca aproximadamente 7 % de vacíos.

Dejar enfriar a temperatura ambiente las briquetas compactadas por 24 horas y desmontarlas con una prensa.

2.6.8.2. Obtención de 7% de vacíos

Para la obtención del porcentaje de vacíos que requiere el ensayo de TSR, se procedió a realizar 08 briquetas, separados en grupos de dos, donde se empleó la separación de cada grupo para ser mezclados según el MTC E 504 y compactados a 20, 30, 40 y 50 golpes.

Según los resultados obtenidos, se realiza la gráfica correspondiente de los resultados obtenidos del porcentaje de vacíos de cada espécimen versus el número de golpes que se realizó, y tras una inspección visual se procede a trazar una línea que parte del 7.0 % de vacíos y corte la gráfica para obtener el número de golpes aproximado para su compactación, como se muestra en la gráfica 1, el número de golpes capaz de producir 7% de vacíos es de 42 golpes.



Gráfica 1: Ejemplo de obtención de vacíos al 7%
Fuente: Elaboración propia

2.6.8.3. Procedimiento del ensayo

Se registran los diámetros de los especímenes, se determina la gravedad específica bulk y el porcentaje de vacíos de aire.

Se procede a dividir en dos subgrupos de al menos tres especímenes cada uno, de tal forma que el promedio de vacíos de aire de los dos subgrupos sea aproximadamente igual.

El primer subgrupo será acondicionado en seco, lo cual serán cubiertos con bolsas herméticas y sumergidas en un baño de agua de 25 ± 05 °C durante 2horas, para finalmente ensayarlos.



Figura 11: Espécimen cubierto con bolsa hermética
Fuente: Elaboración propia

Para el siguiente subgrupo, se deberá acondicionar con la característica que cuente con un grado de saturación que oscile entre 70% y 80%, después de ello colocar cada espécimen en agua potable a 60 ± 1 °C durante 24 ± 0 horas, posteriormente removerlos y ser colocados en un baño de agua a 25 ± 0.5 °C por 2 horas ± 10 minutos. Finalmente se ensaya.



Figura 12: Compresión en maquina Marshall con cabezal Lottman
Fuente: Elaboración propia

El ensayo permite determinar el esfuerzo de tensión indirecta de los especímenes secos y sumergidos con la aplicación de la carga que ejerce el equipo de estabilidad - flujo Marshall de 50mm/min, con la diferencia que la carga es aplicada a lo largo del diámetro del espécimen, esto se logra con el cabezal de Lottman. Se aplica la carga hasta generar

la máxima carga o cuando se genere una fisura vertical, remover el espécimen de la máquina y verificar el grado de fractura ocasionado en una escala de 0 al 5, donde 5 es el mayor desprendimiento.



Figura 13: Daño 5 de briquetas después de ser sometidas a esfuerzo

Fuente: Elaboración propia

2.6.8.4. Cálculo del ensayo

Se expresa el índice número de resistencia a la tracción indirecta de los especímenes divididos en los dos subgrupos; en seco y sumergido. El cálculo de la razón del esfuerzo se expresa con dos cifras decimales.

$$\text{Razon del Esfuerzo a Tension (TSR)} = \frac{S_2}{S_1}$$

Ecuación 5: Razón del esfuerzo a tensión de TSR

Fuente: Manual de Ensayos MTC E 522

Donde:

S_1 = Promedio del esfuerzo a la tensión del subgrupo seco, Kpa.

S_2 = Promedio del esfuerzo a la tensión del subgrupo sumergido, Kpa.

2.6.9. Analisis de la susceptibilidad al daño por humedad de la mezcla

asfáltica a partir del ensayo de inmersión – compresión MTC E 518

Los daños producidos por el agua en una mezcla bituminosa en caliente, tienen un impacto económico significativo en términos de mantenimiento excesivo y costos de rehabilitación. Los mecanismos de fallo de los pavimentos debidos al daño por humedad dependen de los efectos combinados de las propiedades del material utilizado, los

parámetros de diseño de la mezcla, el nivel de tráfico al que se ve sometida y los factores ambientales. (Lopez & Miró, 2017)

En una investigación desarrollada en el estado de California, se desarrolló más de sesenta estudios de pavimentos que sufren daño por humedad de diferentes regiones climáticas y de tráfico, probadas en laboratorio. Los resultados revelaron que el contenido de vacíos de aire, la estructura del pavimento, la lluvia y la edad del pavimento son factores importantes asociados con el daño por humedad para los pavimentos. (Lu & Harvey, 2006).

El daño ocasionado por la humedad, se mide por diferentes metodologías y ensayos desarrollados en diferentes países, para la presente investigación, se optó por realizar dos ensayos en laboratorio; TSR e Inmersión – Compresión, los cuales son los parámetros que exigen la normativa peruana EG 2013 en el diseño de una mezcla asfáltica.

Para el desarrollo de las muestras del ensayo inmersión – compresión se debe seguir la normativa del manual de ensayos del MTC E 518 “Efecto del agua en la resistencia a la compresión de mezclas bituminosas compactadas” en referencia normativa del ASTM D 1075 “Standard Test Method for Effect of Water on Compressive Strength of Compacted Bituminous Mixtures” y ensayadas según la normativa MTC E 513 “Resistencia a compresión simple de mezclas asfálticas” en referencia normativa del ASTM D 1074 “Standard Test Method for Compressive Strength of Bituminous Mixtures”..

La finalidad del ensayo, es medir la resistencia a la compresión de una mezcla bituminosa afectada con la acción del agua, el cálculo a determinar es el índice numérico de la reducción de la resistencia a la compresión obtenida por especímenes recién moldeados y curados con la resistencia a la compresión de especímenes que han sido sumergidos en agua.

2.6.9.1. Elaboración de muestras

Se requieren por lo menos 6 especímenes cilíndricos de dimensiones 101.6 por 101.6 mm. El material pétreo, filler y cemento asfáltico deberán ser dosificados y separados como se especifique al tipo de MAC requerido.

Se procede a calentar los materiales de la mezcla asfáltica a la temperatura de mezclado que especifica el tipo de cemento asfáltico a utilizar, y finalmente se realiza el mezclado como se especifica en el MTC E 504.

Cada peso estimado por espécimen de mezcla asfáltica es compactado a la temperatura de compactación que especifica el cemento asfáltico utilizado, de manera que la mezcla sea vigorosamente golpeada 25 veces; 15 golpes repartidos en el perímetro del molde para reducir los vacíos y material excedente y 10 golpes aleatorios sobre la mezcla.

Los especímenes compactados se dejan enfriar durante 2 horas para después desmontarlos y colocarlos en horno durante 24 horas a una temperatura de 60°C

Mantener el espécimen por 2 horas a temperatura ambiente, determinar el peso específico bulk, contenido de vacíos, y gravedad específica de volumen de cada espécimen.

2.6.9.2. Procedimiento del ensayo

Los 6 especímenes, serán divididos en dos grupos de tres especímenes cada uno. El primer grupo será llevado a prueba a una temperatura de ensayo de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ manteniéndolos en un baño de aire por no menos de 4 horas y ensayar.



*Figura 14: Especímenes sumergidos a 25°C
Fuente: Elaboración propia*

El segundo grupo será sumergido en agua durante 24 horas a $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ para posteriormente en un segundo baño de agua sumergirlos a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas y finalmente ensayarlos.



Figura 15: Compresión de briqueta en maquina
Fuente: Elaboración propia

El ensayo se puede ejecutar en una máquina de compresión que ejerza una carga inicial de 1Mpa para fijar la mezcla contra la orilla del molde y aplicar la carga sobre el pistón de 20,7 Mpa durante un periodo de 2 minutos o hasta que la maquina pare en la compresión máxima registrada.



Figura 16: Espécimen después de Comprimido
Fuente: Elaboración propia

2.6.9.3. Cálculo del ensayo

El cálculo se realiza en relación de los resultados promedios obtenidos de la compresión de los especímenes sumergidos y especímenes secos, el índice numérico indica la resistencia retenida en porcentaje después del periodo de inmersión.

$$\text{Índice de resistencia retenida, \%} = \left(\frac{S_2}{S_1} \right) \times 100$$

Ecuación 6: Índice de resistencia retenida inmersión – compresión

Fuente: Manual de ensayos MTC E-513

Donde:

S_1 = Resistencia a la compresión de especímenes secos (grupo 1)

S_2 = Resistencia a la compresión de especímenes sumergidos (grupo 2)

2.6.10. Absorción de agregados pétreos

Tener información sobre la capacidad de absorción de un agregado pétreo, es determinante para tener un indicativo de que manera trabajara el agregado frente a la mezcla asfáltica. Por lo general, si se cuenta con valores altos de absorción de los agregados, pues este después de haber realizado el mezclado inicial con el asfalto, seguirá absorbiendo con el pasar el tiempo, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar las demás partículas de agregado. (Asphalt Institute, 1982).

La absorción implica un mayor costo económico en el desarrollo de un proyecto, siendo así, que se busca en el diseño de una mezcla asfáltica un porcentaje óptimo que cumpla los parámetros, y de no ser el caso, se busca un agregado en la zona del proyecto para reducir costos.

CAPÍTULO III

3. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CEMENTO ASFALTICO SEGÚN EL GRADO DE DESEMPEÑO

3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

3.1.1. Metodología de cálculo

Durante décadas el desarrollo de la elección del ligante asfáltico para el proceso de construcción de un pavimento flexible, fue principalmente de acuerdo a las medidas de consistencia por penetración y/o viscosidad, siendo estos métodos fundamentados en parámetros netamente empíricos, con la desventaja que en la época que se desarrollaron no se tenía la facilidad de relacionarlos directamente con las condiciones reales a los que el cemento estaría expuesto, muchos de ellos por las limitaciones tecnológicas. Es por ello que en la actualidad algunos países optaron por modernizar la metodología de cálculo del tipo de ligante asfáltico de acuerdo al método SUPERPAVE (Superior Performance Asphalt Pavements), método actual que cuenta con variables que asemejan a la realidad y lugar de aplicación considerando las condiciones meteorológicas, el tráfico y la confiabilidad deseada.

Para la siguiente investigación el cálculo del Grado de Desempeño del cemento asfáltico será según la metodología SUPERPAVE, aplicando algoritmos de cálculos de acuerdo a la versión actual del programa de LTPPBIND 3.1 online.

Por tanto, la característica principal del método de selección SUPERPAVE es calcular tanto la temperatura máxima y mínima extrema que alcanzan los pavimentos flexibles a la hora de servicio. Los algoritmos de cálculo Inicialmente fueron desarrollados por SHRP (Strategic Highway Research Program) y luego complementados por LTPP (Long Term Pavement Performance) por Mohseni et al (2005). Siguiendo el programa LTPPBIND 3.1, el cálculo de la temperatura más alta es calculada de acuerdo a las expresiones desarrolladas por Mohseni et al (2005) esta temperatura está en función de un modelo de daño por ahuellamiento, mientras que la temperatura baja es calculada con la expresión de acuerdo al estándar AASHTO M323- 13. (Menéndez, 2016)

A continuación, se muestra la ecuación para el cálculo de la temperatura máxima según LTPP (Mohseni, 2005):

$$PG_{H,d} = 48.2 + 14 DD - 0.96 DD^2 - 2 RD$$

Ecuación 7: Temperatura Máxima

Fuente: Mohseni (2005)

Donde:

$PG_{H,d}$ = Temperatura alta

DD = Grados-día anuales mayores a 10 °C

RD = ahuellamiento máximo esperado en milímetros, expresión desarrollada para un valor de 12.7mm.

%CVPG: Coeficiente de variación de la temperatura alta del grado de desempeño:

$$\%CVPG = 0.000034 (Lat - 20)^2 RD^2$$

Ecuación 8: Coeficiente de variación de temperatura alta

Fuente: Mohseni (2005)

Temperatura alta del grado de desempeño al nivel de confiabilidad:

$$PG_{H(pg)} = PG_{H,d} + (Z)(PG_{H,d}) \frac{CVPG}{100}$$

Ecuación 9: Temperatura alta a cierto nivel de confiabilidad

Fuente: Mohseni (2005)

Donde:

Z = Valor de la distribución normal al nivel de confiabilidad (R).

Ecuación para el cálculo de la temperatura baja, según AASHTO M323 – 13:

$$PG_{L,d} = -1.56 + 0.72 T_{min} - 0.004 Lat^2 + 6.26 \log(H + 25)$$

Ecuación 10: Temperatura baja

Fuente: AASHTO M323-13

Donde:

$PG_{L,d}$ = Temperatura baja

T_{min} = Temperatura mínima diaria

Lat = Latitud de la ubicación

H =Espesor de la capa

Temperatura baja del grado de desempeño al nivel de confiabilidad:

$$PG_{L,d} = -1.56 + 0.72 T_{min} - 0.004 Lat^2 + 6.26 \log(H + 25) - Z(4.4 + 0.52\sigma_{T_{min}}^2)^{0.5}$$

Ecuación 11: Temperatura baja del grado de desempeño a cierto nivel de confiabilidad

Fuente: AASHTO M323-13

Donde:

σ_{Tmin} = Desviación estándar de la temperatura baja

SUPERPAVE, considera una clasificación del ligante asfáltico de acuerdo a un rango de temperaturas, grado de desempeño o PG (Performance Grade), lo cual el pavimento asfáltico estará sometido y poseerá propiedades adecuadas para asegurar un buen comportamiento. Por ejemplo, si el ligante asfáltico se clasifica con un PG 58 -22 significa que el asfalto cumple con los requerimientos de hasta 58°C en temperatura alta, y hasta -22°C para temperaturas bajas.

El grado de desempeño del ligante asfáltico, cuenta con especificaciones estándar que se suscitan en la guía de AASHTO M320 -16, donde se detalla todos los criterios de la clasificación del PG según el cálculo realizado, de acuerdo al rango de temperaturas calculados.

Tabla 15: Rango de temperaturas del cemento asfáltico clasificado por PG 52, PG 58 y PG 64

Grado ligante	-10	-16	-22	PG 52			
				-28	-34	-40	-46
Temperatura máxima de diseño del pavimento, promedio de 7 días, °C (a)				< 52			
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C (a)	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -46
Grado ligante	-16	-22	PG 58				
			-28	-34	-40		
Temperatura máxima de diseño del pavimento, promedio de 7 días, °C (a)			< 58				
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C (a)	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40		
Grado ligante	-10	-16	PG 64				
			-22	-28	-34	-40	
Temperatura máxima de diseño del pavimento, promedio de 7 días, °C (a)			< 64				
Temperatura mínima de diseño del pavimento, °C (a)	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	

Nota:

(a) = La temperatura del pavimento puede estimarse a partir de la temperatura del aire, usando un algoritmo contenido en el programa SUPERPAVE.

Fuente: Guía AASHTO M320 – 16

3.1.2. Condiciones hidrometeorológicas

El lugar de estudio; distrito de San Antonio de Chuca, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa. Cuenta con un clima predominante que corresponde a las regiones de gran altitud del Perú, donde la presencia de precipitaciones prolongadas y temperaturas bajas es durante mayor parte del año, siendo de mayor índice en primavera y verano en precipitaciones, e invierno y otoño temperaturas extremas.

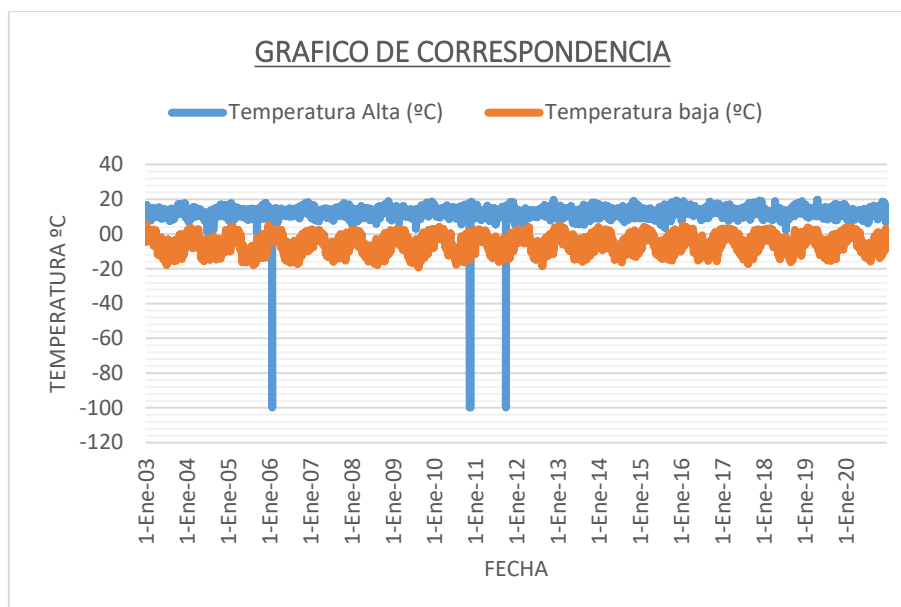
Uno de los requisitos que se estipula en dicho método de cálculo del grado de desempeño, es la obtención de una base de datos meteorológicos de por lo menos 20 años, tanto en temperaturas altas y temperaturas bajas diarias, de los cuales son variables para el cálculo según el programa LTPPBind 3.1.

3.1.3. Recopilación de Información meteorológicos

Para la recopilación de información meteorológica, se consideró una base de datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), a través del canal de servicio en línea para el usuario, se contempló una base de datos de 18 años, desde el 2003 al 2020 de la Estación meteorológica Pillones, ubicado en el distrito de San Antonio de Chuca, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa – Perú, con latitud de $15^{\circ}58'52.5''$ S, longitud $71^{\circ}13'.1''$ W y altitud de 4432 msnm. Zona donde se analiza el diseño del Pavimento Flexible. (SENAMHI)

La cantidad de datos consignados no superan a 20 años que exige el modelo de cálculo, sin embargo, el total de información es precisa y en conjunto asemejan una representación a la realidad de su aplicación.

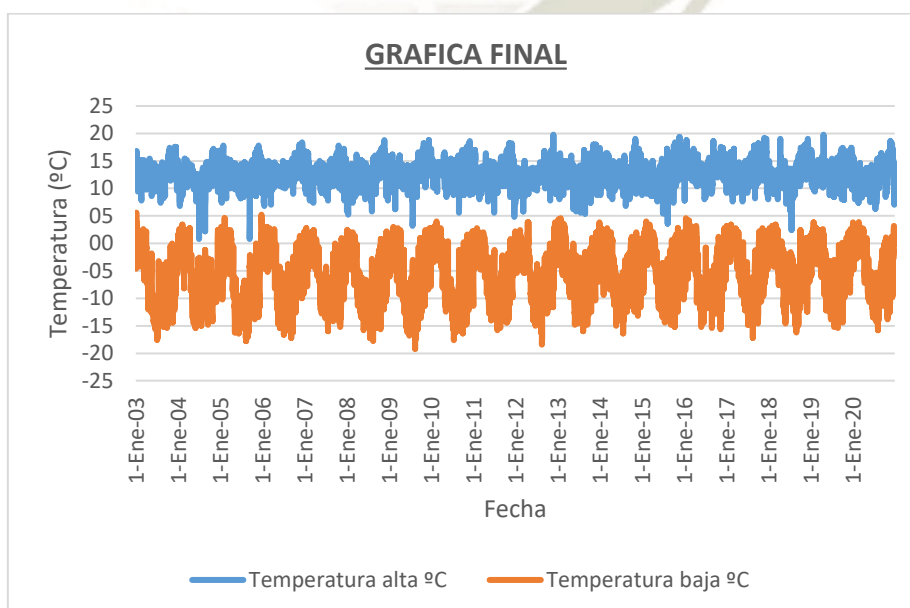
En total se consideró 6575 datos, los cuales fueron agrupados en una hoja de cálculo EXCEL, para su posterior evaluación en una gráfica de correspondencia (fecha vs temperatura).



Gráfica 2: Grafico de Correspondencia de Datos meteorológicos Estación Pillones
Fuente: Elaboración propia

A partir de la gráfica, se identificó valores que no eran comunes o no guardaban relación con los datos estadísticos, se observan 12 datos en diferentes fechas que evidencian un valor de “-99.9” en temperatura alta, los cuales son descartados para evitar errores en el cálculo del grado de desempeño por errores de no correspondencia en los valores reales.

De los 6575 datos obtenidos del SENAMHI se descartaron 12 valores erróneos, quedando únicamente con una base de datos de 6563 valores para el cálculo del grado de desempeño, finalmente se trabaja con la gráfica final presentada:



Gráfica 3: Grafica Final de datos meteorológicos Estación Pillones
Fuente: Elaboración propia

3.2. CALCULO DEL GRADO DE DESEMPEÑO AASHTO M323-13

El registro de la estación meteorológica Pillones nos permite calcular las temperaturas de diseño a ser utilizados en este método: la temperatura promedio máxima de siete días consecutivos, la temperatura mínima anual y temperaturas superiores a 10°C.

Tabla 16: Resumen de Información meteorológicos por año

<u>Datos</u>	<u>Año</u>	<u>Grados-día anuales mayores a 10 °C</u>	<u>Temperatura del aire más baja (°C)</u>	<u>Temperatura alta anual para un periodo de 7 días (°C)</u>
1	2003	1036.90	-17.60	16.54
2	2004	918.20	-15.40	15.83
3	2005	969.20	-17.80	16.29
4	2006	1094.60	-17.20	16.31
5	2007	1062.60	-16.00	16.17
6	2008	992.80	-17.80	16.89
7	2009	1066.00	-19.20	16.37
8	2010	1320.60	-17.60	17.69
9	2011	1102.60	-15.80	17.60
10	2012	886.00	-18.40	16.23
11	2013	1037.60	-16.00	17.20
12	2014	1155.40	-16.40	17.80
13	2015	1019.60	-15.20	17.57
14	2016	1358.60	-15.60	16.97
15	2017	1097.60	-17.20	17.49
16	2018	1023.40	-16.20	17.80
17	2019	1125.10	-15.40	16.00
18	2020	919.50	-15.80	16.71

Fuente: Elaboración propia.

Según información del criterio de cálculo, la temperatura a considerar para la clasificación es la del pavimento y no las del aire. Para el caso de las temperaturas altas se mide a una profundidad de 20mm por debajo de la superficie del pavimento; mientras que para las temperaturas bajas se mide en la superficie del pavimento. Es por ello que las relaciones algorítmicas presentadas son utilizadas para ajustar estos valores en función de la información recopilada de las estaciones meteorológicas con datos de temperaturas horarias.

Para el desarrollo de las ecuaciones se completa los datos necesarios, los cuales se muestran en el siguiente cuadro. Datos consignados según la recopilación de la Estación

meteorológica Pillones brindados por SENAMHI, estudio de tráfico y estudio de velocidades.

Tabla 17: Datos de cálculo

Abreviación	Descripción	Datos
Lat	Latitud(°)	-15.9833
RD	Ahuellamiento máximo esperado(mm)	12.7
Lt	Trafico de diseño (m)	76
St	Velocidad de tráfico (Km/h)	40
R	Confiabilidad deseada (%)	98
Tmin	Temperatura más baja anual(°C)	-16.70
σmin	Desviación estándar de la temperatura más baja(°C)	1.17
Tmax	Temperatura anual alta en un periodo de 7 días (°C)	16.9
σmax	Desviación estándar de la temperatura alta periodo de 7 días	0.67
DD	Grados-día anuales mayores a 10 °C (°C)	1.07
H	Espesor de capa (mm)	0
	Z al 50%	0
	Z al 98%	2.06

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la temperatura alta de pavimento al nivel de confiabilidad del 50% se utiliza ecuación 7.

Realizando el reemplazo de los valores:

$$PG_{H,d} = 48.2 + 14 * (1.07) - 0.96 * (1.07)^2 - 2 * 12.7$$

Temperatura máxima al nivel de confiabilidad del 50%:

$$PG_{H,d} = 36.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Cálculo del coeficiente de variación de la temperatura alta del grado de desempeño, según la ecuación 8.

Realizando el reemplazo de los valores:

$$\%CVPG = 0.000034 (-15.9833 - 20)^2 * (12.7)^2$$

Coeficiente de variación de la temperatura alta del grado de desempeño:

$$\%CVPG = 7.10$$

Ecuación de temperatura alta del grado de desempeño al 98% nivel de confiabilidad, utilizando la ecuación 9.

Reemplazando valores:

$$PG_{H(pg)} = 36.6 + (2.06)(36.6) \frac{7.10}{100}$$

Temperatura alta del grado de desempeño al 98% nivel de confiabilidad:

$$PG_{H(pg)} = 42^{\circ}C$$

Ecuación para el cálculo de la temperatura baja mediante la ecuación 10:

Reemplazando valores:

$$PG_{L,d} = -1.56 + 0.72 * (-16.70) - (0.004 (-15.98)^2 + 6.26 \log(0 + 25))$$

Temperatura baja:

$$PG_{L,d} = -5.85^{\circ}C$$

Ecuación de temperatura baja del grado de desempeño al 98% nivel de confiabilidad, según ecuación 11:

Reemplazando Valores:

$$PG_{L,d} = -5.85 - 2.06 * (4.4 + 0.52 * 1.17^2)^{0.5}$$

Temperatura baja del grado de desempeño al 98% nivel de confiabilidad:

$$PG_{L,d} = -10.51^{\circ}C$$

3.2.1. Ajustes del grado de desempeño por Trafico y Velocidad

Según la última actualización del programa online de LTPPBind 3.1, se estiman valores que se ajusten con más detalle a la realidad, como es el accionar del tráfico, la profundidad de la capa y velocidad de tránsito que se genera en el lugar de estudio, dichos ajustes son realizados tanto para las temperaturas altas y bajas.

Con ello la temperatura alta se calcula como se establece en el programa, y en cambio la temperatura baja sigue el procedimiento de AASHTO 323 – 13.

Para el ajuste de las temperaturas, primeramente, se elige la base de temperatura alta de PG que se requiere estimar, lo cual puede tomarse el valor de 52, 58, 64 y 70. De acuerdo al PG base escogido, se empezara a correlacionar con la velocidad de tráfico y la carga de tráfico ESAL (Numero de ejes equivalentes,) en millones.

Tabla 18: Ajuste de la temperatura alta del PG en función del tráfico de diseño y velocidad de tráfico.

<u>Velocidad</u>	<u>Grado PG Base (°C)</u>	<u>Carga de tráfico ESAL, Millones</u>			
		<u><3</u>	<u>3-10</u>	<u>10-30</u>	<u>>30</u>
<u>Rápido</u>	<u>52</u>	<u>0.0</u>	<u>7.8</u>	<u>13.2</u>	<u>15.5</u>
	<u>58</u>	<u>0.0</u>	<u>7.1</u>	<u>12.3</u>	<u>14.5</u>
	<u>64</u>	<u>0.0</u>	<u>6.5</u>	<u>11.3</u>	<u>13.4</u>
	<u>70</u>	<u>0.0</u>	<u>5.8</u>	<u>10.4</u>	<u>12.4</u>
<u>Lento</u>	<u>52</u>	<u>2.8</u>	<u>10.3</u>	<u>15.5</u>	<u>17.7</u>
	<u>58</u>	<u>2.7</u>	<u>9.5</u>	<u>14.5</u>	<u>16.6</u>
	<u>64</u>	<u>2.6</u>	<u>8.8</u>	<u>13.5</u>	<u>15.5</u>
	<u>70</u>	<u>2.4</u>	<u>8.0</u>	<u>12.4</u>	<u>14.4</u>

Fuente: Programa LTPPBIND 3.1

Según la tabla 18, se muestra la correlación existente entre la velocidad, Grado PG base y la carga de tráfico, de acuerdo a la investigación del proyecto.

Se desarrolló el estudio de tráfico realizado en ambos sentidos de la carretera, donde se obtuvo el valor de 62.276 millones de ejes equivalentes para sentido Arequipa y 76.046 millones de ejes equivalentes para sentido Juliaca. Tomando como referencia el mayor valor, para cuestiones de cálculo del pavimento flexible y el grado de desempeño.

De igual manera, se desarrolló el estudio de velocidad de los vehículos, explicado en el ítem 4.4 de la presente investigación, donde se obtuvo la velocidad media en el sentido Juliaca de 40.77 km/h y en el sentido Arequipa una velocidad media de 38.8 km/h.

El ajuste de la temperatura alta del PG en función del tráfico de diseño está relacionado según la tabla 19, respecto a la velocidad del tráfico.

Tabla 19: Ajuste de tráfico para Alta Temperatura

Ajuste de Trafico para Alta Temperatura		
Velocidad del Trafico		
Carga de Trafico ESAL	Rápida (>70 km/h)	Lenta (20-70 km/h)
Hasta 3M. ESAL	0	2.8
3 a 10 M. ESAL	7.8	10.3
10 a 30 M. ESAL	13.2	15.5
Mayor a 30 M ESAL	15.5	17.7

Fuente: Programa LTPPBind 3.1

Según la velocidad de tráfico de 40.77 km/h y la carga de tráfico de 76.046 millones de ESAL, se puede correlacionar en la tabla 18 al valor de 17.7 de ajuste. Sin embargo, la guía AASHTO 323-13, recomienda escoger el valor de ajuste del grado PG, según el grado base que buscamos en nuestro pavimento. De acuerdo a la tabla 15.

Al contar con una carga de tráfico superior a 30 millones de ESAL y con una velocidad que oscila entre 20 y 70 km/h, lo cual se considera lenta y un Grado base de 52. Tomamos como valor 17.7 para el ajuste de la temperatura alta.

$$A_T = 17,7$$

Donde:

A_T = Ajuste de la temperatura alta del PG en función del tráfico de diseño y la velocidad del trafico

3.2.2. Ajuste del grado de desempeño por profundidad

Según la guía AASHTO 323-13, recomienda el ajuste por profundidad de la capa de asfalto de la temperatura alta y baja, según una relación logarítmica en relación al espesor de la capa.

Para el ajuste de la temperatura alta, se presenta la siguiente ecuación:

$$T_{H,pav} = 15.14 * [\log(25) - \log(H + 25)]$$

Ecuación 12: Ajuste de la temperatura alta

Fuente: AASHTO M323-13

Donde:

H = Espesor de la Capa

Para el ajuste de la temperatura baja, se presenta la siguiente ecuación:

$$T_{L,pav} = 6.26 * [\log(H + 25) - \log(25)]$$

Ecuación 13: Ajuste de la temperatura baja
Fuente: AASHTO M323 -13

Donde:

H = Espesor de la Capa

Para mantener una mayor seguridad al escoger el grado de desempeño de nuestro asfalto, es recomendable mantener el ajuste de espesor por capa con un espesor mínimo, es decir que tenga una tendencia a cero, puesto que dicho ajuste favorece en la optimización del grado de desempeño, por lo tanto, mantenerlo en lo mínimo, nos permitirá contar con mayor eficiencia al considerar nuestro Grado de Desempeño.

Con el fin de conseguir un óptimo grado de desempeño en la presente investigación, se considerará un espesor de capa de cero, por ende, el ajuste por profundidad también será igual a cero.

3.2.3. Ajuste total

Finalmente, el ajuste final se toma el grado de desempeño obtenido a la confiabilidad deseada sumada con el total de los ajustes por tráfico, velocidad y profundidad; tanto en el de temperatura alta y temperatura baja.

Ecuación final para temperatura alta:

$$PG_{H,d,a} = PG_{H(pg)} + A_T + T_{H,pav}$$

Ecuación 14: Ajuste final de la temperatura alta
Fuente: AASHTO M323-13

Reemplazando valores:

$$PG_{H,d,a} = 42 + 17,7 + 0$$

Temperatura alta ajustada:

$$PG_{H,d,a} = 59.7 ^\circ C$$

Ecuación final para temperatura baja:

$$PG_{L,d,a} = PG_{L,d} + T_{L,pav}$$

Ecuación 15: Ajuste final para temperatura baja

Fuente: AASHTO M323-13

Reemplazando valores:

$$PG_{L,d,a} = -10.51 + 0$$

Temperatura baja ajustada:

$$PG_{L,d,a} = -10.51 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.3. CALCULO DEL GRADO DE DESEMPEÑO AASHTO M332-14

El grado de desempeño se calcula del mismo modo que en el AASHTO M323-13, con la excepción que el cálculo para la temperatura alta y baja no se realiza ningún ajuste, ya sea por tráfico, velocidad o profundidad. En consecuencia, en el resultado obtenido se le agrega una denominación por tráfico de acuerdo al estándar de AASHTO M332-14 que se detalla en la tabla 20.

Tabla 20: Denominación del grado de desempeño según AASHTO M332-14

Variable	Descripción		
G	= Denominación para el tráfico esperado y el nivel de carga		
	Denominación	Trafico ESAL(Lt)	Condiciona l Velocidad del tráfico (km/h) (St)
	Estándar "S"	< 10 m	Y > 70
	Alto "H"	10 - 30 m	O 20 - 70
	Muy Alto "V"	> 30 m	O < 20
	Extremadamente alto "E"	> 30 m	Y < 20

Fuente: AASHTO M332-14

Al contar con un tráfico ESAL superior a 30 millones y una velocidad de tráfico comprendida entre 20 y 70 km/h, se aumenta al grado de desempeño obtenido con el sufijo de “V” en la temperatura alta.

3.4. RESUMEN DE RESULTADOS

Finalmente, los resultados obtenidos de acuerdo lo indicado, es presentado en los siguientes cuadros, donde se especifica el resultado del grado de desempeño según ecuaciones y el grado de desempeño escogido según AASHTO M320-16

Tabla 21: Resumen de Resultados AASHTO M323-13

AASHTO M323-13		
PG Temperatura	Alta	Baja
PG Temperatura al 50%	36.63	-5.85
PG temperatura al nivel de confiabilidad al 98%	42.0	-10.51
Ajuste por trafico	17.7	0.00
Ajuste por profundidad	0.0	0.00
PG temperatura ajustada	59.7	-10.51
PG grado seleccionado	64	-16
Grado PG	M323, PG 64 -16	

Fuente: Elaboración Propia

El grado PG seleccionado es el inmediato superior, que refiere la tabla de AASHTO M320-16, respecto al obtenido según cálculo de las ecuaciones.

Tabla 22: Resumen de resultados AASHTO M332-14

AASHTO M332-14		
PG Temperatura	Alta	Baja
PG Temperatura al 50%	36.63	-5.85
PG temperatura al nivel de confiabilidad al 98%	41.99	-10.51
Grado para el nivel de tráfico esperado	V	V
PG grado seleccionado	46	16
Grado PG	M332, PG 52V - 16	

Fuente: Elaboración propia

Mientras que AASHTO M332-14, recomienda determinar el grado de desempeño seleccionado en base al grado base que se requiere para el ajuste por tráfico y tránsito, en tal sentido en el presente proyecto se adecuo un grado base de temperatura alta de “52”, siendo este resultado mínimo para seleccionar nuestro grado de desempeño final, acompañado del sufijo “V”.

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO DE TRÁFICO

4.1. UBICACIÓN Y OBJETIVO DEL ESTUDIO

El lugar de estudio abarca desde el Km 141+180.00 al Km 141+400.00 del tramo 5 de la carretera Interoceánica Sur en el distrito de San Antonio de Chuca, provincia de Caylloma y departamento de Arequipa. El tramo forma parte de la vía de ingreso a la Estación de Transferencia de PeruRail ubicado en el centro poblado de Pillones.

El estudio de tráfico permitirá realizar un análisis respecto a la composición y volumen del tráfico vehicular en la zona de estudio a fin de calcular el número de ejes de equivalentes y posteriormente, los espesores del pavimento.

4.2. ALCANCE

El alcance del estudio de tráfico determinara lo siguiente:

- Conteo de vehículos por tipo y hora durante un periodo de 7 días en el mes de agosto.
- Determinación del índice medio diario anual (IMDA) por tipo de vehículo para cada sentido del tramo afectado a una confiabilidad al 95% y el factor de corrección estacional.
- A partir de la data histórica, se calculará la tasa de crecimiento para el tramo en estudio y una proyección de tráfico por vehículo para el periodo de diseño.
- Registro de velocidades únicamente para el tipo de vehículo de mayor volumen diario y obtención de su velocidad media de punto.

4.3. ESTUDIO VOLUMETRICO Y DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

4.3.1. Estaciones de control y conteo

El estudio de composición y clasificación vehicular se realizó en la siguiente estación de control:

Tabla 23: Punto de control y conteo vehicular

Nº	ESTACIÓN	UBICACIÓN	SENTIDO	Nº DIAS	INICIO	TERMINO	HORARIO DIURNO	HORARIO NOCTURNO
E1	Pillones	Vía de acceso a la Estación de Transferencia PeruRail (km 141+180.0 de la carretera Arequipa-Juliaca)	Juliaca Arequipa	7	14/08/2019	28/08/2019	05:00-20:00	20:00-05:00

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cronograma de trabajo, los conteos vehiculares empezaron el miércoles 14 y culminaron el lunes 26 de agosto de 2019. Cabe mencionar que, durante estos días, el estudio se realizó entre los horarios de 05:00 a 20:00 horas.



Figura 17: Conteo vehicular en turno diurno

Fuente: Elaboración propia



Figura 18: Conteo vehicular en turno nocturno

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se tomó una muestra representativa en el horario nocturno (20:00 a 05:00) del día registrado con mayor volumen de vehículos siendo ésta ejecutada el miércoles 28 de agosto.

Tabla 24: Cronograma de trabajo

CÓDIGO	ESTACIÓN	DÍAS	AGOSTO 2019															
			M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	
			14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
CONTEO VEHICULAR				DESCANSO	PLANIFICACION	REUNION CON JURADOS		DESCANSO							DESCANSO			
E-1	Pillones	7																
ESTUDIO DE VELOCIDADES																		
E-1	Pillones	7																

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Resultados de conteos vehiculares

Los conteos vehiculares se realizaron por cada sentido del tramo en estudio.

4.3.2.1. Sentido Arequipa

En el anexo se encuentran los cuadros de conteo de vehículos por cada día programado, el total del día (horario diurno + nocturno) y su clasificación horaria y diaria.

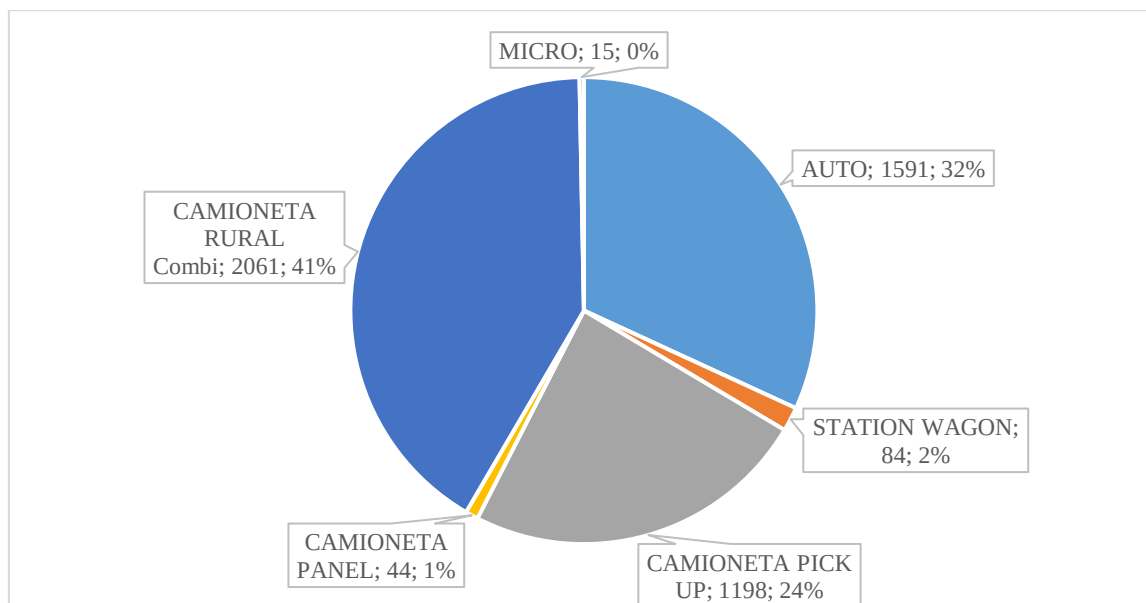
En la tabla 25 se presenta los resultados de forma resumida.

Tabla 25: Resumen de conteo por clasificación de vehículos en sentido Arequipa

DÍA	VEHICULOS LIGEROS	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
Lunes	630	39	89	86	31	19	10	5	18	341	11	0	9	4	1292
Martes	675	41	85	79	29	19	6	6	14	348	11	0	4	3	1320
Miércoles	743	62	92	84	31	29	13	10	17	412	6	0	1	5	1505
Jueves	627	37	82	71	34	19	9	7	10	323	10	0	4	3	1236
Viernes	730	35	86	87	38	26	8	8	18	327	8	2	3	5	1381
Sábado	828	27	94	85	29	22	7	7	24	392	8	0	3	3	1529
Domingo	760	32	85	72	23	17	8	5	9	309	7	1	1	4	1333
TOTAL	4993	273	613	564	215	151	61	48	110	2452	61	3	25	27	9596

Fuente: Elaboración propia

La composición vehicular de los vehículos ligeros durante la semana fue:

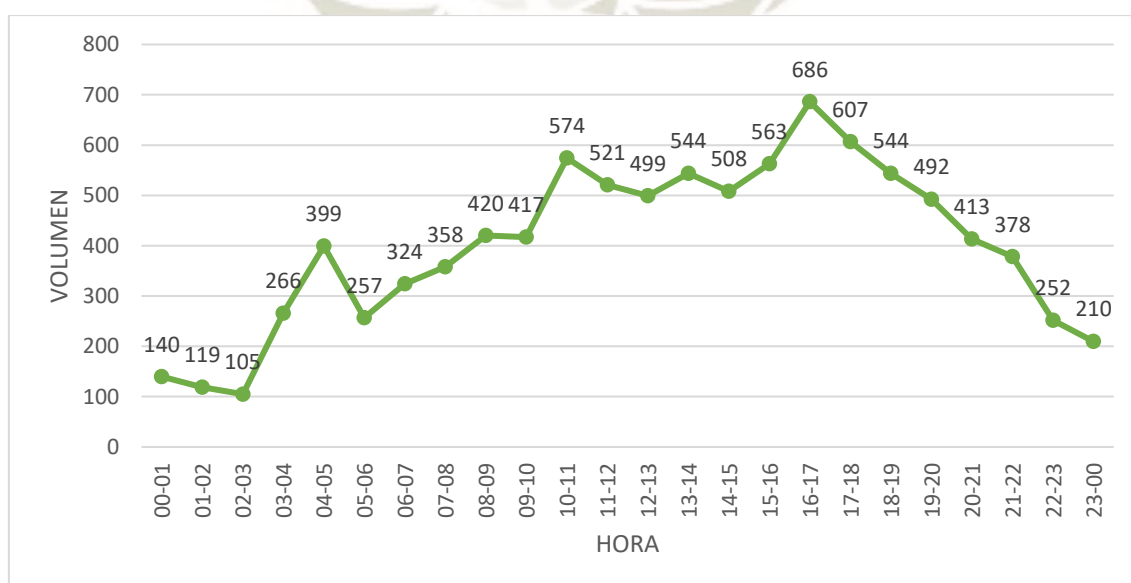


Gráfica 4: Composición de vehículos ligero en sentido Arequipa

Fuente: Elaboración propia

A) ANALISIS DE LA VARIACIÓN HORARIA

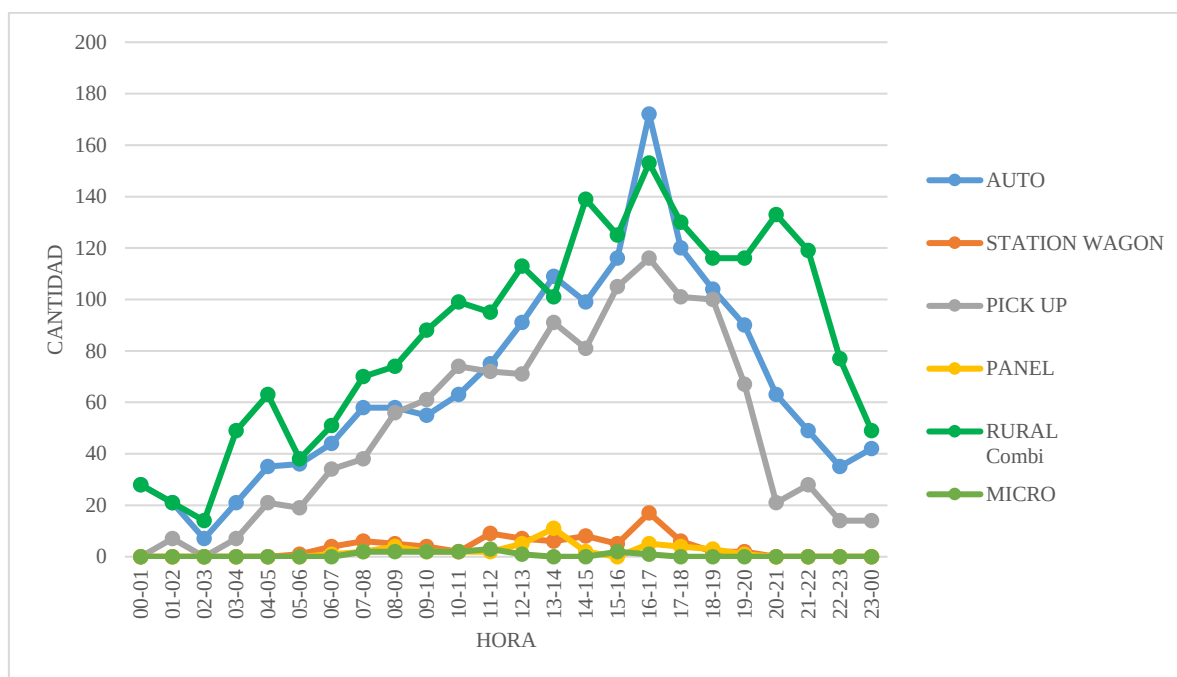
El número total de vehículos empieza a incrementar a partir de las 5:00 horas, teniendo como hora punta las 16 a 17 horas. A partir de este momento, el volumen descende llegando hasta un número mínimo de 105 vehículos en el horario de 2 a 3.



Gráfica 5: Variación horaria por total de vehículos en sentido Arequipa

Fuente: Elaboración propia

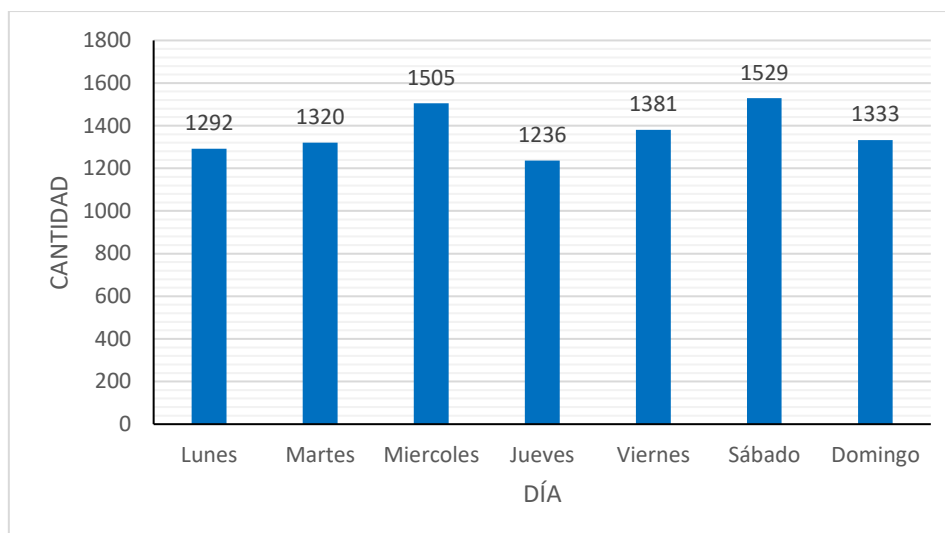
Los vehículos ligeros incrementan su volumen a partir de las 5:00 horas, teniendo un máximo de 172 autos, 153 combis rurales y 116 camionetas pick up en la hora punta.



Gráfica 6: Variación horaria por tipo de vehículo ligero en sentido Arequipa
Fuente: Elaboración propia

B) ANALISIS DE LA VARIACIÓN DIARIA

El día sábado presenta mayor volumen de tráfico con 1529 vehículos y el jueves tiene el mínimo de volumen con 1236 vehículos.



Gráfica 7: Número de vehículos en total por día en sentido Arequipa
Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. Sentido Juliaca

En el anexo se encuentran los cuadros de conteo de vehículos por cada día programado, el total del día y su clasificación horaria y diaria.

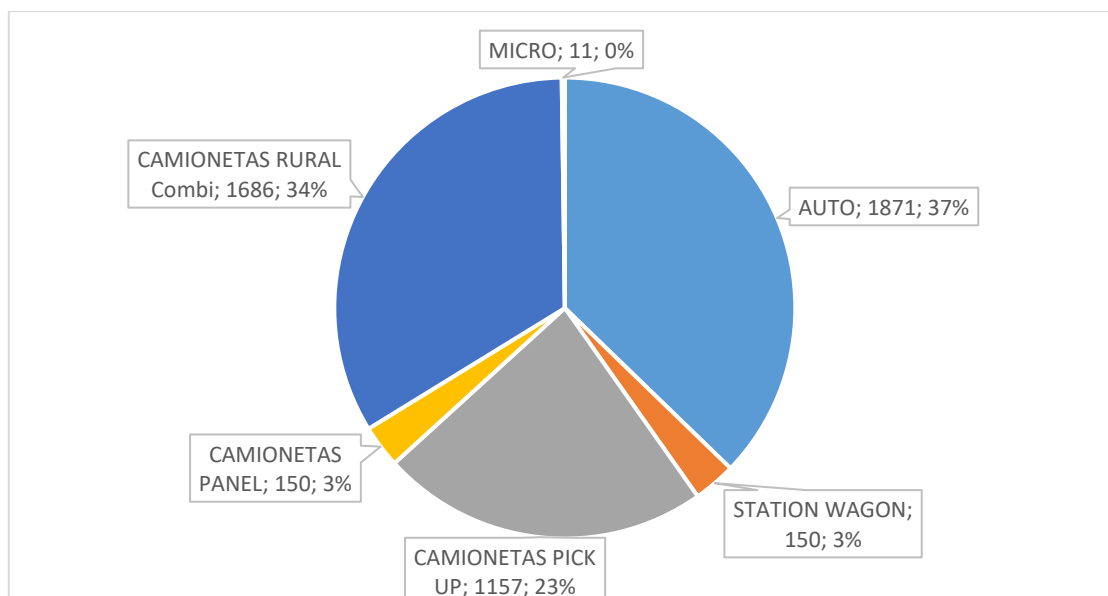
En la tabla 26, se presenta el conteo de vehículos de forma resumida:

Tabla 26: Resumen de conteo por clasificación de vehículos en sentido Juliaca

DÍA	VEHICULOS LIGEROS	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/ 2S2	2S3	3S1/ 3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
Lunes	665	42	78	74	47	41	8	15	35	430	3	2	5	7	1452
Martes	667	53	79	77	52	48	14	12	31	410	3	2	5	7	1460
Miércoles	686	57	76	75	52	49	10	6	34	528	7	2	8	7	1597
Jueves	738	50	83	65	52	49	16	10	28	446	2	3	7	9	1558
Viernes	681	56	83	104	50	45	14	13	33	416	3	2	6	7	1513
Sábado	745	44	98	74	43	45	11	10	25	439	2	2	4	7	1549
Domingo	843	51	98	64	42	42	12	10	24	392	2	2	4	4	1590
TOTAL	5025	353	595	533	338	319	85	76	210	3061	22	15	39	48	10719

Fuente: Elaboración propia

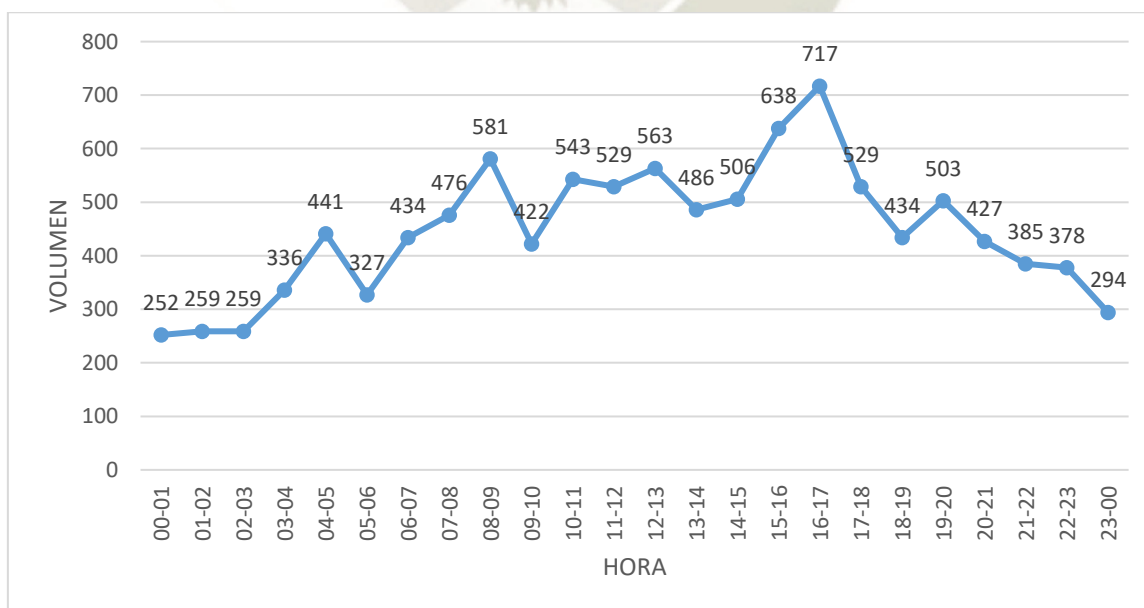
Los vehículos ligeros tuvieron la siguiente composición:



Gráfica 8: Composición de vehículos ligero en sentido Juliaca
Fuente: Elaboración propia

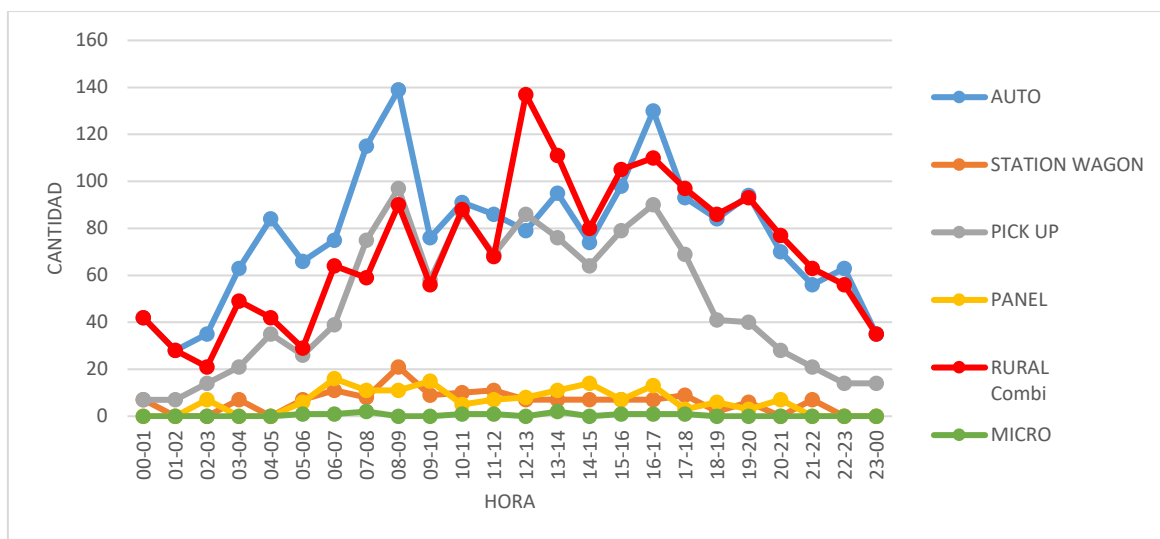
A) ANALISIS DE LA VARIACIÓN HORARIA

Durante la mañana, el número total de vehículos tiene un máximo de 581 en el horario de 8 a 9. Asimismo, en la tarde, específicamente, a partir de las 16 a 17 horas es la hora punta con 717 vehículos; volumen que disminuye hasta alcanzar un mínimo de 252 vehículos.



Gráfica 9: Variación horaria por total de vehículos en sentido Juliaca
Fuente: Elaboración propia

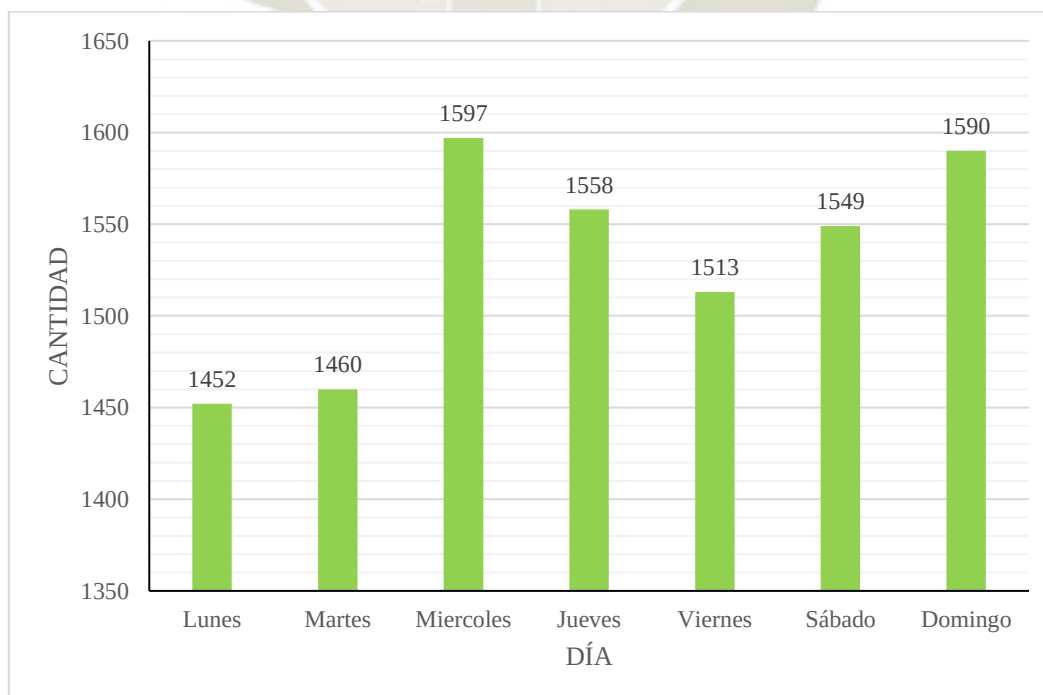
Los dos tipos de vehículos ligeros que presentan mayor volumen en este sentido son: autos, cuyo máximo es de 139 (hora 8 a 9) y las combis rurales con 137 (hora 12 a 13). Asimismo, a partir de las 17 horas, se observa una disminución notable de vehículos.



Gráfica 10: Variación horaria por tipo de vehículo ligero en sentido Juliaca
Fuente: Elaboración propia

B) ANALISIS DE LA VARIACIÓN DIARIA

El día miércoles presenta mayor volumen de tráfico con 1597 vehículos y el lunes tiene el mínimo de volumen con 1452 vehículos.



Gráfica 11: Número de vehículos en total por día en sentido Juliaca
Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Cálculo de índice medio diario semanal (IMDs) por clasificación de vehículo

El IMDs se expresa como el promedio de vehículos que circula en una vía por un periodo de una semana.

$$\text{IMDs} = \frac{\text{Tránsito lunes} + \dots + \text{Tránsito domingo}}{7}$$

Ecuación 16: Índice medio diario semanal
Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

En la tabla 27 se presenta el promedio de vehículos por tipo que circula en ambos tramos:

Tabla 27: Índice medio diario semanal por tipo de vehículo en ambos sentidos

	SENTIDO			
	AREQUIPA		JULIACA	
TIPO DE VEHICULO	TOTAL SEMANA	IMDs (veh/día)	TOTAL SEMANA	IMDs (veh/día)
Auto	1591	227	1871	267
Station Wagon	84	12	150	21
Camioneta Pick Up	1198	171	1157	165
Camioneta Panel	44	6	150	21
Camioneta Rural	2061	294	1686	241
Micro	15	2	11	2
Bus 2 E	273	39	353	50
Bus ≥3 E	492	70	445	64
Bus 4 E	121	17	150	21
Camión 2 E	564	81	533	76
Camión 3 E	215	31	338	48
Camión 4 E	151	22	319	46
Semitrayler 2S1	6	1	22	3
Semitrayler 2S2	55	8	63	9
Semitrayler 2S3	48	7	76	11
Semitrayler 3S1	10	1	46	7
Semitrayler 3S2	100	14	164	23
Semitrayler ≥3S3	2452	350	3061	437
Trayler 2T2	61	9	22	3
Trayler 2T3	3	0	15	2
Trayler 3T2	25	4	39	6
Trayler ≥3T3	27	4	48	7
TOTAL	9596	1371	10719	1531

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Índice medio diario semanal (IMDs) con nivel de confiabilidad

Dado que el conteo de vehículos se realizó durante una semana completa, es necesario aplicarle a nuestro IMDs un grado de confiabilidad en base a la desviación estándar poblacional para darle mayor verosimilitud a nuestros datos.

Cal y Mayor & Cárdenas (2007) afirma que para obtener el tránsito promedio diario anual (TPDA ó IMDA), es necesario disponer del número total de vehículos que pasan durante el año por el punto de referencia, siendo este tipo de información difícil de obtener. Para este tipo de casos, se toman una muestra que permita generalizar el comportamiento de la población. Sin embargo, se debe analizar la variabilidad de la muestra con un grado de confiabilidad para que pueda aplicarse a un número de casos no incluidos y que forman parte de la población. Por lo tanto, el TPDA se puede expresar en la ecuación 17.

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Ecuación 17: Transito promedio diario anual
Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas (2007)

A= máxima diferencia entre TPDA y el TPDS = KE

Donde:

K = número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado (en distribución normal, para nivel de confiabilidad de 90% y 95%, los valores de K son 1.64 y 1.96 respectivamente)

E = error estándar de la media ó estimador de la desviación estándar poblacional

$$E = \sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Ecuación 18: Error estándar de la media
Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

Donde:

N = tamaño de la población en número de días del año

n = tamaño de la muestra en número de días del aforo

S = desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n - 1}}$$

Ecuación 19: Desviación estándar muestral

Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

Donde:

TD_i = volumen de tránsito del día i

En las tablas 28 y 29 se presentan los Índices medios diarios semanales afectados con una confiabilidad de 95% para los dos sentidos.

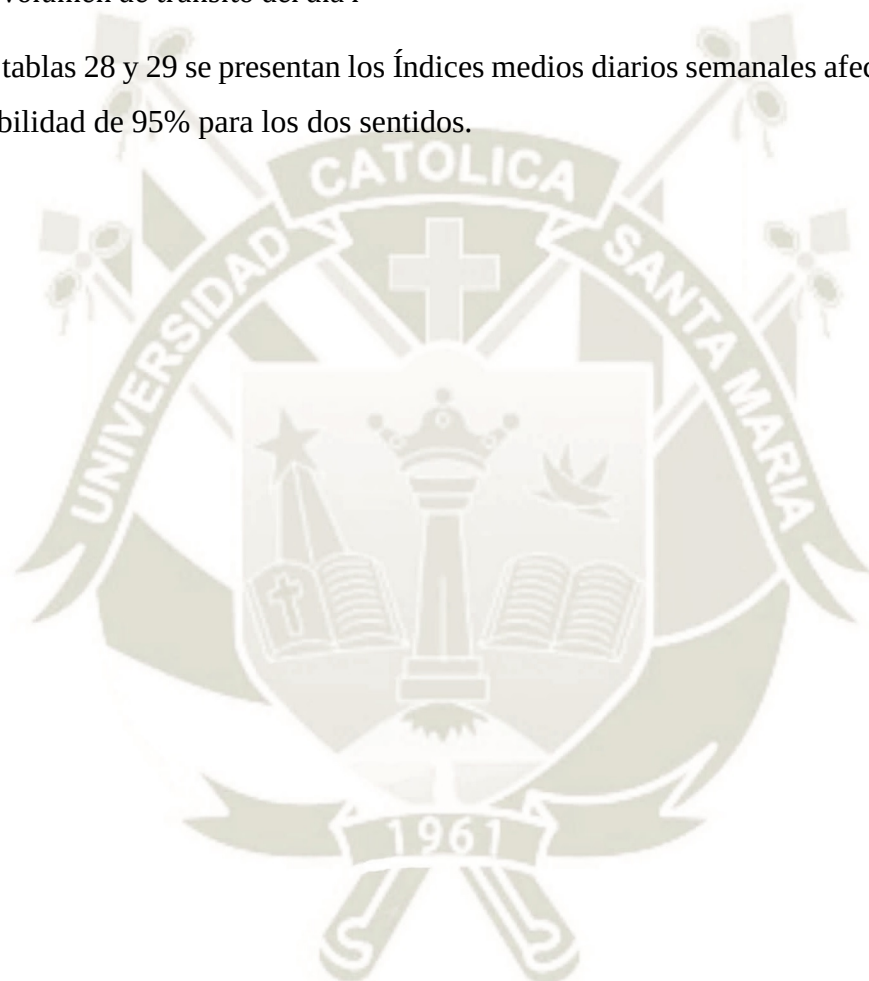


Tabla 28: Índice medio diario semanal con 95% de confiabilidad por tipo de vehículo en sentido Arequipa

AREQUIPA							
TIPO DE VEHICULO	IMDs (veh/día)	K (al 95%)	W S	σ	A	IMDs mínimo (veh/día)	IMDs máximo (veh/día)
Auto	227	1.96	24	9	18	209	245
Station Wagon	12	1.96	6	2	4	8	16
Camioneta Pick Up	171	1.96	17	6	13	159	184
Camioneta Panel	6	1.96	6	2	4	2	11
Camioneta Rural	294	1.96	41	15	30	264	325
Micro	2	1.96	2	1	1	1	3
Bus 2 E	39	1.96	11	4	8	31	47
Bus ≥3 E	70	1.96	4	1	3	68	73
Bus 4 E	17	1.96	3	1	2	15	20
Camión 2 E	81	1.96	7	3	5	76	85
Camión 3 E	31	1.96	5	2	3	27	34
Camión 4 E	22	1.96	4	2	3	18	25
Semitrayler 2S1	1	1.96	1	0.46	1	0	2
Semitrayler 2S2	8	1.96	1	1	1	7	9
Semitrayler 2S3	7	1.96	2	1	1	6	8
Semitrayler 3S1	1	1.96	2	1	2	0	3
Semitrayler 3S2	14	1.96	5	2	4	10	18
Semitrayler ≥3S3	350	1.96	38	14	28	322	378
Trayler 2T2	9	1.96	2	1	1	7	10
Trayler 2T3	0	1.96	1	0.29	1	0	1
Trayler 3T2	4	1.96	3	1	2	2	6
Trayler ≥3T3	4	1.96	1	0.34	1	3	5
TOTAL	1371					1235	1507

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Índice medio diario semanal con 95% de confiabilidad por tipo de vehículo en sentido Juliaca

JULIACA							
TIPO DE VEHICULO	IMDs (veh/día)	K (al 95%)	W S	σ	A	IMDs mínimo (veh/día)	IMDs máximo (veh/día)
Auto	267	1.96	36	13	26	241	294
Station Wagon	21	1.96	2	1	2	20	23
Camioneta Pick Up	165	1.96	13	5	10	156	175
Camioneta Panel	21	1.96	9	3	6	15	28
Camioneta Rural	241	1.96	23	9	17	224	258
Micro	2	1.96	2	1	1	0	3
Bus 2 E	50	1.96	6	2	4	46	55
Bus ≥ 3 E	64	1.96	7	3	5	59	68
Bus 4 E	21	1.96	4	1	3	18	24
Camión 2 E	76	1.96	13	5	10	66	86
Camión 3 E	48	1.96	4	2	3	45	51
Camión 4 E	46	1.96	3	1	2	43	48
Semitrayler 2S1	3	1.96	0	0.14	0	3	3
Semitrayler 2S2	9	1.96	3	1	2	7	11
Semitrayler 2S3	11	1.96	3	1	2	9	13
Semitrayler 3S1	7	1.96	3	1	2	4	9
Semitrayler 3S2	23	1.96	5	2	4	20	27
Semitrayler $\geq 3S3$	437	1.96	44	16	32	405	470
Trayler 2T2	3	1.96	2	1	1	2	4
Trayler 2T3	2	1.96	0	0.14	0	2	2
Trayler 3T2	6	1.96	2	1	1	4	7
Trayler $\geq 3T3$	7	1.96	1	0.55	1	6	8
TOTAL	1531					1396	1667

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Cálculo de índice medio diario anual (IMDA) por clasificación de vehículo

En base al Manual de Carreteras del MTC (2014), para determinar el IMDA se requiere de los factores de corrección estacional (F.C.) cuyos valores son proporcionados por el propio MTC según la data histórica otorgada por los peajes de las carreteras.

$$\text{IMDA} = \text{IMDs} \times \text{Factor de corrección estacional}$$

Ecuación 20: Índice medio diario anual corregido

Fuente: Manual de Carreteras del MTC (2014)

Para el mes de agosto, tenemos un factor de corrección estacional para vehículos ligeros y pesados de 0.7985 y 0.9309, respectivamente.

Tabla 30: Índice medio diario anual por tipo de vehículo en ambos sentidos

TIPO DE VEHICULO	SENTIDO					
	AREQUIPA			JULIACA		
	IMDs máximo	F.C.	IMDa (veh/día)	IMDs máximo (veh/día)	F.C.	IMDa (veh/día)
Auto	245	0.7985	196	294	0.7985	235
Station Wagon	16	0.7985	13	23	0.7985	18
Camioneta Pick Up	184	0.7985	147	175	0.7985	140
Camioneta Panel	11	0.7985	8	28	0.7985	22
Camioneta Rural	325	0.7985	259	258	0.7985	206
Micro	3	0.7985	3	3	0.7985	2
Bus 2 E	47	0.9309	44	55	0.9309	51
Bus ≥3 E	73	0.9309	68	68	0.9309	64
Bus 4 E	20	0.9309	18	24	0.9309	23
Camión 2 E	85	0.9309	80	86	0.9309	80
Camión 3 E	34	0.9309	32	51	0.9309	48
Camión 4 E	25	0.9309	23	48	0.9309	45
Semitrayler 2S1	2	0.9309	2	3	0.9309	3
Semitrayler 2S2	9	0.9309	8	11	0.9309	10
Semitrayler 2S3	8	0.9309	8	13	0.9309	12
Semitrayler 3S1	3	0.9309	3	9	0.9309	8
Semitrayler 3S2	18	0.9309	17	27	0.9309	25
Semitrayler ≥3S3	378	0.9309	352	470	0.9309	437
Trayler 2T2	10	0.9309	9	4	0.9309	4
Trayler 2T3	1	0.9309	1	2	0.9309	2
Trayler 3T2	6	0.9309	5	7	0.9309	6
Trayler ≥3T3	5	0.9309	4	8	0.9309	7
TOTAL			1299			1448

Fuente: Elaboración propia

4.3.6. Tasa anual de crecimiento de tránsito

La tasa anual de crecimiento se ha obtenido con información histórica del crecimiento del tráfico en la vía.

Tabla 31: Número de vehículos del Peaje Patahuasi (Pampas Cañahuas)

PEAJE PATAHUASI	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013
V. ligero	179443	205000	237801	286683	340929	384891
V. pesado	346739	393210	445287	494301	543701	591107
TOTAL	526182	598210	683088	780984	884630	975998

PEAJE PATAHUASI	Año 2014	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018
V. ligero	371346	415473	501011	520519	636396
V. pesado	684198	757485	851835	856097	814943
TOTAL	1055544	1172958	1352846	1376616	1451339

Fuente: Boletín Estadístico de Carreteras Mayo 2020 – OSITRAN

Con la data proporcionada, se determina el IMDA de los vehículos ligeros y pesados del Peaje Patahuasi para cada año (Tabla 32) y se grafica la curva de crecimiento exponencial para el cálculo de la tasa de crecimiento (Gráfica 12).

Tabla 32: IMDA de cada año del Peaje Patahuasi para vehículo ligero y pesado

PEAJE PATAHUASI	2008	2009	2010	2011	2012	2013
IMDA V. ligero (veh/día)	490	562	652	785	932	1054
IMDA V. pesado (veh/día)	947	1077	1220	1354	1486	1619
TOTAL	1438	1639	1871	2140	2417	2674

PEAJE PATAHUASI	2014	2015	2016	2017	2018
IMDA V. ligero (veh/día)	1017	1138	1369	1426	1744
IMDA V. pesado (veh/día)	1875	2075	2327	2345	2233
TOTAL	2892	3214	3696	3772	3976

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 12: Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros del Peaje Patahuasi
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 13: Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados del Peaje Patahuasi
Fuente: Elaboración propia

De los gráficos 12 y 13, se obtiene que la tasa de crecimiento de tráfico para vehículos ligeros y pesados de la carretera aplicada en la tesis es de 11.93% y 9.48%, respectivamente. Este resultado es muy por encima del promedio de la tasa de crecimiento recomendada por el MTC (2 a 6%).

4.3.7. Proyección de tráfico

El MTC (2014) usa la ecuación 21 que es una fórmula de progresión aritmética.

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1}$$

Ecuación 21: Proyección de tráfico
Fuente: MTC (2014)

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día

n = Número de años del periodo de diseño

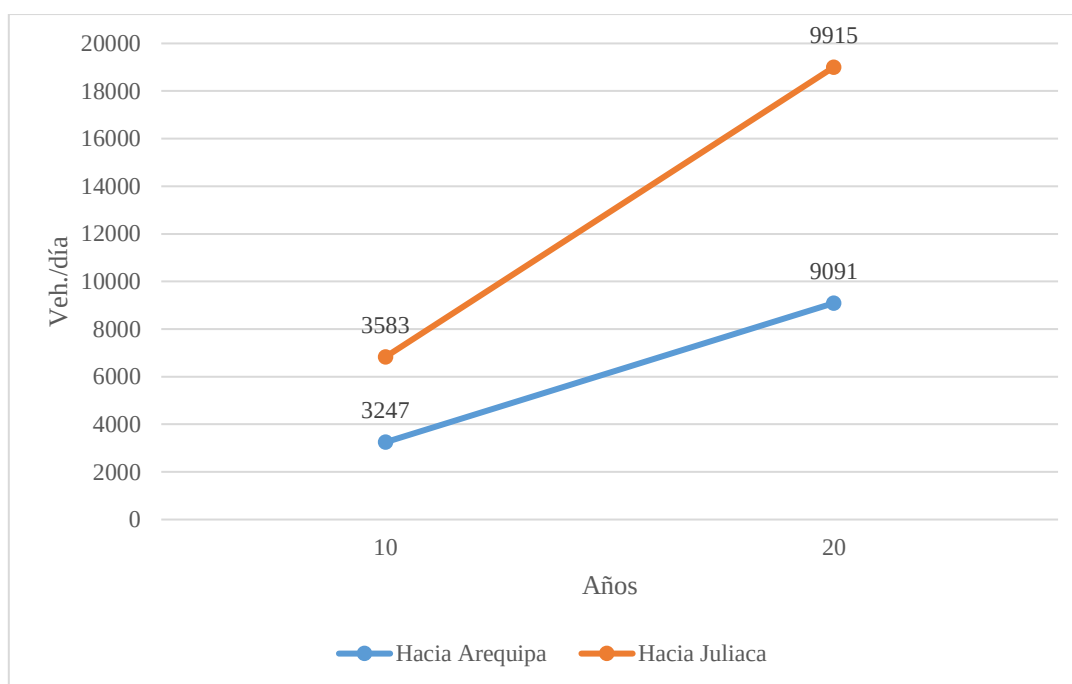
r = Tasa anual de crecimiento del tránsito

El periodo de vida útil del pavimento flexible es de 20 años por lo que se determina una proyección del IMDA a la misma cantidad de años y los resultados se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33: Proyección del tráfico por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Sentido					
	Arequipa			Juliaca		
	IMDa (veh/día)	n= 10	n= 20	IMDa (veh/día)	n= 10	n= 20
Auto	196	540	1666	235	647	1996
Station Wagon	13	36	110	18	51	157
Camioneta Pick Up	147	405	1249	140	385	1189
Camioneta Panel	8	23	72	22	61	189
Camioneta Rural	259	715	2207	206	567	1751
Micro	3	7	22	2	6	18
Bus 2 E	44	99	246	51	115	284
Bus ≥ 3 E	68	153	379	64	144	356
Bus 4 E	18	41	102	23	51	127
Camión 2 E	80	180	445	80	181	447
Camión 3 E	32	72	178	48	108	268
Camión 4 E	23	52	129	45	101	250
Semitrayler 2S1	2	4	9	3	7	18
Semitrayler 2S2	8	19	46	10	23	57
Semitrayler 2S3	8	17	42	12	27	67
Semitrayler 3S1	3	6	16	8	18	45
Semitrayler 3S2	17	38	95	25	57	140
Semitrayler ≥ 3 S3	352	795	1968	437	988	2444
Trayler 2T2	9	21	53	4	9	23
Trayler 2T3	1	2	5	2	5	13
Trayler 3T2	5	12	29	6	14	35
Trayler ≥ 3 T3	4	10	24	7	17	41
TOTAL	1299	3247	9091	1448	3583	9915

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 14: Proyección del IMDA en 10 y 20 años
Fuente: Elaboración propia

4.3.8. Factor camión

En la vía de estudio no existe un control de pesaje, pero en el tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur se identificó uno ubicado en el ingreso al distrito de Yura. La data de esta balanza electrónica es inaplicable por el desvío que existe hacia Chivay. Este tipo de información es complementario para desarrollar un cálculo más preciso en el número de ejes equivalentes y dada la dificultad para realizar un censo de carga, se optó por utilizar los pesajes máximos de la normativa peruana.

El Manual de Carreteras del MTC (2014) desarrolla un procedimiento empírico y estima el factor camión a partir de correlaciones de la guía AASHTO 93 cuyas variables son el peso y el tipo de eje. Para ello, se utilizará los pesos máximos o cargas por eje de los vehículos pesados de la Tabla 34, los cuales son establecidos en el Anexo IV: Pesos y medidas del Reglamento Nacional de Vehículos aprobado por el Decreto Supremo N° 058-2003-MTC.

Tabla 34: Pesos y medidas máximas permitidas

Tabla De Pesos Y Medidas							
Configuración vehicular	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
		Eje Delant.	Conjunto de ejes posteriores				
			1º	2º	3º	4º	
B2	13.20	7	11	-	-	-	18
B3	14.00	7	16	-	-	-	23
B4	15.00	7+7	16	-	-	-	30
C2	12.30	7	11	-	-	-	18
C3	13.20	7	18	-	-	-	25
C4	13.20	7	23	-	-	-	30
T2S1	20.50	7	11	11	-	-	29
T2S2	20.50	7	11	18	-	-	36
T2S3	20.50	7	11	25	-	-	43
T3S1	20.50	7	18	11	-	-	36
T3S2	20.50	7	18	18	-	-	43
T3S3	20.50	7	18	25	-	-	48
C2R2	23.00	7	11	11	11	-	40
Tabla De Pesos Y Medidas							
C2R3	23.00	7	11	11	18	-	47
C3R2	23.00	7	18	11	11	-	47
C3R3	23.00	7	18	11	18	-	47

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos

Asimismo, se pudo evidenciar que la cantidad de vehículos ligeros es significativa en la vía de estudio, por lo que se va a considerar en el análisis de los ejes equivalentes. Sin embargo, es necesario estimar un pesaje del tipo de vehículo ligero a partir de las fichas técnicas de los fabricantes de acuerdo a lo que se pudo visualizar durante los días de conteo.

El MTC (2014) establece fórmulas simplificadas (Tabla 35) que permiten un cálculo aproximado del factor de daño.

Tabla 35: Relación de cargas por eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Pavimentos Flexibles

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8,2 t})
Eje simple de rueda simple (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje simple de rueda doble (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje tándem (1 eje de rueda doble + 1 eje de rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 15.1]^{4.0}$
Eje tridem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Eje tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$

P = peso real por eje en toneladas

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014).

Tabla 36: Factor camión por tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Carga de Veh. EJE (t)	Eje Equivalente	Factor Camión
Auto	1	0.000527	0.001054
	1	0.000527	
Station Wagon	1	0.00053	0.001054
	1	0.00053	
Camioneta Pick Up	1	0.002	0.004049
	1	0.002	
Camioneta Panel	2	0.003	0.007
	2	0.003	
Camioneta Rural	2	0.005	0.010
	2	0.005	
Micro	3	0.055	0.738
	6	0.683	
Bus 2 E	7	1.265	4.504
	11	3.238	
Bus 3 E	7	1.265	2.631
	16	1.366	
Bus 4 E	7	1.265	3.897
	7	1.265	
	16	1.366	
Camión 2 E	7	1.265	4.504
	11	3.238	
Camión 3 E	7	1.265	3.285
	18	2.019	
Camión 4 E	7	1.265	2.774
	23	1.508	

Tipo de Vehículo	Carga de Veh. EJE (t)	Eje Equivalente	Factor Camión
Semitrayler 2S1	7	1.265	7.742
	11	3.238	
	11	3.238	
Semitrayler 2S2	7	1.265	6.523
	11	3.238	
	18	2.019	
Semitrayler 2S3	7	1.265	6.210
	11	3.238	
	25	1.706	
Semitrayler 3S1	7	1.265	6.523
	18	2.019	
	11	3.238	
Semitrayler 3S2	7	1.265	5.304
	18	2.019	
	18	2.019	
Semitrayler $\geq 3S3$	7	1.265	4.991
	18	2.019	
	25	1.706	
Trayler 2T2	7	1.265	10.980
	11	3.238	
	11	3.238	
	11	3.238	
Trayler 2T3	7	1.265	9.761
	11	3.238	
	11	3.238	
	18	2.019	
Trayler 3T2	7	1.265	9.761
	18	2.019	
	11	3.238	
	11	3.238	
Trayler $\geq 3T3$	7	1.265	8.542
	18	2.019	
	11	3.238	
	18	2.019	

Fuente: Elaboración propia

4.3.9. Factor direccional y carril

Los valores del factor direccional y factor carril se extraen de la Tabla 37 proporcionados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

Tabla 37: Factor de distribución direccional y por carril

Número de direcciones o sentidos	Número de carriles por dirección o sentido	Factor Direccional (FD)	Factor Carril (Fc)	Factor ponderado FD x Fc para carril de diseño
1 sentido x calzada	1	1.00	1.00	1.00
1 sentido x calzada	2	1.00	0.80	0.80
1 sentido x calzada	3	1.00	0.60	0.60
1 sentido x calzada	4	1.00	0.50	0.50
2 sentidos x calzada	1	0.50	1.00	0.50
2 sentidos x calzada	2	0.50	0.80	0.40
2 sentidos x calzada	3	0.50	0.60	0.30
2 sentidos x calzada	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014).

El factor de distribución direccional y de carril será de 1 para ambos casos, puesto que se está analizando cada sentido de la vía en forma particular.

4.3.10. Factor de crecimiento acumulado

Se expresa:

$$FCA = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Ecuación 22: Factor de crecimiento acumulado

Fuente: MTC (2014)

Donde:

r = Tasa anual de crecimiento

n = Período de diseño

Los ejes equivalentes se proyectarán para un periodo de diseño de 20 años

4.3.11. Número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 t. o tránsito de diseño

Para su cálculo, se usa la siguiente expresión:

$$N \text{ rep. de EE}_{8.2 \text{ t}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

Ecuación 23: Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 t

Fuente: MTC (2014)

Tabla 38: Número de Ejes Equivalentes para sentido Arequipa

Tipo de Vehículo	IMDA N° Veh/día	N° Veh/año	%	Factor direccional	Factor Carril	Factor camión	Factor de crecimiento (%)	N° de rep. de E.E. de 8.2 t
Auto	196	71459	15.07%	1.00	1.00	0.00105	71.47	5383.16
Station Wagon	13	4715	0.99%	1.00	1.00	0.00105	71.47	355.19
Camioneta Pick Up	147	53552	11.29%	1.00	1.00	0.00405	71.47	15497.67
Camioneta Panel	8	3073	0.65%	1.00	1.00	0.00691	71.47	1516.94
Camioneta Rural	259	94642	19.96%	1.00	1.00	0.00989	71.47	66867.69
Micro	3	961	0.20%	1.00	1.00	0.73828	71.47	50732.03
Bus 2 E	44	16036	3.38%	1.00	1.00	4.50365	54.00	3899813.15
Bus ≥3 E	68	24768	5.22%	1.00	1.00	2.63131	54.00	3519280.95
Bus 4 E	18	6672	1.41%	1.00	1.00	3.89668	54.00	1404003.10
Camión 2 E	80	29051	6.13%	1.00	1.00	4.50365	54.00	7065241.45
Camión 3 E	32	11596	2.45%	1.00	1.00	3.28458	54.00	2056751.64
Camión 4 E	23	8426	1.78%	1.00	1.00	2.77355	54.00	1262000.46
Semitrayler 2S1	2	595	0.13%	1.00	1.00	7.74194	54.00	248565.25
Semitrayler 2S2	8	3006	0.63%	1.00	1.00	6.52287	54.00	1058686.23
Semitrayler 2S3	8	2773	0.58%	1.00	1.00	6.20968	54.00	929710.42
Semitrayler 3S1	3	1022	0.22%	1.00	1.00	6.52287	54.00	359965.10
Semitrayler 3S2	17	6189	1.30%	1.00	1.00	5.30379	54.00	1772442.11
Semitrayler ≥3S3	352	128493	27.09%	1.00	1.00	4.99061	54.00	34628103.89
Trayler 2T2	9	3454	0.73%	1.00	1.00	10.98023	54.00	2048205.73
Trayler 2T3	1	342	0.07%	1.00	1.00	9.76115	54.00	180291.11
Trayler 3T2	5	1887	0.40%	1.00	1.00	9.76115	54.00	994843.33
Trayler ≥3T3	4	1535	0.32%	1.00	1.00	8.54208	54.00	708166.53
TOTAL	1299	474246	100.00%				TOTAL	62,276,423.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Número de Ejes Equivalentes para sentido Juliaca

Tipo de Vehículo	IMD N° Veh/día	N° Veh/año	%	Factor direccional	Factor Carril	Factor camión	Factor de crecimiento (%)	N° de Rep. de E.E. de 8.2 t
Auto	235	85600	16.19%	1.00	1.00	0.00105	71.47	6448.46
Station Wagon	18	6722	1.27%	1.00	1.00	0.00105	71.47	506.37
Camioneta Pick Up	140	50982	9.64%	1.00	1.00	0.00405	71.47	14754.14
Camioneta Panel	22	8091	1.53%	1.00	1.00	0.00691	71.47	3994.42
Camioneta Rural	206	75107	14.21%	1.00	1.00	0.00989	71.47	53066.01
Micro	2	782	0.15%	1.00	1.00	0.73828	71.47	41246.97
Bus 2 E	51	18554	3.51%	1.00	1.00	4.50365	54.00	4512238.89
Bus ≥3 E	64	23269	4.40%	1.00	1.00	2.63131	54.00	3306276.36
Bus 4 E	23	8278	1.57%	1.00	1.00	3.89668	54.00	1741942.69
Camión 2 E	80	29189	5.52%	1.00	1.00	4.50365	54.00	7098747.32
Camión 3 E	48	17493	3.31%	1.00	1.00	3.28458	54.00	3102623.95
Camión 4 E	45	16298	3.08%	1.00	1.00	2.77355	54.00	2441042.47
Semitrayler 2S1	3	1162	0.22%	1.00	1.00	7.74194	54.00	485908.64
Semitrayler 2S2	10	3749	0.71%	1.00	1.00	6.52287	54.00	1320659.62
Semitrayler 2S3	12	4402	0.83%	1.00	1.00	6.20968	54.00	1475943.99
Semitrayler 3S1	8	2966	0.56%	1.00	1.00	6.52287	54.00	1044670.02
Semitrayler 3S2	25	9166	1.73%	1.00	1.00	5.30379	54.00	2625056.61
Semitrayler ≥3S3	437	159568	30.18%	1.00	1.00	4.99061	54.00	43002511.32
Trayler 2T2	4	1510	0.29%	1.00	1.00	10.98023	54.00	895618.37
Trayler 2T3	2	822	0.16%	1.00	1.00	9.76115	54.00	433534.37
Trayler 3T2	6	2271	0.43%	1.00	1.00	9.76115	54.00	1196818.06
Trayler ≥3T3	7	2695	0.51%	1.00	1.00	8.54208	54.00	1243338.94
TOTAL	1448	528677	100.00%				TOTAL	76,046,947.99

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la clasificación de número de repeticiones de ejes equivalentes del Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC (2014), y con los resultados obtenidos, nuestro tráfico puede expresarse como T_{p15} ya que excede los 30 millones de ejes equivalentes proyectados, por ello, requiere de un estudio específico y análisis técnico que justifique el pavimento adoptado.

4.4. ESTUDIO DE VELOCIDADES

Uno de los ajustes que se debe realizar al grado de desempeño del asfalto (PG) es con la velocidad de tráfico. Sin embargo, no hay un procedimiento estándar para estimar una velocidad promedio.

El método aplicado para este caso fue que, en un pequeño tramo de la vía, aproximadamente con una longitud de 100 metros, se tomó un tiempo estimado de viaje

o recorrido de nuestro vehículo de diseño, que de acuerdo al estudio de tráfico se deduce que es el Semitrayer 3S3, puesto que tiene mayor incidencia en el número de ejes equivalentes y carga al pavimento.



Figura 19: Tramo para estudio de velocidades
Fuente: Elaboración propia

El tramo escogido no presentó ningún tipo de obstáculo (curvas, intersecciones, etc) y la muestra seleccionada promedio para un intervalo de tiempo (una hora) por cada sentido de la vía fue como mínimo de 20 vehículos. Sin embargo, en algunos horarios se complementó con buses y camiones de dos o tres ejes. Los datos fueron tomados en un periodo de 7 días y dos intervalos de tiempo por día, sea turno mañana o tarde.

En el Anexo se tienen los tiempos estimados de los vehículos por cada día en ambos sentidos.

Para el sentido hacia Arequipa, se obtuvieron las siguientes velocidades:

Tabla 40: Resumen para estudio de velocidad instantánea – Sentido Arequipa

Velocidades (km/h)	Número de vehículos observados	Velocidades (km/h)	Número de vehículos observados	Velocidades (km/h)	Número de vehículos observados
29	1	45	5	61	0
30	1	46	10	62	0
31	2	47	9	63	0
32	3	48	13	64	0
33	4	49	10	65	0
34	5	50	8	66	0
35	6	51	3	67	0
36	13	52	12	68	0
37	13	53	10	69	0
38	10	54	2	70	0
39	14	55	9	71	0
40	15	56	3	72	0
41	5	57	6	73	0
42	19	58	0	74	0
43	15	59	5	75	0
44	10	60	2	76	0
TOTAL VEHICULOS			240		

Fuente: Elaboración propia

El tamaño de la muestra total es de 240 vehículos y el número de intervalos escogido será 10, de acuerdo a la tabla 41.

Tabla 41: Número de Intervalos de Clase por tamaño de muestra

TAMAÑO DE MUESTRA n	NÚMERO DE INTERVALOS N
50-100	7-8
100-1000	10-11
1000-10000	14-15
10000-100000	17-18
Mayores de 100000	$1+3.3\text{Log}_{10}(n)$

Fuente: Cal y Mayor & Cárdenas (2007)

Las velocidades de mayor y menor magnitud se procesan para determinar otros parámetros importantes, como son:

- Amplitud: Diferencia algebraica entre la mayor y menor velocidad.
- Ancho intervalo de clase = Amplitud / Número de intervalos (N)

Tabla 42: Ancho de Intervalo para estudio de Velocidad Instantánea – Sentido Arequipa

Medición más grande	60 km/h
Medición más pequeña	29 km/h
AMPLITUD	31 km/h
N	10
Ancho del intervalo de clase	3.1
Ancho de intervalo utilizado	3

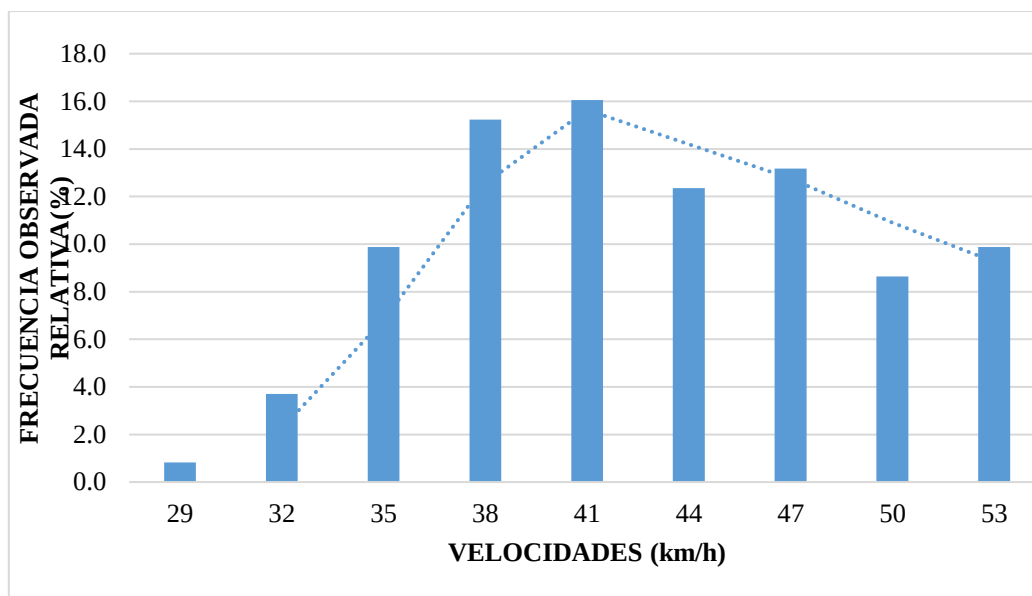
Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se calcula la tabla de distribuciones de frecuencia y sus respectivas gráficas:

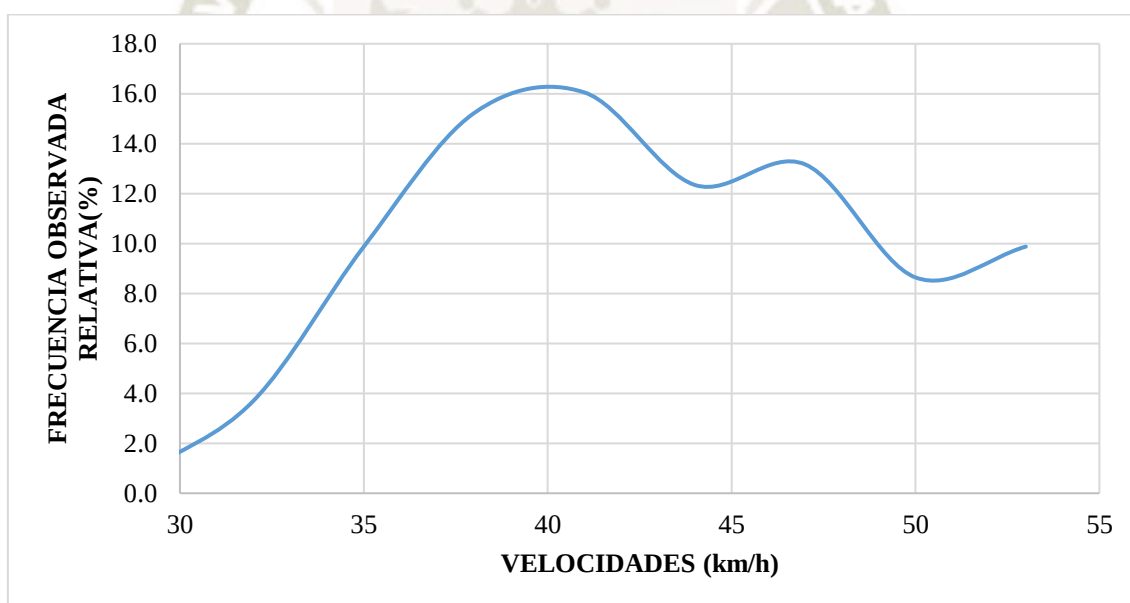
Tabla 43: Distribuciones de Frecuencia de Velocidad de Punto – Sentido Arequipa

Intervalo			Frecuencia						
de clase		Punto	Frecuencia Observada		Acumulada				
grupos de		medio	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Vi ²	fiVi	fiVi ²
velocidad									
(km/h)		Vi	Fi	(fi/n) 100	fia	(fia/n) 100			
		(km/h)		(%)		(%)			
27.5	30.5	29	2.00	0.8	2.00	0.8	841	58	1682
30.5	33.5	32	9.00	3.7	11.00	4.5	1024	288	9216
33.5	36.5	35	24.00	9.9	35.00	14.4	1225	840	29400
36.5	39.5	38	37.00	15.2	72.00	29.6	1444	1406	53428
39.5	42.5	41	39.00	16.0	111.00	45.7	1681	1599	65559
42.5	45.5	44	30.00	12.3	141.00	58.0	1936	1320	58080
45.5	48.5	47	32.00	13.2	173.00	71.2	2209	1504	70688
48.5	51.5	50	21.00	8.6	194.00	79.8	2500	1050	52500
51.5	54.5	53	24.00	9.9	218.00	89.7	2809	1272	67416
54.5	57.5	56	18.00	7.4	236.00	97.1	3136	1008	56448
57.5	60.5	59	7.00	2.9	243.00	100.0	3481	413	24367
TOTALES			243.00	100.0				10758	488784

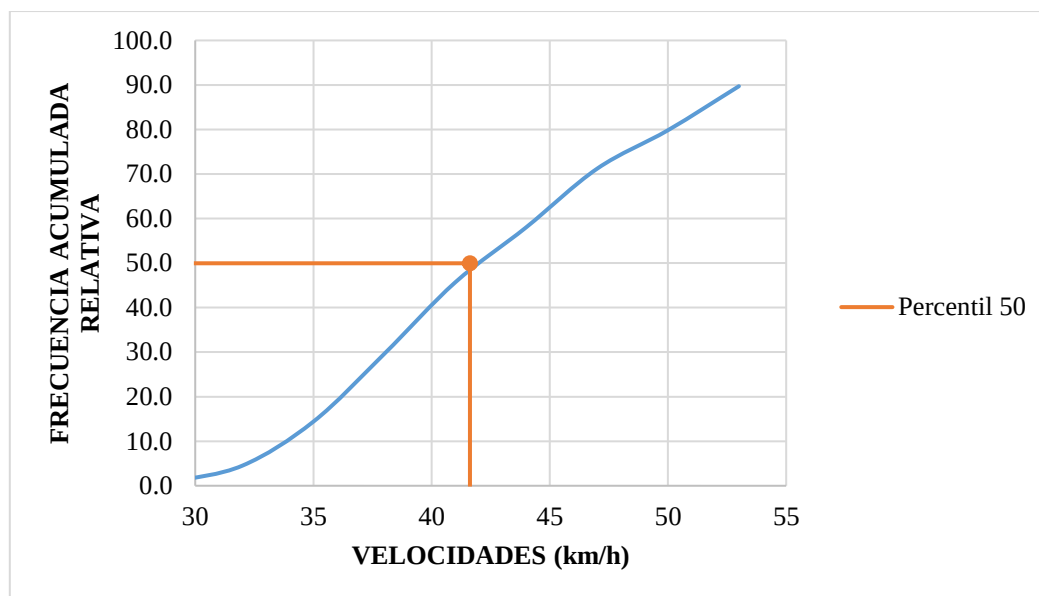
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 15: Histograma y Polígono de Frecuencias de Velocidades de Punto – Sentido Arequipa
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 16: Curva de Frecuencia observada de Velocidades de Punto – Sentido Arequipa
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 17: Curva de Frecuencia Acumulada de Velocidades de Punto – Sentido Arequipa
Fuente: Elaboración propia

Los valores más representativos que pueden obtenerse para la descripción de la distribución de velocidades de punto son:

- Velocidad media de punto o velocidad media temporal (V_t)

$$V_t = \frac{\sum_{i=1}^N (f_i V_i)}{n}$$

Ecuación 24: Velocidad media de punto
Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

- Desviación Estándar (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (f_i V_i)^2 - \frac{[\sum_{i=1}^N (f_i V_i)]^2}{n}}{n-1}}$$

Ecuación 25: Desviación Estándar
Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

- Error Estándar de la media (E)

$$E = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

Ecuación 26: Error estándar de la media
Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

- Tamaño apropiado de la muestra (n)

$$n = \left[\frac{KS}{e} \right]^2$$

Ecuación 27: Tamaño apropiado de la muestra

Fuente: Cal y Mayor & Cardenas (2007)

Donde:

e = error permitido en la estimación de velocidad media del tránsito (valor asumido entre +/- 8.0 km/h a +/- 1.5 km/h.

K = 2 (para una confiabilidad de 95%)

Tabla 44: Valores representativos – Sentido Arequipa

Valores Representativos - Arequipa		
Velocidad media de punto (Vt)	44.3	km/h
Desviación Estándar (S)	7.19	km/h
Error estándar de la media (E)	0.461	km/h
Tamaño apropiado de la muestra	92	Und.

Fuente: Elaboración propia

De la curva de frecuencia acumulada, se pueden obtener algunos percentiles:

Tabla 45: Percentiles – Sentido Arequipa

Percentiles – Sentido Arequipa	
Velocidad media (Percentil 50)	42 km/h
Límite máximo de velocidad (Percentil 85)	52 km/h
Límite inferior de la velocidad (Percentil 15)	35 km/h

Fuente: Elaboración propia

Para el sentido hacia Juliaca, se obtuvieron las siguientes velocidades:

Tabla 46: Resumen para estudio de velocidad instantánea – Sentido Juliaca

Velocidades (km/h)	Número de vehículos observados	Velocidades (km/h)	Número de vehículos observados	Velocidades (km/h)	Número de vehículos observados
30	6	45	9	61	0
31	10	46	5	62	0
32	4	47	10	63	0
33	11	48	10	64	0
34	12	49	6	65	0
35	10	50	4	66	0
36	12	51	5	67	0
37	19	52	5	68	0
38	32	53	4	69	0
39	9	54	4	70	0
40	9	55	4	71	0
41	13	56	0	72	0
42	18	57	0	73	0
43	12	58	0	74	0
44	15	59	0	75	0
TOTAL VEHICULOS			258		

Fuente: Elaboración propia.

Los valores más importantes obtenidos fueron:

Tabla 47: Ancho de Intervalo para estudio de Velocidad Instantánea – Sentido Juliaca

Medición más grande	55 km/h
Medición más pequeña	30 km/h
AMPLITUD	25 km/h
N	10
Ancho del intervalo de clase	2.5
Ancho de intervalo utilizado	3

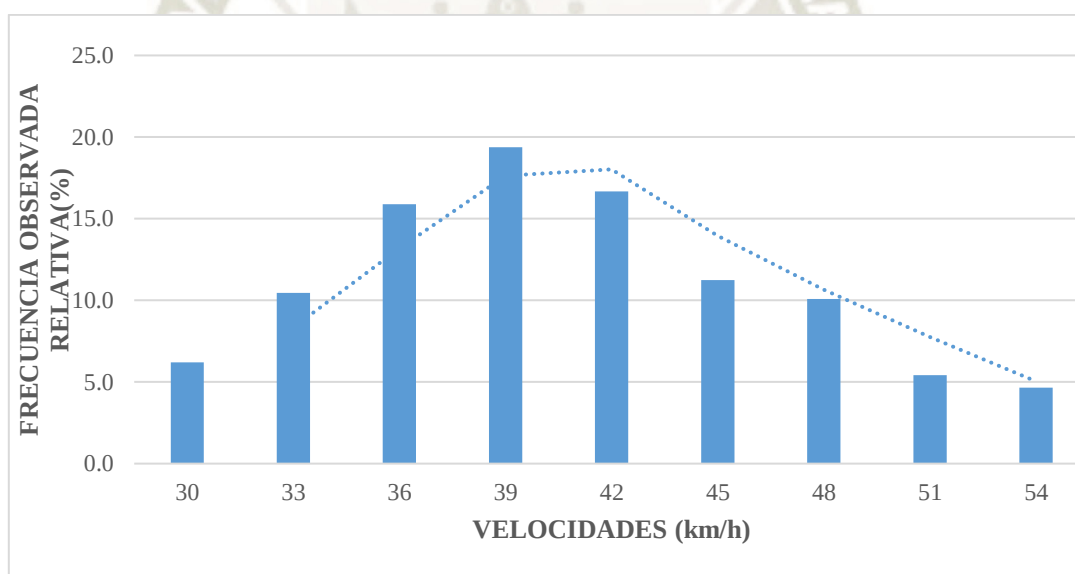
Fuente: Elaboración propia

Ahora, se calcula la tabla de distribuciones de frecuencia y sus respectivas gráficas:

Tabla 48: Distribuciones de Frecuencia de Velocidad de Punto – Sentido Juliaca

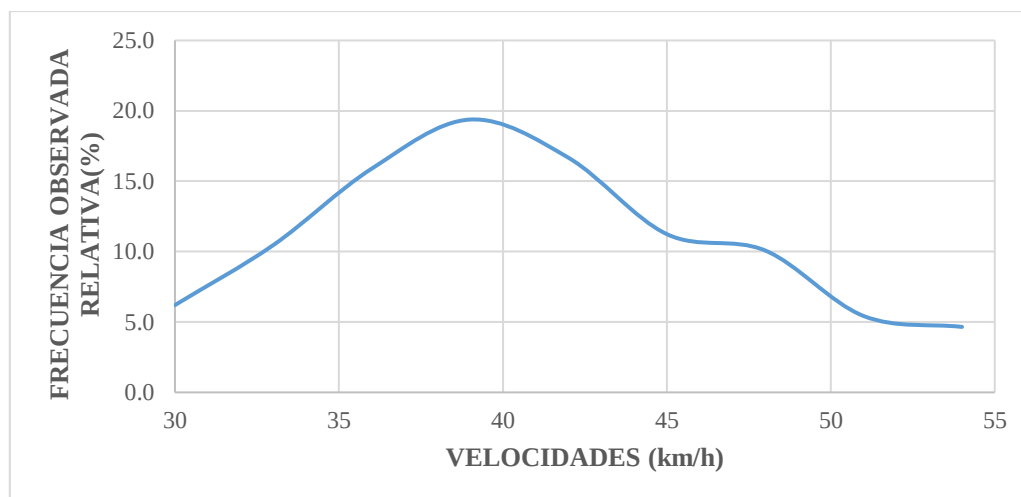
Intervalo de clase grupos de velocidad		Punto Medio	Frecuencia Observada		Frecuencia Acumulada		Vi^2	$fiVi$	$fiVi^2$
			Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa			
			Fi	$(fi/n)100$ (%)	fia	$(fia/n)100$ (%)			
(km/h)	Vi (km/h)								
28.5 31.5	30	30	16.00	6.2	16.00	6.2	900	480	14400
31.5 34.5	33	33	27.00	10.5	43.00	16.7	1089	891	29403
34.5 37.5	36	36	41.00	15.9	84.00	32.6	1296	1476	53136
37.5 40.5	39	39	50.00	19.4	134.00	51.9	1521	1950	76050
40.5 43.5	42	42	43.00	16.7	177.00	68.6	1764	1806	75852
43.5 46.5	45	45	29.00	11.2	206.00	79.8	2025	1305	58725
46.5 49.5	48	48	26.00	10.1	232.00	89.9	2304	1248	59904
49.5 52.5	51	51	14.00	5.4	246.00	95.3	2601	714	36414
52.5 55.5	54	54	12.00	4.7	258.00	100.0	2916	648	34992
TOTALES			258.00	100.0				10518	438876

Fuente: Elaboración propia

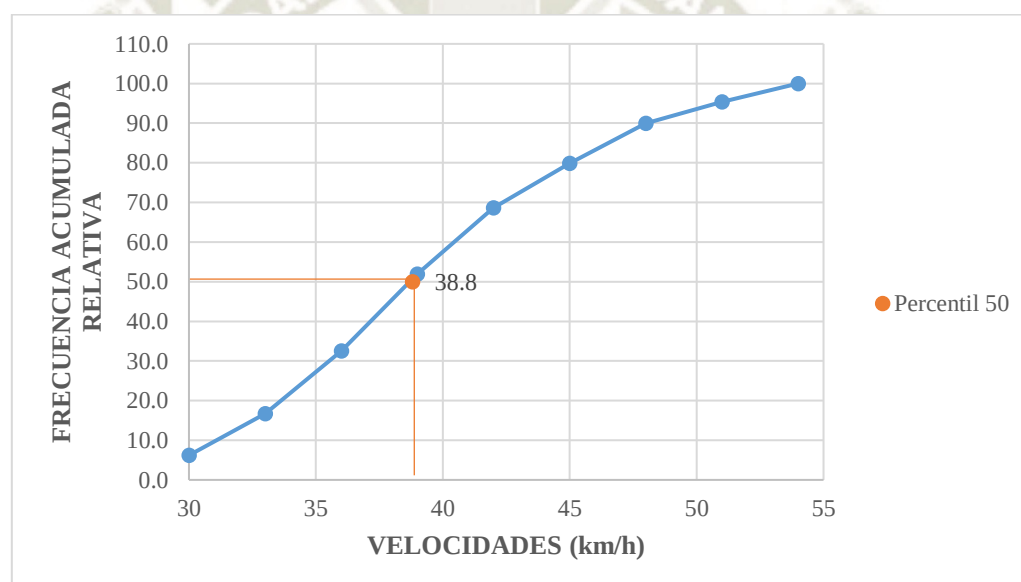


Gráfica 18: Histograma y Polígono de Frecuencias de Velocidades de Punto – Sentido Juliaca

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 19: Curva de Frecuencia observada de Velocidades de Punto – Sentido Juliaca
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 20: Curva de Frecuencia Acumulada de Velocidades de Punto – Sentido Juliaca
Fuente: Elaboración propia

Los valores más representativos obtenidos son:

Tabla 49: Valores representativos – Sentido Juliaca

<u>Valores Representativos - Juliaca</u>	
Velocidad media de punto (V_t)	40.77 km/h
Desviación Estándar (S)	6.26 km/h
Error estándar de la media (E)	0.390 km/h
Tamaño apropiado de la muestra	70 und

Fuente: Elaboración propia

De la curva de frecuencia acumulada, se pueden obtener algunos percentiles:

Tabla 50: Percentiles – Sentido Juliaca

Percentiles – Sentido Juliaca	
Velocidad media (Percentil 50)	38.8 km/h
Límite máximo de velocidad (Percentil 85)	46 km/h
Límite inferior de la velocidad (Percentil 15)	33 km/h

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO V

5. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

5.1. GENERALIDADES

El presente capítulo presenta una descripción de las acciones llevadas a cabo, tanto en campo como en laboratorio; así como el análisis de los resultados obtenidos a fin de identificar las propiedades físicas del suelo para su clasificación; y sus condiciones para determinar su capacidad de soporte (CBR) con fines de diseño del pavimento de la vía.

5.2. EXPLORACIÓN DEL SUELO

El trabajo realizado comprende la excavación de calicatas en el lugar de estudio a fin de la obtención de muestras representativas para realizar los ensayos en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María, de acuerdo a lo indicado en el Manual de Carreteras y Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

Las calicatas ofrecen resultados más certeros y confiables del suelo; es por ello que el MTC recomienda que los trabajos de exploración deben realizarse a una profundidad mínima de 1.50 m. El Manual de Carreteras establece un número mínimo de calicatas de acuerdo al cuadro 51.

Tabla 51: Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de carretera	Profundidad	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	● Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. ● Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido ● Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	● Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido. ● Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido ● Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	

Tipo de carretera	Profundidad	Número mínimo de Calicatas	Observación
Carreteras de primera clase: carreteras con IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	● 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de segunda clase: carreteras con IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	● 3 calicatas x km	
Carreteras de tercera clase: carreteras con IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	● 2 calicatas x km	
Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	● 1 calicata x km	

Fuente: Manual de Carreteras MTC R.D. N° 10-2014-MTC/14

Debido a que nuestro tramo es de 220 metros aproximadamente y con un IMDA de 2747 veh/día, el número de calicatas será la mitad de las que corresponde a carreteras de primera clase; es decir, serán 2 calicatas por cada kilómetro.

La exploración a campo y excavación de calicatas se llevó a cabo el 13 de octubre de 2019 en el margen derecho de la vía a una profundidad mínima de 1.50 m.; donde no se presenció algún tipo de material rocoso.

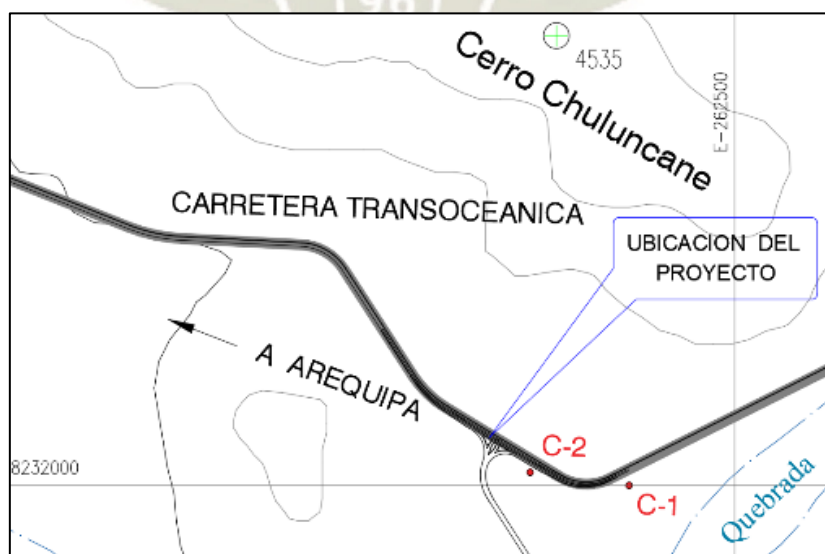


Figura 20: Ubicación de la zona de Investigación
Fuente: Elaboración propia

El primer punto o calicata no presentó material rocoso (bolonería) ni vegetación a nivel de superficie, por lo que el proceso de excavación se dio manualmente y sin ningún tipo de inconveniente.



Figura 21: Excavación de calicata 1
Fuente: Elaboración propia

Se pudo observar el cambio de la intensidad de color entre la primera capa y la contigua, y conforme se hacía más profunda la excavación hasta llegar al 1.5 m.; el material se conformaba en terrones.



Figura 22: Medición de estratos y profundidad de calicata 1
Fuente: Elaboración propia

El segundo punto tiene presencia de material orgánico superficialmente y material rocoso de tamaño pequeño.



Figura 23: Excavación calicata 2
Fuente: Elaboración propia

En esta calicata, la excavación fue con mayor grado de dificultad puesto que se encontraron pequeñas rocas; asimismo, se presencié dos estratos, siendo el último de un color marrón y con una bolonería de 15 cm de diámetro aproximadamente.



Figura 24: Bolonería en la profundidad de calicata 2
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla el espesor de los estratos hallados:

Tabla 52: Detalle de espesores de los estratos encontrados.

Calicata N°	Estrato	Profundidad (m)	Napa freática	Coordenadas UTM Norte	Este	Zona	Progresiva (km)
C-1	1	0.00-0.50	No presentó	8231991	262274	19L	141+363.5
	2	0.50-1.50					
C-2	1	0.00-1.00	No presentó	8232029	262055	19L	141+248.1
	2	1.00-1.50					

Fuente: Elaboración propia

5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE

5.3.1. Granulometría de suelo por tamizado

Referencia Normativa: MTC E 107 “Análisis granulométrico de suelos por tamizado”

Descripción del Ensayo: Determina los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices desde la de 3” (75 mm.) hasta la N° 200 (0.075 mm.)

Las muestras representativas de los estratos presentan la siguiente distribución de partículas, ya sean gravas, arenas o finos:

Tabla 53: Distribución de partículas; gravas, arenas y/o finos

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
C-1	E-1	0.50	12.85	77.62	9.53
	E-2	1.50	4.1	88.69	7.2
C-2	E-1	1.00	15.2	71.83	12.97
	E-2	1.50	16.62	75.39	7.99

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 53 se puede inferir que el estrato 2 de la C-1 presenta mayor cantidad de arenas y finos que los demás, por lo que se considera el suelo más desfavorable en caso que la rasante de la vía corte por ese espacio.



Figura 25: Distribución de partículas de estrato 1 calicata 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Distribución de partículas estrato 2 calicata 1
Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Humedad natural y nivel freático

Referencia Normativa: MTC E 108 “Determinación del contenido de humedad de un suelo”

Descripción del Ensayo: definido como la relación existente entre la cantidad de agua que mantiene el suelo y las partes solidas; la cual se obtiene mediante un proceso de secado a 110° C en un horno hasta que obtener un peso constante.

Las muestras que se obtuvieron en este caso son inalteradas para conservar sus propiedades en estado natural y se ensayó obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 54: Contenido de humedad y nivel freático de calicatas.

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Humedad (%)	Nivel freático
C-1	E-1	0.50	8	No presenta
	E-2	1.50	15	No presenta
C-2	E-1	1.00	15	No presenta
	E-2	1.50	17	No presenta

Fuente: Elaboración propia



Figura 27: Contenido de humedad en laboratorio UCSM
Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Límites de consistencia

La consistencia es una propiedad del suelo que le permite modificar algunas de sus características al variar el contenido de agua. Estos son el límite líquido y el plástico.

Referencia Normativa: MTC E 110 “Determinación del límite líquido de los suelos”

Descripción del Ensayo: Es el contenido de humedad por el cual una pasta de suelo separada en dos mitades debe cerrarse cuando se deja caer en la cuchara de Casagrande 25 veces desde una altura de 1 cm.

Referencia Normativa: MTC E 111 “Determinación del Limite Plástico (L.P.) de los suelos e Índice de Plasticidad (I.P.)

Descripción del Ensayo: El valor del Limite Plástico (L.P.) se estima al calcular la humedad de la muestra mediante la formación de rollitos de suelos, de aproximadamente 3,2 mm (1/8”) de diámetro de una muestra que pase el tamiz N°40, entre la palma de la mano y una superficie lisa observando que el rollito obtenido no se desmorone.

Con la obtención del límite plástico (L.P.) y limite liquido (L.L.) se procede a calcular el Índice de plasticidad (I.P.), definido como la diferencia entre el límite líquido y plástico

$$I. P = L. L. - L. P.$$

Ecuación 28: Índice de Plasticidad
Fuente: Manual de Ensayos MTC E 111

Donde:

L.L. = Limite Liquido

L.P. = Limite Plástico

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 55: Limites de consistencia por estratos.

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Limite Liquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad
C-1	E-1	0.50	30.14	25.82	4.32
	E-2	1.50	28.39	19.7	8.69
C-2	E-1	1.00	27.00	22.63	4.37
	E-2	1.50	31.39	23.95	7.44

Fuente: Elaboración propia



Figura 28: Limite liquido en cuchara de casa grande.

Fuente: Elaboración propia



Figura 29: Limite plástico de material extraído.

Fuente: Elaboración propia

5.3.4. Gravedad específica de los sólidos

Referencia Normativa: MTC E 113 “Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua”

Descripción del Ensayo: Es la relación del peso de un determinado volumen de material con el peso de un volumen de igual de agua (a 20° C).

Tabla 56: Gravedad Específica de los sólidos por estrato.

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Gravedad de los sólidos
C-1	E-1	0.50	2.58
	E-2	1.50	2.59
C-2	E-1	1.00	2.65
	E-2	1.50	2.51

Fuente: Elaboración propia



Figura 30: Gravedad específica de los suelos en picnómetro
Fuente: Elaboración propia



Figura 31: Estado de muestra para ensayar Gravedad específica
Fuente: Elaboración propia

5.3.5. Otras propiedades físicas importantes

El suelo posee diversas propiedades que brindan información básica y que estos pueden relacionarse con otras propiedades fundamentales. A continuación, se presenta los

resultados obtenidos del peso específico mediante el método de la parafina (ASTM D 7263) y otras propiedades volumétricas que desprende de este.

Tabla 57: Propiedades Volumétricas por estrato

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Peso unitario seco (gf/cm ³)	Peso unitario húmedo (gf/cm ³)	Relación de vacíos	Porosidad (%)
C-1	E-1	0.50	1.82	1.97	0.42	29.54
	E-2	1.50	1.87	2.12	0.39	27.95
C-2	E-1	1.00	1.91	2.18	0.38	27.76
	E-2	1.50	1.88	2.12	0.34	25.10

Fuente: Elaboración propia



Figura 32: Peso unitario en laboratorio UCSM

Fuente: Elaboración propia

5.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Para la clasificación de suelos en carreteras se suele emplear dos sistemas AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS. Éste último se utiliza con mayor frecuencia en suelos y por ende para la subrasante; mientras el otro se usa para clasificar material de base y subbase granular. (Menéndez, 2016)

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) divide al suelo en tres categorías: gravas, arenas y arcillas; cuya ubicación dependerá de la distribución granulométrica de las partículas, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Asimismo, se puede recurrir a la carta de plasticidad de Casagrande para verificar con mayor facilidad al suelo.

El sistema de clasificación de AASHTO se da en un principio por el material que pase por las mallas N° 200, 40 y 10; así como de los límites de Atteberg. Existen 7 grupos numerados con la simbología A seguido de numeración arábigo (A-1, A-2, ..., A-7), donde se divide en grupo de tres, los primeros relacionados a gravas, seguido por arenas; y los restantes son finos. Esta clasificación se complementa con el índice de grupo que es un indicador que permite caracterizar mejor al suelo y se calcula con la siguiente expresión:

$$IG = (F-35) [0.2+0.005(LL-40)]+0.01(F-15)(IP-10)$$

Ecuación 29: Índice de Grupo clasificación AASHTO

Fuente: AASHTO

Donde:

F = Porcentaje en peso que pasa por el tamiz N° 200, expresado en número entero.

LL = Límite líquido

IP = Índice de plasticidad

El suelo de la presente investigación se clasifica en:

Tabla 58: Clasificación SUCS y AASHTO por estrato

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Clasificación		Tipo SUCS
			SUCS	AASHTO	
C-1	E-1	0.50	SP-SM	A-2-4 (0)	Arena mal graduada con limo
	E-2	1.50	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena mal graduada con arcilla
C-2	E-1	1.00	SM	A-2-4 (0)	Arena limosa con grava
	E-2	1.50	SP-SC	A-2-4 (0)	Arena mal graduada con arcilla y grava

Fuente: Elaboración propia

5.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE

5.5.1. Compactación de suelos

Referencia Normativa: MTC E 115 “Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado)”

Descripción del Ensayo: El ensayo determina el procedimiento adecuado en laboratorio para la obtención de la relación del contenido de agua o humedad y el peso unitario seco de los suelos compactados en un molde con un pisón normado que cae a cierta altura.

Tabla 59: Máxima densidad seca y humedad optima por estrato

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	Máxima densidad seca (gf/cm ³)	Humedad óptima (%)
C-1	E-1	0.50	1.90	12.50
	E-2	1.50	1.93	11.54
C-2	E-1	1.00	1.88	11.05
	E-2	1.50	1.93	10.90

Fuente: Elaboración propia



Figura 33: Ensayo de Proctor modificado en laboratorio UCSM

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Capacidad de soporte del suelo (CBR)

Referencia Normativa: MTC E 132 “CBR de suelos (Laboratorio)”

Descripción del Ensayo: Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de la subrasante o cualquier material que se use en pavimentos de vías y pistas de aterrizaje. El ensayo se realiza con suelo preparado con un determinado contenido de agua calculado previamente al 95% de la máxima densidad seca y una penetración de 2.54 mm (0.1 plg) de penetración.

Tabla 60: Capacidad de soporte del suelo (CBR)

Calicata	Estrato	Profundidad (m)	CBR (%)	
			95% MDS	Densidad seca natural
C-1	E-1	0.50	7.35	7.52
	E-2	1.50	6.80	7.4
C-2	E-1	1.00	12.30	14.6
	E-2	1.50	15.60	19.8

Fuente: Elaboración propia



Figura 34: Ensayo de CBR en laboratorio de UCSM

Fuente: Elaboración propia

Los informes completos de todos los ensayos realizados se encuentran en los Anexos. Asimismo, el CBR de diseño se desarrollará en el capítulo 7 “Diseño de Pavimento Flexible AASHTO 93”.

CAPÍTULO VI

6. DESCRIPCION DE MATERIAL BASE Y SUB BASE PARA DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

6.1. Obtención de material base y sub base

La extracción de material base y sub base para el análisis de las propiedades físico-mecánicas y químicos para el desarrollo del diseño del pavimento flexible, fueron extraídos de la cantera Chiguata, ubicada al Nor-Este de la ciudad de Arequipa, cuenta con una altitud de 2,960 m.s.n.m.

El material obtenido, al ser de poca producción para análisis de laboratorio, no contemplaba la exigencia que corresponde a la Gradación Granulométrica Tipo A que exige la normativa EG-2013 para zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 m.s.n.m que corresponde a nuestra investigación, sin embargo con el material a disposición de la cantera Chiguata que cumplía las exigencias de una Gradación Tipo B, se realizó alteraciones en el material para lograr cumplir con las exigencias del huso granulométrico tipo A.

Señalar que el material de subbase y base al ser extraídos de la misma cantera y contar con la misma exigencia del huso granulométrico Tipo A, se estimó todas las exigencias establecidas en las normas peruanas a las propiedades, realizando una ligera variación en el huso granulométrico, es por ello que los resultados obtenidos guardan una gran relación en sus resultados entre el material sub base y base.

6.2. Ensayos para material sub base según manual de carreteras EG-2013

Un tema importante para el diseño estructural del pavimento flexible y la construcción de la misma es realizar un análisis de las propiedades físico-mecánicas y químicas del material sub base con el fin de cumplir con todas las exigencias según el manual de carreteras (EG-2013).

6.2.1. Requerimiento Granulométrico para Sub base Granular

El material subbase deberá cumplir con exigencias que se determinaran a base del huso granulométrico al que corresponde, según sea las condiciones a las que se tiene expuesto el lugar de estudio; en nuestro caso para el tramo del km 141+180.000 al km 141+400.00

del tramo 5 de la carretera Interoceánica Sur en el distrito de San Antonio de Chuca, Caylloma –Arequipa, se encuentra en una altitud promedio de 4400 m.s.n.m

Según la tabla 2, nuestro lugar de estudio al estar por encima de los 3000 m.s.n.m corresponde la Gradación Tipo A.

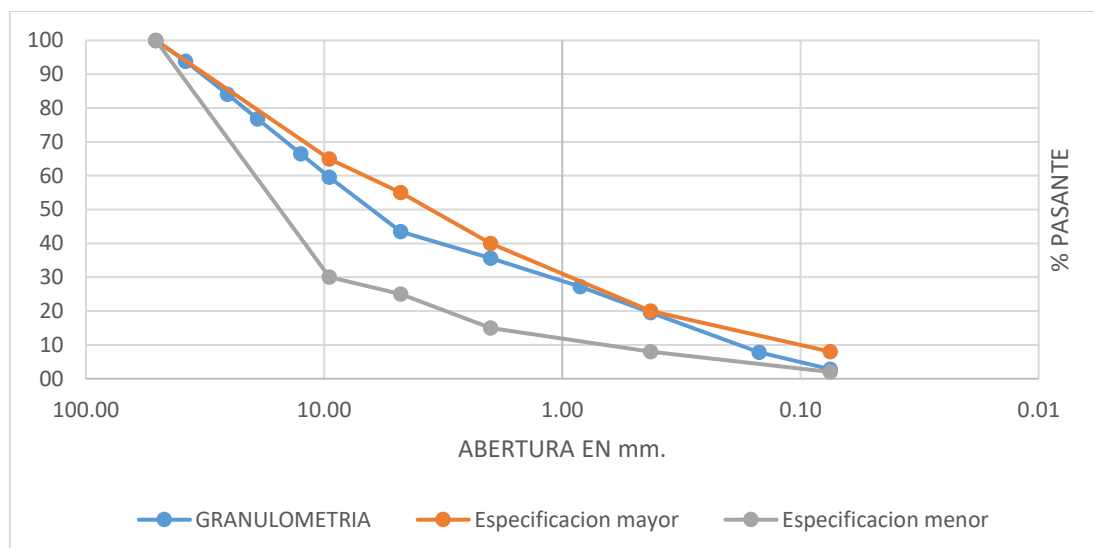
Se realizó dos ensayos de granulometría al material sub base para la determinación promedio de la gradación requerida en el laboratorio de la Universidad Católica de Santa María según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. El detalle se muestra en la tabla 61 y la gráfica correspondiente.

Tabla 61: Granulometría material Sub base

Normativa: MTC E 204

ASTM D 422		Peso Retenido (gf)		PORCENTAJE (%)			ESPECIFIC. Tabla 402- 01/A
Tamaño	Abertura (mm)	1	2	Retenido	Acum.	Pasante	
>3"							
3"	75.000					100.0	
2"	50.800	0.0	0	0.0	0.0	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	2897.5	1942	6.2	6.2	93.8	
1"	25.400	4083.0	3424	9.7	15.9	84.1	
3/4"	19.000	3379.0	2344	7.3	23.2	76.8	
1/2"	12.500	4553.5	3469	10.3	33.6	66.4	
3/8"	9.500	3212.5	2190	6.9	40.5	59.5	30-65
Nº 4	4.760	7368.5	5150.5	16.0	56.5	43.5	25-55
Nº 10	2.000	342.9	286.9	7.9	64.3	35.7	15-40
Nº 20	0.840	394.4	290.1	8.5	72.8	27.2	
Nº 40	0.425	373.9	250.5	7.7	80.5	19.5	8-20
Nº 100	0.149	558.7	394.8	11.7	92.2	7.8	
Nº 200	0.075	217.1	182.2	5.0	97.2	2.8	2-8
FONDO	-	132.8	96.1	2.8	100.0	0.0	

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 21: Curva Granulométrica de sub base
Fuente: Elaboración propia

En el grafico 21, se observa la granulometría situada dentro de los límites de las especificaciones. Por lo tanto, el material resultante es óptimo para analizar los ensayos restantes como requisitos indispensables para el diseño del pavimento flexible.

Verificar los ANEXOS para mayor información del desarrollo de la curva granulométrica.

6.2.2. Requerimiento de ensayos especiales

Una vez ya determinada el tipo de gradación en la granulometría de la subbase, se procederá a realizar ensayos al material, con la finalidad de cumplir dichos requisitos de calidad, que estipula el manual de carreteras EG – 2013 en la tabla 1.

El desarrollo de los ensayos se realizó en el laboratorio de la Universidad Católica de Santa María, el informe de cada uno de ellos se encuentra Anexada en la parte final de esta investigación.

6.2.2.1. Abrasión de Los Ángeles

Referencia Normativa: MTC E 207 “Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los Agregados de tamaños menores de 37,5 mm (1 ½”) “

Descripción del Ensayo: Con el ensayo se determinará, con el accionar de una maquina giratoria de acero, el cual contiene un número especificado de esferas de acero, la resistencia a la degradación del agregado grueso. Para nuestra investigación el número de

esferas empleado, corresponde a la gradación A, lo cual le corresponde 12 esferas de acero con una masa de $5\,000 \pm 25$ g de muestra.



Figura 35: Material Sub base después de retirado de Maquina Los Ángeles
Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2. Limite Líquido

Referencia Normativa: MTC E 110 “Determinación del Limite Liquido de los Suelos”

Descripción del Ensayo: El objetivo del ensayo es determinar el contenido de humedad, expresado en porcentaje, mediante un aparato del límite líquido (o de Casagrande), en el cual el material pasante del tamiz N° 40, se encuentre entre los estados líquido y plástico.



Figura 36: Limite liquido material sub base
Fuente: Elaboración propia

6.2.2.3. Limite Plástico e Índice de Plasticidad

Referencia Normativa: MTC E 111 “Determinación del Limite Plástico (L.P.) de los suelos e Índice de Plasticidad (I.P.)

Descripción del Ensayo: Se estima el valor del Límite plástico (L.P.) al calcular la humedad de la muestra mediante la formación de rollitos de suelos, de aproximadamente 3,2 mm (1/8”) de diámetro de una muestra que pase el tamiz N°40, entre la palma de la mano y una superficie lisa observando que el rollito obtenido no se desmorone.

Con la obtención del límite plástico (L.P.) y límite líquido (L.L.) se procede a calcular el Índice de plasticidad (I.P.), definido como la diferencia entre el límite líquido y plástico, como se indica en la ecuación 28.

6.2.2.4. Equivalente de Arena

Referencia Normativa: MTC E 114 “Método de ensayo estándar para el valor de Equivalente de Arena de Suelos y Agregado Fino”

Descripción del Ensayo: El objetivo del ensayo es calcular la correlación que existe entre suelos arcillosos y polvo (en suelos granulares y agregados finos pasantes del tamiz N°4). Dicho valor expresa que las muestras del material grueso y fino son mezclas de partículas gruesas deseables y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo indeseables.



*Figura 37: Equivalente de Arena material Sub base
Fuente: Elaboración propia*

6.2.2.5. Sales Solubles

Referencia Normativa: MTC E 219 “Sales Solubles en Agregados para Pavimentos Flexibles”

Descripción del Ensayo: Ensayo que indica el contenido de sales (cloruros y sulfatos) solubles en agua destilada del agregado grueso y agregado fino del material. Para la

obtención de cristalización de sales, se realiza lavados continuos de la muestra con agua destilada a temperatura de ebullición.



Figura 38: Sales solubles material Sub base
Fuente: Elaboración propia

6.2.2.6. Partículas Chatas y Alargadas

Referencia Normativa: MTC E 223 “Partículas Chatas y Alargadas en agregados”

Descripción del Ensayo: calculo en porcentaje de las cantidades de partículas del agregado grueso que son chatas y/o alargadas. El dispositivo usado es la que exige la normativa, con ella se determinara la característica por partícula del agregado grueso.



Figura 39: Chatas y alargadas Sub base
Fuente: Elaboración propia

6.2.2.7. CBR

Referencia Normativa: MTCE 132 “CBR de Suelos (Laboratorio)”

Descripción del Ensayo: Ensayo que permite calcular el índice de resistencia de los suelos denominado valor de relación de soporte o CBR (California Bearing Ratio). Previo a este ensayo, se realiza el ensayo de Proctor Modificado para determinar la humedad óptima y densidad seca del material. De acuerdo a las exigencias del manual de pavimentos EG 2013, se calcula el valor de CBR al 100 % de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración de 0.1 plg (2.54 mm).



*Figura 40: CBR para material sub base
Fuente: Elaboración propia*

6.3. Ensayos para material Base según manual de carreteras EG-2013

El material base, de igual forma que la sub base, deberá cumplir las exigencias peruanas que se detalla en la EG 2013 para poder obtener un material cuyas propiedades actúen de manera óptima en el diseño y construcción del pavimento flexible.

6.3.1. Requerimiento Granulométrico para Base Granular

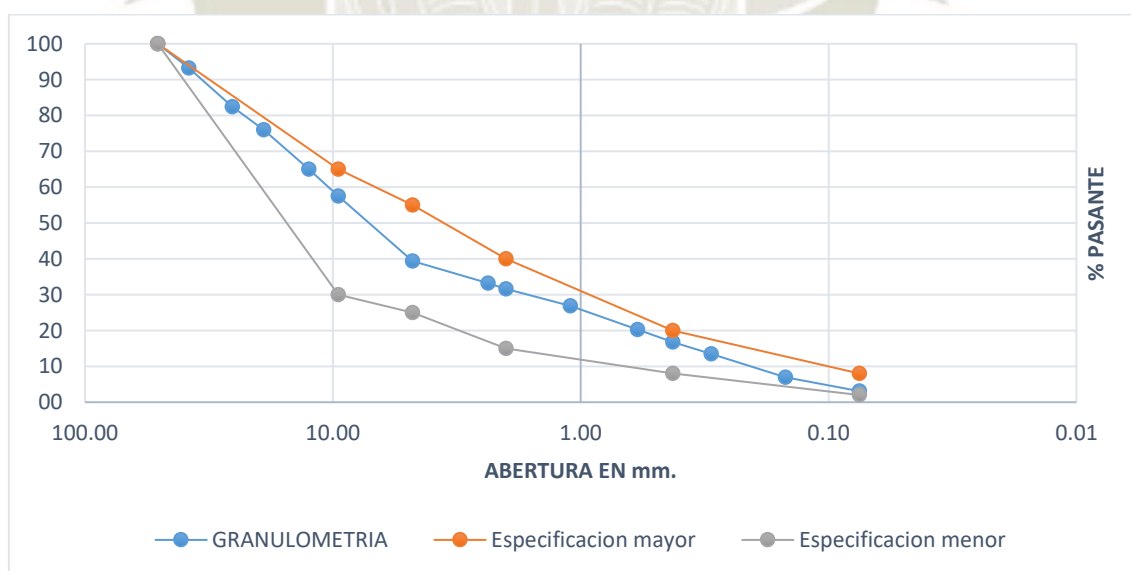
El huso granulométrico que exige nuestro material base, para nuestro lugar de estudio situado por encima de los 3000 m.s.n.m., es la gradación Tipo A. Del mismo modo que el material Subbase, se desarrolló el análisis granulométrico siguiendo la normativa MTC E 204 en el laboratorio de la Universidad Católica de Santa María.

Según la tabla 62, le corresponde la gradación Tipo A al material Base que se detalla en la presente investigación.

Tabla 62: Granulometría material Base

ASTM D 422		Peso Retenido (gf)		PORCENTAJE (%)			ESPECIFIC. Tabla 402- 01/A
Tamaño	Abertura (mm)	1	2	Retenido	Acum.	Pasante	
>3"							
3"	75.000					100.0	
2"	50.800			0.0	0.0	100.0	100
1 1/2"	38.100	2205.0	2567.5	6.8	6.8	93.2	
1"	25.400	3064.0	4602.0	10.8	17.6	82.4	
3/4"	19.000	2170.5	2383.5	6.5	24.0	76.0	
1/2"	12.500	3586.0	4131.0	11.0	35.0	65.0	
3/8"	9.500	2526.5	2748.0	7.5	42.5	57.5	30-65
Nº 4	4.760	6185.0	6536.0	18.1	60.6	39.4	25-55
Nº 8	2.360	263.3	185.2	6.2	66.8	33.2	
Nº 10	2.000	64.3	53.9	1.6	68.4	31.6	15-40
Nº 16	1.100	173.4	170.3	4.8	73.2	26.8	
Nº 30	0.590	231.3	239.9	6.5	79.7	20.3	
Nº 40	0.425	110.9	140.6	3.5	83.2	16.8	8-20
Nº 50	0.297	116.9	125.3	3.4	86.5	13.5	
Nº 100	0.149	226.5	242.7	6.5	93.0	7.0	
Nº 200	0.075	137.8	143.2	3.9	96.9	3.1	2-8
FONDO	-	142.9	80.2	3.1	100.0	0.0	

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 22: Curva granulométrica para material Base

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la granulometría de la Base, muestra el cumplimiento de los límites superior e inferior que exige la gradación Tipo A, como se muestra en la gráfica 22. Con

esta combinación de agregado grueso y fino, se da inicio al análisis de los ensayos especiales que exige la normativa EG 2013, propiedades físico mecánicos y químicos de la Base Granular.

En la parte de anexos se encuentra mayor detalle de los ensayos realizados al material base.

6.3.2. Requerimiento de ensayos especiales

A diferencia del material Sub base, en la Base se separa el material en agregado Grueso y Agregado Fino, ambos limitados por la malla N°4.

Para el material grueso, se presenta la tabla 3, donde indica los ensayos a ser verificados para cumplir con la exigencia de calidad del material.

Para el material fino, se presenta la tabla 4, donde se indica los ensayos requeridos que exige la normativa EG 2013.

El desarrollo de los ensayos se realizó en el laboratorio de la Universidad Católica de Santa María, el detalle de los ensayos se encuentra en ANEXOS al final de esta investigación.

Finalmente, una de las variables importantes para el cálculo estructural del pavimento es el Módulo Resiliente, valor que va relacionado con el resultado del CBR de la subrasante. Y que el material de la base debe cumplir una exigencia mínima del 100 % de valor de soporte para un tráfico en ejes equivalentes mayor o igual que un millón. Como se indica en la tabla 6, referido al EG 2013.

6.3.2.1. Ensayos Material Agregado Grueso

6.3.2.1.1 Partículas con una cara fracturada

Referencia Normativa: MTC E 210 “Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso”

Descripción del Ensayo: Ensayo donde se determina el porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra representativa del agregado grueso que contengan una o más caras con superficie angular, áspera y rugosa ocasionado principalmente por el chancado del material o en algunos casos por medio natural. Para la determinación visual de la fractura en las caras del agregado grueso, se realiza siguiendo criterios de inspección de la partícula de acuerdo a lo indicado en la referida normativa.



Figura 41: Caras fracturadas Agregado Grueso material Base
Fuente: Elaboración propia

6.3.2.1.2 Partículas con dos caras fracturadas

Referencia Normativa: MTC E 210 “Método de ensayo estándar para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso”

Descripción del Ensayo: Ensayo donde se determina el porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra representativa del agregado grueso que contengan mínimo dos caras con superficie angular, áspera y rugosa ocasionado principalmente por el chancado del material o en algunos casos por medio natural. Para la determinación visual de la fractura en las caras del agregado grueso, se realiza siguiendo criterios de inspección de la partícula de acuerdo a lo indicado en la referida normativa.



Figura 42: Dos caras fracturadas para material Base
Fuente: Elaboración propia

6.3.2.1.3 Abrasión Los Ángeles

(Ver 6.2.2.1)

6.3.2.1.4 Partículas Chatas y Alargadas

(Ver 6.2.2.6)

6.3.2.1.5 Sales Solubles Totales

(Ver 6.2.2.5)

6.3.2.1.6 Durabilidad al Sulfato de Magnesio

Referencia Normativa: MTC E 209 “Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio”

Descripción del ensayo: Ensayo que permite determinar la resistencia del agregado grueso por la acción del sulfato de magnesio al estar saturado durante no menos de 16 h ni más de 18 h, el cálculo se realiza mediante la desintegración del material al estar expuesto y se expresa la pérdida del material en porcentaje, además se detalla la información cualitativa, donde se observa si el material grueso sufrió algún tipo de desintegración; rajadas, desmoronadas, fracturadas, astilladas. Dicha información obtenida resulta ser un indicativo del comportamiento del material expuesto a condiciones atmosféricas reales.



*Figura 43: Duración al sulfato de magnesio material Base
Fuente: Elaboración propia*

6.3.2.2. Ensayos Material Agregado Fino

6.3.2.2.1 Índice Plástico

(Ver 6.2.2.3)

6.3.2.2.2 Equivalente de Arena

(Ver 6.2.2.4)

6.3.2.2.3 Sales Solubles

(Ver 6.2.2.5)

6.3.2.2.4 Durabilidad al Sulfato de Magnesio

(Ver 6.3.2.1.6)

6.3.2.3. CBR DE BASE GRANULAR

Referencia Normativa: MTC E 132

Descripción del Ensayo. Se realiza el cálculo de la resistencia de los suelos denominado valor de relación de soporte del material Base a ciertas condiciones de humedad y densidad seca óptima que son obtenidos en el ensayo de proctor modificado. Se registra el esfuerzo resultante para ciertos puntos de penetración acondicionados en una prensa similar a los de ensayos de compresión, a una velocidad uniforme de 1.27 mm por minuto. El resultado que exige la normativa EG 2013 estima el valor referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de carga de 0.1” (2.5 mm).



*Figura 44: CBR para Base
Fuente: Elaboración propia*

6.4. Resumen de resultados de ensayos especiales

Se muestran los resultados de los ensayos ejecutados para el cumplimiento de las exigencias de la normativa peruana EG 2013.

6.4.1. Resultados Ensayos Sub base

La tabla 63, presenta los ensayos exigidos por la normativa EG 2013 y su respectivo estado de cumplimiento de dichas especificaciones,

Tabla 63: Resultados de ensayos material Subbase

ítem	Descripción del ensayo	Método	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
01	Análisis Granulométrico por tamizado (%)	MTC E 204	Tamiz 2", Pasante %	100.0 %	100.0 %	PASA
			Tamiz 3/8"	59.5 %	30-65 %	PASA
			Tamiz N.º 4	43.5 %	25-55 %	PASA
			Tamiz N.º 10	35.7 %	15-40 %	PASA
			Tamiz N.º 40	19.5 %	8-20 %	PASA
			Tamiz N.º 200	2.8 %	2-8 %	PASA
02	Abrasión de Los Ángeles (%)	MTC E 207	39.05 %	38.41 %	50 % máx.	PASA
			37.76 %			
03	CBR (%) (95%MDS a 0.1plg)	MTC E 132	106 %	103 %	40 % mín.	PASA
			100 %			
04	Limite Liquido (%)	MTC E 110	NO PRESENTA		25 % máx.	PASA
05	Índice de Plasticidad (%)	MTC E 110	NO PRESENTA		4 % máx.	PASA
06	Equivalente de Arena (%)	MTC E 114	67 %	64.5 %	35 % mín.	PASA
			62 %			
07	Sales Solubles (%)	MTC E 219	Agregado Fino	0.802 %	1 % máx.	PASA
			Agregado Grueso	0.017 %		
08	Partículas Chatas y Alargadas (%)	MTC E 223	1.50 %	1.295 %	20 % máx.	PASA
			1.09 %			

Fuente: Elaboración propia

6.4.2. Resultados Ensayos Base

Los ensayos de material Base son divididos tanto para material grueso, como para material fino. Cada uno de los grupos de materiales, cuenta con sus propias especificaciones de acuerdo a la normativa EG 2013

6.4.2.1. Resultados Agregado Grueso

Se presenta en la tabla 64 los resultados obtenidos del agregado Grueso y el cumplimiento a las exigencias.

Tabla 64: Resultados ensayos agregado grueso de material Base

Ítem	Descripción del ensayo	Método	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
01	Partículas con una cara fracturada (%)	MTC E 210	89.2 % 86.4 %	87.8 %	80 % mín.	PASA
02	Partículas con dos caras fracturadas (%)	MTC E 210	69.4 % 64.6 %	67 %	50 % mín.	PASA
03	Abrasión de Los Ángeles (%)	MTC E 207	37.93 % 38 %	38 %	40 % máx.	PASA
04	Partículas Chatas y Alargadas (%)	MTC E 223	1.36 % 0.73 %	1.045 %	15 % máx.	PASA
05	Sales Solubles (%)	MTC E 219	0.045 % 0.013 %	0.029 %	0.5 % máx.	PASA
06	Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	8.05 %	8.05 %	18 % máx.	PASA

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.2. Resultados Agregado Fino

Se presenta en la tabla 65, los resultados obtenidos del agregado Fino y el cumplimiento a las exigencias EG 2013.

Tabla 65: Resultados agregado fino para material Base

Ítem	Descripción del ensayo	Método	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
01	Índice de Plasticidad (%)	MTC E 111	NO PRESENTA		2 % máx.	PASA
02	Equivalente de Arena (%)	MTC E 114	55 % 57 %	56 %	45 % mín.	PASA
03	Sales Solubles (%)	MTC E 219	0.431 % 0.443 %	0.437%	0.5 % máx.	PASA
04	Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E 209	3.93 % 4.06 %	4 %	15 % máx.	PASA

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.3. Valor de CBR de Base

Como se detalló en la obtención de los materiales de base y sub base la procedencia del material es de la misma cantera, y por razones de análisis se diferenció ligeramente la granulometría entre ambos materiales. Resultando también, un ligero cambio en el cálculo del CBR.

Tabla 66: Valor de CBR para material Base

Ítem	Descripción del ensayo	Método	Resultado	Promedio	Esp. EG 2013	Estado
01	Análisis Granulométrico por tamizado	MTC E 204	Tamiz 2", Pasante %	100.0 %	100.0 %	PASA
			Tamiz 3/8"	57.5 %	30-65 %	PASA
			Tamiz N.º 4	39.4 %	25-55 %	PASA
			Tamiz N.º 10	31.6 %	15-40 %	PASA
			Tamiz N.º 40	16.8 %	8-20 %	PASA
			Tamiz N.º 200	3.1 %	2-8 %	PASA
02	CBR (95% MDS a 0.1 plg)	MTC E 132	107 %	108 %	100 % mín.	PASA
			108 %			

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VII

7. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE AASHTO 93

7.1. Información del proyecto

La presente tesis pretende dar un análisis a la propiedad independiente que es la Absorción de los agregados pétreos, sin embargo, previo al desarrollo principal de caracterización de los materiales de la mezcla asfáltica, es de vital importancia calcular el espesor de la capa de rodadura o asfáltica, lo cual está apoyado por la sub rasante, acompañado de la sub base y base granular.

Es por tal motivo que, para la complementación de la presente tesis, se estimó la carga de tráfico, la velocidad promedia y lo más importante el estudio de suelos y todos los requerimientos básicos para la determinación del espesor del pavimento flexible. El campo de estudio, con fines de complementación de la presente investigación, es el tramo 5 del km 141+180.000 al km 141+400.000 de la carretera interoceánica sur en el distrito de San Antonio de Chuca, Caylloma – Arequipa.

En el presente capítulo contempla los procedimientos para realizar el diseño de la estructura del pavimento al accionar a las cargas de tránsito. Tomando como referencia el valor calculado en el capítulo II de “Estudio de Trafico”, la determinación del grado de desempeño (Capítulo 3), y utilizando el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 1993 para el diseño de pavimentos flexibles, lo cual el principal objetivo es determinar el número estructural (SN) para que la estructura del pavimento pueda soportar el volumen de tránsito estimado para un periodo de diseño determinado, que también es indicado en el “Manual de Carreteras” Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en la sección Suelos y Pavimentos, R.D. N° 10-2014-MTC/14.

7.2. Diseño Estructural Según Manual de Carretera MTC

7.2.1. Periodo de Diseño

La presente Tesis es complementada con el diseño del pavimento flexible, para determinar el espesor de la capa, por tal razón, al considerar un análisis de mezcla asfáltica convencional y modificada con polímero, se contempla un periodo de diseño de 20 años.

7.2.2. Variables

El diseño de la estructura del pavimento, calculado con la ecuación 2, parte de primeramente, hallar el número estructural, y posteriormente el espesor del pavimento con las condiciones de los coeficientes de aporte de cada capa.

7.2.2.1. Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes (W_{18})

Tomando como referencia el MTC – Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos el tipo de tráfico pesado expresado en EE es T_{P15} , cálculo realizado en el capítulo 4 “Estudio de Trafico”, donde el carril con mayor número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t es para el sentido hacia Juliaca. Resultado que es superior a 30,000,000 EE.

$$ESAL = EE = W_{18} = 76,046,947.99$$

Tabla 67: Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 t, en el carril de diseño

Tipos de Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P13}	$> 20'000,000$ EE $\leq 25'000,000$ EE
T_{P14}	$> 25'000,000$ EE $\leq 30'000,000$ EE
T_{P15}	$> 30'000,000$ EE

Fuente: Manual de Carreteras MTC 2014, en base a datos de la Guía AASHTO 93

7.2.2.2. Módulo de Resiliencia (M_R)

Es la medida de la rigidez del suelo de sub rasante, lo cual, en nuestro proyecto de investigación, se realizó el estudio de suelos a dos calicatas homogéneas, comprendiendo dos estratos en cada calicata, donde se analizó los resultados de CBR para sub rasante al 95 % de la Máxima Densidad Seca a 0.1 plg, de penetración, como se estipula en MTC - Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

En la calicata “C1” se determinó el CBR en ambos estratos, dando como resultados de 7.35% y 6.80%; mientras tanto en la calicata “C2” se determinó el CBR de sus dos estratos, dando como resultados de 12.36% y 15.60%.

Según el manual de carreteras MTC, indica que en los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por suelo representativo, se determina el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a lo siguiente:

- Si los valores no son parecidos, tomar el valor critico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Al contar con valores diferentes en ambas calicatas, se toma como referencia la más crítica, “C1”, tomando como promedio el resultado de la agrupación de los valores similares de 6.80% y 7.35%. Finalmente se determina que el CBR de diseño es de 7.1%, lo cual se clasifica a la categoría S₂ (Sub rasante Regular), según la tabla 68.

Tabla 68: Categorías de Sub rasante

Categorías de Sub Rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras MTC 2014, en base a datos de la Guía AASHTO 93

Con el CBR de diseño, se establece la correlación que existe con el Módulo de Resiliencia, en este caso, se optó usar la relación de Heukelom y Klomp, 1962, para CBR<7.2%.

$$M_R(psi) = 1500 * (CBR)$$

Ecuación 30: Modulo resiliente en función del CBR:

Fuente: Heukelom y Klomp(1962)

$$M_R(psi) = 1500 * (7.1)$$

$$M_R(psi) = 10650$$

7.2.2.3. Confiabilidad (%R)

La confiabilidad es la medida de adicionar cierto grado de certeza en el diseño del pavimento para lograr que la proyección del mismo, tendrá un comportamiento satisfactorio bajo las condiciones de tráfico y medio ambiente asumidas durante el periodo de diseño. La elección del nivel de confiabilidad en este caso se establece en la tabla 69.

Tabla 69: Valores de nivel de confiabilidad según rango de tráfico

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)
Caminos de Bajo Volumen de Transito	T _{P0}	75,000	15,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
Resto de Caminos	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}	> 30'000,000		95%

Fuente: Manual de Carreteras MTC 2014, en base a datos de la Guía AASHTO 93

Donde se indica que, de acuerdo al tráfico al superar los 30 millones de Ejes Equivalentes Acumulados, corresponde a T_{P15}, lo cual indica un nivel de confiabilidad de 95%.

$$R\% = 95\%.$$

7.2.2.4. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R)

Con el valor de confiabilidad deseado se estima el valor de la desviación estándar normal de acuerdo a la tabla 70.

Tabla 70: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R) según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y Rango de Trafico

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Desviación estándar normal (Z _R)
Caminos de Bajo Volumen de Transito	T _{P0}	75,000	15,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
Resto de Caminos	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}	> 30'000,000		-1.645

Fuente: Manual de Carreteras MTC 2014, en base a datos de la Guía AASHTO 93

Se desprende que para una confiabilidad de 95% y un tránsito caracterizado como T_{P15} , corresponde una Desviación Estándar Normal de -1.645.

$$Z_R = -1.645$$

7.2.2.5. Desviación Estándar Combinada (S_o)

Valor característico de la variabilidad a la que se desea llegar en la predicción de los factores que se relacionen directamente con el proceder del pavimento, principalmente la del tránsito y otros factores como el medio ambiente, la construcción o la incertidumbre del modelo. La guía AASHTO en su investigación para pavimentos flexibles varía entre 0.40 y 0.50 y se recomienda tomar el valor de 0.45 para realizar el diseño.

$$S_o = 0.45$$

7.2.2.6. Variación del Índice de serviciabilidad (ΔPSI)

Es aquel cuantificador que correlaciona aritméticamente las condiciones funcionales y estructurales del pavimento. Dicho valor varía desde 0 (carretera con condiciones imposibles de transitar) hasta 5 (carretera en perfectas condiciones).

Para la obtención de la variación de la serviciabilidad, basta con realizar la resta de la serviciabilidad inicial con la final.

Para tomar la serviciabilidad inicial se indica en la tabla 71. Donde indica que para un tránsito T_{P15} corresponde un $P_i = 4.20$.

Tabla 71: Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) según rango de tráfico

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad inicial (P_i)
Caminos de Bajo Volumen de Transito	T_{P1}	150,001	300,000	3.80
	T_{P2}	300,001	500,000	3.80
	T_{P3}	500,001	750,000	3.80
Resto de Caminos	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T_{P15}	> 30'000,000		4.20

Fuente: *Manual de Carreteras MTC 2014, en base a datos de la Guía AASHTO 93*

Para tomar la serviciabilidad final se indica en la tabla 72. Donde indica que para un tránsito T_{P15} corresponde un $P_f = 3.00$.

Tabla 72: Índice de serviciabilidad final

Tipos de Caminos	Trafico	Ejes Equivalentes Acumulados		Índice de Serviciabilidad inicial (P_i)
Caminos de Bajo Volumen de Transito	T_{P1}	150,001	300,000	2.00
	T_{P2}	300,001	500,000	2.00
	T_{P3}	500,001	750,000	2.00
Resto de Caminos	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T_{P15}	> 30'000,000		3.00

Fuente: *Manual de Carreteras MTC 2014, en base a datos de la Guía AASHTO 93*

Finalmente, la variación de serviciabilidad será de 1.20.

$$\Delta PSI = P_i - P_f$$

$$\Delta PSI = 4.20 - 3.00$$

$$\Delta PSI = 1.20$$

7.2.3. Cálculo de espesores de pavimento flexible AASHTO 93

Para el cálculo de espesor de pavimento, primeramente, se realiza el cálculo del número estructural (SN) mediante el reemplazo de los valores en la ecuación 2, cuyas variables descritas se muestran en la tabla 73.

Tabla 73: Variables y cálculo del Número Estructural (SN)

Variable	Símbolo	Und.	Valor
Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes	W_{18}	-	76,046,947.99
Módulo de Resiliencia	M_R	psi	10650
Confiabilidad	%R	%	95
Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal	Z_R	-	-1.645
Desviación Estándar Combinada	S_o	-	0.45
Variación del Índice de serviciabilidad	ΔPSI	-	1.2
Numero Estructural (SN)			6.8519

Fuente: *Elaboración propia*

Finalmente, con el número estructural calculado, se procede a realizar el cálculo de espesores del pavimento con la ecuación 31.

$$SN = a_1 * d_1 + a_2 * d_2 * m_2 + a_3 * d_3 * m_3$$

Ecuación 31: ecuación para cálculo de espesores según el número estructural

Fuente: Manual de carreteras MTC (2014)

Donde:

- a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas; superficial, base y subbase, respectivamente. Obtenidos de la tabla 74. Donde el valor de a_1 es 0.170 /cm recomendado para todos los tipos de tráfico y carpeta asfáltico en caliente, el valor de a_2 tomado es 0.054 /cm debido a que el CBR de base es mayor a 100% compactada al 100% de la MDS y considera un tráfico superior a 10 millones, el valor tomado para a_3 es de 0.047 /cm para la subbase a un CBR superior a 40% compactada al 100% de la MDS.

Tabla 74: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_1

Componente del pavimento	Coeficiente	Valor Coeficiente estructural a_i (cm)	Observación
Capa Superficial			
Carpeta Asfáltica en Caliente, modulo 2.965 Mpa a 20 °C	a_1	0.170 / cm	capa superficial para todos los tipos de trafico
Carpeta asfáltica en frio, mezcla asfáltica con emulsión	a_1	0.125 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico ≤ 10000000 EE
Base			
Base Granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de base recomendada para tráfico ≤ 10000000 EE
Base granular CBR 100% compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de base recomendada para tráfico > 10000000 EE
SubBase			
Subbase granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada para CBR mínimo 40%, para todos los tipos de trafico

Fuente: Manual de carreteras MTC - 2014

- d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.

- m_2, m_3 = coeficientes de drenaje que toma valor los estratos de base y subbase, respectivamente. De acuerdo al manual de carreteras exige que para la definición de las secciones de estructuras de pavimento el coeficiente de drenaje para base y subbase asumido es 1, debido a que se considera el tiempo que tarda el agua en ser evacuada asume una calidad buena.

Finalmente, se muestra en la tabla 75, el resultado de los espesores del pavimento en reemplazo a la ecuación 31, cabe recalcar que la ecuación no tiene una solución única, por lo que se analizara el valor más óptimo para el diseño de nuestro pavimento, que cumpla con los espesores mínimos que establece el manual de carreteras.

Tabla 75: Espesores y Número Estructural Propuesto

Coeficiente Estructural			Coeficiente drenaje		Espesores (cm)			SN
superficial a1	base a2	subbase a3	base m2	subbase m3	Superficial d1 (cm)	Base d2 (cm)	Subbase d3 (cm)	
0.17	0.054	0.047	1	1	18	35	35	6.595
					20	35	35	6.935
					18	40	35	6.865
					20	40	30	6.970
Numero Estructural calculado								6.852
Numero Estructural propuesto								6.865

Fuente: Elaboración propia



Figura 45: Espesores de pavimento flexible calculado

Fuente: Elaboración propia

7.3. Diseño estructural según AASHTO 93

para el diseño estructural de pavimento siguiendo la metodología AASHTO, se tiene que obtener el valor del módulo resiliente para la carpeta asfáltica, base, sub base y sub rasante y con ello estimar el valor del coeficiente estructural de cada uno de ellos. En el ítem 7.2.2.2 se obtuvo el valor del módulo resiliente de la sub rasante. Para la obtención del

módulo resiliente de la base y sub base se realiza mediante ábacos que otorga AASHTO a partir del CBR de los materiales.

7.3.1. Modulo resiliente y coeficiente estructural de base

El módulo resiliente se determina a partir de la ecuación 32, donde se debe cumplir que el CBR es mayor que 80%, el valor obtenido es en unidades de psi o también obtenido por el ábaco mostrado en la figura 46.

$$M_{R(base)} = 321.05 * CBR_{base} + 13.327$$

Ecuación 32: Ecuación de módulo de resiliencia de la base a partir de CBR

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures

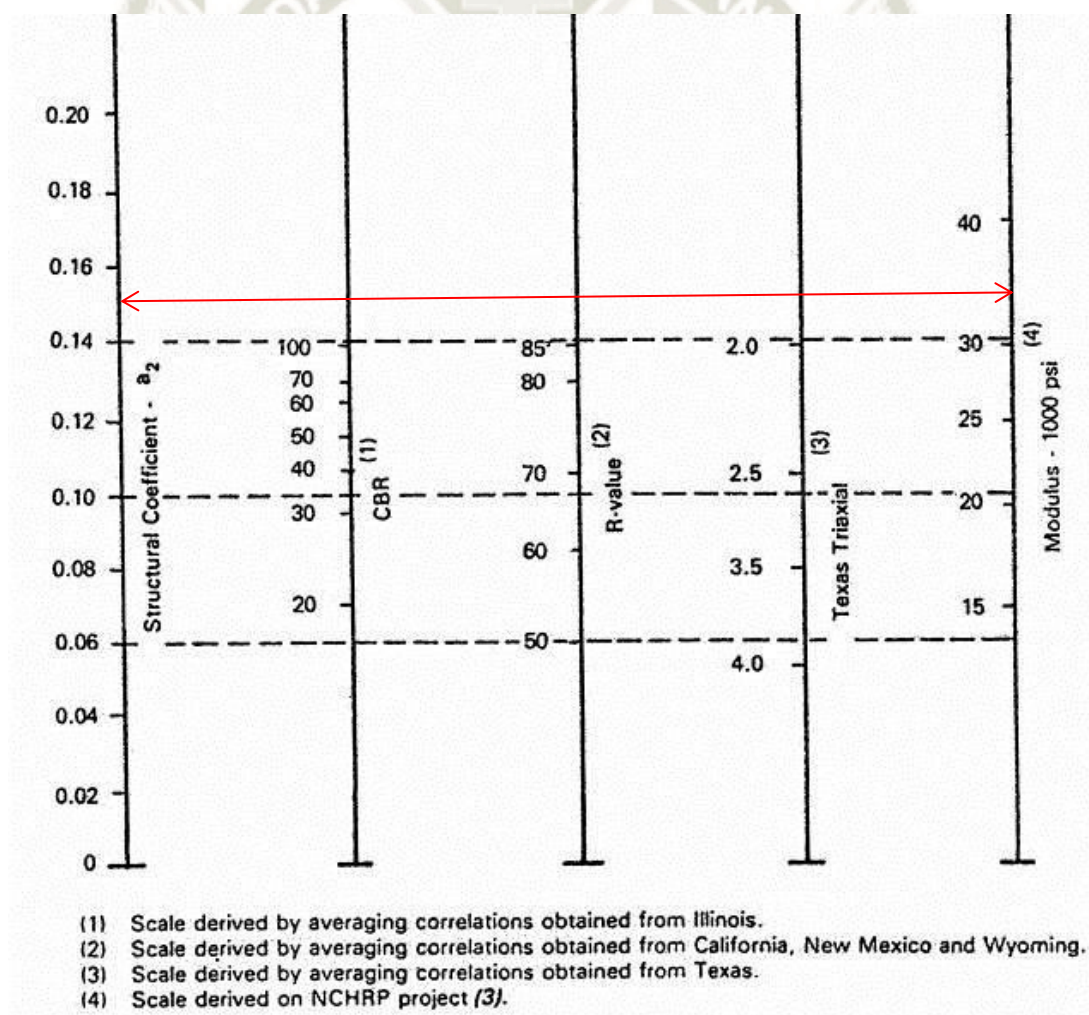


Figura 46: Relación de CBR, módulo de resiliencia y Coeficiente estructural de Base.

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures

Aplicando la ecuación 32 con el CBR de la base obtenida de 108% calculado al 100 % de la MDS y y 2.54 mm (0.1plg) de penetración, da como resultado el valor del Modulo de Resiliencia de 34687 psi y con ello un coeficiente estructural de 0.15 marcado con color rojo en la figura 46.

7.3.2. Modulo resiliente y coeficiente estructural sub base

Para el módulo resiliente de la sub base, de igual manera la guía AASHTO recomienda el uso del ábaco (figura 47), donde se determina a partir del CBR, y de igual manera con ello hallar el número estructural de la capa.

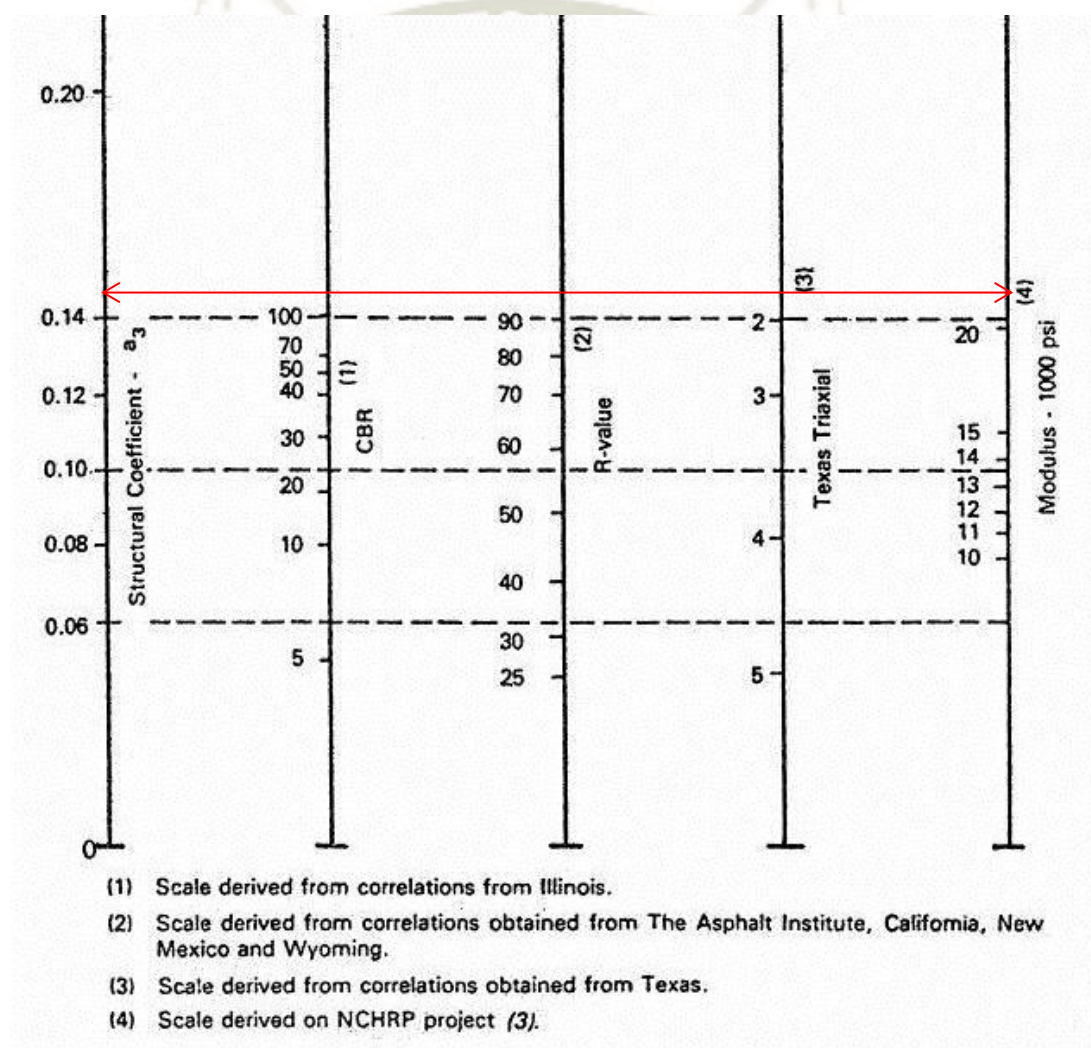


Figura 47: Ábaco para determinar modulo resiliente y coeficiente estructural de Sub base
Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures

El CBR de la sub base hallado en laboratorio es de 103%, valor tomado en base al 100% de la MDS a una penetración de 2.54 mm (0.1plg). Con este valor, según el Abaco da un Módulo resiliente de 22000 psi y un coeficiente estructural de 0.145.

7.3.3. Modulo resiliente y coeficiente estructural carpeta asfáltica

Para obtener el módulo resiliente de la carpeta estructural se aplica la ecuación 33, determinado por el ingeniero venezolano Freddy Sánchez Leal, donde propuso la determinación en base a análisis de varios ensayos de Marshall y ensayos de tracción indirecta, llegando a una regresión de variables que se establece en base a los parámetros de estabilidad y flujo. (Corredor, s.f.)

$$M_{R(c.a.)} = 1.4 * \left(\frac{P}{\delta * t} \right) * (a + 0.64 * v)$$

Ecuación 33: Modulo Resiliente de carpeta asfáltica

Fuente: Freddy Sánchez Leal, obtenida de la guía de Corredor (s.f.)

Donde:

- $M_{R(c.a.)}$: Modulo de Resiliencia de la carpeta asfáltica, en psi
- P : Carga Marshall(estabilidad), en libras
- δ : Deformación (Flujo), en pulgadas
- t : altura de briqueta, en pulgadas
- a : Constante experimental que varía entre 20 y 26, se recomienda 23.
- v : Relación de Poisson, para mezcla asfáltica se asume 0.35

Con el módulo resiliente de la carpeta asfáltica calculado, se procede a determinar el coeficiente estructural en el ábaco (figura 48) trazando una línea horizontal.

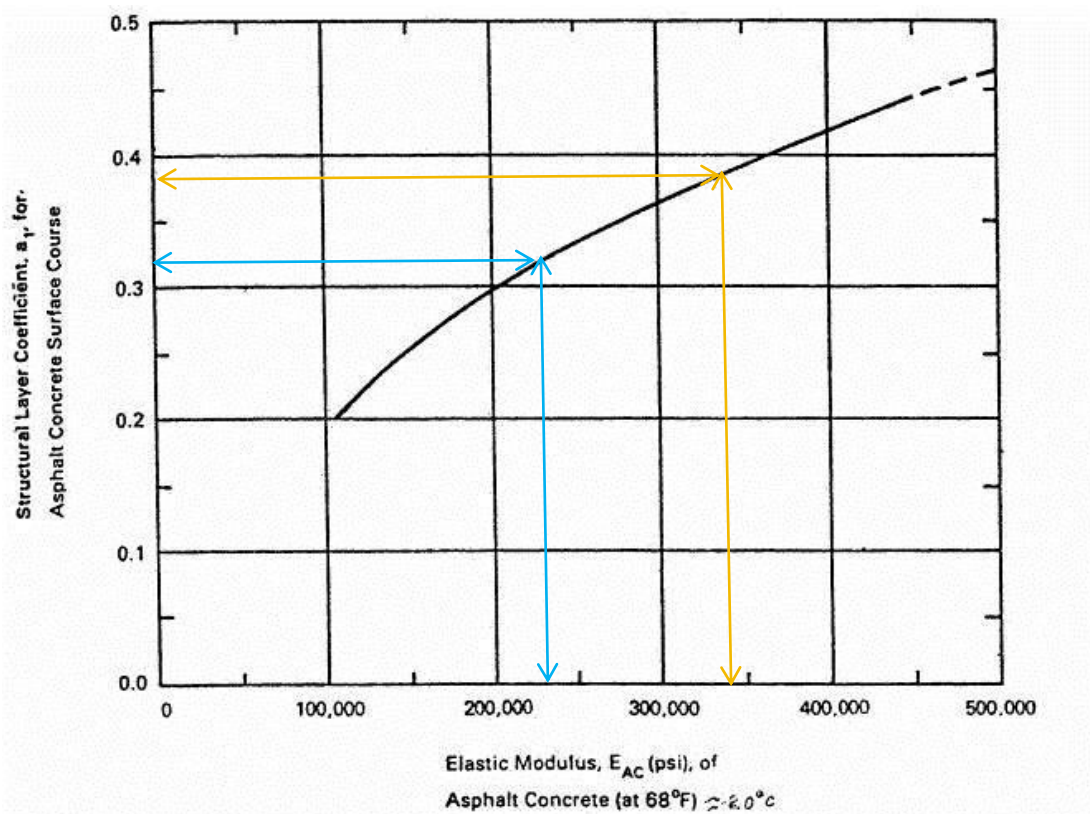


Figura 48: Abaco para determinar el coeficiente estructural a partir del módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica.

Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures

Se estimó el valor del módulo de resiliencia de los cuatro diseños MAC desarrollados en la presente investigación. Sin embargo, para hacer un análisis comparativo, se optó por determinar a la mezcla asfáltica más desfavorable y más favorable.

Tabla 76: Cálculo de Módulo Resiliencia de carpeta asfáltica

Cálculo Módulo resiliente carpeta asfáltica						
Tipo de Mezcla asfáltica	Estabilidad (lb)	Flujo (plg)	Altura (plg)	relación constante exp.	poison	Módulo Resiliencia
Normal absorción - asfalto convencional	2694.27	0.13	2.45	23.00	0.35	269804.89
Normal absorción - asfalto polímero	3807.13	0.15	2.48	23.00	0.35	334129.05
Alta absorción - asfalto convencional	2585.86	0.14	2.65	23.00	0.35	235024.38
Alta absorción - asfalto polímero	3917.17	0.15	2.68	23.00	0.35	317954.79

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 76, la mezcla asfáltica con agregados de normal absorción y asfalto con polímero presenta el mayor módulo de resiliencia y con ello el trazado

amarillo en la figura 48 da como coeficiente estructural de 0.385, mientras tanto un MAC con agregado de Alta absorción y asfalto convencional presenta el menor módulo de resiliencia y el trazado de color celeste en la figura 48 estima un valor de coeficiente estructural de 0.32.

7.3.4. Cálculo de espesores AASHTO 93

Con los datos hallados en el ítem 7.2.2, enfocaremos el cálculo de los espesores de capa, de acuerdo a los coeficientes estructurales calculados para la carpeta asfáltica, base y sub base. Se desarrollará dos diseños, para la MAC más favorable y desfavorable.

Recordar que el número estructural calculado utilizando la ecuación 2 se mantendrá, debido a que esta depende básicamente del módulo resiliente de la subrasante. Por ende, el cálculo de espesores se realizará manteniendo la interacción con los coeficientes estructurales calculados por ábacos.

En la tabla 77, se desarrolla la interacción de los posibles espesores que cumplan la exigencia del número estructural propuesto, en ello se vio por conveniencia espesores de 18 cm, 40 cm y 40 cm de capa de rodadura, espesor de base y sub base, respectivamente.

Tabla 77: Calculo espesor para MAC desfavorable

coeficiente estructural			Coeficiente drenaje		Espesores (plg)			SN
superficial a1 (/plg)	base a2 (/plg)	subbase a3 (/plg)	base m2	subbase m3	Superficial d1 (plg)	Base d2 (plg)	Subbase d3 (plg)	
0.32	0.15	0.145	1	1	7.087	15.748	15.354	6.856
					7.087	15.748	15.748	6.913
					7.874	15.748	13.780	6.880
Numero Estructural calculado								6.852
Numero Estructural propuesto								6.913

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 78, se aprecia el cálculo de los espesores de pavimento para una MAC favorable, dando como resultados de espesores de 18 cm, 40 cm, 35 cm, de la carpeta asfáltica, base y sub base, respectivamente.

Tabla 78: Espesor de pavimento para una MAC favorable

coeficiente estructural			Coeficiente drenaje		Espesores (plg)			SN
superficial a1 (/plg)	base a2 (/plg)	subbase a3 (/plg)	base m2	subbase m3	Superficial d1 (plg)	Base d2 (plg)	Subbase d3 (plg)	
0.385	0.15	0.145	1	1	5.906	15.748	13.780	6.634
					7.087	15.748	13.780	7.089
					6.299	15.748	13.780	6.785
Numero Estructural calculado								6.852
Numero Estructural propuesto								7.089

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en ambos diseños de pavimento flexible, siguiendo la recomendación del MTC y AASHTO 93 (caso más favorable), se obtiene los mismos espesores. En cambio, para un diseño AASHTO 93 (menos favorable) el espesor del pavimento toma un espesor mayor en la sub base. Por tal motivo se vio por conveniencia desarrollar el análisis económico en relación a la figura 45.

CAPÍTULO VIII

8. ANALISIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS PARA DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

8.1. Estudio preliminar de canteras

En Arequipa, existen muchas canteras donde se extraen agregados pétreos, esto se debe a su diversa formación geomorfológica. Por ello, nuestra variable de investigación es la absorción, una propiedad muy importante de los agregados puesto que influiría en el consumo de asfalto y otras características de la mezcla.

Para ello, buscamos antecedentes locales específicamente de propiedades de materiales pétreos. Arias (2014) realiza una investigación de las tres canteras más importantes en Arequipa obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 79: Absorción de Canteras

Cantera	Absorción (%)	
	Agregado grueso	Agregado fino
Socabaya	2.17	2.20
Cono Norte	2.60	2.00
La Poderosa	1.01	2.25

Fuente: Elaboración propia

Partiendo desde este punto, consideramos hacer un estudio de canteras; especialmente de aquellas que provengan de quebradas y de ríos. Elegimos tres canteras priorizando visualmente, la gradación de sus partículas gruesas y la fineza del agregado fino. Posteriormente, en el laboratorio se realizó el ensayo de gravedad específica y absorción para evaluar y escoger para nuestro diseño de mezcla asfáltica.

Tabla 80: Resultados de absorción de agregados pétreos por cantera

CANTERA	ABSORCIÓN (%)	
	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
Tunales	3.80	1.71
Quebrada San Lázaro	3.30	0.89
Río Socabaya	2.50	1.95

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados, optamos por elegir para:

- Agregado grueso de alta absorción: Cantera río Socabaya

- Agregado grueso y fino de normal absorción: Cantera La Poderosa
- Para el agregado fino de alta absorción se utilizó el material pasante de la N° 4 de la cantera Chiguata descrito en el capítulo de base y subbase, puesto que tiene una absorción parecida a la piedra de la cantera de Socabaya.



*Figura 49: Agregado Pétreo La poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 50: Ejecución de ensayos en el laboratorio de la UCSM
Fuente: Elaboración propia*

8.2. Caracterización del agregado grueso de normal y alta absorción

Los requisitos que debe cumplir nuestro agregado se encuentran en la Tabla 7, puesto que la vía se encuentra a una altitud aproximada de 4400 m.s.n.m. Cabe mencionar que los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Universidad Católica Santa María.

8.2.1. Análisis granulométrico

(Ver 6.2.1)



*Figura 51: Análisis granulométrico de material grueso La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 52: Análisis granulométrico de agregado grueso Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.2.2. Durabilidad al sulfato de magnesio

(Ver 6.3.2.1.6)



Figura 53: Durabilidad al sulfato de magnesio pétreo normal absorción
Fuente: Elaboración propia

8.2.3. Abrasión los ángeles

(Ver 6.2.2.1)



Figura 54: Abrasión de los Ángeles de agregados La Poderosa
Fuente: Elaboración propia



*Figura 55: Abrasión Los Ángeles agregado Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.2.4. Adherencia

Referencia Normativa: MTC E 517 “Revestimiento y desprendimiento de mezclas agregado-bitumen”

Descripción del Ensayo: Ensayo que determina visualmente el recubrimiento del asfalto sobre la superficie del agregado grueso.



*Figura 56: Adherencia de agregado pétreo
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 57: Adherencia agregado grueso Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.2.5. Índice de durabilidad

Referencia Normativa: MTC E 214 “Prueba de ensayo estándar para índice de durabilidad de agregado”

Descripción del Ensayo: Ensayo que determina la resistencia relativa del agregado para producir finos dañinos al ser sometidos a métodos mecánicos de degradación. Es una variable que muestra si el agregado escogido es propenso a degradarse y varía la composición de la mezcla asfáltica.



*Figura 58: Ensayo de Índice de Durabilidad en laboratorio UCSM
Fuente: Elaboración propia*

8.2.6. Partículas chatas y alargadas

(Ver 6.2.2.6)



*Figura 59: Partículas chatas y alargadas de agregados La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 60: Partículas chatas y alargadas de agregados Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.2.7. Caras fracturadas

(Ver 6.3.2.1.1)



*Figura 61: Caras fracturadas de agregados La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 62: Caras fracturadas agregados Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.2.8. Sales solubles totales

(Ver 6.2.2.5)



*Figura 63: Sales solubles para agregados La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 64: Sales solubles agregado Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.2.9. Peso específico y absorción

Referencia Normativa: MTC E 206 “Peso específico y absorción de agregados gruesos”

Descripción del Ensayo: Ensayo que determina el peso específico seco, el saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción del agregado grueso.



Figura 65: Material sumergido para cálculo de peso específico
Fuente: Elaboración propia



Figura 66: Agregados superficialmente saturado
Fuente: Elaboración propia

8.2.10. Peso unitario de los agregados

Referencia Normativa: MTC E 203 “Peso unitario y vacíos de los agregados”

Descripción del Ensayo: El ensayo determina el peso unitario del agregado fino y grueso, así como para realizar conversiones peso/volumen en compras por cubos.



Figura 67: Peso Unitario de los agregados
Fuente: Elaboración propia

8.3. Caracterización del agregado fino de normal y alta absorción

Los requisitos que debe cumplir nuestro agregado se encuentran en la Tabla 8, puesto que la vía se encuentra a una altitud aproximada de 4400 m.s.n.m.

8.3.1. Análisis granulométrico

(Ver 6.2.1)



Figura 68: Granulometría agregado fino La socabaya
Fuente: Elaboración propia



Figura 69: Granulometría agregado fino Socabaya
Fuente: Elaboración propia

8.3.2. Equivalente de arena

(Ver 6.2.2.4)

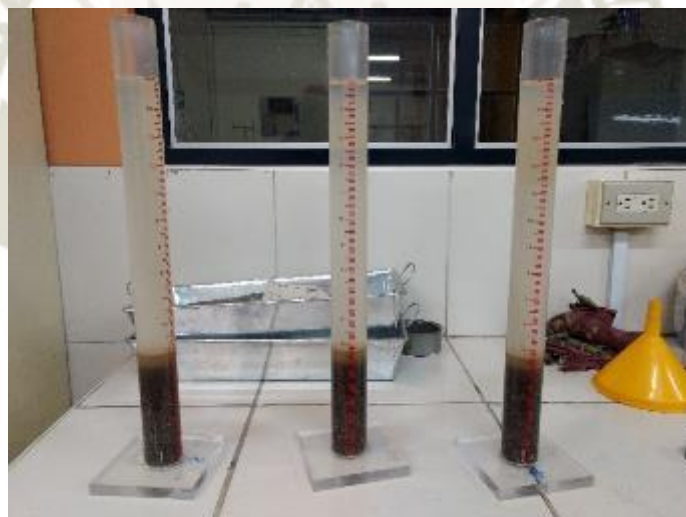


Figura 70: Equivalente Arena Agregado fino La Poderosa
Fuente: Elaboración propia

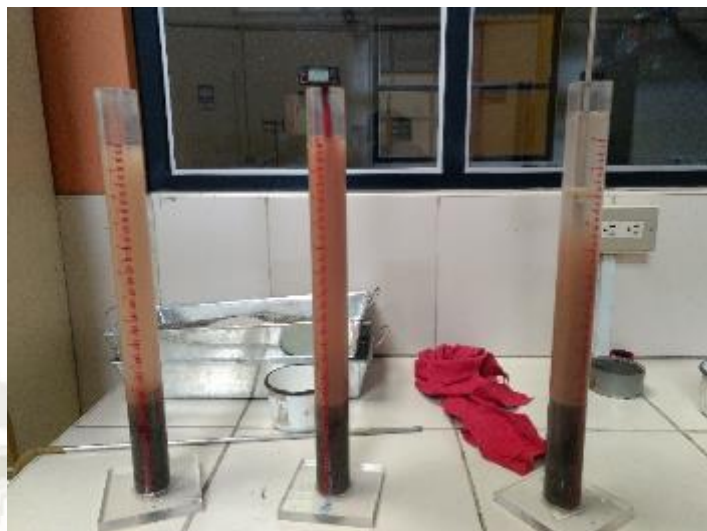


Figura 71: Equivalente Arena Agregado fino Socabaya
Fuente: Elaboración Propia

8.3.3. Angularidad

Referencia Normativa: MTC E 222 “Angularidad del agregado fino”

Descripción del Ensayo: Ensayo que determina el cálculo de vacíos de aire y la angularidad del agregado fino, siendo correlacionada con la resistencia al ahuellamiento.



Figura 72: Angularidad de agregado fino
Fuente: Elaboración propia

8.3.4. Azul de metileno

Referencia Normativa: AASHTO TP 57

Descripción del Ensayo: Ensayo que determina el porcentaje de material dañino, ya sea la presencia de materia orgánica o arcillas. Consiste en preparar una solución de azul de metileno y verterlo sobre un papel filtro para verificar su halo. Éste no debe desaparecer por determinado tiempo, de lo contrario debe incrementarse la solución.

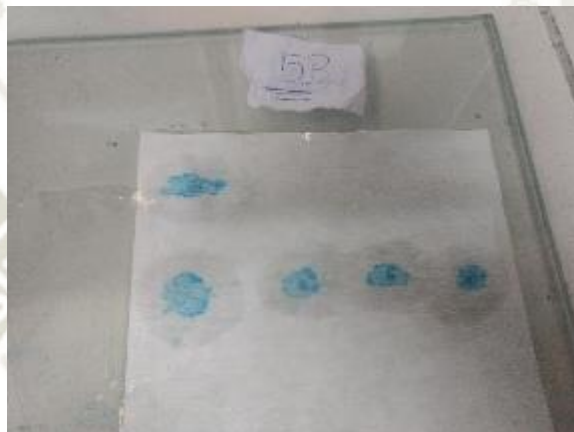


*Figura 73: Azul de metileno agregado fino La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 74: Azul de metileno agregado fino Socabaya
Fuente: Elaboración propia*

8.3.5. Índice de plasticidad (malla n° 40 y n° 200)

(Ver 6.2.2.3)



*Figura 75: Limite liquido Agregado fino La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 76: Limite Liquido Agregado fino Socabaya
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 77: Limite plástico de agregados
Fuente: Elaboración propia*

8.3.6. Durabilidad al sulfato de magnesio

(Ver 6.3.2.1.6)



Figura 78: Durabilidad al Sulfato de magnesio de agregados pétreos
Fuente: Elaboración propia

8.3.7. Índice de durabilidad

(Ver 8.2.5)

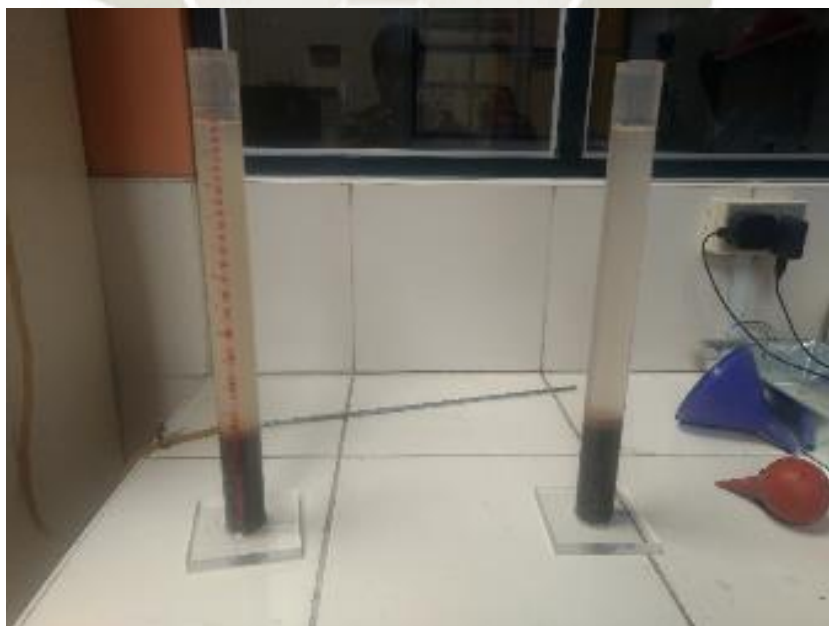


Figura 79: Índice de durabilidad
Fuente: Elaboración propia

8.3.8. Sales solubles totales

(Ver 6.2.2.5)



*Figura 80: Alícuotas de agregado fino Socabaya
Fuente: Elaboración propia*



*Figura 81: Sales solubles de agregado fino La Poderosa
Fuente: Elaboración propia*

8.3.9. Peso específico y absorción

Referencia Normativa: MTC E 205 “Gravedad específica y absorción de agregados finos”

Descripción del Ensayo: Es una propiedad para calcular el volumen que ocupa el agregado fino en cualquier tipo de mezcla.



Figura 82: Gravedad específica y absorción de agregados finos La Poderosa
Fuente: Elaboración propia



Figura 83: Gravedad específica y absorción de agregados finos Socabaya
Fuente: Elaboración propia

8.3.10. Peso unitario de los agregados

(Ver 8.2.10)



Figura 84: Peso unitario agregados Finos
Fuente: Elaboración propia

8.4. Resumen de resultados de ensayos

Se muestran en la tabla 81 los resultados de los ensayos ejecutados para el cumplimiento de los requisitos de la normativa peruana EG 2013. Los formatos de todos los ensayos se encuentran en los Anexos.

8.4.1. Caracterización de Agregado Grueso de normal absorción

Tabla 81: Caracterización de Agregado Grueso de normal Absorción

Ítem	Descripción del ensayo	Norma	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
1	Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC	0.20%	0.45%	15% máx.	<i>Cumple</i>
		E 209	0.70%			
2	Abrasión de Los Ángeles (%)	MTC	15%	15.90%	35 % máx.	<i>Cumple</i>
		E 207	17%			
3	Adherencia (%)	MTC	99	98.5 %	95 %	<i>Cumple</i>
		E 517	98			
4	Índice de durabilidad (%)	MTC	93%	93%	35% mín.	<i>Cumple</i>
		E 214	93%			
5	Partículas chatas y alargadas (%)	MTC	9.70%	9.50%	10% máx.	<i>Cumple</i>
		E 223	9.30%			
6	Caras fracturadas (%)	MTC	95/81	96 / 77	90/70	<i>Cumple</i>
		E 210	96/73			
7	Sales solubles totales (%)	MTC	0.01%	0.01%	0.5% máx.	<i>Cumple</i>
		E 219	0.01%			
8	Absorción (%)	MTC E 206	0.90%	0.87%	1% máx.	<i>Cumple</i>
			0.80%			
			0.90%			
9	Peso unitario suelto (kg/m ³)	MTC	1514.6	1521.97	-	-
		E 203	1529.34	kg/m³		
10	Peso unitario compactado (kg/m ³)	MTC	1689.44	1685.75	-	-
		E 203	1682.07	kg/m³		

Fuente: Elaboración propia

8.4.2. Caracterización de Agregado Grueso de alta absorción

Tabla 82: Caracterización de Agregado Grueso de alta absorción

Ítem	Descripción del ensayo	Norma	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
1	Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC	0.60%	1.30%	15% máx.	<i>cumple</i>
		E 209	2.00%			
2	Abrasión de Los Ángeles (%)	MTC	35%	34.90%	35 % máx.	<i>cumple</i>
		E 207	35%			
3	Adherencia (%)	MTC	98	97 %	95 %	<i>cumple</i>
		E 517	96			
4	Índice de durabilidad (%)	MTC	90%	89%	35% mín.	<i>cumple</i>
		E 214	87%			
5	Partículas chatas y alargadas (%)	MTC	5.01%	5.04%	10% máx.	<i>cumple</i>
		E 223	5.07%			
6	Caras fracturadas (%)	MTC	94/72	92 / 71	90/70	<i>cumple</i>
		E 210	90/70			
7	Sales solubles totales (%)	MTC	0.01%	0.01%	0.5% máx.	<i>cumple</i>
		E 219	0.01%			
8	Absorción (%)	MTC E 206	2.90%	2.93%	1% máx.	<i>no cumple</i>
			2.90%			
			3.00%			
9	Peso unitario suelto (kg/m ³)	MTC	1437.71	1425.6	-	-
		E 203	1413.48			
10	Peso unitario compactado (kg/m ³)	MTC	1554.62	1558.31	-	-
		E 203	1561.99			

Fuente: Elaboración propia

8.4.3. Caracterización de Agregado fino de normal absorción

Tabla 83: Caracterización de Agregado fino de normal absorción

Ítem	Descripción del ensayo	Norma	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
1	Equivalente de arena (%)	MTC E	74%	76.00%	70%	<i>cumple</i>
		114	78%			
2	Angularidad (%)	MTC E	46%	45.60%	40%	<i>cumple</i>
		222	45%			
3	Azul de metileno (%)	AASHTO	4	3.65 %	8% máx.	<i>cumple</i>
		TP 57	3.3			
4	Índice de plasticidad (Nº 40) (%)	MTC E	No	No presenta	No presenta	<i>cumple</i>
		111	presenta			
5	Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E	2.80%	4.20%	18% máx.	<i>cumple</i>
		209	5.60%			
6	Índice de durabilidad (%)	MTC E	76%	72.50%	35% mín.	<i>cumple</i>
		214	69%			
7	Índice de plasticidad (Nº 200) (%)	MTC E	No	No presenta	No presenta	<i>cumple</i>
		111	presenta			
8	Sales solubles totales (%)	MTC E	0.44%	0.39%	0.5% máx.	<i>cumple</i>
		219	0.34%			
9	Absorción (%)	MTC E 206	0.70%	0.70%	0.5% máx	<i>No cumple</i>
			0.60%			
			0.80%			
			0.70%			
			0.70%			
10	Peso unitario suelto (kg/m ³)	MTC E	1511.01	1495.2	-	-
		203	1479.39			
11	Peso unitario compactado (kg/m ³)	MTC E	1781.59	1792.13	-	-
		203	1802.67			

Fuente: Elaboración propia

8.4.4. Caracterización de Agregado fino de alta absorción

Tabla 84: Caracterización de Agregado fino de alta absorción

ítem	descripción del ensayo	Método	Resultado	Promedio	Especificación EG 2013	Estado
1	Equivalente de arena (%)	MTC E	80%	80.50%	70%	<i>cumple</i>
		114	81%			
2	Angularidad (%)	MTC E	46%	46.40%	40%	<i>cumple</i>
		222	47%			
3	Azul de metileno (%)	AASHTO	5	4.15	8% máx.	<i>cumple</i>
		TP 57	3.3			
4	Índice de plasticidad (N° 40) (%)	MTC E	No	No presenta	No presenta	<i>cumple</i>
		111	presenta			
5	Durabilidad al sulfato de magnesio (%)	MTC E	3.80%	5.05%	18% máx.	<i>cumple</i>
		209	6.30%			
6	Índice de durabilidad (%)	MTC E	68%	67.50%	35% mín.	<i>cumple</i>
		214	67%			
7	Índice de plasticidad (N° 200) (%)	MTC E	No	No presenta	No presenta	<i>cumple</i>
		111	presenta			
8	Sales solubles totales (%)	MTC E	0.10%	0.09%	0.5% máx.	<i>cumple</i>
		219	0.08%			
9	Absorción (%)	MTC E	2.20%	1.97%	0.5% máx	<i>No cumple</i>
			1.80%			
			1.90%			
			1.90%			
10	Peso unitario suelto (kg/m ³)	MTC E	1377.48	1359.91	-	-
		203	1342.34			
11	Peso unitario compactado (kg/m ³)	MTC E	1637.51	1663.87	-	-
		203	1690.22			

Fuente: Elaboración propia

8.4.5. Caracterización del filler

Tabla 85: Caracterización de Filler Silico CARPETEK

Gravedad Especifica y Absorción de los Sólidos	pic. 1	pic. 2
Peso de los sólidos (gf)	295.53	291.30
Peso del picnómetro (gf)	150.87	150.81
Peso del picnómetro y agua (gf)	647.64	646.11
Peso del picnómetro y muestra (gf)	446.40	442.11
Peso del picnómetro, agua y muestra (gf)	824.94	820.36
Volumen desplazado (cm ³)	118.23	117.05
Gravedad especifica	2.50	2.49
Temperatura (° C)	21.1	22.3
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	0.9998	0.9995
Gravedad específica a 20° C	2.50	2.49

Fuente: Elaboración propia

8.4.6. Caracterización del Cemento Asfaltico Convencional

El cemento asfaltico escogido para las condiciones meteorológicas de la zona fue el 120/150 PEN; cuya ficha técnica se encuentra en el Anexo 10 y cumple con los requisitos exigidos en la norma peruana EG 2013.

Tabla 86: Características cemento Asfaltico PEN 120/150

Ensayo	Norma	Resultado del análisis	Especificaciones EG 2013	Estado
Penetración a 25°, 100 g, 5 seg., 1/10 mm.	MTC E 304	132	120-150	cumple
Punto de inflamación, °C	MTC E 312	270	218° C mín	cumple
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	> 150	100 mín.	cumple
Solubilidad en tricloro-etileno, %	MTC E 302	99.7	99% mín.	cumple
Índice de penetración (susceptibilidad térmica)	MTC E 304	-0.5	-1 mín y +1 máx.	cumple
Ensayo de la Mancha	AASHTO M 20	Negativo	Negativo	cumple
Prueba sobre la película delgada, % masa	MTC E 315	0.2	1.3% máx.	cumple
Penetración retenida después de ensayo de película fina, %	MTC E 304	61	42% mín.	cumple
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	> 150	100 cm. mín.	cumple

Fuente: Elaboración propia

8.4.7. Caracterización del Cemento Asfáltico modificado con Polímeros

Los siguientes resultados fueron proporcionados por la empresa CAH Contratistas Generales S.A. a través del certificado de calidad del asfalto modificado con polímero SBS que se encuentra en el Anexo 11.

Tabla 87: Características Cemento Asfáltico modificado con Polímeros SBS

Ensayo	Norma	Resultado del análisis	Especificaciones	Estado
Penetración a 25°, 5 seg., 1/10 mm.	ASTM D 36	60	55-70	<i>cumple</i>
Punto de inflamación, °C	ASTM D 92	284	230° C mín.	<i>cumple</i>
Ductilidad a 5°C, 5 cm/min, cm	ASTM D 113	40	15 mín.	<i>cumple</i>
Punto de ablandamiento, °C	ASTM D 36	74.8	60% mín.	<i>cumple</i>
Viscosidad Brookfield, 145°C, cP	ASTM D 4402	950	1000 máx.	<i>cumple</i>
Ensayo de la Mancha	AASHTO M 20	Negativo	Negativo	<i>cumple</i>
Prueba sobre la película fina, % masa	ASTM D 1754	0.785	1.0% máx.	<i>cumple</i>
Penetración retenida después de ensayo de película fina, %	ASTM D 5	75	65% mín.	<i>cumple</i>
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	ASTM D 113	15	8 cm. mín.	<i>cumple</i>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IX

9. DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE–METODO MARSHALL

9.1. Consideraciones Generales

El tema principal de la presente investigación es determinar que variación existe al utilizar agregados pétreos que sean de normal absorción, requeridos por la EG 2013, y agregados pétreos con alta absorción. Por tal motivo se caracterizó en el capítulo 8 dos tipos de agregados pétreos, que serán combinados con un cemento asfáltico convencional 120/150 PEN y asfalto modificado con polímero tipo IB.

Por los motivos mencionados, es que se cuentan con cuatro diseños de mezcla asfálticas:

- Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de normal absorción y asfalto convencional
- Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de normal absorción y asfalto con polímero
- Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de alta absorción y asfalto convencional
- Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Para la determinación del contenido óptimo del cemento asfáltico siguiendo los criterios de Marshall, con detalles normativos peruanos del manual de ensayos MTC E 504, se desarrolló variaciones de contenido de asfalto en 0.5 %, tomando como criterio de elección desde el 4.0 % al 7.5 %, la elección del rango de porcentajes es debido a la exigencia del contenido de vacíos que varía de 2 a 4% según la normativa peruana EG 2013.

El criterio de análisis, se realizó con la búsqueda de agregados pétreos que únicamente se tenga una variable en análisis “la absorción”, mientras tanto todas las demás exigencias de la normativa peruana son variables que cumplan las especificaciones.

Es por ello que se determinó usar un mismo análisis granulométrico, que cumpla con las exigencias del huso granulométrico MAC – 1 que detalla el EG 2013 para todos los diseños de mezcla asfáltica en caliente según el método Marshall.

El detalle de los ensayos para el desarrollo del diseño de Marshall se encuentra en la parte de ANEXOS, en el presente solo se muestran resultados y resumen del diseño descrito.

9.2. Requerimiento Granulométrico para diseño de mezclas asfálticas

La gradación de Mezcla Asfáltica en Caliente (MAC), para nuestra investigación, corresponde al huso granulométrico que cumpla las exigencias del MAC – 1. Dicha exigencia es de vital importancia para, que, de acuerdo a la granulometría obtenida, se realice la dosificación y separación por tamiz del material adecuado, y con ello empezar a determinar la caracterización; del agregado grueso, agregado fino y Filler.

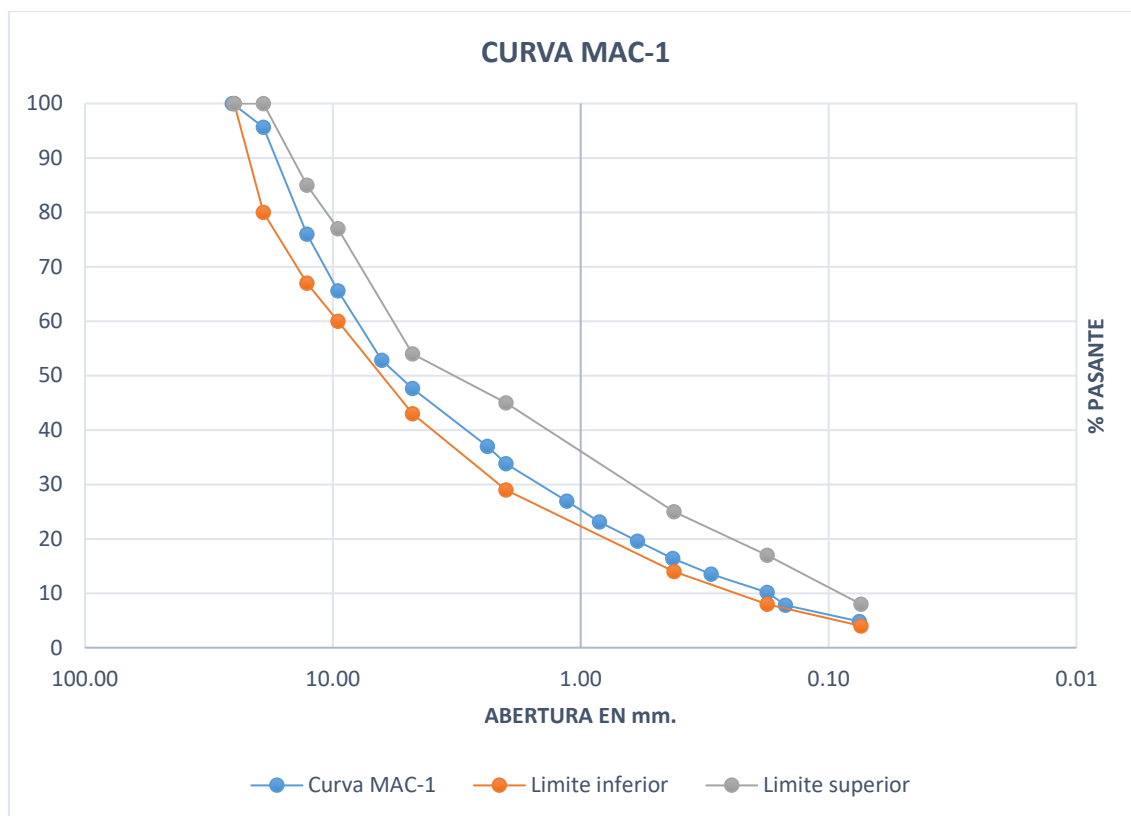
Cabe mencionar que el material pétreo utilizado para el agregado de normal absorción, fue obtenida a partir de la cantera La Poderosa, donde se observó que cumplía con las exigencias del huso granulométrico adicionando material filler en cierta proporción.

Sin embargo, para el material pétreo utilizado para el agregado de alta absorción, fue una combinación del agregado grueso de la cantera Socabaya y agregado Fino de la cantera Chiguata. Al ser un material ficticio, el cual no se encuentra en el mercado, se determinó adoptar una combinación artificial que sea semejante al huso granulométrico del agregado pétreo de normal absorción.

Tabla 88: Combinación de agregados pétreos y filler en MAC - 1

Combinación	(1) 0.53	(2) 0.45	(3) 0.02			
Tamiz	Grava % pasante (a)	Arena % pasante (b)	Roca Tr. % pasante (c)	Especificación MAC 1 % pasante	MAC-1 $=a*1+b*2+c*3$	estado
1"	100.00	100.00	100.00	100	100	Pasa
3/4"	91.72	100.00	100.00	80-100	95.6	Pasa
1/2"	54.71	100.00	100.00	67-85	76.0	Pasa
3/8"	35.10	100.00	100.00	60-77	65.6	Pasa
1/4"	11.02	99.97	100.00		52.8	
Nº 4	1.87	99.26	100.00	43-54	47.7	Pasa
Nº 8	0.09	77.62	100.00		37.0	
Nº 10	0.04	70.69	100.00	29-45	33.8	Pasa
Nº 16	0.01	55.34	100.00		26.9	
Nº 20		46.86	100.00		23.1	
Nº 30		39.07	100.00		19.6	
Nº 40		31.94	100.00	14-25	16.4	Pasa
Nº 50		25.60	100.00		13.5	
Nº 80		18.11	100.00	8-17	10.1	Pasa
Nº 100		12.92	100.00		7.8	
Nº 200		6.26	100.00	4-8	4.82	Pasa
Fondo		0.00	0.00		0	

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 23: Distribución granulométrica MAC 1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al huso granulométrico que cumpla las exigencias del MAC – 1, se inicia a realizar la caracterización de los agregados pétreos y también, finalmente realizar el diseño de mezcla asfáltica en caliente, siguiendo la dosificación definitiva de la granulometría para cada porcentaje de análisis del cemento asfáltico, como se muestra en la tabla 89.

Tabla 89: Dosificación de granulometría por porcentaje de asfalto en diseño

ENSAYO N°	UN.	1	2	3	4	5	6	7	8
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.88	50.62	50.35	50.09	49.82	49.56	49.29	49.03
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	43.20	42.98	42.75	42.53	42.30	42.08	41.85	41.63
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.92	1.91	1.90	1.89	1.88	1.87	1.86	1.85

Fuente: Elaboración propia

9.3. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de normal absorción y asfalto convencional

Como se explicó en el ítem 2.6.7, se realiza una serie de operaciones en laboratorio para obtener el contenido óptimo del cemento asfáltico a partir de los ensayos ejecutados para la caracterización de los agregados pétreos y filler. En la tabla 94, se muestra los resultados del ensayo Marshall para una mezcla asfáltica de agregado de normal absorción obtenido de la cantera La Poderosa y asfalto convencional 120/150 PEN.

9.3.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio

A partir de los valores que se muestran en la tabla 90, se determina las demás variables para el desarrollo del diseño de mezcla asfáltica mediante el método Marshall.

Tabla 90: Parámetros de materiales pétreos

Ensayos	Unidades	Resultado
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500
Porcentaje de Agregado Grueso	%	53
Porcentaje de Agregado Fino	%	45
Porcentaje de Filler	%	2

Fuente: Elaboración propia

9.3.2. Cálculo teórico del contenido óptimo de asfalto

Según Menéndez, el contenido óptimo de asfalto teórico se realiza con el Método de las Áreas Superficiales, lo cual indica la eficiencia de adherencia del asfalto en los agregados de una mezcla asfáltica, utilizando la ecuación 34.

$$p = \frac{2.65 \times \text{Área Superficial} \times \text{Índice de Asfalto}}{\text{Peso específico del agregado}}$$

Ecuación 34: Fórmula para el cálculo teórico de contenido óptimo de asfalto

Fuente: Menéndez (2016)

Donde:

$$\text{Área superficial} = \% \text{retenido} \times \text{Área equivalente}$$

Ecuación 35: Fórmula para cálculo del área superficial

Fuente: Menéndez (2016)

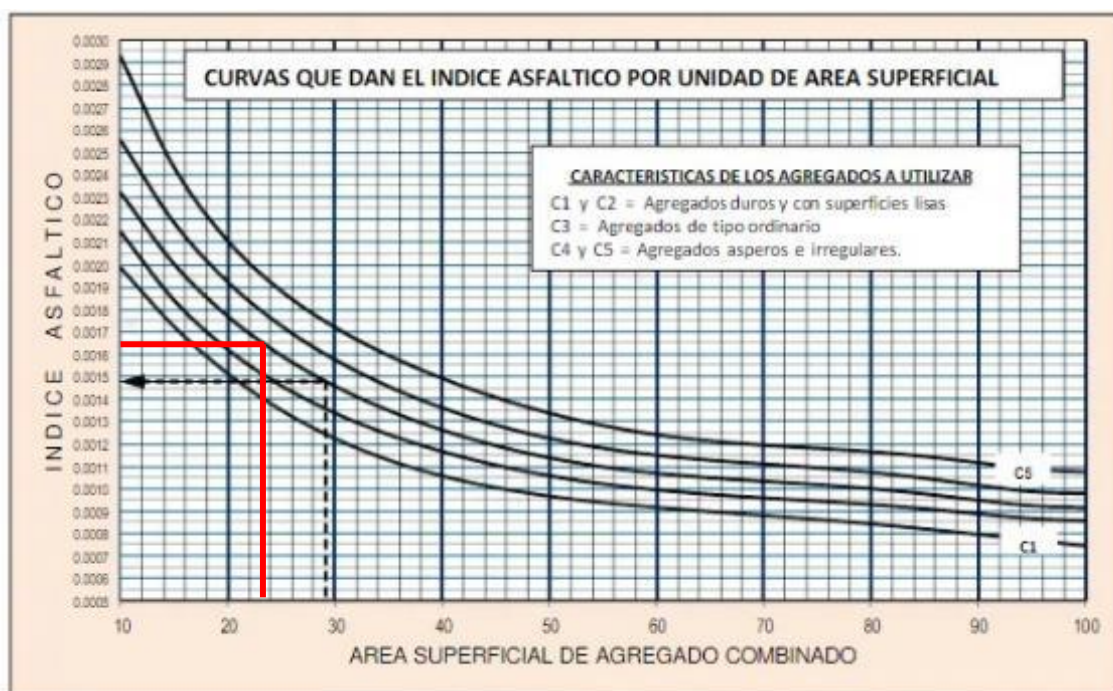
En la tabla 91, se calcula el área superficial dando como resultado 23.982 de la MAC que se utilizara para los ensayos de Marshall.

Tabla 91: Cálculo del Área Superficial para MAC-1

Tamiz	% Retenido	% Pasante	Área Equivalente	Área Superficial
1"	0.00	100.00	1	0.000
3/4"	4.40	95.60	1	0.044
1/2"	19.60	76.00	1	0.196
3/8"	10.40	65.60	1	0.104
1/4"	12.80	52.80	2	0.256
Nº 4	5.10	47.70	2	0.102
Nº 8	10.70	37.00	4	0.428
Nº 10	3.20	33.80	8	0.256
Nº 16	6.90	26.90	8	0.552
Nº 20	3.80	23.10	16	0.608
Nº 30	3.50	19.60	16	0.560
Nº 40	3.20	16.40	30	0.960
Nº 50	2.90	13.50	30	0.870
Nº 80	3.40	10.10	60	2.040
Nº 100	2.30	7.80	60	1.380
Nº 200	2.98	4.82	120	3.576
Fondo	4.82	0.00	250	12.050
Total	100.00			23.982

Fuente: Elaboración propia

Con el área superficial calculado, se procede a ubicar en el grafico 24, el índice de asfalto, con la característica de agregados de tipo ordinario. El valor obtenido es de 0.00165.



Gráfica 24: Abaco para cálculo de índice asfáltico por unidad de área superficial
Fuente: Elaboración propia

Se calcula el peso específico de los agregados combinados; aparente, bulk y efectivo, con la ecuación 36. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 92.

$$G_{sb} = \frac{\%A.G + \%A.F + \%Filler}{\frac{\%A.G}{P_{eAG}} + \frac{\%A.F}{P_{eAF}} + \frac{\%Filler}{P_{eFiller}}}$$

Ecuación 36: Ecuación para el cálculo de agregados combinados
Fuente: Menéndez (2016)

Tabla 92: Peso específico de agregado combinado bulk, aparente y efectivo

Descripción	Unidades	Resultado
Peso Específico Agregado Combinado - bulk	gf/cm ³	2.634
Peso Específico Agregado Combinado - aparente	gf/cm ³	2.691
Peso Específico Agregado Combinado - efectivo	gf/cm ³	2.663

Fuente: Elaboración propia

Con los valores calculados, y aplicando la ecuación 34, se procede a calcular el cemento asfáltico óptimo teórico, la tabla 93 muestra los valores obtenidos.

Tabla 93: contenido óptimo de asfalto teórico para MAC-1 para agregados normal absorción

Descripción	% Cemento asfáltico Óptimo
Peso Específico Agregado Combinado – bulk (gf/cm ³)	3.98
Peso Específico Agregado Combinado – aparente (gf/cm ³)	3.90
Peso Específico Agregado Combinado – efectivo (gf/cm ³)	3.94

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se seleccionó el contenido óptimo más alto calculado, para este caso es 3.98% o simplemente 4% de cemento asfáltico, sin embargo este resultado refleja la cantidad de asfalto para condiciones normales en las que se diseña una mezcla asfáltica en caliente, para el lugar de aplicación de la presente investigación, al estar por encima de los 3000 m.s.n.m. se recomiendan parámetros de diseño Marshall que sean ricos en cemento asfáltico, por ende el contenido óptimo de asfalto será un valor superior al calculado teóricamente.

9.3.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504

En la tabla 91 se presentan los resultados por porcentaje de cemento asfáltico de los valores que toman los parámetros para el diseño de la mezcla de concreto bituminoso, lo cual está especificado en la normativa EG 2013.

Tabla 94: Resultados de parámetros Marshall por porcentaje de asfalto para Agregado normal Absorción y asfalto convencional

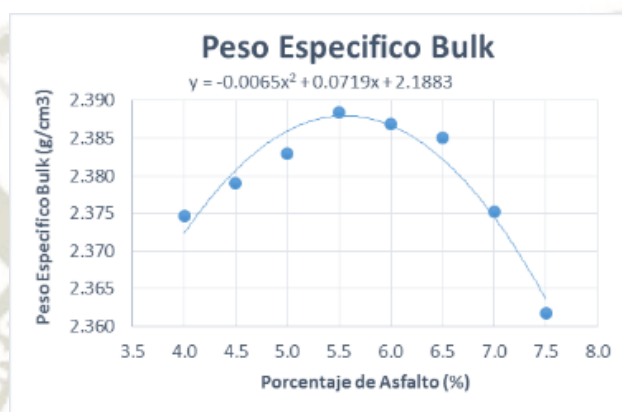
RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559									
Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.375	2.379	2.383	2.388	2.387	2.385	2.375	2.362
% vacíos	%	5.0	4.1	3.2	2.3	1.6	0.9	0.6	0.5
VMA	%	13.5	13.8	14.1	14.3	14.8	15.4	16.2	17.1
VFA	%	62.9	70.2	77.2	84.2	89.3	93.9	96.2	97.3
Estabilidad corregida	(Kgf)	1019.6	1143.2	1325.6	1353.2	1274.5	1075.2	875.3	781.2
Flujo	(0.25 mm)	9.5	10.0	11.2	13.3	15.1	17.1	18.1	19.9
Índice de rigidez	Kgf/cm	4331.2	4601.0	4768.4	4072.9	3383.4	2528.0	1933.9	1576.3
Relación polvo-asfalto		1.335	1.172	1.044	0.942	0.858	0.787	0.728	0.676

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla los resultados del ensayo Marshall en graficas por cada variable que exige la normativa peruana EG 2013 versus el porcentaje de contenido de asfalto.

9.3.3.1. Peso Específico Bulk vs Porcentaje de asfalto

El peso específico Bulk no cuenta con alguna exigencia establecida en la normativa del EG 2013, sin embargo, es un parámetro que se gráfica y estima para tener en cuenta como dato primordial del ensayo Marshall.

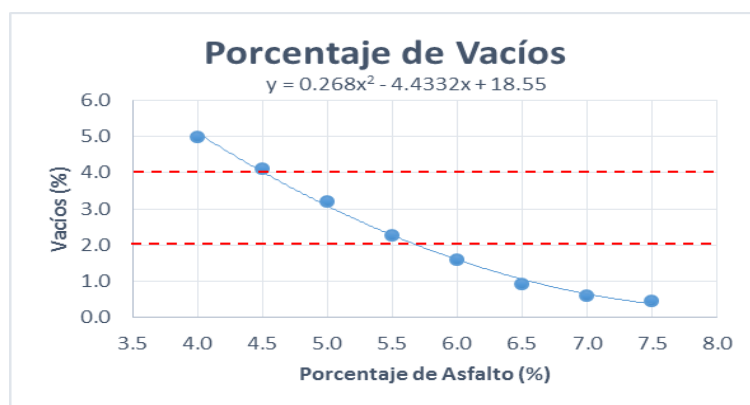


Gráfica 25: *Peso específico bulk vs porcentaje de asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional*
Fuente: *Elaboración propia*

9.3.3.2. Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto

El porcentaje de vacíos con aire cuenta con una exigencia en un rango de 2% a 4% para climas fríos y lugares ubicados a más de 3000 m.s.n.m. Valores especificados en la tabla 11 de acuerdo a la normativa EG 2013. Se recomienda que el porcentaje de asfalto tienda a ser menor.

De acuerdo a nuestro diseño Marshall, se cuenta con un rango de 5.7% a 4.5% de cemento asfáltico que cumple las exigencias de 2% a 4% de porcentaje de vacíos, respectivamente.



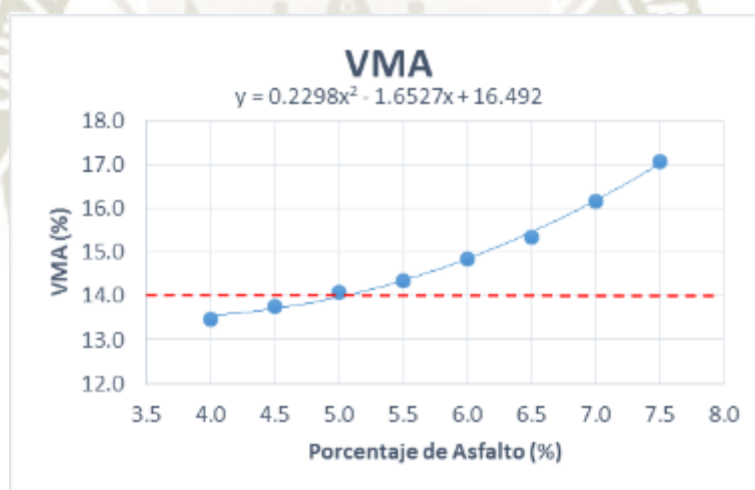
Gráfica 26: *% vacíos vs % de asfalto en MAC normal absorción y asfalto convencional*
Fuente: *Elaboración propia*

9.3.3.3. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA) vs porcentaje de asfalto

Según especificación de la tabla 12, se exige el valor mínimo de vacíos en el agregado mineral respecto al tamaño máximo del agregado grueso, en este caso al tamiz 19.0 mm (3/4") le corresponde un VMA mínimo de 14. Cabe mencionar que, en el manual de carreteras, se establece recomendaciones de diseño de mezclas asfálticas situadas a mayores de 3000 m.s.n.m. donde se especifica el valor de VMA sean mayores a 15.

Para la presente tesis, de acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo observar valores de VMA que no superan a 15, sin embargo, si mayores a 14 como estipula el EG 2013.

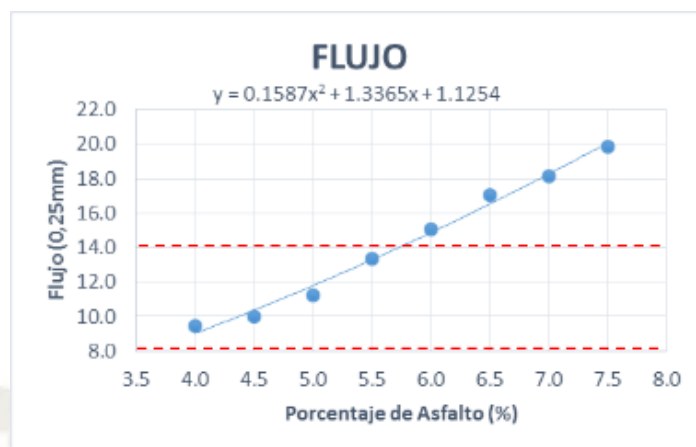
En la gráfica 27, tal condición de obtener valores de VMA superiores a 14 son los que se encuentra por encima de la línea discontinua color rojo, donde empieza a cortar desde el valor de 5.1% a 7.5%.



Gráfica 27: VMA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional
Fuente: Elaboración propia

9.3.3.4. Flujo vs porcentaje de asfalto

El valor del Flujo toma un valor entre 8 y 14 de 0.25mm, de acuerdo a la tabla 11. Según nuestra gráfica 28, podemos observar que los valores de 4% a 5.7% de asfalto cumplen con dicha especificación.

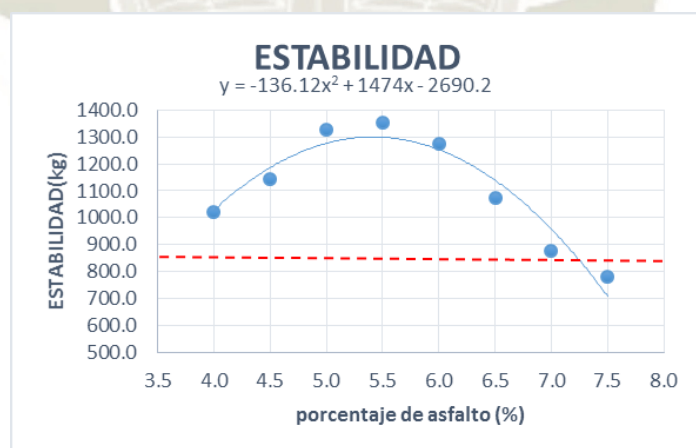


Gráfica 28: Flujo vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional
Fuente: Elaboración propia

9.3.3.5. Estabilidad vs porcentaje de asfalto

El valor de estabilidad, según especificación de la normativa EG 2013 recomienda un valor mínimo de 831.1 kgf (8.15 kN). De acuerdo a la gráfica 29, se muestra que los valores que están por encima de la línea discontinua son las deseables y que cumplen con la especificación mínima de la normativa peruana.

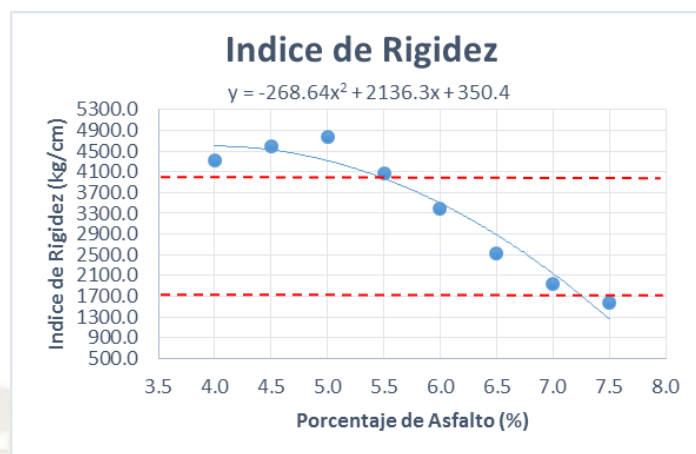
Los valores de porcentaje de asfalto que cumplen con la condición especificada van desde el 4% al 7.2%.



Gráfica 29: Estabilidad vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional
Fuente: Elaboración propia

9.3.3.6. Índice de Rigidez vs Porcentaje de Asfalto

El índice de rigidez cuenta con una especificación, según la tabla 11, lo cual toma valores entre 1700 y 4000 kgf/cm. En el grafico 30, se puede observar que los valores que cumplen con la especificación dada van entre 5.4% y 7.3% de asfalto.



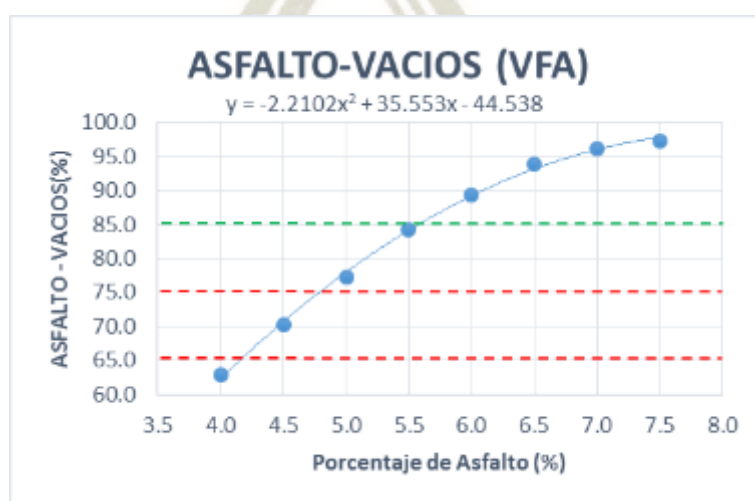
Gráfica 30: Índice de rigidez vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional

Fuente: Elaboración propia

9.3.3.7. Vacíos llenos con asfalto (VFA) vs Porcentaje de Asfalto

Según la tabla 13, se estipula los valores que debe tomar el valor de VFA según el tráfico ESAL de nuestro proyecto, al contar con un valor que supera los 3 millones de ejes equivalentes, el rango de valor correspondiente es de 65% a 75% de VFA. Sin embargo, el manual de carreteras estipulada en el MTC – 2014, recomienda valores de VFA que guarden relación en estar próximos al 85% en lugares que se encuentren superior a 3000 m.s.n.m. y lugares con cambios de la gradiente térmica.

En la gráfica 31, se observa las líneas discontinuas de color rojo que representa el rango de valores que exige el EG – 2013, sin embargo, por consideración al manual de carreteras del MTC-2014 se presenta la línea discontinua de color verde, donde representa los valores del contenido óptimo de asfalto próximos a este valor de 85% de VFA.



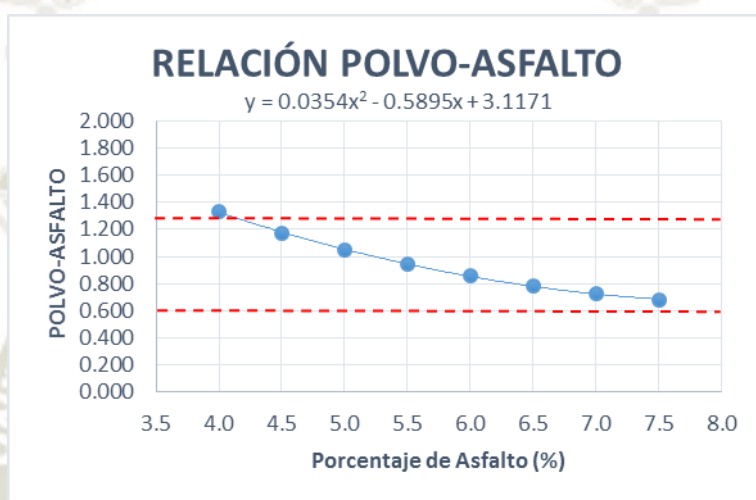
Gráfica 31: VFA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional

Fuente: Elaboración propia

9.3.3.8. Relación polvo asfalto

La relación Polvo-Asfalto especificado en la tabla 11, se observa que para toda clase de mezcla deberá estar dentro del rango de 0.6 – 1.3, lo cual corresponde a la relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075 mm y el contenido de asfalto efectivo, tomados como porcentaje total del peso de la mezcla.

Los valores de porcentaje de asfalto que cumplen dicha especificación, son todos aquellos que ocupan la línea discontinua, que va desde 4.1% al 7.5%.



Gráfica 32: Polvo-Asfalto vs %asfalto para MAC normal absorción y asfalto convencional

Fuente: Elaboración propia

9.3.4. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfáltico

El criterio de obtención del contenido óptimo del porcentaje de cemento asfáltico se explica con mayores detalles en el ítem 2.6.7.5, que en resumen se realiza la línea de tendencia de todas las gráficas obtenidas y de acuerdo a las estipulaciones de la normativa peruana, se verifica el cumplimiento de todas estas, priorizando el porcentaje de contenido de vacíos de aire que varía entre 2% a 4% o que sea la menor posible.

En la tabla 95 se presenta los valores posibles que tomaría los porcentajes de asfalto que aseguren la mayoría o total de condiciones de los parámetros que exige la normativa peruana EG 2013 para una mezcla asfáltica tipo 1 de alto tránsito, así como las recomendaciones del manual de carreteras del MTC-2014

El valor de porcentaje de asfalto de 5.6 no cumple con todas las especificaciones exigidas, el valor de VFA está fuera del rango establecido, por lo tanto, queda descartada dicha posibilidad como contenido óptimo del asfalto.

Mientras tanto los valores de porcentaje de asfalto de 5.4 y 5.5 cumplen con la totalidad de parámetros exigidos, sin embargo, al tomar como criterio base “el contenido de porcentaje de vacíos de aire mínimo”, se considera el valor de 5.5% como el contenido óptimo de asfalto, puesto que nuestro lugar de estudio supera los 3000 m.s.n.m.

Tabla 95: Resultados posibles de contenido óptimo de asfalto para agregados de normal absorción y asfalto convencional

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
						Especificaciones
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	5.4	5.5	5.6	Técnicas para 75 golpes
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	50.14	50.09	50.03	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	42.57	42.53	42.48	-
4	Peso específico bulk del Espécimen	(gf / cm ³)	2.387	2.387	2.387	-
5	Vacíos	(%)	2.4	2.3	2.1	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.3	14.4	14.4	Mínimo 14
7	VFA	(%)	83.0	84.1	85.2	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	12.97	13.28	13.59	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1300.1	1299.2	1295.5	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	4009.6	3914.1	3814.0	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.97	0.95	0.93	0.6 - 1.3

Nota:

** Para lugares con climas fríos y por encima de 3000 m.s.n.m. es recomendable trabajar con vacíos entre 2 a 4% y que tienda al menor.*

Fuente: Elaboración propia

9.3.5. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall

Finalmente, con el porcentaje de cemento asfáltico obtenido con el ensayo MTC E 504, lo cual detalla el procedimiento del método Marshall, se procede a realizar la

comprobación de tres briquetas para verificar la diferencia existente en sus resultados de cada parámetro exigido por la normativa.

En la tabla 96, se muestra los resultados de las briquetas dando como resultados parecidos al que se determinó en la obtención del contenido óptimo, tomándose el valor de 4.8% de cemento asfáltico como el contenido óptimo para el diseño de mezcla asfáltica en agregado de normal absorción proveniente de la cantera Poderosa y asfalto convencional PEN 120/150.

Tabla 96: Comprobación contenido óptimo de asfalto para agregado normal absorción y asfalto convencional

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
						Especificaciones
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	5.5	5.5	5.5	Promedio Técnicas para 75 golpes
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	50.09	50.09	50.09	50.09 -
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	42.53	42.53	42.53	42.53 -
4	Peso específico bulk del Espécimen	(gf/cm ³)	2.386	2.382	2.375	2.38 -
5	Vacíos	(%)	2.4	2.5	2.8	2.57 2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.4	14.6	14.8	14.61 Mínimo 14
7	VFA	(%)	83.6	82.7	80.9	82.42 Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	12.80	14.40	13.20	13.47 8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1241.4	1146.6	1278.3	1222.10 Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	3879.5	3185	3873.5	3646.02 1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.94	0.94	0.94	0.94 0.6 - 1.3

Nota:

** Para lugares con climas fríos y por encima de 3000 m.s.n.m. es recomendable trabajar con vacíos entre 2 a 4% y que tienda al menor.*

Fuente: Elaboración propia

9.4. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de normal absorción y asfalto con polímero

El siguiente diseño continúa con el mismo criterio de desarrollo y ejecución como se indica en el ítem 2.3.7. El detalle del diseño Marshall se encuentra en la parte de ANEXOS.

9.4.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio

Los valores de los agregados pétreos de normal absorción se muestran en la tabla 97, el detalle del valor del peso específico del cemento asfáltico modificado con polímero se encuentra especificado en la parte de ANEXOS.

Tabla 97: Parámetros de materiales pétreos para agregado normal absorción y asfalto con polímero

ENSAYO N°	UNIDADES	RESULTADO
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500

Fuente: Elaboración propia

9.4.2. Cálculo teórico del contenido óptimo de asfalto

El cálculo del contenido de asfalto óptimo teórico, al depender únicamente del tipo de agregado usado y al MAC seleccionado, más no del tipo de cemento asfáltico, el resultado será el mismo que especifica el ítem 9.3.2.

9.4.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504

En la tabla 98, se muestra el promedio de los parámetros exigidos, por porcentaje de cemento asfáltico del diseño Marshall.

Tabla 98: Resultados de parámetros Marshall por porcentaje de asfalto para agregado normal absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559									
Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.289	2.332	2.373	2.393	2.391	2.388	2.376	2.363
% vacíos	%	8.5	6.1	3.7	2.2	1.5	0.9	0.7	0.5
VMA	%	16.6	15.5	14.4	14.2	14.7	15.2	16.1	17.0
VFA	%	48.8	60.7	74.6	84.8	89.6	94.0	95.7	96.8
Estabilidad corregida	(Kgf)	1738.0	1843.5	1880.2	1790.2	1728.6	1608.8	1520.2	1393.6
Flujo	(0.25 mm)	12.3	13.3	14.1	15.1	16.5	18.1	20.5	22.7
Índice de rigidez	Kgf/cm	5664.4	5544.0	5319.0	4751.5	4193.5	3547.4	2978.0	2464.7
Relación polvo-asfalto		1.336	1.173	1.045	0.942	0.858	0.788	0.728	0.677

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se realiza la gráfica de cada parámetro establecido según la normativa EG 2013 versus el porcentaje de contenido de asfalto.

9.4.3.1. Peso Específico Bulk vs Porcentaje de asfalto

En la gráfica 33 se muestra la tendencia que presenta el peso específico bulk, parámetro que no cuenta con exigencia alguna de acuerdo a las exigencias peruanas EG 2013.

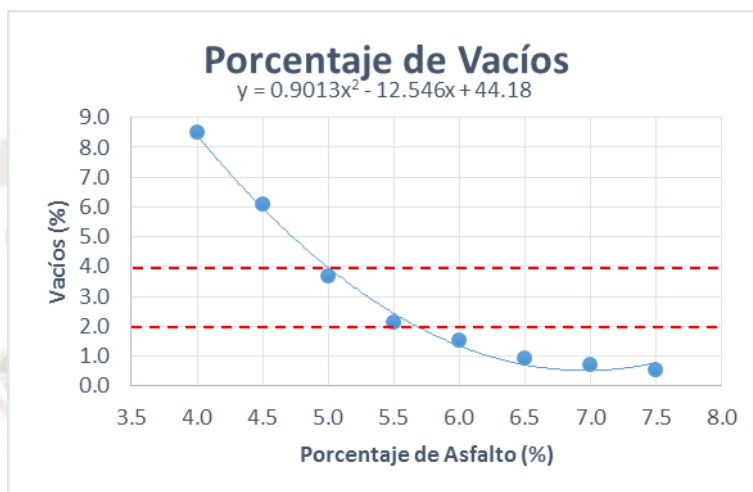


Gráfica 33: Peso específico bulk vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero

Fuente: Elaboración propia

9.4.3.2. Porcentaje de Vacíos vs Porcentaje de Asfalto

De acuerdo al presente diseño Marshall, se cuenta con un rango de 5.0% a 5.7% de cemento asfáltico que cumple las exigencias de 4% a 2% de porcentaje de vacíos, respectivamente.

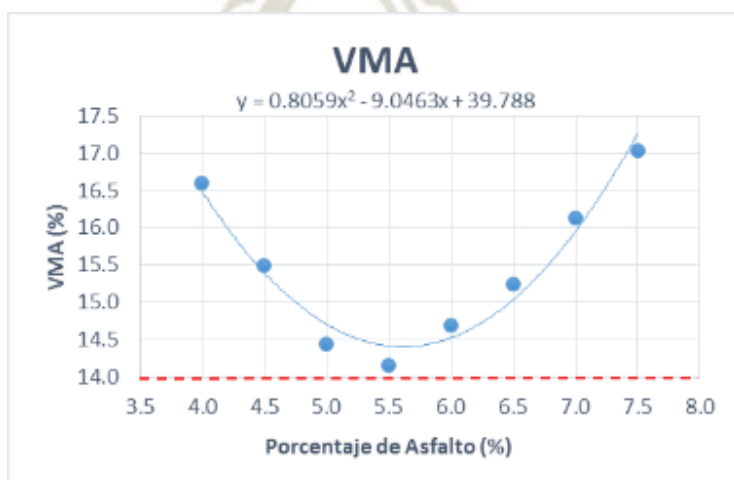


Gráfica 34: % vacíos vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero
Fuente: Elaboración propia

9.4.3.3. Vacíos mínimos en el agregado mineral (VMA) vs porcentaje de asfalto

Según especificación de la tabla 12, se exige el valor mínimo de 13% de VMA para nuestro diseño según el método Marshall.

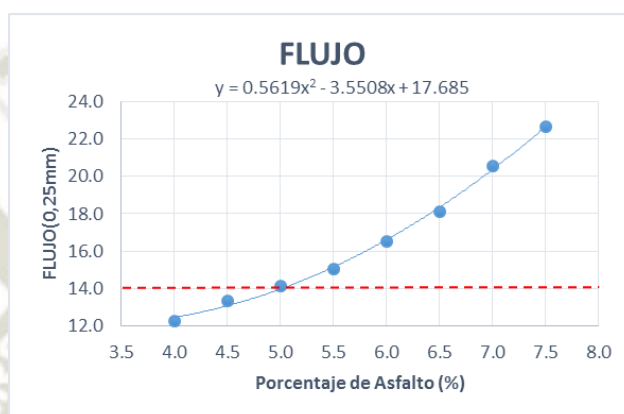
Los valores que cumplen dicha exigencia son aquellos que se encuentran por encima de la línea discontinua que parte del 14% de VMA. En este caso, todos los valores de porcentaje de asfalto cumplen dicha exigencia.



Gráfica 35: VMA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero
Fuente: Elaboración propia

9.4.3.4. Flujo vs porcentaje de asfalto

El valor del Flujo, como se indicó, deberá estar comprendido entre 8 y 14 de 0.25mm, según indica la tabla 11. Según la gráfica 36, podemos observar que los valores de 4.0% a 5.0% de asfalto cumplen con dicha especificación. Sin embargo, al ser un diseño de mezcla asfáltica modificado con polímero SBS, los valores de flujo son de mayor exigencia, debido a las propiedades mismas que otorga dicho cemento asfáltico.

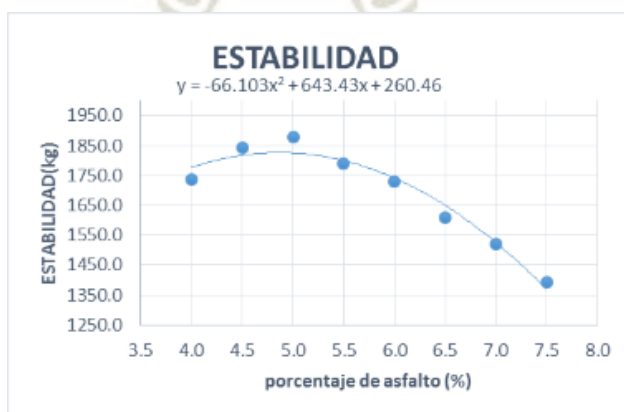


Gráfica 36: Flujo vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero
Fuente: Elaboración propia

9.4.3.5. Estabilidad vs porcentaje de asfalto

El valor de estabilidad, según especificación de la normativa EG 2013 recomienda un valor mínimo de 831.1 kgf (8.15 kN). De acuerdo a la gráfica 37, se muestra que los valores que están por encima de la línea discontinua son las deseables y que cumplen con la especificación mínima de la normativa peruana.

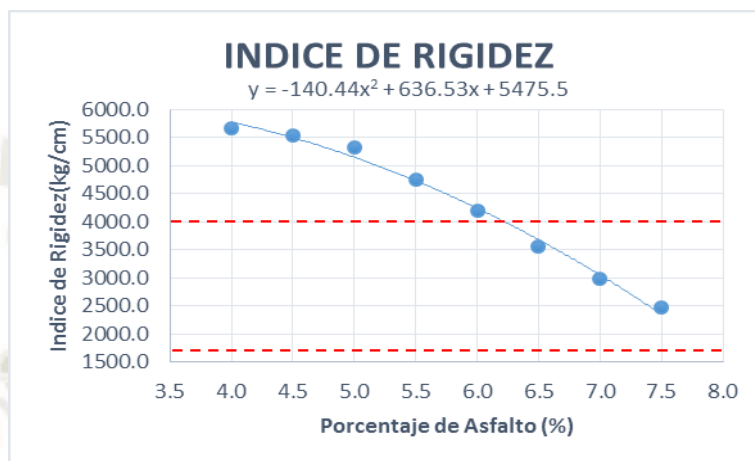
Todos los valores de porcentaje de asfalto cumplen dicha exigencia, al contar con un diseño asfáltico modificado con polímero, los valores de estabilidad obtenidos son altos.



Gráfica 37: Estabilidad vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero
Fuente: Elaboración propia

9.4.3.6. Índice de Rigidez vs Porcentaje de Asfalto

El índice de rigidez cuenta con una especificación, según la tabla 11. En el grafico 38, se puede observar que los valores que cumplen con la especificación dada van entre 4% y 6.2% de asfalto.



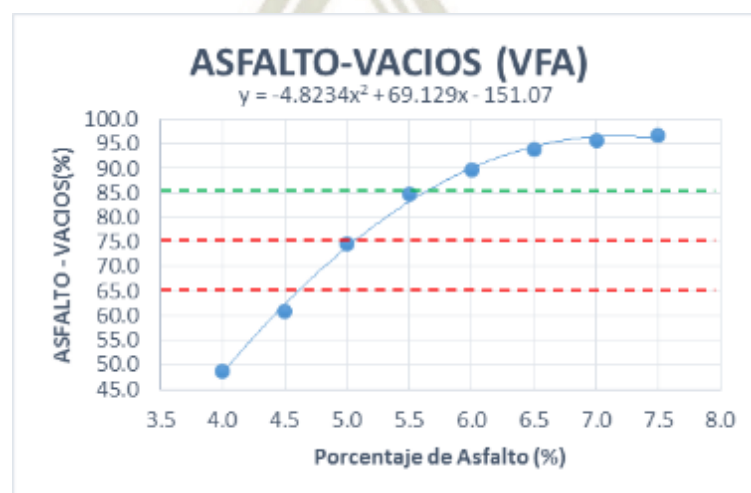
Gráfica 38: Índice de rigidez vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero

Fuente: Elaboración propia

9.4.3.7. Vacíos llenos con asfalto (VFA) vs Porcentaje de Asfalto

Los valores especificados para los vacíos llenos con asfalto están acorde al tráfico como se indica en la tabla 13, pero también se recomienda valores próximos al 85% para lugares o zonas superiores a 3000 msnm.

El rango de valores que cumple la especificación del VFA, varía entre 4.2% a 5.6% de porcentaje de asfalto.



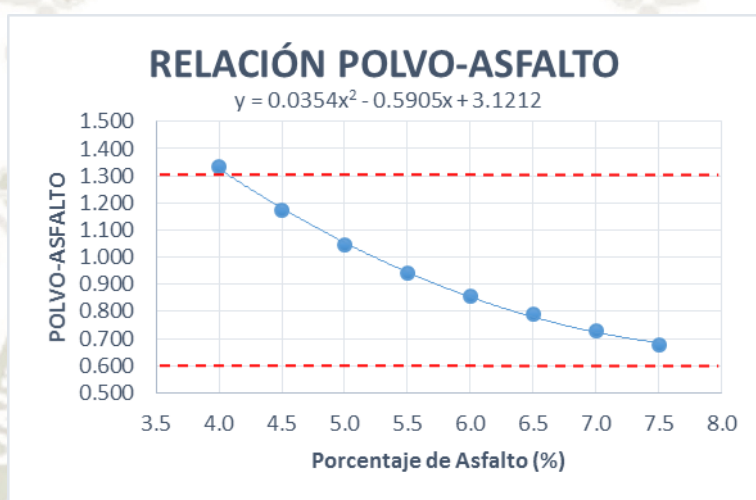
Gráfica 39: VFA vs % asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero

Fuente: Elaboración propia

9.4.3.8. Relación polvo asfalto

La relación Polvo-Asfalto especificado en la tabla 11, se observa que para toda clase de mezcla deberá estar dentro del rango de 0.6 – 1.3, lo cual corresponde a la relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

Los valores de porcentaje de asfalto que cumplen dicha especificación, son todos aquellos que ocupan la línea discontinua, que va desde 4.1% al 7.5%.



Gráfica 40: Polvo-asfalto vs % de asfalto para MAC normal absorción y asfalto con polímero

Fuente: Elaboración propia

9.4.1. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfáltico

El valor de porcentaje de asfalto de 5.7 no cumple con todas las especificaciones exigidas, el valor de VFA y fluencia está fuera del rango establecido, por lo tanto, queda descartada dicha posibilidad como contenido óptimo del asfalto.

Mientras tanto los valores de porcentaje de asfalto de 5.5 y 5.6 cumplen con la mayoría de parámetros establecidos, sin considerar los valores de flujo y relación estabilidad y flujo, los cuales al adicionar cemento asfáltico modificado con polímero SBS mejoran enormemente dichos valores, siendo requisitos que pueden estar fuera del rango establecido, el principal criterio para obtener el porcentaje óptimo de asfalto recae en los conceptos de “vacíos”. Es por ello que los valores de 5.5 y 5.6 se encuentran dentro del rango establecido, sin embargo, al tener como criterio base el contenido de vacío mínimo, se optó por escoger el porcentaje de 5.6 como el óptimo para el diseño de mezcla de

agregados pétreos obtenidos de la cantera La Poderosa y cemento asfáltico modificado con polímero SBS tipo IC.

Tabla 99: Posibles contenidos óptimos de asfalto para agregado normal absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
						Especificaciones
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	5.5	5.6	5.7	Técnicas para 75 golpes
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	50.09	50.03	49.98	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	42.53	42.48	42.44	-
4	Peso específico Bulk del Espécimen	(gf/cm³)	2.386	2.389	2.391	-
5	Vacíos	(%)	2.4	2.2	2.0	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.4	14.4	14.4	Mínimo 14
7	VFA	(%)	83.2	84.8	86.3	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	15.15	15.42	15.70	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1799.7	1790.7	1780.3	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	4728.1	4635.9	4540.8	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.94	0.92	0.91	0.6 - 1.3

Nota:

** Para lugares con climas fríos y por encima de 3000 m.s.n.m. es recomendable trabajar con vacíos entre 2 a 4% y que tienda al menor.*

Fuente: Elaboración propia

9.4.2. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall

Finalmente, con el porcentaje de cemento asfáltico obtenido con el ensayo MTC E 504, lo cual detalla el procedimiento del método Marshall, se procede a realizar la comprobación de tres briquetas para verificar la diferencia existente en sus resultados de cada parámetro exigido por la normativa.

En la tabla 100, se muestra los resultados de las briquetas dando como resultados parecidos al que se determinó en la obtención del contenido óptimo, tomándose el valor de 4.8% de cemento asfáltico como el contenido óptimo para el diseño de mezcla asfáltica

en agregado de normal absorción proveniente de la cantera Poderosa y asfalto modificado con Polímero SBS.

Tabla 100: Comprobación de contenido óptimo de asfalto para agregado normal absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559							Especificaciones
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	5.6	5.6	5.6	PROMEDIO	Técnicas para 75 golpes
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	50.03	50.03	50.03	50.03	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	42.48	42.48	42.48	42.48	-
4	Peso específico Bulk del Espécimen	(gf/cm ³)	2.384	2.370	2.389	2.4	-
5	Vacíos	(%)	2.4	3.0	2.2	2.5	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.6	15.1	14.4	14.7	Mínimo 14
7	VFA	(%)	83.5	80.2	84.7	82.8	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	14.40	16.40	14.80	15.2	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1736.9	1677.9	1765.8	1726.9	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	4824.7	4092.5	4772.5	4563.2	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.92	0.92	0.92	0.92	0.6 - 1.3

Nota:

** Para lugares con climas fríos y por encima de 3000 m.s.n.m. es recomendable trabajar con vacíos entre 2 a 4% y que tienda al menor.*

Fuente: Elaboración propia

9.5. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de Alta Absorción y Asfalto Convencional

El siguiente diseño continúa con el mismo criterio de desarrollo y ejecución como se indica en el ítem 2.3.7. El detalle del diseño Marshall se encuentra en la parte de ANEXOS.

9.5.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio

Los valores de los agregados pétreos de Alta Absorción se muestran en la tabla 101, el detalle del valor del peso específico del cemento asfáltico convencional se encuentra especificado en la parte de ANEXOS.

Tabla 101: Parámetros de material pétreo para agregado alta absorción asfalto convencional

ENSAYO N°	UNIDADES	RESULTADO
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.36
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.53
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.50
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.62
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.50
Porcentaje de Agregado Grueso	%	53
Porcentaje de Agregado Fino	%	45
Porcentaje de Filler	%	2

Fuente: Elaboración propia

9.5.2. Calculo teórico del contenido óptimo de asfalto

Como se indicó en el ítem 9.3.2, primeramente, se calcula el Área Superficial del MAC seleccionado. Al contar con el mismo MAC para el presente diseño, el Área Superficial de 23.982 es el mismo como se calculó en la tabla 91, y del mismo modo el índice de asfalto seguirá siendo 0.00165, de acuerdo al grafico 24.

El cálculo de los pesos específicos del agregado combinado se presenta en la tabla 102.

Tabla 102: Peso Específico de agregado combinado para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Descripción	Unidades	Resultado
Peso Específico Agregado Combinado - bulk	gf/cm ³	2.424
Peso Específico Agregado Combinado - aparente	gf/cm ³	2.569
Peso Específico Agregado Combinado - efectivo	gf/cm ³	2.497

Fuente: Elaboración propia

Los contenidos óptimos de cemento asfálticos teóricos calculados, se muestran en la tabla 103.

Tabla 103: Contenido de asfalto óptimo teórico para agregado de alta absorción y asfalto convencional

Descripción	% Cemento asfáltico Óptimo
Peso Específico Agregado Combinado – bulk (gf/cm ³)	4.33
Peso Específico Agregado Combinado – aparente (gf/cm ³)	4.08
Peso Específico Agregado Combinado – efectivo (gf/cm ³)	4.20

Fuente: elaboración propia

Finalmente, se escoge el cemento asfáltico más alto, para el presente diseño MAC es 4.33%. Cabe mencionar, que el resultado obtenido simplemente es referencial, ya que el cálculo teórico está relacionado para aplicación en condiciones normales, sin embargo, la presente investigación al superar los 3000 m.s.n.m contempla exigencias y recomendaciones que se detallan en la EG 2013 y manual de carreteras MTC 2014, donde se especifica que se debe tener un alto consumo de asfalto.

9.5.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504

En la tabla 104 se muestra el promedio de los parámetros exigidos, por porcentaje de cemento asfáltico del diseño Marshall.

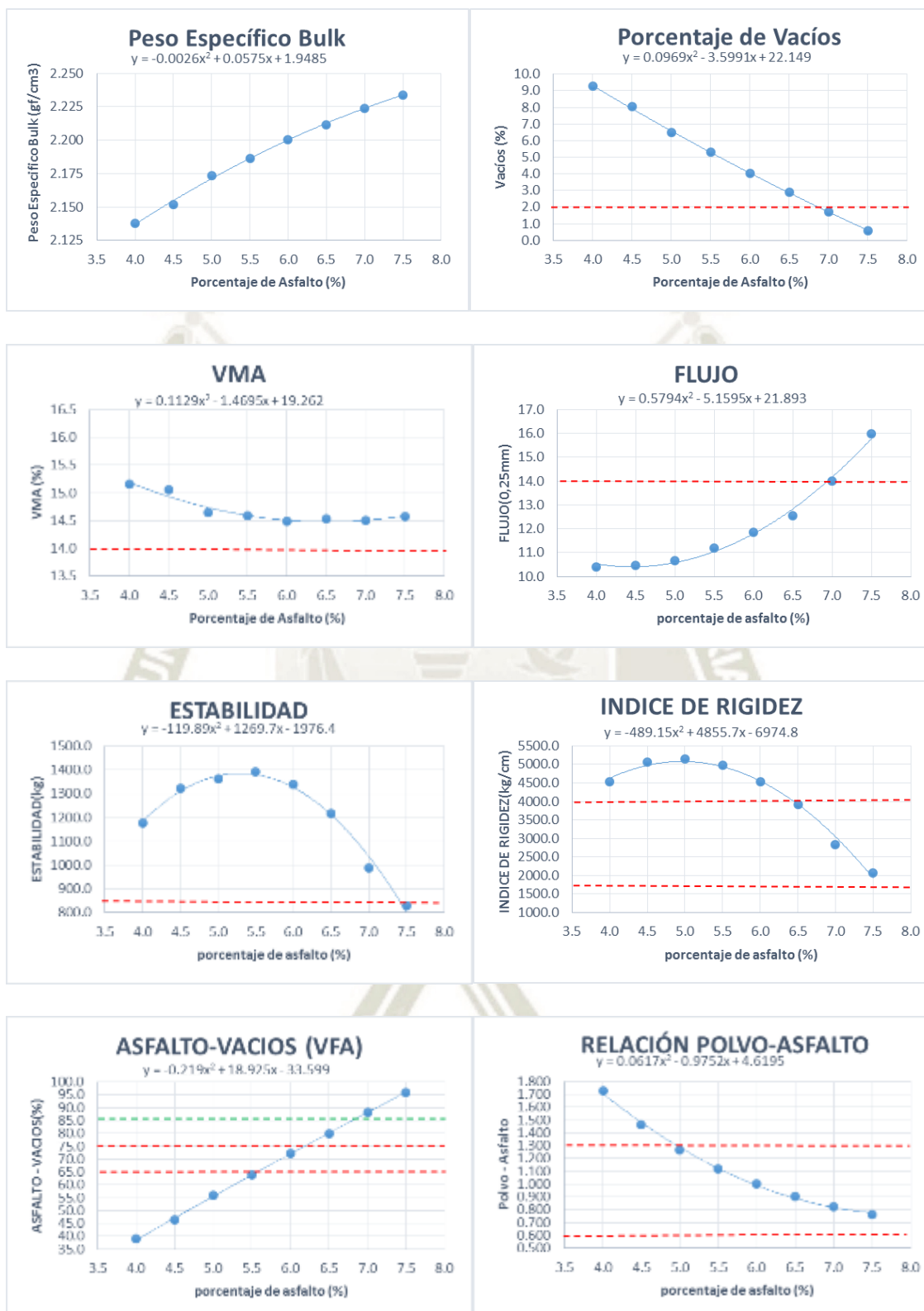
Tabla 104: Resultados de parámetros Marshall para agregados de alta absorción y asfalto convencional

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559									
Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Peso Específico Bulk	(gf/cm ³)	2.138	2.152	2.174	2.186	2.201	2.211	2.224	2.234
vacíos	%	9.3	8.0	6.5	5.3	4.0	2.9	1.7	0.6
VMA	%	15.2	15.1	14.6	14.6	14.5	14.5	14.5	14.6
VFA	%	38.9	46.6	55.8	63.8	72.3	80.0	88.3	95.9
Estabilidad	(Kgf)	1177.0	1321.1	1360.8	1390.8	1339.2	1217.6	988.8	828.7
Flujo	(0.25 mm)	10.4	10.5	10.7	11.2	11.9	12.5	14.0	16.0
Índice de rigidez	(Kgf/cm)	4522.4	5059.0	5137.4	4971.7	4529.4	3913.3	2838.0	2080.0
Relación polvo-asfalto		1.728	1.462	1.268	1.119	1.001	0.906	0.827	0.761

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se realiza la gráfica de cada parámetro.

9.5.3.1. Graficas de parámetros Marshall



Gráfica 41: Parámetros mecánicos y volumétricos Marshall para una MAC alta absorción y asfalto convencional
Fuente: Elaboración propia

9.5.4. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfáltico

De acuerdo a la tabla 105. El valor de 6.8% es descartado, según el manual recomienda valores próximos a 85%, mas no que excedan dicho valor, por ende, no cumpliría tal condición. Mientras que los valores de 6.6% y 6.7%, ambos cumplen la totalidad de exigencias del EG 2013 y recomendaciones del manual para lugares mayores a 3000 m.s.n.m., sin embargo, tomando como criterio el porcentaje mínimo de vacíos, tomamos como contenido óptimo de asfalto el 6.7% para el presente diseño de mezcla asfáltica.

Tabla 105: Posibles contenidos óptimos de asfalto para agregado de alta absorción y asfalto convencional

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	6.6	6.7	6.8	Especificaciones Técnicas para 75 golpes
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	49.50	49.45	49.40	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	42.03	41.99	41.94	-
4	Peso específico bulk del Espécimen	(gf/cm ³)	2.243	2.245	2.247	-
5	Vacíos	(%)	2.6	2.4	2.2	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.5	14.5	14.5	Mínimo 14
7	VFA	(%)	81.8	83.4	85.0	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	13.08	13.33	13.60	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1181.2	1148.7	1113.8	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	3612.554	3446.111	3276.054	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.87	0.86	0.84	0.6 - 1.3

Fuente: Elaboración propia

9.5.5. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall

Con el contenido óptimo seleccionado en el diseño de Marshall tentativo, se procede a realizar la comprobación de resultados de sus parámetros a tres briquetas adicionales, con el fin de asegurar la correcta selección del porcentaje de asfalto óptimo calculado.

En la tabla 106, se muestran los resultados obtenidos de las tres briquetas y su promedio, además el cumplimiento de las exigencias establecidas.

El detalle del ensayo ejecutado, se encuentra en la parte de ANEXOS.

Tabla 106: Comprobación contenido óptimo de asfalto para agregados alta absorción y agregado convencional

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559							Especificaciones Técnicas para 75 golpes
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	6.7	6.7	6.7	promedio	
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	49.45	49.45	49.45	49.45	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	41.99	41.99	41.99	41.99	-
4	Peso específico bulk del Espécimen	(gf/cm ³)	2.217	2.216	2.218	2.22	-
5	Vacíos	(%)	2.4	2.4	2.3	2.39	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.5	14.5	14.4	14.49	Mínimo 14
7	VFA	(%)	83.4	83.2	83.9	83.48	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	13.40	14.60	13.20	13.73	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1228.4	1128.3	1162.1	1172.93	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	3666.9	3091.2	3521.5	3426.52	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.87	0.87	0.87	0.87	0.6 - 1.3

Nota:

* Para lugares con climas fríos y por encima de 3000 m.s.n.m. es recomendable trabajar con vacíos entre 2 a 4% y que tienda al menor.

Fuente: Elaboración propia

9.6. Diseño de Mezcla Asfáltica en agregados de Alta Absorción y Asfalto con Polímero

El siguiente diseño continúa con el mismo criterio de desarrollo y ejecución como se indica en el ítem 2.3.7. El detalle del diseño Marshall se encuentra en la parte de ANEXOS.

9.6.1. Resumen de variables de agregados pétreos obtenidos en laboratorio

Los valores de los agregados pétreos de Alta Absorción se muestran en la tabla 107, el detalle del valor del peso específico del cemento asfáltico modificado con polímero SBS se encuentra especificado en la parte de ANEXOS.

Tabla 107: Parámetros de Marshall para agregados con alta absorción y asfalto con polímero

ENSAYO N°	UNIDADES	RESULTADO
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.36
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.53
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.50
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.62
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.50

Fuente: Elaboración propia

9.6.2. Cálculo teórico del contenido óptimo de asfalto

(Ver ítem 9.5.2)

9.6.3. Resumen resultados de ensayo Marshall - MTC E 504

En la tabla 108, se muestra el promedio de los parámetros exigidos, por porcentaje de cemento asfáltico del diseño Marshall.

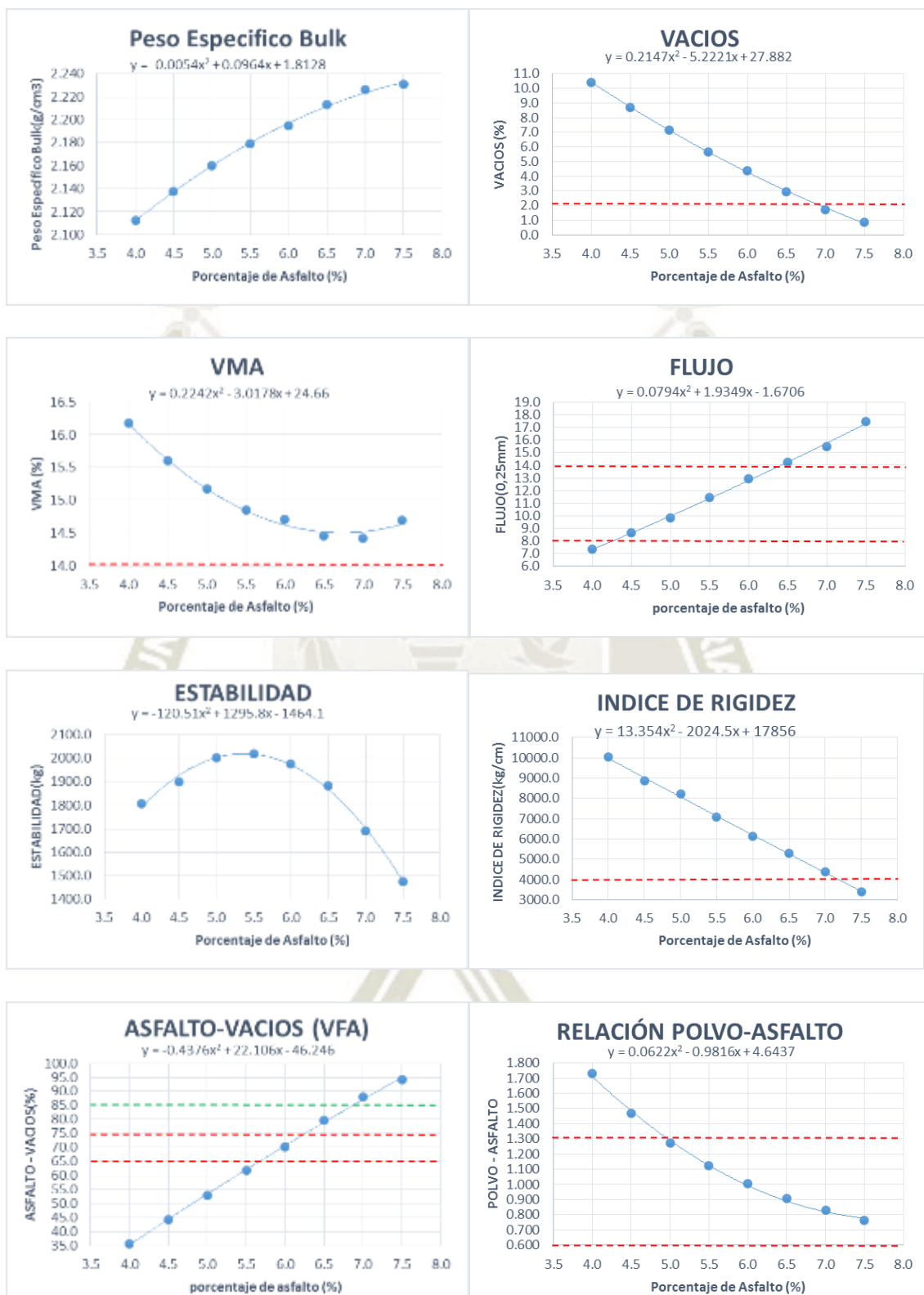
Tabla 108: Resultados parámetros Marshall para agregados alta absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559									
Cemento asfáltico en peso de la mezcla	(%)	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.112	2.138	2.160	2.179	2.195	2.213	2.226	2.231
% vacíos	%	10.4	8.7	7.1	5.7	4.4	2.9	1.7	0.9
VMA	%	16.2	15.6	15.2	14.9	14.7	14.5	14.4	14.7
VFA	%	35.6	44.2	53.0	61.8	70.3	79.7	88.0	94.1
Estabilidad	(Kgf)	1807.4	1900.9	2001.8	2019.3	1975.8	1882.7	1689.4	1475.1
Flujo	(0.25 mm)	7.3	8.7	9.9	11.5	12.9	14.3	15.5	17.5
Índice de rigidez	Kgf/cm	10028.7	8869.8	8199.2	7095.6	6133.5	5287.3	4393.0	3386.0
Relación polvo-asfalto		1.734	1.466	1.271	1.121	1.003	0.907	0.828	0.762

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se realiza la gráfica de cada parámetro establecido según la normativa EG 2013 versus el porcentaje de contenido de asfalto, en el ítem 9.6.3.1 se presenta todas las gráficas correspondientes al diseño de mezcla para agregado de alta absorción y cemento asfáltico modificado con polímero SBS IC.

9.6.3.1. Graficas de parámetros Marshall



Gráfica 42: Parámetros mecánicos y volumétricos Marshall para una MAC alta absorción y asfalto con polímero
Fuente: Elaboración propia

9.6.4. Contenido óptimo de porcentaje de cemento asfáltico

La tabla 109 muestra los posibles contenidos óptimos de asfalto. Para los presentes supuestos valores óptimos de asfalto, cabe mencionar que al ser un diseño con cemento asfáltico modificado con polímero SBS los resultados en Estabilidad y Flujo dan resultados altos, debido a las condiciones mismas que otorga dicho cemento asfáltico, por ende, los resultados de flujo e índice de rigidez pueden estar fuera del rango establecido, como en este caso, aunque los valores no se alejan mucho al exigido por la normativa EG 2013.

El valor de 6.9% es descartado, según el manual recomienda valores próximos a 85%, mas no que excedan dicho valor, por ende, no cumpliría tal condición, además de los valores de flujo e índice de rigidez. Mientras que los valores de 6.7% y 6.8%, ambos cumplen con las exigencias del EG 2013 y recomendaciones del manual para lugares mayores a 3000 m.s.n.m., sin considerar el flujo e índice de rigidez. Sin embargo, tomando como criterio el porcentaje mínimo de vacíos, tomamos como contenido óptimo de asfalto el 6.7%.

Tabla 109: Posibles contenidos óptimos de asfalto para agregados alta absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	6.7	6.8	6.9	Especificaciones Técnicas para 75 golpes
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	49.45	49.40	49.34	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	41.99	41.94	41.90	-
4	Peso específico Bulk del Espécimen	(gf/cm ³)	2.216	2.219	2.221	-
5	Vacíos	(%)	2.5	2.3	2.1	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.5	14.5	14.5	Mínimo 14
7	VFA	(%)	82.2	83.8	85.5	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	14.86	15.16	15.46	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1808.1	1775.0	1739.4	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	4867.755	4683.829	4500.359	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.86	0.84	0.83	0.6 - 1.3

Fuente: Elaboración propia

9.6.5. Comprobación del diseño de mezcla asfáltica en caliente – Marshall

Con el contenido óptimo seleccionado en el diseño de Marshall tentativo, se procede a realizar la comprobación de resultados de sus parámetros a tres briquetas adicionales, con el fin de asegurar la correcta selección del porcentaje de asfalto óptimo calculado.

En la tabla 110, se muestran los resultados obtenidos de la comprobación de las tres briquetas desarrolladas con sus respectivos promedios de parámetros Marshall, además el cumplimiento de las exigencias establecidas por la normativa peruana EG – 2013, para el diseño de Mezcla asfáltica en caliente para agregado de alta absorción adicionado con cemento asfáltico modificado con polímero.

El detalle del ensayo ejecutado, se encuentra en la parte de ANEXOS.

Tabla 110: Comprobación contenido óptimo de asfalto para agregados alta absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559							Especificaciones Técnicas para 75 golpes
						Promedio	
1	Cemento Asfáltico de Diseño	%	6.8	6.8	6.8	Promedio	
2	Piedra chancada en peso de la mezcla	(%)	49.40	49.40	49.40	49.40	-
3	Arena gruesa en peso de la mezcla	(%)	41.94	41.94	41.94	41.94	-
4	Peso específico Bulk del Espécimen	(gf/cm ³)	2.215	2.218	2.219	2.2	-
5	Vacíos	(%)	2.5	2.3	2.3	2.4	2.00 - 4.00 (*)
6	VMA	(%)	14.7	14.5	14.5	14.6	Mínimo 14
7	VFA	(%)	83.1	84.0	84.1	83.8	Próximo a 85
8	Flujo	(0.25 mm)	16.00	14.40	15.20	15.2	8 - 14
9	Estabilidad Corregida	(Kgf)	1733.4	1580.4	2016.6	1776.8	Mínimo 831.1 kg
10	Relación Estabilidad / Fluencia	(kgf/cm)	4333.4	4390.1	5306.8	4676.8	1700 - 4000
11	Relación polvo-asfalto	-	0.86	0.86	0.86	0.9	0.6 - 1.3

Dato:

** Para lugares con climas fríos y por encima de 3000 m.s.n.m. es recomendable trabajar con vacíos entre 2 a 4% y que tienda al menor.*

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO X

10. DESEMPEÑO POR HUMEDAD: INMERSIÓN – COMPRESIÓN Y RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA TSR

Como ya se explicó en el ítem 2.6.8 y 2.6.9, una cualidad importante de la mezcla asfáltica es la susceptibilidad que tiene al estar expuesto a diferentes condiciones de estado seco, humedad y congelamiento. Los ensayos desarrollados en la presente investigación son; Ensayo de Inmersión – Compresión estipulado según normativa MTC E 518 y el ensayo de Resistencia a la tracción Indirecta TSR de acuerdo a la norma MTC E 522.

10.1. Resultados Ensayo Inmersión - Compresión

Con los contenidos óptimos calculados para cada uno de nuestros diseños de mezcla asfáltica, se procede a verificar de qué manera reaccionan al ensayo de compresión de los especímenes bajo circunstancias secas y húmedas.

10.1.1. Inmersión – compresión para agregado de normal absorción y asfalto convencional

El primer diseño ejecutado corresponde a la mezcla asfáltica contemplada por agregado de normal absorción proveniente de la cantera La Poderosa y asfalto convencional PEN 120/150 suministrado por CAMOHESA. El contenido óptimo de diseño calculado en el ítem 9.3.4, es de 5.5 %.

A partir del contenido óptimo de asfalto, se procede a realizar la dosificación de los materiales de agregados pétreos, filler y cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente, y posteriormente a desarrollar el ensayo de Inmersión- Compresión como se detalla en el ítem 2.6.9.

En la tabla 111, se muestra los resultados del Grupo 1, correspondiente al ensayo de tres briquetas acondicionados en estado seco, los resultados obtenidos de compresión simple se aproximan 26.6 kgf/cm^2 o 2.61 MPa .

Tabla 111: Inmersión - Compresión estado seco para agregados de normal absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.03	50.03	50.03
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.480	42.480	42.480
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.888	1.888	1.888
Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	102.53	101.51	102.63
Diámetro promedio	(mm)	102.36	101.59	102.84
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1889.6	1864.1	1881.5
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1895.1	1866.3	1881.2
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1101.9	1083.7	1091.3
Agua absorbida	%	0.7	0.3	0.0
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	793.2	782.6	789.9
Peso Específico Bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.382	2.382	2.382
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.375	2.375	2.375
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.446	2.446	2.446
Porcentaje de Vacíos	%	2.602	2.615	2.614
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	82.291	81.057	83.064
Carga Máxima	(kgf)	2220.26	1954.80	2381.20
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	26.981	24.116	28.667
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		26.59	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se presenta el procedimiento de cálculo en la hoja que sigue los mismos criterios que el desarrollo de Marshall. Los valores obtenidos son de tres briquetas acondicionadas en estado húmedo, el procedimiento operatorio del ensayo esta descrito en el ítem 2.6.9.2. El valor obtenido en estado saturado es de 22.21 kgf/cm² o 2.18 MPa.

Tabla 112: inmersión - Compresión estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.032	50.032	50.032
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.480	42.480	42.480
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.888	1.888	1.888
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	101.75	100.99	100.51
Diámetro promedio	(mm)	102.19	101.48	102.95
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1875.6	1842.3	1849.2
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1876.8	1843.5	1850.3
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1089.3	1070.5	1073.9
Agua absorbida	%	0.2	0.2	0.1
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	787.5	773	776.4
Peso Específico Bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.382	2.383	2.382
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.375	2.376	2.375
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.446	2.446	2.446
Porcentaje de Vacíos	%	2.624	2.559	2.622
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	82.018	80.882	83.242
Carga Máxima	(kgf)	2042.6	1812.2	1607.5
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	24.90	22.41	19.31
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		22.21	

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, con los resultados obtenidos de compresión simple de ambos estados de las briquetas, seco y saturado, se procede a calcular el porcentaje de resistencia retenida, dicho valor especificado en normativa EG 2013 debe ser superior a 75%.

Tabla 113: resistencia retenida para agregados de normal absorción y asfalto convencional

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)	26.59	22.21
Resistencia retenida	(%)	83.5	

Fuente: Elaboración propia

10.1.2. Inmersión – Compresión para agregado normal absorción y asfalto con polímero

Ensayo de inmersión – compresión para agregados pétreos obtenidos de la cantera La Poderosa y cemento asfáltico modificado con Polímero SBS IC, la hoja de cálculo sigue la misma metodología como se explicó en la tabla 2.6.9.2. Previamente en el diseño de Marshall se obtuvo un contenido de asfalto óptimo de diseño de 5.6%, con este resultado se procedió a realizar la dosificación de la mezcla asfáltica para su posterior ejecución del ensayo. La tabla 114, muestra los resultados obtenidos para el Grupo 1° estado seco. Se obtiene un valor promedio a la resistencia de compresión simple de 31.09 kgf/cm².

Tabla 114: inmersión – Compresión estado seco para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.085	50.085	50.085
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.525	42.525	42.525
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.890	1.890	1.890
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	101.56	102.50	101.97
Diámetro promedio	(mm)	101.94	102.37	102.16
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1853.3	1886.5	1846.3
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1855.1	1886.9	1849.1
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1076.8	1094.5	1073.3
Agua absorbida	%	0.2	0.1	0.4
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	778.3	792.4	775.8
Peso Específico Bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.381	2.381	2.380
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.374	2.374	2.373
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.440	2.440	2.440
Porcentaje de Vacíos	%	2.417	2.436	2.472
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	81.617	82.307	81.969
Carga Máxima	(kgf)	2720.26	2534.3	2389.30
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	33.330	30.791	29.149
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		31.09	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 115, presenta el ensayo de inmersión compresión, donde se especifica la resistencia retenida promedio a la compresión simple del Grupo 2. El promedio de la compresión simple obtenida es de 26.61 kgf/cm² o 2.61 MPa.

Tabla 115: Inmersión – Compresión estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

Ensayo n° N° de briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.085	50.085	50.085
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.525	42.525	42.525
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.890	1.890	1.890
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	102.74	101.36	102.50
Diámetro promedio	(mm)	102.93	101.62	101.76
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1842.5	1889.1	1871.8
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1845.6	1890.3	1873.6
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1070.5	1094.6	1086.2
Agua absorbida	%	0.4	0.2	0.2
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	775.1	795.7	787.4
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.377	2.374	2.377
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.370	2.367	2.370
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.440	2.440	2.440
Porcentaje de Vacíos	%	2.585	2.707	2.582
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	83.210	81.105	81.329
Carga Máxima	(kgf)	2313.7	2146.9	2078.5
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	27.806	26.471	25.557
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		26.61	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con los resultados promedios de las condiciones establecidas, seco y húmedo de los especímenes, se procede a calcular la resistencia retenida, valor calculado como la relación porcentual de los resultados obtenidos en estado húmedo y seco de los especímenes ensayados. El resultado final obtenido para el presente ensayo es de 85.6% valor superior a 75% que establece la normativa EG-2013.

Tabla 116: Resistencia retenida para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)	31.09	26.611
Resistencia retenida	(%)	85.6	

Fuente: Elaboración propia

10.1.3. Inmersión – compresión para agregado de alta absorción y asfalto convencional

Ensayo de Inmersión – Compresión desarrollado para agregados pétreos de la cantera Socabaya – Chiguata y cemento asfáltico PEN 120/150 obtenido de CAMOHESA. El contenido óptimo calculado según el criterio Marshall explicado en el ítem 9.5.4, es de 6.7% a partir de este porcentaje de asfalto se procede a realizar la dosificación de mezcla asfáltica para su posterior ejecución del ensayo de inmersión – compresión como establece el manual de ensayos del MTC E 518. La tabla 117, el grupo 1 o estado seco, se obtiene una resistencia promedio de compresión simple de 26.29 kgf/cm² o 2.58 MPa.

Tabla 117: inmersión – Compresión estado seco para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.7	6.7	6.7
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.45	49.45	49.45
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.99	41.99	41.99
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.87	1.87	1.87
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	101.85	102.02	102.30
Diámetro promedio	(mm)	101.90	102.15	101.59
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1875.5	1872.6	1881.2
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1882.3	1880.9	1887.3
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1015.1	1014.9	1016.2
Agua absorbida	%	0.8	1.0	0.7
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	867.2	866	871.1
Peso Específico Bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.163	2.162	2.160
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.156	2.156	2.153
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	4.783	4.799	4.921
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	81.553	81.953	81.057
Carga Máxima	(kgf)	2035.40	2219.50	2175.60
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	24.96	27.08	26.84
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		26.29	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 118, representa el grupo 2 que fue acondicionado en un estado húmedo el resultado obtenido para la resistencia promedio a la compresión es de 20.69 kgf/cm² o 2.02 MPa.

Tabla 118: inmersión – Compresión estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.7	6.7	6.7
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.45	49.45	49.45
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.99	41.99	41.99
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.87	1.87	1.87
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	101.86	101.52	101.12
Diámetro promedio	(mm)	101.62	101.75	102.10
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1886.8	1874.3	1868.4
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1892.5	1881.3	1876.4
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1018.4	1014.4	1013.1
Agua absorbida	%	0.7	0.8	0.9
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	874.1	866.9	863.3
Peso Específico Bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.159	2.162	2.164
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.152	2.156	2.158
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	4.966	4.811	4.715
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	81.105	81.313	81.873
Carga Máxima	(kgf)	1723.4	1685.4	1645.3
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	21.25	20.73	20.10
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		20.69	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con los valores calculados para estado seco y húmedo, se procede a calcular el porcentaje de la resistencia retenida, lo cual corresponde a un 78.7% valor que es superior a 75% que establece la normativa EG-2013.

Tabla 119: resistencia retenida para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)	26.29	20.69
Resistencia retenida	(%)	78.7	

Fuente: Elaboración propia

10.1.4. Inmersión – Compresión para agregado de alta absorción y asfalto con polímero

Ensayo de inmersión - compresión establecido en el ítem 2.6.9, el presente apartado corresponde para la evaluación de una mezcla asfáltica con la característica de contar con agregados pétreos obtenidos de las canteras Socabaya – Chiguata y cemento asfáltico modificado con polímero SBS IC. El contenido de asfalto óptimo o de diseño fue calculado a partir del criterio Marshall, y para el presente diseño se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto de 6.8%, a partir de este valor se inicia la dosificación de la mezcla asfáltica para el ensayo de inmersión – compresión.

Tabla 120: inmersión – Compresión estado seco para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.8	6.8	6.8
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.40	49.40	49.40
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.94	41.94	41.94
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.86	1.86	1.86
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	101.75	102.10	101.65
Diámetro promedio	(mm)	101.95	101.75	101.61
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1851.2	1870.5	1887.3
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1860.1	1879.5	1896.1
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1001.2	1010.2	1021.4
Agua absorbida	%	1.0	1.0	1.0
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	858.9	869.3	874.7
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.155	2.152	2.158
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.149	2.145	2.151
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	5.096	5.254	4.993
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	81.633	81.313	81.089
Carga Máxima	(kgf)	2587.10	2425.40	2315.60
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	31.69	29.83	28.56
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		30.03	

Fuente: Elaboración propia

El estado húmedo o grupo 2, como se indica en la tabla 121, obtuvo valores que en promedio resultan la cantidad de 24.59 kgf/cm² de resistencia a la compresión simple.

Tabla 121: inmersión – Compresión estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Ensayo n° N° de briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.8	6.8	6.8
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.40	49.40	49.40
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.94	41.94	41.94
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.86	1.86	1.86
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - Bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - Bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	102.00	101.70	102.05
Diámetro promedio	(mm)	101.90	101.94	101.89
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1879.4	1865.4	1872.4
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1886.2	1873.7	1880.1
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	1014.2	1009.1	1010.1
Agua absorbida	%	0.8	1.0	0.9
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	872.0	864.6	870
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.155	2.158	2.152
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.149	2.151	2.146
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	5.098	4.998	5.234
Área de la superficie del espécimen	(cm ²)	81.553	81.617	81.537
Carga Máxima	(kgf)	1950.3	1940.4	2127.2
Resistencia a la compresión simple	(kgf/cm ²)	23.92	23.78	26.09
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)		24.59	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con los resultados promedios obtenidos a la compresión simple para condiciones en estado seco y húmedo de las briquetas correspondientes, se procede a calcular el porcentaje de resistencia retenida. En la tabla 122 se presenta el valor de 81.9 %, valor cuyo valor supera los 75% mínimo establecido por la normativa, por ende, está dentro de lo establecido.

Tabla 122: Resistencia retenida para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Resistencia promedio a la compresión simple	(kgf/cm ²)	30.03	24.59
Resistencia retenida	(%)	81.9	

Fuente: Elaboración propia

10.2. Resultados Ensayo Resistencia tracción indirecta TSR

La ejecución del ensayo de resistencia a la tracción indirecta (TSR), esta descrito en el ítem 2.6.8, en la presente investigación, al igual que en los diseños de Marshall, se realizó cuatro ensayos a las diferentes condiciones de los agregados pétreos y cementos asfálticos,

10.2.1. TSR para agregados de normal absorción y asfalto convencional

El ensayo desarrollado corresponde para una mezcla asfáltica con agregados pétreos proveniente de la cantera La Poderosa y cemento asfáltico PEN 120/150.

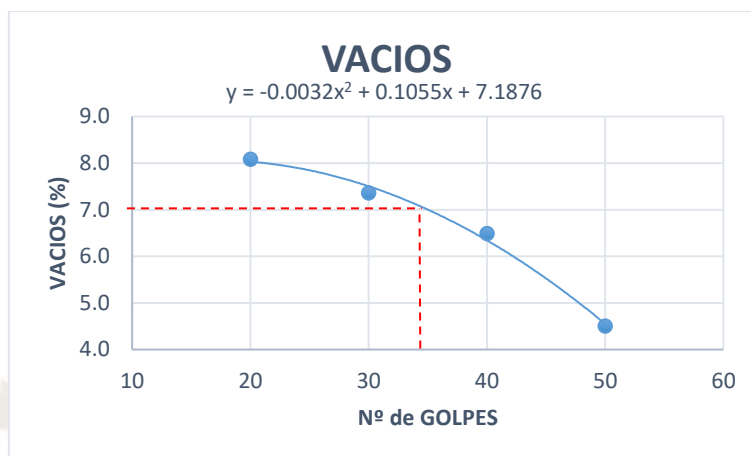
Un paso importante para la realización del TSR, es conseguir que las briquetas compactadas obtengan valores de porcentaje de vacíos de 7%, para ello se realizó el análisis de grupos de dos briquetas con diferentes golpes de compactación al espécimen (20, 30, 40, 50 golpes). En la tabla 123, se muestra los resultados obtenidos para calcular el número de golpes capaz de conseguir 7% de vacíos. El detalle de obtención de los porcentajes de vacíos se encuentra en la parte de ANEXOS.

Tabla 123: Porcentaje de Vacíos al 7% para agregado normal absorción y asfalto convencional

RESULTADOS ENSAYO A 7% VACÍOS					
Nº de golpes	%	20.0	30.0	40.0	50.0
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.246	2.264	2.285	2.334
% vacios	%	8.1	7.4	6.5	4.5
VMA	%	19.4	18.8	18.0	16.3
VFA	%	58.5	60.9	64.2	72.5

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, siguiendo el mismo procedimiento de la hoja Marshall, se procede a graficar el porcentaje de vacíos vs el número de golpes. La grafica 43, determina que son necesarios 34 golpes de compactación para conseguir 7% de vacíos.



Gráfica 43: % vacíos vs N° de golpes para una MAC normal absorción y asfalto convencional

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 124, se muestran los resultados obtenidos de las briquetas del grupo 1 que fueron ensayados en la máquina de Marshall ensamblada con el cabezal de Lottman en condiciones secas para una mezcla asfáltica en caliente acondicionada con agregados pétreos de normal absorción obtenidos de la cantera La Poderosa y cemento asfáltico en caliente convencional 120/150 de CAMOHESA.

Tabla 124: TSR estado seco para agregados de normal absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.032	50.032	50.032
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.480	42.480	42.480
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.888	1.888	1.888
Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	63.60	62.63	62.77
Diámetro promedio	(mm)	101.74	101.79	101.36
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1204.9	1179.6	1186.3
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1205.0	1179.0	1187.0
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	675.0	661.0	663.0
Agua absorbida	%	0.0	0	0.1
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	530.0	518.0	524
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.273	2.277	2.264
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.267	2.270	2.257
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.446	2.446	2.446
Porcentaje de Vacíos	%	7.053	6.896	7.440
Volumen de vacíos de aire	cm ³	37.38	35.72	38.98
Carga Máxima	(N)	9690.0	10260.0	9850.0
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	953.43	1024.70	985.72
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)		987.95	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 125, presenta los valores de las tres briquetas ensayadas en condiciones húmedas correspondiente al grupo 2. El valor promedio del esfuerzo a la tensión es de 861.63 kPa.

Tabla 125: TSR estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto convencional

ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.032	50.032	50.032
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.480	42.480	42.480
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.888	1.888	1.888
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	59.73	62.28	63.04
Diámetro promedio	(mm)	101.52	101.48	101.36
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1140.6	1175.8	1169.3
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1141.0	1176.0	1172.0
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	641.0	657.0	657.0
Agua absorbida	%	0.1	0.0	0.5
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	500.0	519	515
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.281	2.266	2.270
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.274	2.259	2.264
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.446	2.446	2.446
Porcentaje de Vacíos	%	6.734	7.375	7.172
Volumen de vacíos de aire	cm ³	33.67	38.28	36.93
Peso del Espécimen saturado con SSS al vacío	(gf)	1165.0	1201.0	1198.0
Volumen de agua absorbida	cm ³	24.400	25.200	28.700
Grado de Saturación	%	72.473	65.837	77.707
Daño por humedad		2	1	2
Carga Máxima	(N)	8120.0	8740.0	8550.0
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	852.61	880.36	851.92
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)		861.63	

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, con los valores obtenidos de los dos sub grupos, seco y húmedo, se procede a calcular el porcentaje del esfuerzo a la tensión del ensayo TSR. En la tabla 126, para el presente diseño se obtuvo un valor de 87.21%, lo cual es superior a 80% que exige la normativa EG 2013.

Tabla 126: Razón de esfuerzo a tensión para agregados de normal absorción y asfalto convencional

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)	987.95	861.630
Razón del esfuerzo a tensión	(%)	87.21	

Fuente: Elaboración propia

10.2.2. TSR para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

El presente ensayo de Resistencia Conservada en la prueba de tracción indirecta (TSR) es determinado para una mezcla asfáltica compuesta por agregados pétreos provenientes de la cantera La Poderosa y Asfalto modificado con Polímero SBS IC con un contenido óptimo de cemento asfáltico de diseño de 5.6%.

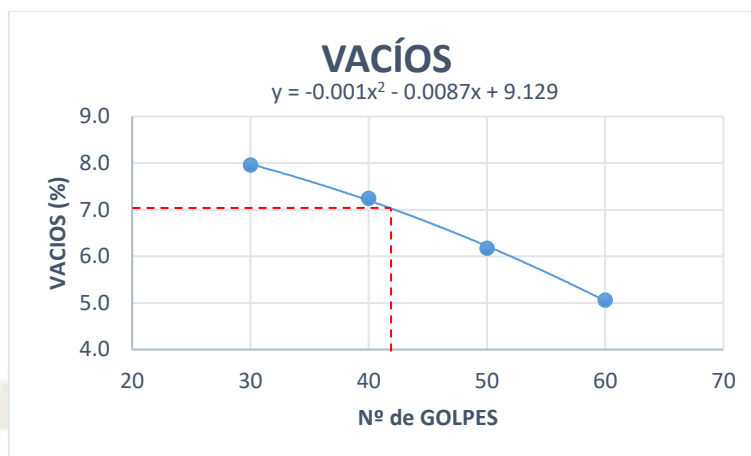
Previo a la ejecución, se realizó el ensayo de compactación a diferentes golpes, para obtener el número de golpes capaz de producir 7% de vacíos. En la tabla 127, se presenta los resultados obtenidos, a diferentes golpes de compactación, del porcentaje de vacíos. El detalle del ensayo Marshall para obtener dichos resultados se encuentran en la parte de ANEXOS.

Tabla 127: Porcentaje de vacíos al 7% para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO A 7% VACÍOS					
Nº de golpes	%	30.0	40.0	50.0	60.0
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.248	2.266	2.292	2.319
% vacios	%	8.0	7.2	6.2	5.1
VMA	%	19.5	18.8	17.9	16.9
VFA	%	59.1	61.5	65.5	70.1

Fuente: Elaboración propia

De la gráfica 44, podemos observar que para producir 7% de vacíos es necesario accionar 42 golpes



Gráfica 44: % vacíos vs N° de golpes para una MAC normal absorción y asfalto con polímero

Fuente: Elaboración propia

El primer subgrupo de tres briquetas, representan el ensayo de tracción indirecta en condiciones secas o que no hayan sido sometidas a saturaciones. La tabla 128 muestra que para el presente diseño da como resultado el esfuerzo promedio a la tensión de 1175.40 kPa.

Tabla 128: TSR estado seco para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.085	50.085	50.085
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.525	42.525	42.525
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.890	1.890	1.890
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	65.56	66.35	65.65
Diámetro promedio	(mm)	102.01	101.65	101.52
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1196.6	1203.8	1223.2
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1206.0	1211.0	1225.0
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	678.0	681.0	684.0
Agua absorbida	%	1.8	1.4	0.3
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	528.0	530.0	541
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.266	2.271	2.261
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.259	2.265	2.254
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.440	2.440	2.440
Porcentaje de Vacíos	%	7.127	6.920	7.343
Volumen de vacíos de aire	cm ³	37.63	36.68	39.73
Peso del Espécimen saturado con SSS al vacío	(gf)	-	-	-
Volumen de agua absorbida	cm ³	-	-	-
Grado de Saturación	%	-	-	-
Daño por humedad		-	-	-
Carga Máxima	(N)	11590.0	12530.0	12980.0
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	1103.32	1182.87	1240.00
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)		1175.40	

Fuente: *Elaboración propia*

La tabla 129 presenta el ensayo de TSR para las condiciones húmedas del presente diseño. Se observa como resultado promedio a la tensión de 1096.95 kPa.

Tabla 129: TSR estado húmedo para agregados de normal absorción y asfalto con polímero

Ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.085	50.085	50.085
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.525	42.525	42.525
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.890	1.890	1.890
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	63.57	66.49	66.70
Diámetro promedio	(mm)	101.65	101.58	101.59
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1150.0	1205.2	1172.8
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1156.0	1212.0	1175.0
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	650.0	681.0	657.0
Agua absorbida	%	1.2	1.3	0.4
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	506.0	531	518
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.273	2.270	2.264
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.266	2.263	2.257
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.440	2.440	2.440
Porcentaje de Vacíos	%	6.863	6.988	7.217
Volumen de vacíos de aire	cm ³	34.73	37.10	37.38
Peso del Espécimen saturado con SSS al vacío	(gf)	1178.0	1235.0	1203.0
Volumen de agua absorbida	cm ³	28.000	29.800	30.200
Grado de Saturación	%	80.632	80.314	80.787
Daño por humedad		3	2	3
Carga Máxima	(N)	11660.0	11920.0	10840.0
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	1148.82	1123.60	1018.40
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)		1096.95	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, con los resultados de los dos subgrupos de tres briquetas, Seco y Húmedo, se procede a calcular la razón del esfuerzo de tensión presentada como porcentaje. La tabla 130 se observa que el porcentaje de esfuerzo a la tensión del presente diseño da como resultado 93.33%, valor que es superior a 80% exigida por la normativa EG 2013, por ende, cumple con dicho parámetro exigido.

Tabla 130: Razón de esfuerzo a tensión para agregado normal absorción y asfalto con polímero

Descripción	Unidad	Seco	Húmedo
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)	1175.40	1096.95
Razón del esfuerzo a tensión	(%)	93.33	

Fuente: Elaboración propia

10.2.3. TSR para agregados de alta absorción y asfalto convencional

El presente ensayo de Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (TSR) está elaborado para un diseño de mezcla asfáltica con contenido óptimo de asfalto de 6.7% y compuesto por agregados pétreos obtenidos por las canteras Socabaya-Chiguata y asfalto convencional PEN 120/150.

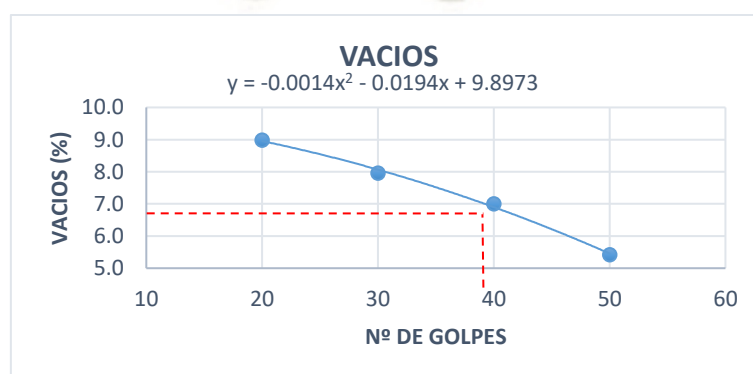
Previo a la ejecución del ensayo, se determinó el número de golpes capaz de producir 7% de vacíos. En la tabla 131, se observa los resultados efectuados para el respectivo cálculo requerido. El detalle del ensayo efectuado se encuentra en la parte de ANEXOS.

Tabla 131: Vacíos al 7% para agregados de alta absorción y asfalto convencional

RESULTADOS ENSAYO A 7% VACÍOS					
Nº de golpes	%	20.0	30.0	40.0	50.0
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.067	2.091	2.112	2.148
% vacios	%	9.0	8.0	7.0	5.4
VMA	%	20.3	19.4	18.5	17.1
VFA	%	55.7	58.9	62.2	68.4

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 45, se determina que para obtener 7% de vacíos es necesario aplicar 39 golpes de compactación de la briqueta.



Gráfica 45: % Vacíos vs Nº de golpes para una MAC alta absorción y asfalto convencional

Fuente: Elaboración propia

Con el número de golpes calculados para producir 7% de vacíos, se inicia el ensayo de TSR, la tabla 132 muestra los datos para el cálculo del esfuerzo a la tensión indirecta del grupo 1 o grupo en estado seco, que no fue acondicionada. El valor obtenido del esfuerzo promedio es 854.46 kPa.

Tabla 132: TSR estado seco para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.7	6.7	6.7
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.45	49.45	49.45
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.99	41.99	41.99
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.87	1.87	1.87
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	69.12	71.82	70.30
Diámetro promedio	(mm)	102.00	101.69	101.80
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1176.5	1200.5	1181.4
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1180.4	1206.4	1187.6
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	623.9	638.4	628.4
Agua absorbida	%	0.7	1.0	1.1
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	556.5	568.0	559.2
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.114	2.114	2.113
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.108	2.107	2.106
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	6.923	6.947	6.987
Volumen de vacíos de aire	cm ³	38.53	39.46	39.07
Carga Máxima	(N)	8896.00	9985.00	10001.00
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	803.33	870.41	889.65
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)	854.46		

Fuente: Elaboración propia

La tabla 133 presenta el ensayo para las briquetas que han sido acondicionadas a un sistema de saturación previo al aplicar el esfuerzo de la maquina Marshall acoplada con el brazo de Lottman. El resultado obtenido del esfuerzo a la tensión promedio es de 698.11 kPa.

Tabla 133: TSR estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Ensayo N° N° de briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.7	6.7	6.7
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.45	49.45	49.45
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.99	41.99	41.99
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.87	1.87	1.87
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012	1.012	1.012
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	71.91	69.44	68.90
Diámetro promedio	(mm)	101.96	103.08	102.10
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1202.4	1107.7	1169.2
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1212.3	1117.9	1180.1
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	643.1	593.8	627.0
Agua absorbida	%	1.7	1.9	2.0
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	569.2	524.1	553.1
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.112	2.114	2.114
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.106	2.107	2.108
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	6.996	6.948	6.932
Volumen de vacíos de aire	cm ³	39.82	36.42	38.34
Peso del Espécimen saturado con SSS al vacío	(gf)	1234.000	1133.000	1194.000
Volumen de agua absorbida	cm ³	31.600	25.300	24.800
Grado de Saturación	%	79.350	69.473	64.683
Daño por humedad		2	2	1
Carga Máxima	(N)	7952	7550	8091
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	690.54	671.58	732.21
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)		698.11	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para el presente diseño se obtiene un porcentaje de resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta de 81.7%, lo cual es ligeramente superior a 80%, por ende, cumple con las especificaciones que establece la normativa peruana EG 2013.

Tabla 134: Razón del esfuerzo a tensión para agregados de alta absorción y asfalto convencional

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)	854.46	698.11
Razón del esfuerzo a tensión	(%)	81.7	

Fuente: Elaboración propia

10.2.4. TSR para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

El presente ensayo de TSR, tiene las características de ser una mezcla asfáltica compuesta por agregados pétreos obtenidos de la cantera Socabaya – Chiguata y cemento asfáltico modificado con polímero SBS IC. Previamente se desarrolló el diseño del contenido óptimo de asfalto de la mezcla asfáltica, dando como resultado 6.8%, partiendo de este valor se elaboró la dosificación de las briquetas para el presente ensayo.

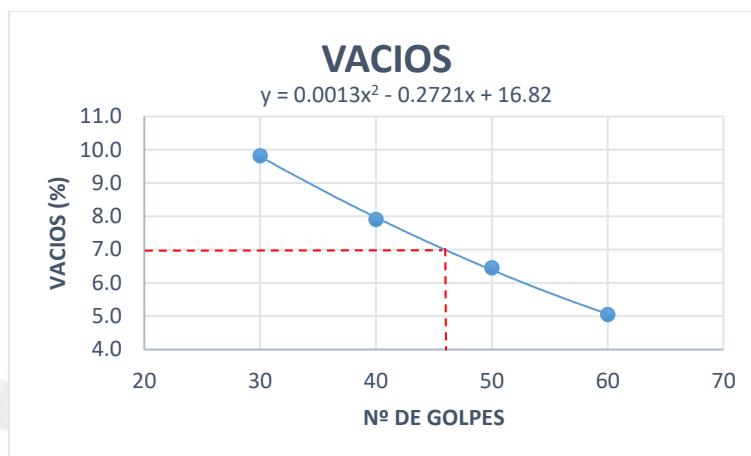
Previo al desarrollo del ensayo, se elaboró el ensayo Marshall modificando el número de golpes de compactación para determinar 7% de vacíos que estipula el procedimiento de determinación del TSR. La tabla 135 muestra los resultados obtenidos de vacíos a diferentes golpes de compactación.

Tabla 135: Vacíos al 7% para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

RESULTADOS ENSAYO A 7% VACÍOS					
Nº de golpes	%	30.0	40.0	50.0	60.0
Peso unitario	(gf/cm ³)	2.048	2.091	2.125	2.156
% vacios	%	9.8	7.9	6.5	5.0
VMA	%	21.1	19.4	18.1	16.9
VFA	%	53.5	59.3	64.5	70.2

Fuente: Elaboración propia

La grafica 46, determina que para obtener 7% de vacíos es necesario aplicar 46 golpes de compactación.



Gráfica 46: %vacíos vs N° de golpes para una MAC alta absorción y asfalto con polímero

Fuente: Elaboración propia

Con el número de golpes de compactación calculado, se procede a iniciar el ensayo propiamente dicho de TSR. La tabla 136 corresponde al grupo 1 que fue experimentada en condiciones secas, el resultado promedio del esfuerzo a la tensión obtenido es de 1108.8 kPa.

Tabla 136: TSR estado seco para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 1		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.8	6.8	6.8
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.40	49.40	49.40
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.94	41.94	41.94
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.86	1.86	1.86
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	64.94	71.70	69.20
Diámetro promedio	(mm)	101.85	101.58	101.90
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1070.2	1181.0	1175.3
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1075.4	1190.0	1181.4
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	568.4	631.0	624.5
Agua absorbida	%	1.0	1.6	1.1
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	507.0	559.0	556.9
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.111	2.113	2.110
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.105	2.106	2.104
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	7.054	6.972	7.072
Volumen de vacíos de aire	cm ³	35.76	38.97	39.38
Carga Máxima	(N)	12260.0	12170.0	11990.0
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	1180.10	1063.83	1082.48
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)	1108.80		

Fuente: Elaboración propia

El segundo subgrupo o grupo 2, sometido a condiciones de humedad o saturación se presenta en la tabla 137, dando como resultado el esfuerzo a la tensión promedio de tres briquetas un valor de 995.26 kPa.

Tabla 137: TSR estado húmedo para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Ensayo N° N° de Briqueta	Unidades	Grupo 2		
		A	B	C
% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.8	6.8	6.8
% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.40	49.40	49.40
% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.94	41.94	41.94
% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.86	1.86	1.86
Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
Altura promedio	(mm)	72.54	74.08	72.90
Diámetro promedio	(mm)	101.25	100.90	101.60
Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1191.9	1213.9	1164.0
Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1200.0	1220.0	1171.0
Peso de la Espécimen en agua	(gf)	636.1	645.2	619.3
Agua absorbida	%	1.4	1.1	1.3
Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	563.9	574.8	551.7
Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.114	2.112	2.110
Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.107	2.106	2.104
Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
Porcentaje de Vacíos	%	6.929	7.009	7.098
Volumen de vacíos de aire	cm ³	39.07	40.29	39.16
Peso del Espécimen saturado con SSS al vacío	(gf)	1221.000	1239.000	1191.000
Volumen de agua absorbida	cm ³	29.100	25.100	27.000
Grado de Saturación	%	74.473	62.302	68.948
Daño por humedad		1	2	2
Carga Máxima	(N)	11820.0	11370.0	11550.0
Esfuerzo a la tensión	(kPa)	1024.58	968.43	992.75
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)		995.26	

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la tabla 138, muestra el porcentaje del esfuerzo a la tensión indirecta, lo cual da como resultado 89.8%, valor superior a 80% que establece la normativa peruana EG 2013.

Tabla 138: Razón de esfuerzo a tensión para agregados de alta absorción y asfalto con polímero

Descripción	Unidades	Seco	Húmedo
Esfuerzo a la tensión promedio	(kPa)	1108.80	995.26
Razón del esfuerzo a tensión	(%)	89.8	

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO XI

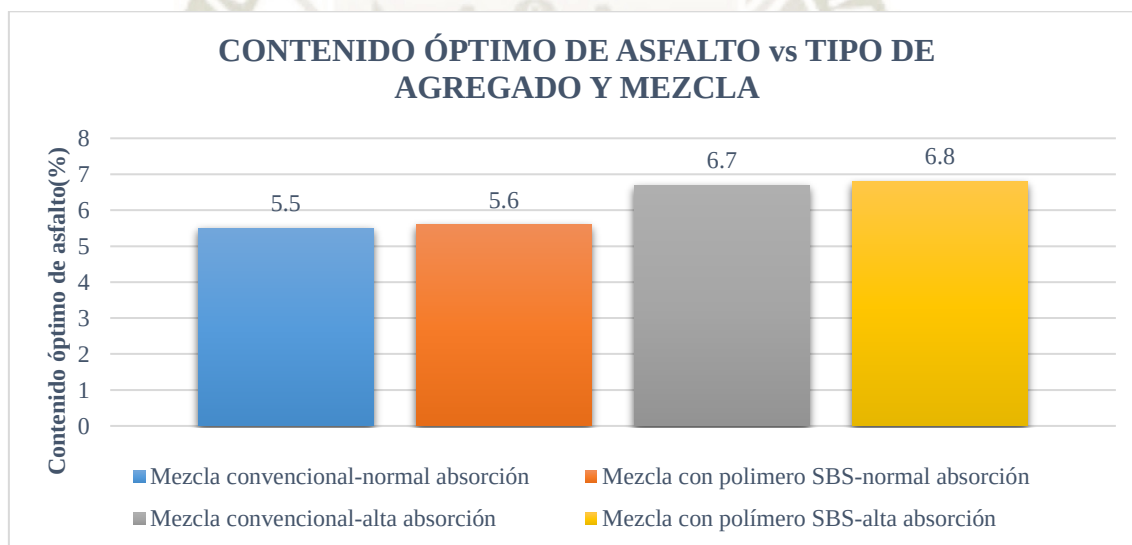
11. ANALISIS DE RESULTADOS ENTRE MEZCLAS ASFALTICAS CON ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO PARA AGREGADOS DE ALTA Y NORMAL ABSORCION

11.1. ANALISIS DISEÑO MARSHALL

11.1.1. Contenido óptimo de asfalto para cada diseño de Marshall

De acuerdo al gráfico 47, se denota que la MAC con agregado de alta absorción es superior en 1.2%; tanto para aquel con cemento asfáltico 120/150 y modificado con polímero.

Asimismo, para una MAC con un mismo tipo de agregado, pero con diferente cemento asfáltico (convencional y modificado con polímero), la diferencia es mínima de 0.1%.

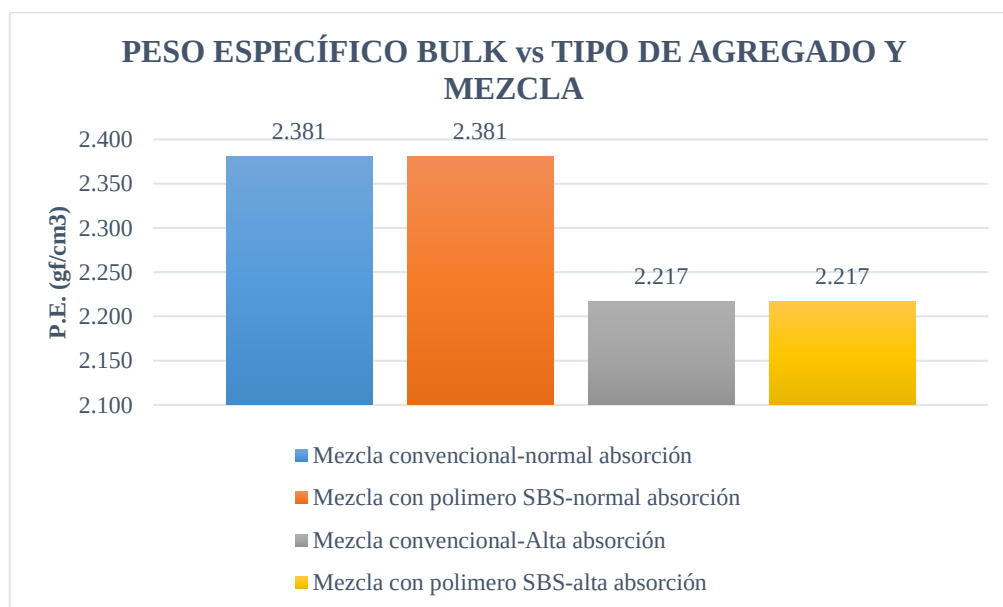


Gráfica 47: Contenido óptimo de asfalto vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.2. Peso específico Bulk

En relación a los resultados de la mezcla asfáltica de ambos tipos de agregados con cemento convencional y modificado con polímero SBS, se puede notar que coincide al peso específico bulk, permitiendo dar a conocer que al nivel de contenido optimo, se estima un mismo nivel de vacíos o parecidos, ya que la relación de peso y volumen guardan la misma relación.

Las mezclas asfálticas que cuentan agregados de normal absorción presentan mayor peso específico en una cantidad de 0.164 gf/cm^3 respecto a aquella con agregado de alta absorción; esto se debe a que el volumen que ocupa por desplazamiento del agua es menor. Así, para mayores densidades obtenidas, como indica el Institute Asphalt, es un indicativo de mejoras en el rendimiento duradero del asfalto.



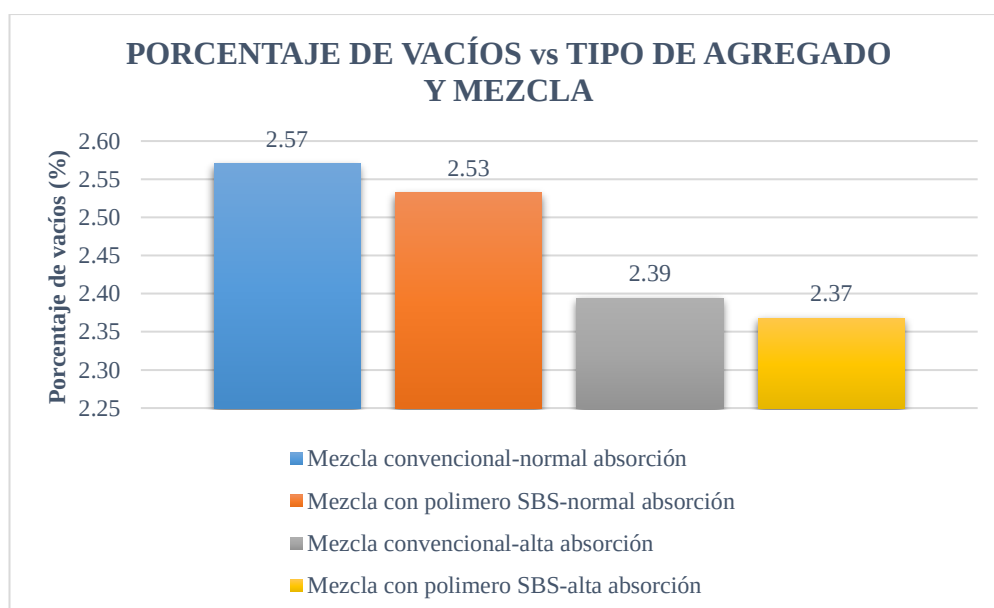
Gráfica 48: Peso específico bulk vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.3. Porcentaje de vacíos

Los vacíos de la mezcla con agregados; indistintamente de su absorción, con cemento asfáltico convencional y modificada con polímero, obtienen una diferencia promedio de 0.03% entre uno y otro, siendo un indicativo de que se comportan de la misma manera, como se dedujo en el análisis del peso específico.

Una mezcla con agregado de normal absorción presenta mayores vacíos que aquella con agregado de alta absorción; esto significa que es un indicativo de que a menor sea la cantidad de vacíos, menor permeabilidad existirá en la mezcla, por ende, mayor durabilidad del pavimento asfáltico.

El contenido óptimo de una mezcla asfáltica de agregado de alta absorción detalla un mejor comportamiento de durabilidad en comparación al óptimo del diseño de una mezcla asfáltica de agregado de normal absorción. En ambos casos se cumple con la especificación del EG 2013, donde detalla un rango de vacíos de 2 a 4 %.



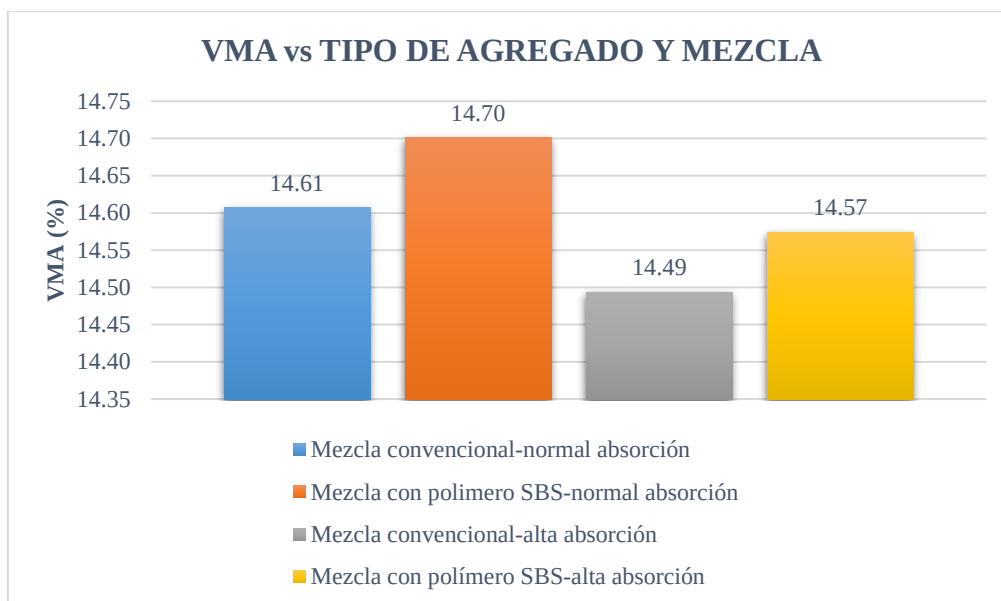
Gráfica 49: Porcentaje de vacíos vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.4. VMA

En relación al diseño de mezcla asfáltica con alta absorción, se verifica que el VMA con polímero es superior en 0.08% respecto al convencional, es decir un incremento de 0.55%, mientras que, en la mezcla con normal absorción, el VMA con polímero excede en 0.09% al cemento convencional y el incremento es de 0.75%.

Aunque la diferencia no es tan notable, es un indicativo que en los polímeros existe mayor espacio disponible para las partículas de asfalto, por ende, mayor durable será la mezcla. Aunque en la comparativa entre el VMA con diferentes tipos de asfaltos (convencional y polímero), no se alejan tanto, se interpreta que ambos trabajan del mismo modo al contenido optimo calculado.

La mezcla con agregado de normal absorción (convencional y polímero) es mayor en promedio de 0.13% con la de alta absorción (convencional y polímero), esto refiere a que estaría trabajando de mejor manera en cuanto a su durabilidad respecto a su contenido optimo alcanzado en el diseño Marshall, aunque cabe resaltar que no es una diferencia que pueda desmerecer al agregado de alta absorción.



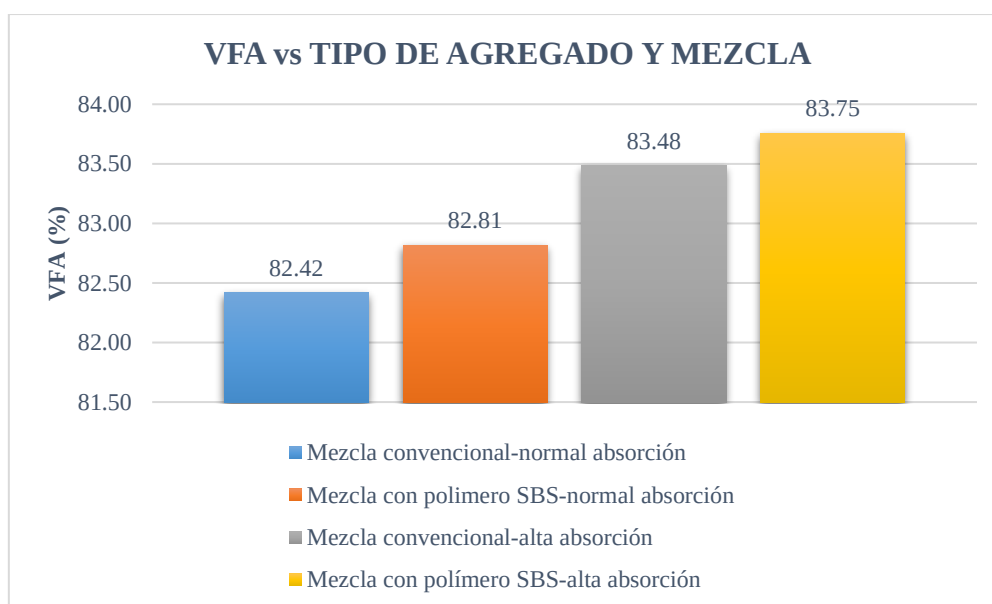
Gráfica 50: VMA vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.5. VFA

El diseño de mezcla asfáltica con agregado de normal absorción con polímero excede en 0.39 % de VFA y en porcentaje a un 0.47% respecto al convencional. Para agregado de alta absorción con polímero excede en 0.32% y en porcentaje a un 0.38 % respecto al convencional.

Las mezclas asfálticas con cemento modificado con polímero presentan mayores espacios en el agregado que son llenados con el asfalto, en comparación con aquellas que se preparan con un cemento asfáltico convencional.

Los valores de VFA para agregados, cuya absorción sea alta, y sean usados para mezclas asfálticas, tienen mayor VFA que aquellas que emplean agregados en condiciones normales; por lo que es recomendable que el VFA no sea muy bajo, puesto que afectan la durabilidad y probablemente existan deficiencias en su estabilidad. También al contar con un VFA bajo, es un indicativo de un bajo contenido de asfalto para llenar los vacíos, como consecuencia, puede generar una falla de agrietamiento por fatiga.

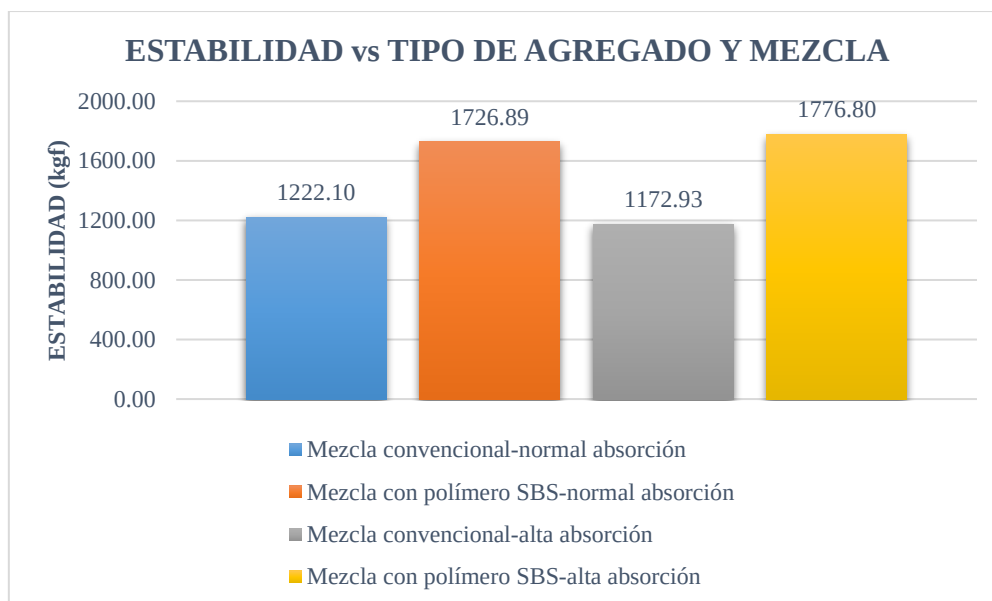


Gráfica 51: VFA vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.6. ESTABILIDAD

La estabilidad obtenida en asfalto con polímero es superior en promedio por 554.3 kgf en comparación de asfalto convencional, tanto para alta como normal absorción, esto quiere decir, que para asfaltos modificados con polímeros tienen un mejor comportamiento ante los desplazamientos por cargas externas respecto a un asfalto normal.

La estabilidad está relacionada principalmente entre la fricción de las partículas gruesas del agregado y la cohesión del cemento asfáltico. De acuerdo a resultados de las caracterizaciones de nuestros agregados (normal y alta absorción) no existe mucha diferencia en el resultado de las caras fracturadas, por consiguiente, el tipo de cemento asfáltico que se usa es el principal causante de la incidencia del incremento de la estabilidad, es decir, para polímeros da resultados superiores al de un asfalto convencional.



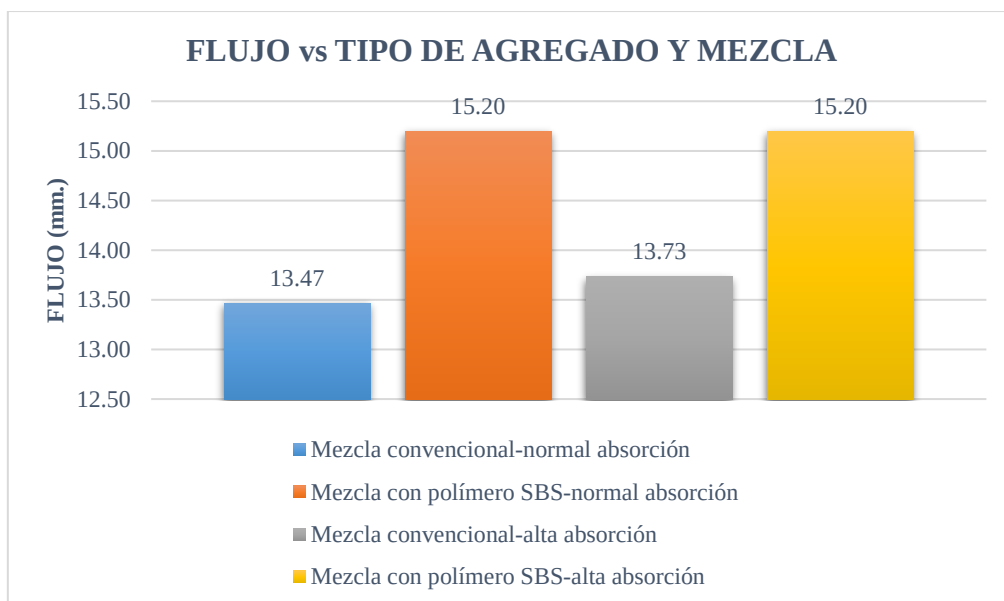
Gráfica 52: Estabilidad vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.7. FLUJO

El comportamiento del flujo para agregados de normal y alta absorción tiene una misma tendencia, según el grafico 53, donde se observa que no difieren de manera tan proporcionada.

Haciendo un análisis entre el tipo de cemento asfáltico usado en la mezcla, podemos observar que el flujo en polímeros es superior al de un convencional en un 9.7% en promedio.

El flujo es directamente proporcional al contenido de asfalto, es decir a mayor contenido asfalto mayor será el flujo, esto significa que la mezcla asfáltica; indistintamente de las características del agregado que se use, será más plástica y tendera a deformarse bajo acción de cargas de tráfico.

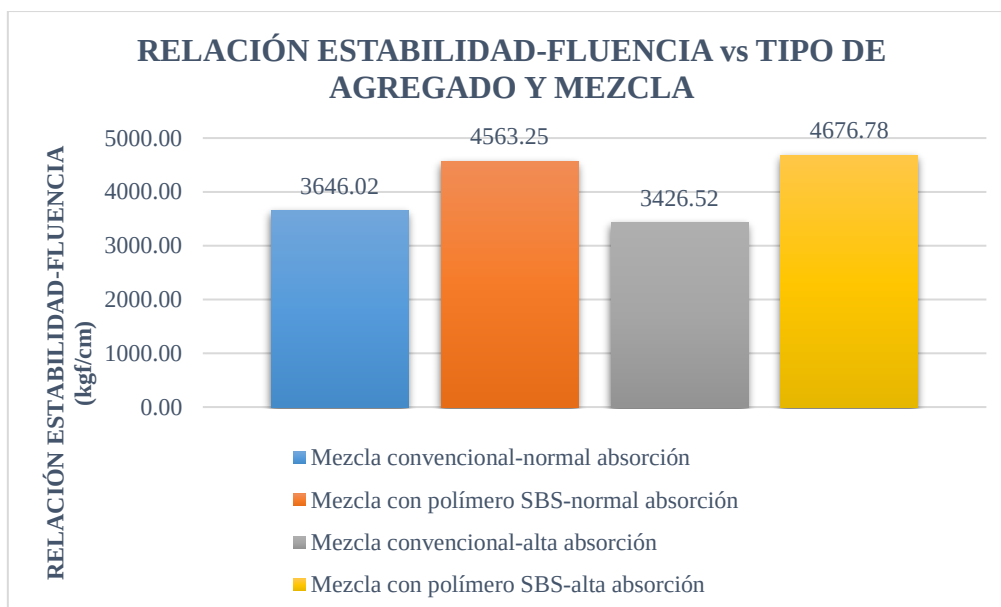


Gráfica 53: Flujo vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.8. RELACION ESTABILIDAD – FLUJO

La relación estabilidad flujo de un diseño de mezcla con agregado de alta absorción no difiera en gran magnitud a un agregado de normal absorción, tanto en polímeros como en convencional. Según el grafico 54, se observa una tendencia similar.

Una mezcla asfáltica, independientemente del tipo de agregado que se utilice, con un cemento asfáltico modificado con polímero tiende a tener mayor relación estabilidad flujo en comparación que un asfalto convencional, aproximadamente, en un 25.16% en un agregado de normal absorción y un 20.1% para agregados de alta absorción, según el gráfico 54. Esto indica una mayor rigidez para asfaltos con polímeros respecto a asfaltos convencionales.

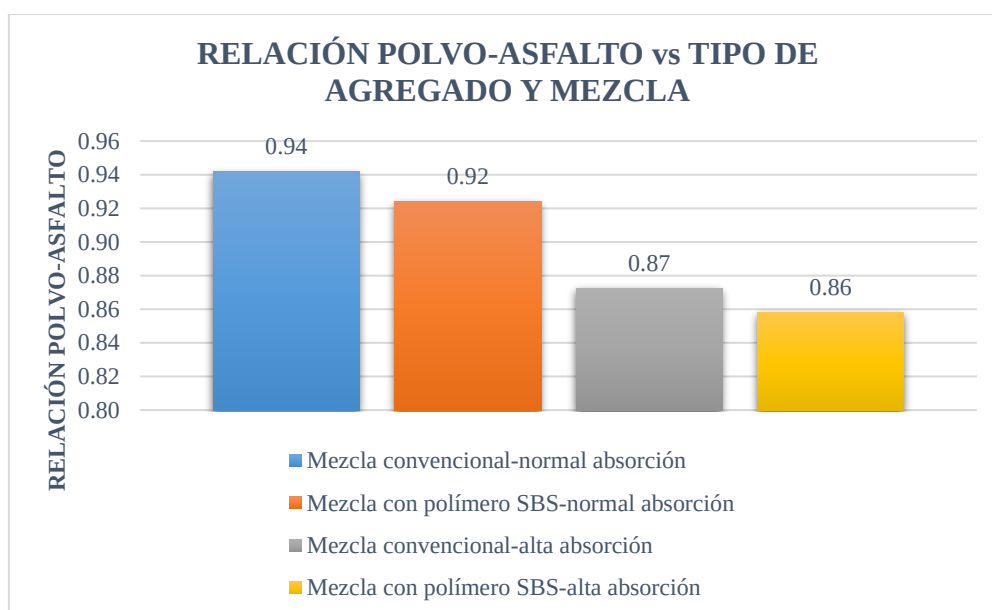


Gráfica 54: Relación estabilidad fluencia vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.1.9. RELACION POLVO ASFALTO

En agregados de normal absorción, la relación polvo asfalto difieren en 0.02 entre un asfalto convencional y polímero, en cambio para agregados de alta absorción difieren en 0.01. Esta variable depende de la granulometría de los agregados pétreos y filler, y el contenido óptimo de asfalto del diseño Marshall.

Se puede observar que con el contenido óptimo en materiales de normal absorción se obtienen una mayor relación polvo asfáltico en comparación de una mezcla asfáltica con agregados de alta absorción, porque el contenido óptimo de la mezcla es menor, es decir, el agregado absorbe menor asfalto.



Gráfica 55: Relación polvo asfalto vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

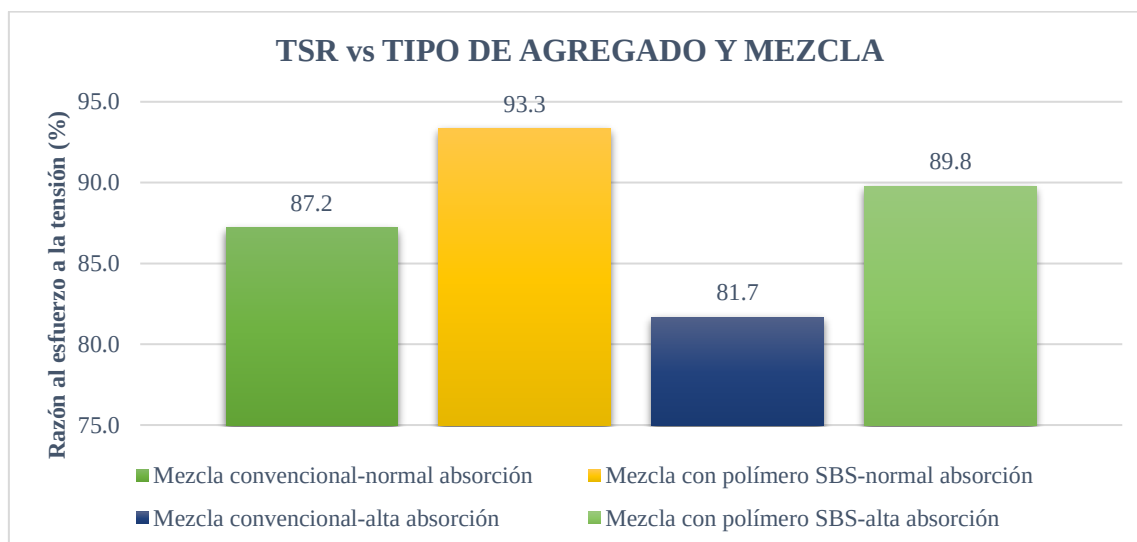
11.2. ANALISIS RESULTADOS DE ENSAYO TRACCIÓN INDIRECTA TSR

De acuerdo al grafico 56, se observan los resultados al ensayo de tracción indirecta para los cuatro diseños de mezclas asfálticas desarrollados: mezcla convencional con normal absorción, mezcla con polímero SBS para normal absorción, mezcla convencional con alta absorción y mezcla con polímero SBS para alta absorción.

En los resultados obtenidos, se determina un incremento considerable en los diseños de mezclas usando asfalto modificado SBS, tanto para agregados con normal y alta absorción, respecto a diseños convencionales usando asfalto PEN 120/150. En el caso de diseños de mezclas asfálticas para agregados de normal absorción, el aumento de resultado del TSR de asfaltos con polímeros SBS sobre una convencional es de 6.1% y en porcentaje de variación es de un 7.0%; mientras que, en diseño de mezclas con agregados pétreos de alta absorción, se verifica un aumento de 8.1% y en variación de 9% de una mezcla con polímero en comparación a una convencional.

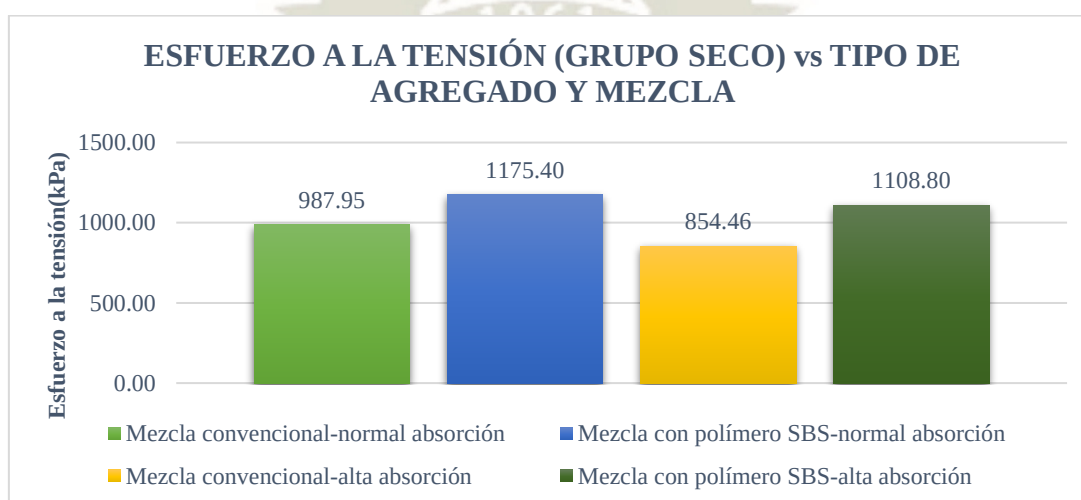
Sin embargo, en el análisis de una mezcla asfáltica de acuerdo al tipo de agregado pétreo que se usa (normal y alta absorción), se observa en el gráfico 56 que existe un incremento ligero de una mezcla con agregado pétreo de normal absorción sobre una mezcla asfáltica con agregado pétreo de alta absorción. Para una mezcla convencional con normal absorción se tiene un incremento de 5.5% y en porcentaje de 6.73% sobre una mezcla de alta absorción, y para una mezcla usando polímero SBS se verifica el incremento de 3.5%

y en porcentaje de 3.9% de una mezcla usando agregados pétreos de normal absorción sobre una de alta absorción.



Gráfica 56: TSR vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

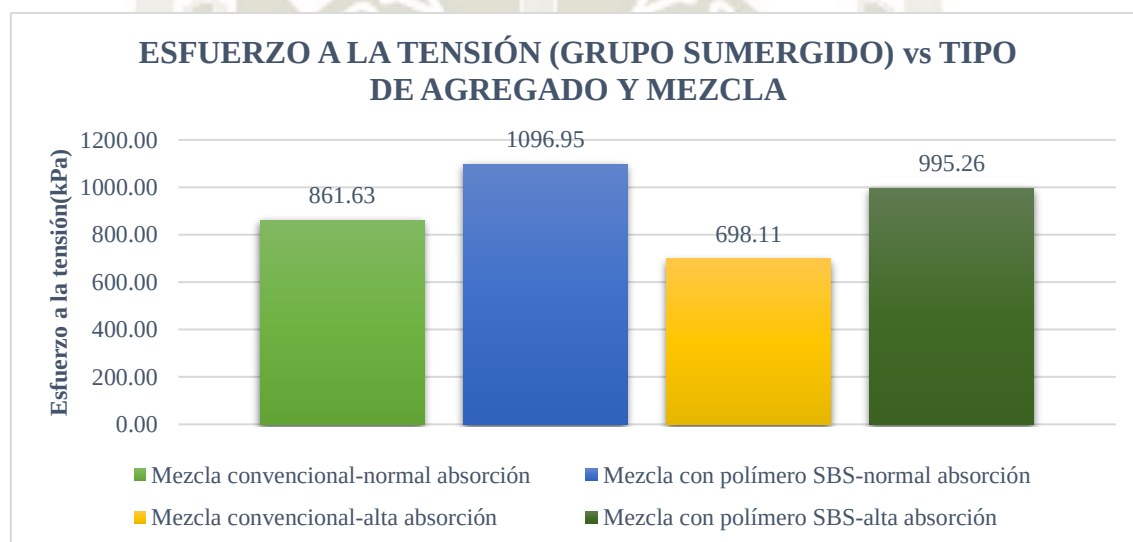
En cuanto a los esfuerzos a la tensión promedio obtenidos del grupo seco, se notó que las mezclas asfálticas con normal absorción tuvieron un ligero mejor desempeño respecto a las mezclas con agregados de alta absorción. Asimismo, los diseños con cemento asfáltico modificado con polímero SBS presentan mejores resultados que aquellas que se diseñen con cemento convencional PEN 120/150.



Gráfica 57: Esfuerzo a la tensión (grupo seco) vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

El grupo sumergido, presentan las mismas tendencias que el grupo seco, sin embargo, sus resultados, en ambos casos, son ligeramente menores.

Finalmente, la observación general que se tiene entre agregados de normal absorción y alta absorción es de que los esfuerzos obtenidos tanto en estado seco y sumergido, tienden a trabajar de la misma manera o sus resultados estén cercanos a sí mismos, pero la diferencia entre el estado seco y sumergido de una mezcla asfáltica con agregado de alta absorción permiten obtener valores ligeramente más bajos que una mezcla con normal absorción. Cabe recalcar que, para los cuatro diseños ejecutados, se cumple con la exigencia mínima del EG 2013, donde indica un valor mínimo de 80% de resistencia retenida.



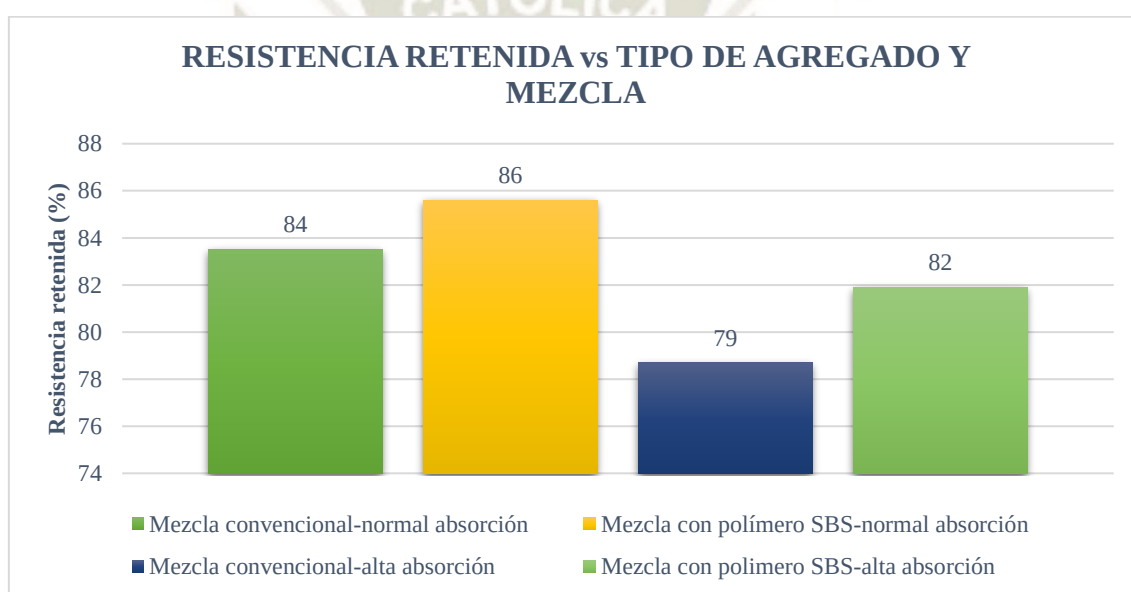
Gráfica 58: Esfuerzo a la tensión (grupo sumergido) vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

11.3. ANALISIS RESULTADOS DE ENSAYO INMERSIÓN - COMPRESIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre los contenidos óptimos de cada uno de nuestros diseños de mezclas asfálticas, podemos observar en la gráfica 59, la variación de resultados entre una mezcla con un mismo agregado, tanto para asfalto convencional y como con polímero SBS, donde existe un ligero incremento al usar cemento asfáltico modificado en comparación al convencional. El incremento para agregado de normal absorción es de 2.1% y el porcentaje de variación es de 2.45%; mientras que para agregados de alta absorción el incremento de resultado para una mezcla asfáltica con polímero sobre uno convencional es de 3.2% y la variación es de un 3.0%. Estos resultados indican una mejora a la susceptibilidad de daño por humedad para mezclas

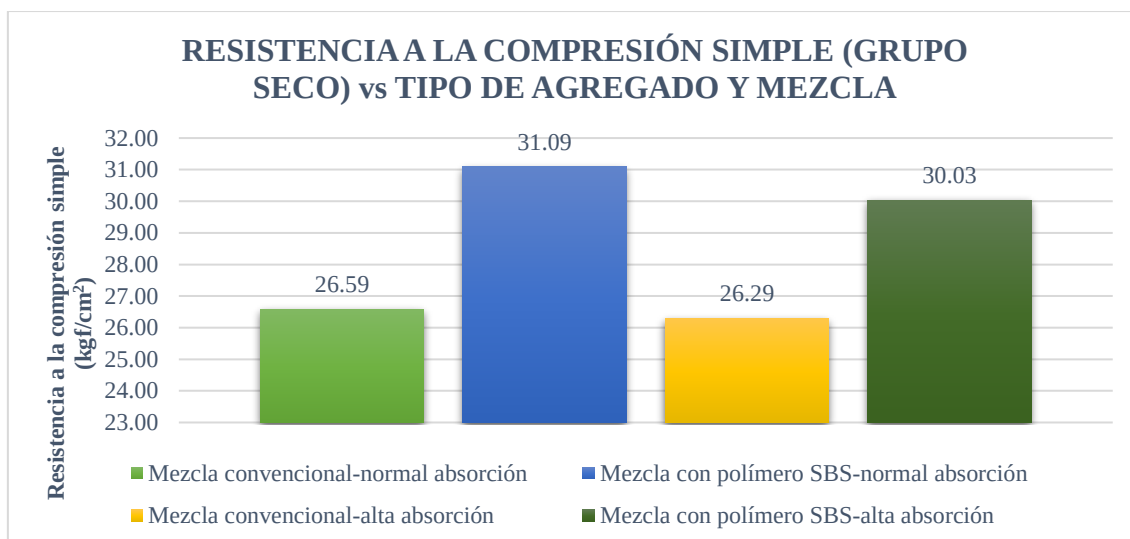
asfálticas en caliente diseñados con polímero SBS tipo IC respecto al diseño de mezclas con cemento asfáltico convencional.

También, se puede observar en la gráfica 59 que el incremento de una mezcla asfáltica utilizando material pétreo con la propiedad de contar con una normal absorción es superior respecto a una mezcla asfáltica cuyo agregado cuente con una absorción superior al especificado. En las mezclas convencionales, aquella que tenga agregado de normal absorción es superior en 4.8% con un porcentaje de variación de 5.7% comparándolo con un agregado de alta absorción; mientras que mezclas con polímero SBS, el incremento es de 3.7% con una variación de 4.3%.



Gráfica 59: Resistencia retenida vs tipo de agregado y mezcla
Fuente: Elaboración propia

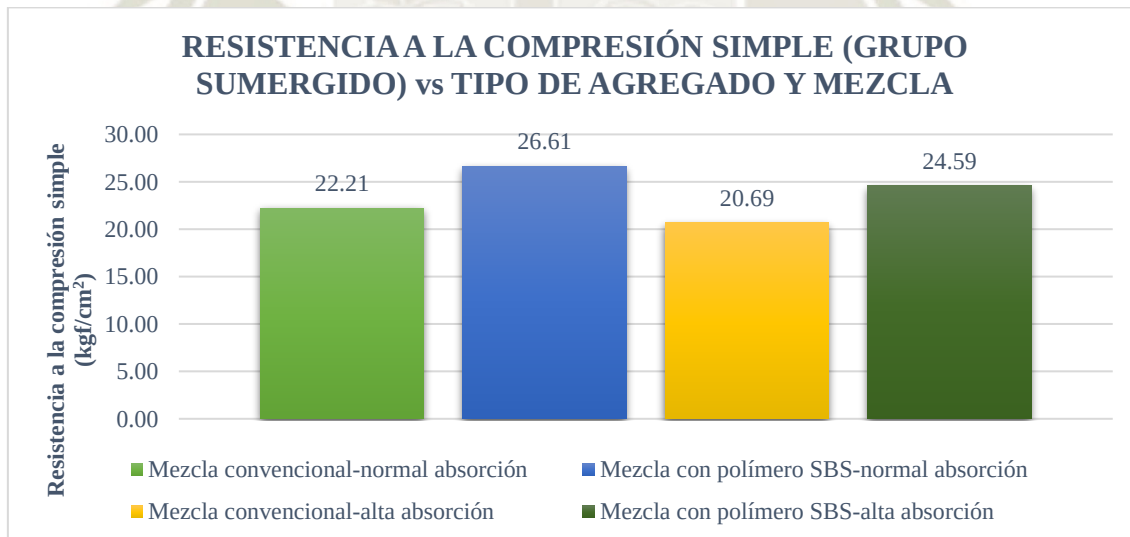
En el gráfico 60, las mezclas asfálticas en estado seco, con un agregado que cumpla las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG 2013 del MTC, presentan mejor desempeño y resultados respecto aquella con agregado de absorción alta; lo mismo sucede para mezclas que usan asfaltos modificados en comparación con aquellas que usan cementos convencionales.



Gráfica 60: Resistencia a la compresión simple (grupo seco) vs tipo de agregado y mezcla

Fuente: Elaboración propia

Las briquetas en estado sumergido presentan las mismas tendencias que el grupo seco. De acuerdo al gráfico 61, los valores obtenidos de resistencia son menores que aquellas que no han sido sometidos a diversas variaciones de temperatura.



Gráfica 61: Resistencia a la compresión simple (grupo sumergido) vs tipo de agregado y mezcla

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO XII

12. ANÁLISIS ECONÓMICO

Desde otro punto de vista, es necesario conocer la diferencia en cuanto al precio por partida del empleo de asfalto modificado con polímero y convencional con el agregado según su porcentaje de absorción. En este capítulo sólo se analizará el presupuesto para la partida que comprende la carpeta asfáltica en caliente.

12.1. METRADO Y PARTIDAS

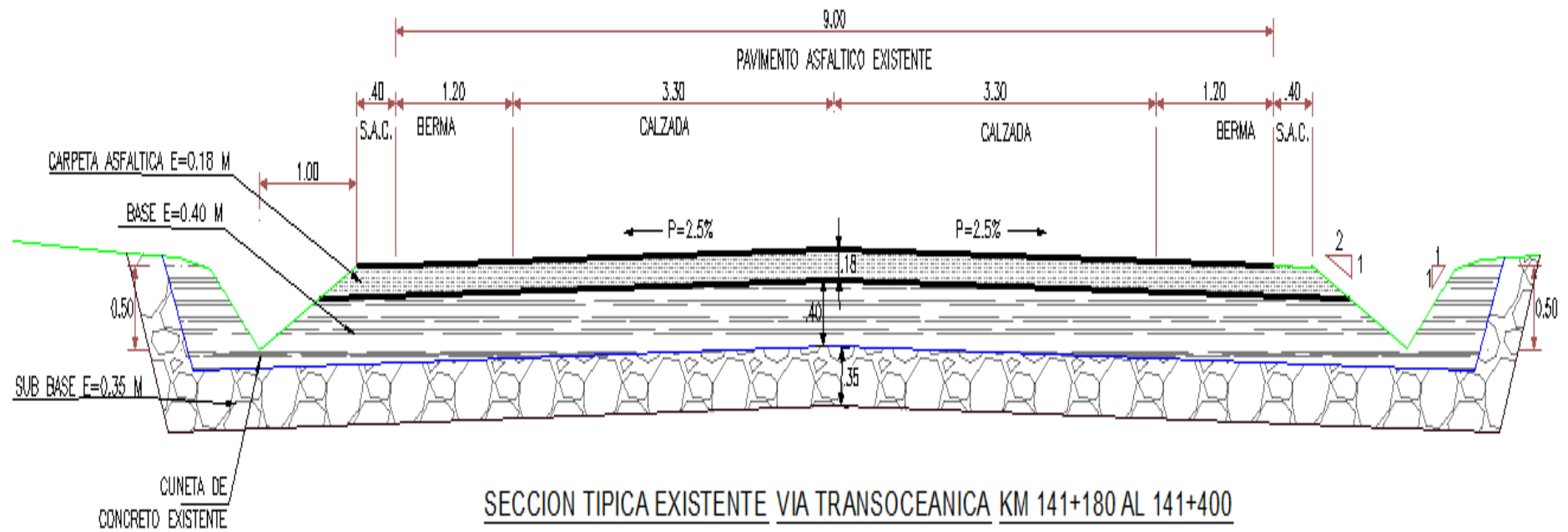
La vía de estudio tiene una sección de acuerdo al gráfico 62; cuyas dimensiones se utilizarán para determinar la cantidad de material que se va a usar. Asimismo, los espesores de la base y subbase fueron estimados en el **CAPÍTULO 7**, y son los mismos para los cuatro diseños MAC. El cálculo de los metrados y el análisis de precios unitarios de cada partida se encuentra de manera detallada en los **ANEXOS 19 y 20**. En resumen, se tiene las siguientes cantidades para las partidas que se usan comúnmente en pavimentos.

Tabla 139: Metrado para vía Tramo 141+180 al 141+400 de la carretera Interoceánica

Ítem	Descripción	Unidad	Total
01.01	Excavación de material suelto c/equipo	m ³	3234.59
01.02	Eliminación de material excedente c/equipo	m ³	3881.51
01.03	Perfilado y compactado	m ²	3003
02.01	Sub base granular e=0.35m	m ³	1051.05
02.02	Base granular e=0.40m	m ³	1156.32
02.03	Imprimación	m ²	2323.2
02.04	Carpeta asfáltica en caliente e=0.18m	m ³	418.18
03.01	Flete para MAC	glb	Ver Anexo 19
04.01	Lavado para agregado	m ³	309.45

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se debe calcular la cantidad de los materiales que conforman una mezcla asfáltica en caliente que ingresan en un metro cúbico (m³) de MAC. Para ello, es indispensable usar los datos obtenidos de los ensayos realizados en laboratorio; específicamente, el peso específico bulk de la briqueta para cada diseño, peso unitario suelto y compactado de los agregados, peso específico aparente del filler y del cemento asfáltico; y el porcentaje de composición en la mezcla de cada componente. Puesto que cada mezcla es distinta, se obtienen cantidades diferentes en un metro cúbico de mezcla asfáltica.



Gráfica 62: Sección típica existente vía transoceánica km 141+180 al 141+400
Fuente: Elaboración propia

12.2. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE NORMAL ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL

12.2.1. Cantidad por m³ para cada componente de la MAC

Tabla 140: Cantidad de material por m³ para una MAC de normal absorción y asfalto convencional

Material	Cantidad en %	Cantidad en kg/m ³	Volumen por m ³ de MAC	Cantidades para un m ³ de MAC	
Cemento asfaltico	5.50%	130.95	0.13	34.19	gal
Agregado Grueso	50.09%	1192.45	0.78	0.78	m ³
Agregado Fino	42.53%	1012.45	0.68	0.68	m ³
Filler Mineral	1.89%	45.00	0.02	45.00	kg
Total	100.00%	2380.85	1.61		

Fuente: Elaboración propia

12.2.2. Presupuesto del Pavimento

Tabla 141: Presupuesto para pavimento de una MAC de normal absorción y asfalto convencional

PRESUPUESTO					
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado normal absorción y asfalto convencional				
Cliente	Universidad Católica de Santa María				
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa			Costo a:	Enero - 2021
Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS			-	114,805.04
01.01	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO C/EQUIPO	m ³	3,234.59	11.08	35,835.32
01.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m ³	3,881.51	17.62	68,398.58
01.03	PERFILADO Y COMPACTADO	m ²	3,003.00	3.52	10,571.14
02	PAVIMENTO			-	474,429.99
02.01	SUB BASE GRANULAR E=0.35M	m ³	1,051.05	93.43	98,195.88
02.02	BASE GRANULAR E=0.40M	m ³	1,156.32	116.87	135,133.71
02.03	IMPRIMACIÓN	m ²	2,323.20	4.19	9,740.17
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M	m ³	418.18	553.26	231,360.22
03	FLETE TERRESTRE-MAC				117,457.63
03.01	FLETE TERRESTRE MATERIALES - MAC	Glb	1.00	117,457.63	
COSTO DIRECTO INFRAESTRUCTURA (\$/)					706,692.66

Fuente: Elaboración propia

Ahora la partida de la carpeta asfáltica en caliente comprende los siguientes insumos:

Tabla 142: APU para una MAC de normal absorción y asfalto convencional

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado normal absorción y asfalto convencional					
Cliente	Universidad Católica de Santa María					
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa				Costo a:	Enero - 2021
Partida	02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M			Rend:	120.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47010001	CAPATAZ	HH	1.000	0.0667	28.19	1.88
47010003	OFICIAL	HH	3.000	0.2000	18.56	3.71
47010004	PEON	HH	6.000	0.4000	16.78	6.71
						12.30
Materiales						
20104002	PETROLEO D-2	gal		3.89	9.23	35.90
20104001	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	gal		34.19	9.50	324.77
2070100	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.78	85.00	66.60
2070200	ARENA GRUESA	m3		0.68	74.00	50.11
2070202	FILLER	kg		45.00	0.75	33.75
						511.12
Equipos						
37010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.30	0.62
49030022	RODILLO NEUMATICO AUTOP 60-80 HP 3-5 TON	hm	1.000	0.0667	119.31	7.96
49030028	RODILLO TANDEM VIBR AUTOP 80-100 HP 6-8T	hm	1.000	0.0667	145.58	9.71
49910033	PAVIMENTADORA 105HP X 10'	hm	1.00	0.0667	173.14	11.55
						29.83
Costo unitario por m3 (S/):						553.26

Fuente: Elaboración propia

12.3. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE NORMAL ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO

12.3.1. Cantidad por m³ para cada componente de la MAC

Tabla 143: Cantidad de material por m³ para una MAC de normal absorción y asfalto con polímero

Material	Cantidad en %	Cantidad en kg/m ³	Volumen por m ³ de MAC	Cantidades para un m ³ de MAC	
cimento asfáltico	5.60%	133.33	0.13	34.53	gal
Agregado Grueso	50.03%	1191.18	0.78	0.78	m ³
Agregado Fino	42.48%	1011.38	0.68	0.68	m ³
Filler Mineral	1.89%	44.95	0.02	44.95	kg
Total	100.00%	2380.74	1.61		

Fuente: Elaboración propia

12.3.2. Presupuesto del Pavimento

Tabla 144: Presupuesto de pavimento para una MAC de normal absorción y asfalto con polímero

PRESUPUESTO					
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado normal absorción y asfalto con polímero				
Cliente	Universidad Católica de Santa María				
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma – Arequipa				
				Costo a:	Enero - 2021
Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS			-	114,805.04
01.01	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO C/EQUIPO	m ³	3,234.59	11.08	35,835.32
01.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m ³	3,881.51	17.62	68,398.58
01.03	PERFILADO Y COMPACTADO	m ²	3,003.00	3.52	10,571.14
02	PAVIMENTO			-	574,672.41
02.01	SUB BASE GRANULAR E=0.35M	m ³	1,051.05	93.43	98,195.88
02.02	BASE GRANULAR E=0.40M	m ³	1,156.32	116.87	135,133.71
02.03	IMPRIMACIÓN	m ²	2,323.20	4.19	9,740.17
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M	m ³	418.18	792.97	331,602.64
03	FLETE TERRESTRE MAC				117,457.63
03.01	FLETE TERRESTRE MATERIALES MAC	Glb	1	117,457.63	117,457.63
COSTO DIRECTO INFRAESTRUCTURA (S/)					806,935.07

Fuente: Elaboración propia

La partida de la carpeta asfáltica en caliente comprende los siguientes insumos:

Tabla 145: APU para una MAC de normal absorción y asfalto con polímero

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado normal absorción y asfalto con polímero					
Cliente	Universidad Católica de Santa María					
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa				Costo a:	Enero - 2021
Partida	02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M			Rend:	120.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra						
47010001	CAPATAZ	HH	1.000	0.0667	28.19	1.88
47010003	OFICIAL	HH	3.000	0.2000	18.56	3.71
47010004	PEON	HH	6.000	0.4000	16.78	6.71
						12.30
Materiales						
20104002	PETROLEO D-2	gal		3.89	9.23	35.90
20104001	CEMENTO ASFALTICO POLIMERO SBS IC	gal		34.53	16.35	564.64
2070100	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.78	85.00	66.53
2070200	ARENA GRUESA	m3		0.68	74.00	50.06
2070202	FILLER	kg		44.95	0.75	33.71
						750.84
Equipos						
37010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.30	0.62
49030022	RODILLO NEUMATICO AUTOP 60-80 HP 3-5 TON	hm	1.000	0.0667	119.31	7.96
49030028	RODILLO TANDEM VIBR AUTOP 80-100 HP 6-8T	hm	1.000	0.0667	145.58	9.71
49910033	PAVIMENTADORA 105HP X 10'	hm	1.00	0.07	173.14	11.55
						29.83
Costo unitario por m3:						792.97

Fuente: Elaboración propia

12.4. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE ALTA ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL

12.4.1. Cantidad por m3 para cada componente de la MAC

Tabla 146: Cantidad de material para una MAC de alta absorción y asfalto convencional

Material	Cantidad en %	Cantidad en kg/m ³	Volumen por m ³ de MAC	Cantidades para un m ³ de MAC	
Cemento asfáltico	6.70%	159.52	0.16	41.64	gal
Agregado Grueso	49.45%	1177.30	0.83	0.83	m ³
Agregado Fino	41.99%	999.60	0.74	0.74	m ³
Filler Mineral	1.87%	44.43	0.02	44.43	kg
Total	100.00%	2216.98	1.74		

Fuente: Elaboración propia

12.4.2. Presupuesto del Pavimento

Tabla 147: Presupuesto de pavimento para una MAC de alta absorción y asfalto convencional

PRESUPUESTO					
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado alta absorción y asfalto convencional				
Cliente	Universidad Católica de Santa María				
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa			Costo a:	Enero - 2021
Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS			-	114,805.04
01.01	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO C/EQUIPO	m3	3,234.59	11.08	35,835.32
01.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m3	3,881.51	17.62	68,398.58
01.03	PERFILADO Y COMPACTADO	m2	3,003.00	3.52	10,571.14
02	PAVIMENTO			-	501,995.27
02.01	SUB BASE GRANULAR E=0.35M	m3	1,051.05	93.43	98,195.88
02.02	BASE GRANULAR E=0.40M	m3	1,156.32	116.87	135,133.71
02.03	IMPRIMACIÓN	m2	2,323.20	4.19	9,740.17
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M	m3	418.18	619.18	258,925.50
03	FLETE TERRESTRE MAC				119,322.03
03.01	FLETE TERRESTRE MATERIALES MAC	Glb	1.00	119,322.03	119,322.03
04	LAVADO DE AGREGADO				4,712.92
04.01	LAVADO DE AGREGADO	m3	309.45	15.23	4,712.92
COSTO DIRECTO INFRAESTRUCTURA (S/)					740,835.26

Fuente: Elaboración propia

La partida de la carpeta asfáltica en caliente comprende los siguientes insumos:

Tabla 148: APU para una MAC de alta absorción y asfalto convencional

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS							
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado alta absorción y asfalto convencional						
Cliente	Universidad Católica de Santa María						
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa				Costo a:	Enero - 2021	
Partida	02.04	CARPETA ASFALTICA			Rend:	120.0000	
		EN CALIENTE E=0.18M				m3/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
47010001	CAPATAZ	HH	1.000	0.0667	28.19	1.88	
47010003	OFICIAL	HH	3.000	0.2000	18.56	3.71	
47010004	PEON	HH	6.000	0.4000	16.78	6.71	
						12.30	
Materiales							
20104002	PETROLEO D-2	gal		3.89	9.23	35.90	
20104001	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	gal		41.64	9.50	395.62	
2070100	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.83	78.00	64.41	
2070200	ARENA GRUESA	m3		0.74	65.00	47.78	
2070202	FILLER	kg		44.43	0.75	33.32	
						577.04	
Equipos							
37010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.30	0.62	
49030022	RODILLO NEUMATICO AUTOP 60-80 HP 3-5 TON	hm	1.000	0.0667	119.31	7.96	
49030028	RODILLO TANDEM VIBR AUTOP 80-100 HP 6-8T	hm	1.000	0.0667	145.58	9.71	
49910033	PAVIMENTADORA 105HP X 10'	hm	1.00	0.0667	173.14	11.55	
						29.83	
Costo unitario por m3 (S/):						619.18	

Fuente: Elaboración propia

12.5. PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE ALTA ABSORCIÓN Y CEMENTO ASFALTICO MODIFICADA CON POLÍMERO

12.5.1. Cantidad por m3 para cada componente de la MAC

Tabla 149: Cantidad de material para una MAC de alta absorción y asfalto con polímero

Material	Cantidad en %	Cantidad en kg/m ³	Volumen por m ³ de MAC	Cantidades para un m ³ de MAC	
Cemento asfaltico	6.80%	161.90	0.16	41.93	gal
Agregado Grueso	49.40%	1176.04	0.82	0.82	m ³
Agregado Fino	41.94%	998.53	0.73	0.73	m ³
Filler Mineral	1.86%	44.38	0.02	44.38	kg
Total	100.00%	2217.26	1.74		

Fuente: Elaboración propia

12.5.2. Presupuesto del Pavimento

Tabla 150: Presupuesto de pavimento para una MAC con alta absorción y asfalto con polímero

PRESUPUESTO					
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado alta absorción y asfalto con polímero				
Cliente	Universidad Católica de Santa María				
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa			Costo a:	Enero - 2021
Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				114,805.04
01.01	EXCAVACION DE MATERIAL SUELTO C/EQUIPO	m ³	3,234.59	11.08	35,835.32
01.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE C/EQUIPO	m ³	3,881.51	17.62	68,398.58
01.03	PERFILADO Y COMPACTADO	m ²	3,003.00	3.52	10,571.14
02	PAVIMENTO				623,204.70
02.01	SUB BASE GRANULAR E=0.35M	m ³	1,051.05	93.43	98,195.88
02.02	BASE GRANULAR E=0.40M	m ³	1,156.32	116.87	135,133.71
02.03	IMPRIMACIÓN	m ²	2,323.20	4.19	9,740.17
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M	m ³	418.18	909.03	380,134.94
03	FLETE TERRESTRE MAC				119,322.03
03.01	FLETE TERRESTRE MATERIALES MAC	Glb	01	119,322.03	119,322.03
04	LAVADO DE AGREGADO				4,712.92
04.01	LAVADO DE AGREGADO	m ³	309.45	15.23	4,712.92
COSTO DIRECTO INFRAESTRUCTURA (\$)					862,044.69

Fuente: Elaboración propia

La partida de la carpeta asfáltica en caliente comprende los siguientes insumos:

Tabla 151: APU para una MAC con alta absorción y asfalto con polímero

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS						
Presupuesto	Presupuesto para pavimento con mezcla asfáltica con agregado alta absorción y asfalto con polímero					
Cliente	Universidad Católica de Santa María					
Ubicación	San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa				Costo a:	Enero 2021
Partida	02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.18M			Rend:	120.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra					
47010001	CAPATAZ	HH	1.000	0.0667	28.19	1.88
47010003	OFICIAL	HH	3.000	0.2000	18.56	3.71
47010004	PEON	HH	6.000	0.4000	16.78	6.71
	12.30					
	Materiales					
20104002	PETROLEO D-2	gal		3.89	9.23	35.90
20104001	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	gal		41.93	16.35	685.63
2070100	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.82	78.00	64.35
2070200	ARENA GRUESA	m3		0.73	65.00	47.73
2070202	FILLER	kg		44.38	0.75	33.28
	866.89					
	Equipos					
37010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	12.30	0.62
49030022	RODILLO NEUMATICO AUTOP 60-80 HP 3-5 TON	hm	1.000	0.0667	119.31	7.96
49030028	RODILLO TANDEM VIBR AUTOP 80-100 HP 6-8T	hm	1.000	0.0667	145.58	9.71
49910033	PAVIMENTADORA 105HP X 10'	hm	1.00	0.0667	173.14	11.55
	29.83					
Costo unitario por m3 (S/):						909.03

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los presupuestos para las partidas de Carpeta asfáltica en caliente ($e=0.18$ m) se tiene:

12.6. RESUMEN DE PRESUPUESTOS OBTENIDOS PARA CADA MAC

Se presenta el resumen de presupuesto obtenido para el diseño del pavimento flexible, involucrando criterios de gastos en cada MAC

Tabla 152: Resumen de Presupuesto para los diseños MAC desarrollados

Tipo de cemento y agregado	Presupuesto (S/)
Normal absorción y cemento PEN 120/150	706,692.66
Normal absorción y cemento modificada con polímero	806,935.07
Alta absorción y cemento PEN 120/150	740,835.26
Alta absorción y cemento modificada con polímero	862,044.69

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 63: Presupuesto total vs MAC según tipo de agregado y cemento asfáltico
Fuente: Elaboración propia

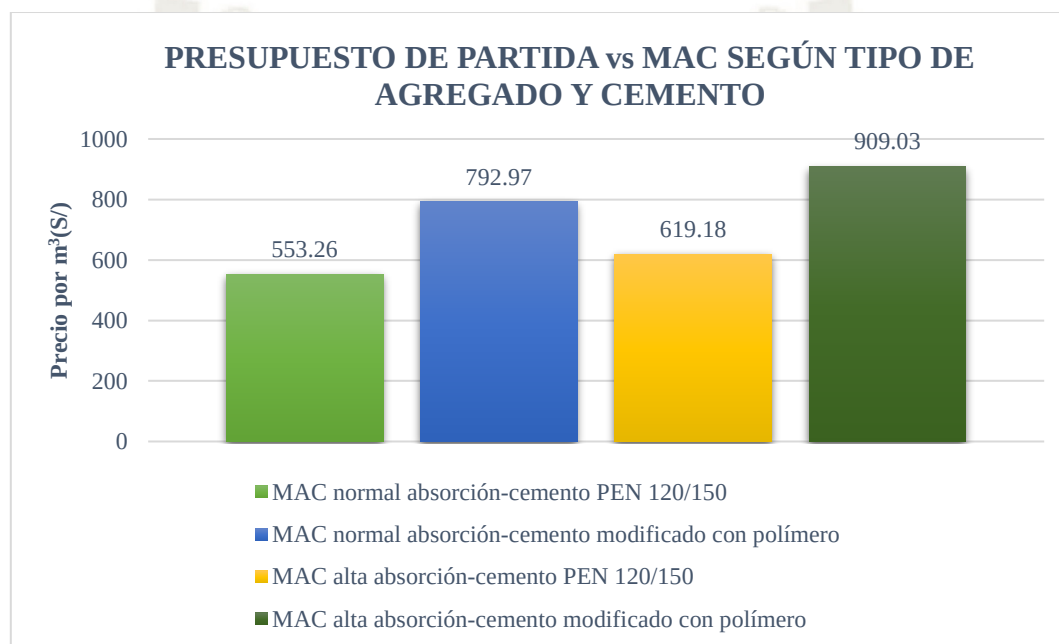
12.7. RESUMEN Y ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS OBTENIDOS

Tabla 153: Resumen de Análisis de Precios Unitarios para los diseños MAC desarrollados

Tipo de cemento y agregado	Presupuesto/m³ (S/)
Normal absorción y cemento PEN 120/150	553.26
Normal absorción y cemento modificada con polímero	792.97
Alta absorción y cemento PEN 120/150	619.18
Alta absorción y cemento modificada con polímero	909.03

Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 64; un pavimento con agregado de alta absorción y cemento modificado es el de mayor costo por metro cúbico; y el más económico vendría a ser el pavimento de normal absorción con cemento convencional. La diferencia entre una MAC con el mismo tipo de agregado, pero diferente cemento es de 239.71 soles, siendo el de mayor costo el de cemento modificado con polímero. Asimismo, entre la MAC con agregado de alta absorción; la diferencia es de 289.85 soles, siendo el más económico el de cemento PEN 120/150.



Gráfica 64: Análisis de precios unitarios vs MAC según tipo de agregado y cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia

Para mezclas asfálticas con agregados de normal absorción, el uso de cemento asfáltico con polímero SBS IC en costo representa un 144.33% respecto a un cemento asfáltico convencional PEN 120/150. Y para agregados de alta absorción, el uso de cemento asfáltico con polímero SBS IC en costo representa un 146.81% respecto a un cemento asfáltico convencional PEN 120/150. Es decir que la diferencia económica entre el uso de cemento asfáltico respecto a cualquier uso de agregado, representa un incremento en costo de aproximadamente el 45.60% al usar Polímero respecto a uno Convencional.

La diferencia económica de diseño de mezcla asfáltico con cemento convencional de un agregado de alta absorción representa un 111.91% de gasto respecto a un agregado con normal absorción. Y para el diseño de mezcla asfáltico con cemento modificado con polímero SBS de un agregado de alta absorción representa un 114.64% de incremento en

costo respecto a un agregado con normal absorción. Eso indica que la diferencia económica de uso de agregados pétreos con diferente absorción al usar cemento asfáltico convencional o modificado, representa un incremento de 13.3% al usar agregados de Alta absorción respecto a normal absorción.



CONCLUSIONES

1. Para los cuatro diseños de MAC con agregados de normal y alta absorción usando asfalto modificado y convencional, se concluye que el uso de agregados pétreos cuya propiedad de la absorción sea mayor que lo especificado en la norma EG 2013 implica un mayor consumo de asfalto, cuya influencia en los parámetros Marshall (estabilidad y flujo) se determinó que no presentan una variación significativa; y en relación a su desempeño por humedad (TSR e inmersión-compresión) muestran mejores efectos en agregados de normal absorción. Sin embargo, el uso del tipo de cemento asfáltico; indistintamente de las propiedades del agregado, la variación es mínima, en un incremento de 0.1% de una MAC con polímero respecto a un convencional; y en relación a sus parámetros de estabilidad, flujo, TSR e inmersión-compresión, una MAC con polímero tiene mayores resultados, por ende, mejor desempeño y durabilidad del pavimento en comparación a una MAC convencional.
2. Se determino los ensayos que nos permitan responder la variación e influencia del uso de agregados pétreos con normal y alta absorción de una mezcla asfáltica con polímero y convencional. Respecto a las propiedades volumétricas del diseño Marshall para los diseños MAC ejecutados se obtuvieron tendencias distintas que serán detalladas a continuación:
 - 2.1.En una mezcla con agregado de normal absorción tienen mayor porcentaje de vacíos en relación a una mezcla con agregado de alta absorción. Asimismo, las mezclas que usan cemento asfáltico PEN 120/150 presentan mejores resultados que aquella que usa un cemento modificado con polímero, aunque la diferencia sea mínima y no excede de 0.05%.
 - 2.2.Las MAC con agregados cuyas propiedades cumplan con los requisitos de la norma EG-2013 presentan mejores vacíos en su agregado (VMA) comparando con una mezcla cuyo agregado exceda su absorción. En tanto, el uso de cemento asfáltico modificado con polímero incrementa en 0.09% en promedio en comparación a las MAC con cemento convencional.
 - 2.3.Los vacíos llenados con asfalto (VFA) presentan mejores resultados en mezclas asfálticas en caliente con agregados de alta absorción y cemento modificado con

polímero. Este incremento es de 0.39% y 0.27% entre una MAC de normal y alta absorción variando el tipo de cemento asfáltico, respectivamente.

3. Los parámetros de diseño Marshall (flujo y estabilidad), en relación a los MAC's desarrollados con agregados de alta y normal absorción se obtuvieron valores que no difieran en gran magnitud, tanto para asfalto convencional y polímero se obtuvieron diferencias menores del 5%, concluyendo que el comportamiento de un agregado con diferencias en la propiedad de la absorción no generan cambios desfavorables al diseñar mezclas asfálticas en caliente con agregados pétreos de alta absorción, esto se debe al cumplimiento de los parámetros volumétricos de diseño de Marshall, pues una MAC con alta absorción consume mayor cemento asfáltico. Sin embargo, el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBS IC, tanto para diseños con alta y normal absorción, mejora considerablemente en aproximadamente en 45% la estabilidad y flujo respecto a un asfalto convencional PEN 120/150.
4. Los cuatro ensayos de resistencia a la tracción indirecta (TSR) ejecutados en laboratorio mostraron que el esfuerzo a la tensión y, por ende, una mejor razón entre el grupo seco y sumergido, son de mayor magnitud en MAC con polímero SBS y agregado de normal absorción, con 93.3% y 1175.4 kPa. Asimismo, los TSR en mezclas que usan asfalto modificado; sin importar el valor de la absorción del agregado tienen mejor desempeño en relación a aquellos que usan cemento PEN 120/150.
5. Se realizó el ensayo de inmersión-compresión en el laboratorio de la UCSM. Los valores de resistencia a la compresión simple en estado seco para una MAC con agregados pétreos con normal absorción, con cemento asfáltico convencional y polímero, presentan resultados superiores en aproximadamente en 2,34% respecto a agregados pétreos de alta absorción, y en estado húmedo aproximadamente superior en 7%; estos resultados dan un indicativo que se tiene un mejor desempeño a la humedad en agregados de normal absorción. Y los resultados de un cemento asfáltico modificado con Polímero SBS mejora en aproximadamente en 2% la resistencia retenida de inmersión – compresión respecto a uno convencional. Para los cuatro diseños desarrollados todos cumplen la exigencia de la EG 2013.
6. La partida de carpeta asfáltica en caliente compuesto de agregado de normal absorción y cemento PEN 120/150 tiene un costo directo de S/. 553.26 por m³,

mientras que la carpeta asfáltica con el mismo agregado y cemento modificado con polímero cuesta S/. 792.97 por m³. El incremento es de S/. 239.71 con una variación de 43.3%. En cambio, las carpetas asfálticas compuestas por agregado de alta absorción y cemento convencional cuestan aproximadamente S/. 619.18 por m³ y aquellas que usan asfalto modificado tienen un costo de S/. 909.03. En este caso, el incremento es S/. 289.85, lo que representa una variación de 46.8%. Sin embargo, el aporte por m³ para cada partida se da en mayor cantidad en agregados de alta absorción puesto que el consumo de asfalto es mayor.

7. Se determinó el grado de desempeño siguiendo la metodología de AASHTO M323-13 dando como resultado un PG 64 -16, y de acuerdo al AASHTO M332-14 se obtuvo un PG 52V -16, cálculos realizados en el capítulo 3 de la presente investigación con información meteorológica de la estación Pillones. Con los grados de desempeños calculados, se procedió a determinar un cemento asfáltico que cumpla dicha especificación, donde el proveedor CAMOHESA brindó información del cemento asfáltico modificado con polímero SBS IC con un PG 70 -22.
8. El índice medio diario anual (IMDA) en sentido hacia Juliaca y Arequipa es de 1448 veh/día y 1299 veh/día, respectivamente. Asimismo, el vehículo común de la vía es el semitrayler >3S3 y se tiene aproximadamente 76 millones de ejes equivalentes.
9. Se realizó la caracterización de la subrasante, realizando dos calicatas en el tramo de estudio, donde se observó la existencia de dos estratos por calicata, los cuales se tomó muestras representativas para su análisis en laboratorio, la información detallada se desarrolló en el capítulo 5. La finalidad de la exploración de suelos es determinar el valor de CBR, valor requerido para el cálculo de espesor de pavimento, en conclusión, se determinó el CBR más desfavorable de 7.1% explicado en el ítem 7.2.2.2, lo cual el manual de carreteras del MTC 2014 lo categoriza como una Subrasante Regular.
10. El material subbase y base granular de la cantera Chiguata cumple con los requerimientos mínimos técnicos especificados en el Manual de Carreteras “Especificaciones Generales para la Construcción” EG-2013.
11. Se diseñó la estructura del pavimento flexible siguiendo el manual de carreteras MTC-2014 y la guía AASHTO 93, el detalle del cálculo se detalla en el capítulo 7.

Se determinó un espesor de carpeta asfáltica de 0.18 m, Base granular de 0.40 m y Sub base granular de 0.35m.

12. El agregado seleccionado para las mezclas compuestas de material de normal absorción proviene de la cantera “La Poderosa” cuyos resultados de ensayos cumplían con los requerimientos para climas fríos y una altura mayor a 3000 m.s.n.m. En cambio, el agregado de alta absorción fue escogido de dos canteras: la piedra chancada es de la cantera de Río Socabaya y la arena gruesa proviene de la cantera Chiguata.



RECOMENDACIONES

1. Es de vital importancia, verificar las propiedades de los agregados pétreos que se usan para los proyectos de carreteras. En caso, los agregados de la cantera que incumplan con la especificación de absorción, pueden usarse teniendo en cuenta que genera mayor consumo de asfalto, por ende, mayor costo del pavimento. Sin embargo, el diseño debe cumplir con las exigencias de los parámetros Marshall y desempeño por humedad establecidos en la norma EG-2013, como es el caso de los resultados obtenidos en la presente investigación.
2. En general, para la preparación de briquetas en los diseños de mezclas asfálticas en caliente, la temperatura de mezclado y compactación del cemento asfáltico deben contar con un control riguroso para evitar alteraciones que perjudiquen en el ensayo, esto debido a que pueden afectar sus propiedades. Además, todos los instrumentos y/o materiales utilizados deberán estar debidamente calentados como se indica el manual de ensayos de materiales del MTC.
3. En lo posible es recomendable usar agregados que cumplan todas las especificaciones técnicas de especificaciones generales EG 2013 y recomendaciones del manual de carreteras. Sin embargo, los agregados cuya absorción se encuentra fuera de los límites establecidos por la norma, se demostró en la presente tesis que trabaja de la misma manera que un agregado que si los cumple, esto en relación a la estabilidad y flujo, teniendo en consideración que conlleva mayor uso de cemento asfáltico.
4. En el ensayo de resistencia a la tracción indirecta (TSR) los procesos de congelamiento y de ebullición deberán estar controlados en su temperatura para evitar alguna afectación debido a la variación térmica extrema. Asimismo, cuando los especímenes son cubiertos con bolsas plásticas y sumergidas en baño maría, se debe verificar que éstas se encuentren totalmente cerradas para evitar cualquier tipo de filtración.
5. De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, referente al comportamiento a la humedad en el ensayo Inmersión - Compresión, se recomienda el uso de agregados pétreos que en lo posible cumplan las especificaciones EG-2013 para zonas de altura, pues un mejor desempeño frente a condiciones adversos de

extremo friaje y constantes lluvias, permiten mantener la durabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil.

6. Los precios unitarios deben ser actualizados para el presente año para evitar algunos errores de cálculos de presupuesto.
7. Es recomendable usar cementos asfálticos superiores al PG calculado teóricamente. Para análisis de la presente investigación se comparó resultados de un asfalto convencional PEN 120/150 que cuenta con un PG 58 -16 y un asfalto modificado con polímero SBS IC con un PG 70 -22. En relación al cálculo del PG teórico se estimó un PG 64 -16, dando como información que el asfalto convencional no cumple con dicha especificación, por ende, la durabilidad en proyectos para las condiciones del lugar de estudio no será óptima, mientras que el asfalto con polímero al cumplir el PG calculado, tendrá un mejor rendimiento en el pavimento. También es necesario extraer el mayor número de información meteorológica en el lugar de estudio.
8. Es importante siempre darle un factor de confiabilidad al estudio de tránsito ya que existe mucha variación entre el conteo de un mes con respecto a otro.
9. Para la caracterización de la subrasante, deberá extraerse muestras inalteradas y en el menor tiempo posible poner a ensayarlos en laboratorio, para así obtener valores que se asemejen a las condiciones naturales que se encontraron. Además, en todo momento seguir lo especificado en el manual de ensayo de materiales del MTC para obtener información acorde a lo estipulado. Se sugiere que se tome el valor más desfavorable de CBR de las calicatas para obtener un diseño de pavimento asfáltico que guarde relación con el factor de seguridad en su ejecución.
10. Los equipos a usar en los diferentes ensayos de caracterización de materiales deben estar correctamente calibrados y en su defecto, usarlos de la mejor manera para que los resultados sean más precisos.
11. El número estructural propuesto en todo diseño de pavimento flexible deberá ser superior al número estructural calculado y a partir de ello calcular el espesor del pavimento.
12. Realizar el diseño de mezcla asfáltica con todas las medidas de seguridad necesarias, a fin de evitar posibles accidentes en laboratorio, debido al alto grado de calor con que se trabaja con el cemento asfáltico.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C.
- Aguilar, D. (2019). Análisis de desempeño por humedad de una mezcla asfáltica convencional con gradación Marshall y SUPERPAVE. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín.
- Airey, G., Collop, A., Zoorob, S., & Elliott, R. (2008). The influence of aggregate, filler and bitumen on asphalt mixture moisture damage. *Construction and Building Materials*, 22(9), 2015-2024.
- Arias, K. (2014). Análisis estadístico del comportamiento de los agregados en las canteras de Arequipa para diferentes resistencias del concreto. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santa María.
- Asphalt Institute (1982). *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente*. Serie de Manuales N° 22 (MS-22). Asphalt Institute. Lexington, KY
- Asphalt Institute (1994). *Antecedentes del Diseño y Análisis de Mezclas Asfálticas de SUPERPAVE*. Asphalt Institute. Lexington, KY
- Asphalt Institute (2014). *Asphalt Mix Design Methods*. Manual Series N° 02 (MS-2). Asphalt Institute. USA
- Benavides, M. (2016). Efecto de la variación de la relación polvo/asfalto sobre la durabilidad de mezclas asfáltica. (Tesis de Licenciatura en ingeniería en construcción). Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Cal y Mayor, R. y Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones*. México D.F., México. Alfaomega Grupo Editor.
- Corredor, G. (s.f.). *Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO*. Maestría en Vías Terrestres Modulo III Diseño de Pavimentos I. Universidad Nacional de Ingeniería. Capítulo III “La guía de Diseño AASHTO-93”
- Estrada, R. (2017). Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 Plus y una mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS PG 70-28. (Tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco

- Figuerola, A., & Reyes, F. (2015). Análisis de la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica a partir del ensayo MIST y del programa iPAS 2D®. *Revista Infraestructura Vial*, 17(30), 31-39.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement Analysis and Design*. Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Instituto Mexicano del Transporte (2004). Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Recuperado de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>
- Lopez, T., Miró, R. (2017). El daño por humedad en las mezclas asfálticas. Plataforma Tecnología Española de la Carretera (PTC)
- Lottman, R. P. (1971). The moisture mechanism that causes asphalt stripping in asphaltic pavement mixtures.
- Lu, Q., & Harvey, J. (2006). Field Investigation of Factors Associated With Moisture Damage in Asphalt Pavements. 10th ISAP International Conference on asphalt pavements, Quebec, Canada.
- Macedo, A. (2016). Evaluación de la compatibilidad entre el cemento asfáltico PEN 120/150 mejorado con un promotor de adherencia y el agregado piedra tipo granito (C. Leopoldo) y su efecto en la calidad y resistencia de la mezcla asfáltica en caliente, caso Tramo Bambamarca-Hualgayoc de la carretera Chongoyape-Cochabamba-Cajamarca. (Tesis de postgrado). Universidad Privada Antenor Orrego.
- Maher, M., Marshall, C., Harrison, F., and Baumgaertner, K. (2005). “Context Sensitive Roadway Surfacing Selection Guide”. Rep. N° FHWA-CFL/TD-05-004, Golder Associates Inc., Federal Highway Administration, Lakewood, CO.
- Maila, M. (2013). Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA). (Grado). Universidad Central del Ecuador.
- Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos*. Materiales, Lima, Perú. Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia – ICG.
- Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos*. Variables de diseño, Lima, Perú. Fondo Editorial del Instituto de la Construcción y Gerencia – ICG.

- Minaya, S. y Ordoñez, A. (2008). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Lima, Perú. Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Montejo, A. (2002). Ingeniera de Pavimentos para Carreteras. Bogotá, D.C. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013). “Manual de Carreteras”. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. Lima, Perú.
- MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014), “Manual de carreteras”. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección Suelos y pavimentos. R.D. N° 10-2014-MTC/14. Lima, Perú.
- MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de materiales. Lima, Perú.
- OSITRAN – Organismo de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (2020). Boletín estadístico de Carreteras Mayo 2020. <https://www.ositran.gob.pe/anterior/publicaciones/boletin-estadistico-mayo-2020/>
- Pilares, C. (2018). Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropileno incorporada para condiciones de zonas de altura. (Tesis de pregrado). Universidad San Ignacio de Loyola.
- Rondón, H. y Reyes, F. (2015). Pavimentos: materiales, construcción y diseño. Lima, Perú. Empresa Editora Macro EIRL.
- Rondón, H., Pinzón, M., Reyes, F., Vacca, H., Moreno, L., & Vargas, X. (2008). Influencia de las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá sobre la estabilidad y el flujo Marshall de una mezcla densa en caliente. Studiositas, 3(2), 60 – 66.
- Sivana, C. (2019). Diseño de pavimento asfáltico del Km 200+100 al Km 205+100 de la vía nacional Velille-Espinar en el departamento de Cuzco. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín.

ANEXOS

Anexo 1: Datos meteorológicos de Estación Pillones para cálculo de Grado Desempeño.

Anexo 2: Conteo vehicular para Estudio de tráfico.

Anexo 3: Ensayos desarrollados para material Sub rasante.

Anexo 4: Perfil Estratigráfico

Anexo 5: Ensayos desarrollados para material Sub base

Anexo 6: Ensayos desarrollados para material Base

Anexo 7: Granulometría MAC – 1

Anexo 8: Ensayos Agregados Pétreos Normal Absorción – Cantera La Poderosa

Anexo 9: Ensayos Agregados Pétreos Alta Absorción – Cantera Socabaya como agregado grueso y Cantera Chiguata como agregado fino.

Anexo 10: Caracterización de material Filler – roca sílice CARPETEK

Anexo 11: Especificación Cemento asfáltico convencional PEN 120/150

Anexo 12: Especificación Cemento asfáltico modificado con Polímero SBS IC

Anexo 13: Dosificación De Material Petreo, Filler Y Cemento Asfáltico Para Diseño Marshall En Peso Constante De 1200 g

Anexo 14: Diseño Marshall y comprobación para una MAC con agregado normal absorción y asfalto convencional PEN 120/150

Anexo 15: Diseño Marshall y comprobación para una MAC con agregado normal absorción y asfalto con polímero SBS IC

Anexo 16: Diseño Marshall y comprobación para una MAC con agregado alta absorción y asfalto convencional PEN 120/150

Anexo 17: Diseño Marshall y comprobación para una MAC con agregado alta absorción y asfalto con polímero SBS IC

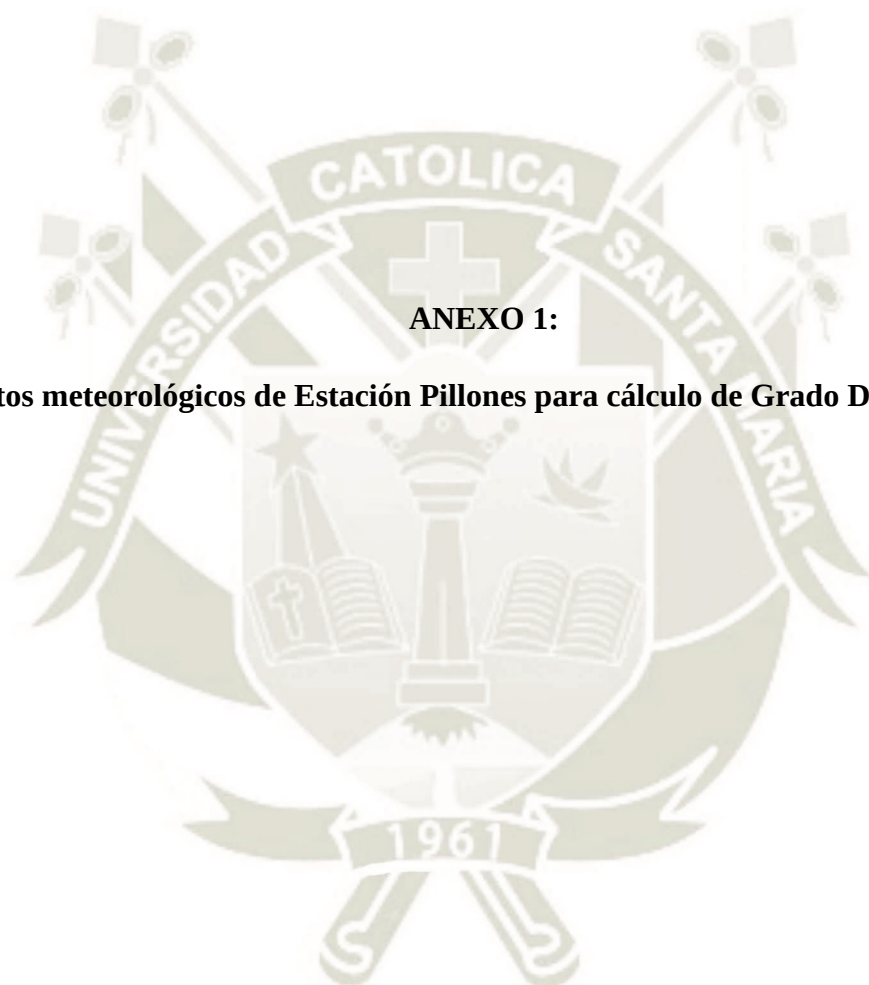
Anexo 18: Diseño Marshall para obtención de 7% de vacíos en TSR – para los cuatro diseños desarrollados

Anexo 19: Metrados de pavimento flexible tramo km 141 + 180 al km 141 + 400 de la carretera Interoceánica sur.

Anexo 20: Análisis de precios unitarios para presupuesto de diseño pavimento flexible

ANEXO 1:

Datos meteorológicos de Estación Pillones para cálculo de Grado Desempeño.



D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
01/01/2003	10.6	0.2	03/03/2003	12.8	0.6	03/05/2003	13.6	-6.8	03/07/2003	11.2	-13.2
02/01/2003	12.0	1.2	04/03/2003	11.2	-1.8	04/05/2003	13.2	-9.6	04/07/2003	10.8	-11.4
03/01/2003	12.6	1.6	05/03/2003	11.4	1.6	05/05/2003	13.8	-10	05/07/2003	9.8	-14.2
04/01/2003	13.0	-4.6	06/03/2003	12.8	-2.6	06/05/2003	14.2	-8.4	06/07/2003	9.6	-17.6
05/01/2003	15.4	0.4	07/03/2003	11.8	-2.4	07/05/2003	14.6	-9.6	07/07/2003	10.6	-11.8
06/01/2003	16.6	5.6	08/03/2003	12.6	-2.8	08/05/2003	12.0	-11.6	08/07/2003	11.4	-17.2
07/01/2003	16.0	-1.2	09/03/2003	13.2	2.6	09/05/2003	12.2	-12.2	09/07/2003	12.8	-15
08/01/2003	16.8	1	10/03/2003	15.2	-4	10/05/2003	12.8	-12.4	10/07/2003	10.8	-13.8
09/01/2003	15.6	-0.2	11/03/2003	13.8	-3.2	11/05/2003	12.8	-8.4	11/07/2003	12.6	-13
10/01/2003	14.4	-0.2	12/03/2003	12.8	-0.8	12/05/2003	13.0	-8.8	12/07/2003	12.4	-11.8
11/01/2003	13.8	2.6	13/03/2003	13.2	-5.6	13/05/2003	13.2	-6.6	13/07/2003	12.6	-9.4
12/01/2003	14.0	3.8	14/03/2003	12.8	-4.2	14/05/2003	13.8	-6.8	14/07/2003	12.2	-11.2
13/01/2003	13.8	0	15/03/2003	13.2	-6.8	15/05/2003	12.8	-5.2	15/07/2003	11.2	-11.4
14/01/2003	12.8	0.6	16/03/2003	13.0	-3.4	16/05/2003	11.8	-4.4	16/07/2003	11.0	-13.6
15/01/2003	14.2	-0.2	17/03/2003	13.4	1.6	17/05/2003	11.0	-3.2	17/07/2003	10.6	-10.2
16/01/2003	12.6	0	18/03/2003	12.0	0.4	18/05/2003	10.8	-1.8	18/07/2003	9.8	-8.4
17/01/2003	11.0	-0.2	19/03/2003	10.2	0	19/05/2003	9.6	-1.8	19/07/2003	9.4	-3.4
18/01/2003	12.0	0.2	20/03/2003	11.0	-0.2	20/05/2003	8.6	-5.4	20/07/2003	12.8	-3.2
19/01/2003	9.4	-0.4	21/03/2003	9.8	0.4	21/05/2003	10.0	-8.4	21/07/2003	13.6	-11.4
20/01/2003	9.8	-1	22/03/2003	11.4	1.4	22/05/2003	11.4	-10.6	22/07/2003	12.8	-11.8
21/01/2003	10.6	-1.8	23/03/2003	12.0	1.2	23/05/2003	12.0	-10.4	23/07/2003	13.0	-13
22/01/2003	11.6	-1.6	24/03/2003	11.4	-2	24/05/2003	11.2	-9	24/07/2003	12.8	-12
23/01/2003	14.8	-3	25/03/2003	11.0	-4	25/05/2003	10.6	-10.4	25/07/2003	13.2	-12.6
24/01/2003	13.6	1.4	26/03/2003	11.8	-3.2	26/05/2003	10.8	-13	26/07/2003	12.2	-12.8
25/01/2003	12.8	2.4	27/03/2003	12.2	-0.8	27/05/2003	9.8	-11.2	27/07/2003	11.8	-12.3
26/01/2003	13.2	2.4	28/03/2003	11.6	-1.6	28/05/2003	12.6	-11	28/07/2003	10.6	-12
27/01/2003	13.0	-0.8	29/03/2003	10.6	-1	29/05/2003	11.8	-10.6	29/07/2003	10.2	-11.8
28/01/2003	13.2	-0.8	30/03/2003	11.2	0.9	30/05/2003	12.8	-12.4	30/07/2003	10.4	-11.2
29/01/2003	13.0	0	31/03/2003	10.2	1	31/05/2003	13.4	-10.8	31/07/2003	14.0	-12.2
30/01/2003	13.0	-1.6	01/04/2003	10.8	2.2	01/06/2003	12.6	-12.8	01/08/2003	11.6	-8.2
31/01/2003	10.2	-2	02/04/2003	11.6	0.2	02/06/2003	10.4	-11	02/08/2003	10.8	-9.8
01/02/2003	12.8	1.4	03/04/2003	12.0	-1	03/06/2003	12.0	-12.4	03/08/2003	9.4	-10.4
02/02/2003	13.8	-1.6	04/04/2003	10.6	-0.6	04/06/2003	12.8	-14.2	04/08/2003	7.4	-4.2
03/02/2003	14.0	-1.6	05/04/2003	11.0	-3.8	05/06/2003	13.0	-14	05/08/2003	8.6	-11.2
04/02/2003	13.6	0	06/04/2003	12.6	-4.6	06/06/2003	13.2	-14.6	06/08/2003	9.4	-11.4
05/02/2003	14.2	-0.6	07/04/2003	9.8	-3.2	07/06/2003	12.6	-13.4	07/08/2003	9.2	-9.6
06/02/2003	15.0	-2.2	08/04/2003	10.8	-2.8	08/06/2003	12.8	-11.2	08/08/2003	8.8	-11.8
07/02/2003	15.0	-2	09/04/2003	11.6	-3.6	09/06/2003	12.8	-11.4	09/08/2003	10.8	-8.2
08/02/2003	15.2	-2.6	10/04/2003	11.2	-5.2	10/06/2003	12.8	-11.6	10/08/2003	11.2	-4.8
09/02/2003	15.0	-4.2	11/04/2003	12.0	-4.8	11/06/2003	14.6	-12.4	11/08/2003	11.0	-11
10/02/2003	12.4	-4	12/04/2003	12.2	-6.2	12/06/2003	13.8	-12	12/08/2003	12.0	-11.8
11/02/2003	13.6	0.2	13/04/2003	12.6	-7.4	13/06/2003	13.8	-13.2	13/08/2003	12.6	-13.4
12/02/2003	13.8	-0.4	14/04/2003	12.8	-6.4	14/06/2003	13.6	-11.6	14/08/2003	12.8	-13
13/02/2003	13.4	-1.2	15/04/2003	13.0	-3.8	15/06/2003	14.0	-13.4	15/08/2003	13.0	-13.2
14/02/2003	13.6	-0.8	16/04/2003	12.8	-4.2	16/06/2003	14.2	-13.2	16/08/2003	12.8	-13.6
15/02/2003	10.8	-1	17/04/2003	13.6	-6.8	17/06/2003	11.8	-12.8	17/08/2003	12.6	-14
16/02/2003	12.0	-1.8	18/04/2003	11.2	-10.4	18/06/2003	10.2	-14.6	18/08/2003	14.8	-11.8
17/02/2003	9.8	0.2	19/04/2003	14.8	-12	19/06/2003	9.4	-11.4	19/08/2003	13.0	-12.8
18/02/2003	7.8	0.2	20/04/2003	13.2	-10	20/06/2003	9.8	-9.8	20/08/2003	13.2	-11
19/02/2003	10.6	0.2	21/04/2003	13.0	-7.6	21/06/2003	11.8	-15.6	21/08/2003	12.6	-11.6
20/02/2003	11.2	-2.2	22/04/2003	11.4	-4.8	22/06/2003	12.0	-13	22/08/2003	12.2	-11.2
21/02/2003	10.6	1.6	23/04/2003	12.2	-4	23/06/2003	12.4	-14.2	23/08/2003	10.0	-12.2
22/02/2003	10.8	2.2	24/04/2003	12.6	-4.2	24/06/2003	11.8	-15.4	24/08/2003	10.6	-9.8
23/02/2003	12.2	1	25/04/2003	12.8	-4.4	25/06/2003	11.6	-12.4	25/08/2003	11.2	-10.6
24/02/2003	12.0	-1.4	26/04/2003	12.6	-3.8	26/06/2003	10.2	-13	26/08/2003	12.8	-11.6
25/02/2003	12.4	0.2	27/04/2003	14.2	-4.2	27/06/2003	10.0	-14.4	27/08/2003	10.8	-4
26/02/2003	12.8	0	28/04/2003	14.6	-5.4	28/06/2003	11.4	-14.2	28/08/2003	13.0	-10
27/02/2003	12.2	-1.8	29/04/2003	15.2	-6.8	29/06/2003	12.4	-13.8	29/08/2003	8.8	-15
28/02/2003	12.4	-2	30/04/2003	15.4	-7	30/06/2003	10.8	-11.4	30/08/2003	8.2	-15.2
01/03/2003	11.4	0	01/05/2003	15.4	-7.2	01/07/2003	12.0	-12.4	31/08/2003	13.2	-11.4
02/03/2003	9.8	0.2	02/05/2003	14.2	-6.8	02/07/2003	12.4	-12.8	01/09/2003	12.4	-11.2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
02/09/2003	12	-10.2	02/11/2003	13	-12.2	02/01/2004	15.2	-2	03/03/2004	15.4	-2.8
03/09/2003	10	-9.4	03/11/2003	14.2	-11.2	03/01/2004	12.2	0.2	04/03/2004	14.8	-1.8
04/09/2003	12.4	-9.8	04/11/2003	13.4	-10.8	04/01/2004	12.6	1.6	05/03/2004	13.8	-1
05/09/2003	11.8	-10.4	05/11/2003	14.8	-10.6	05/01/2004	10.4	1.4	06/03/2004	13.6	-4.6
06/09/2003	10.2	-7.6	06/11/2003	15.4	-12.4	06/01/2004	9.8	0	07/03/2004	13.8	-1.2
07/09/2003	9.2	-12.4	07/11/2003	16.2	-11.6	07/01/2004	11.2	0.2	08/03/2004	13.4	1.4
08/09/2003	10	-15	08/11/2003	15.6	-13.6	08/01/2004	10	0	09/03/2004	12.4	0.2
09/09/2003	10.8	-15.2	09/11/2003	14.4	-5.8	09/01/2004	10.2	1.2	10/03/2004	12.8	0.4
10/09/2003	11.8	-12.2	10/11/2003	15.6	-4.8	10/01/2004	10	0.8	11/03/2004	12.6	1.8
11/09/2003	8.6	-10.6	11/11/2003	12.8	0	11/01/2004	11.8	1.8	12/03/2004	12.2	-0.2
12/09/2003	10	-4.8	12/11/2003	15.2	-7.4	12/01/2004	11.4	1.4	13/03/2004	14.2	1
13/09/2003	11.4	-7.2	13/11/2003	16.2	-1.6	13/01/2004	10.2	2.6	14/03/2004	14.4	-0.8
14/09/2003	12.2	-5.6	14/11/2003	14.4	-9.2	14/01/2004	10.8	0.2	15/03/2004	13.6	-0.8
15/09/2003	12.8	-12.2	15/11/2003	14	-8.6	15/01/2004	10	-1.2	16/03/2004	14.6	-1.2
16/09/2003	13	-10.6	16/11/2003	14.8	-13.2	16/01/2004	7.8	-1.2	17/03/2004	12.4	-1.8
17/09/2003	12.6	-10.8	17/11/2003	12.4	-12	17/01/2004	6.8	-0.6	18/03/2004	14.4	-1.6
18/09/2003	13.4	-10	18/11/2003	14.8	-14.4	18/01/2004	10	-0.8	19/03/2004	13.8	-1.8
19/09/2003	13	-7.6	19/11/2003	15.2	-12.4	19/01/2004	11.6	-3.6	20/03/2004	15.2	-0.8
20/09/2003	13.2	-7	20/11/2003	16	-9	20/01/2004	12.2	-2.8	21/03/2004	11.4	0.2
21/09/2003	13.4	-6.6	21/11/2003	14.8	-1.2	21/01/2004	11.8	-4.2	22/03/2004	11	2.4
22/09/2003	12.8	-5.8	22/11/2003	16.4	-5.2	22/01/2004	12.4	-1.2	23/03/2004	10.2	2.2
23/09/2003	12.2	-3.4	23/11/2003	16	-7	23/01/2004	10.8	1.2	24/03/2004	10.4	1.4
24/09/2003	12	-11.4	24/11/2003	14.8	-7.2	24/01/2004	7.6	0.8	25/03/2004	12	0.6
25/09/2003	11.8	-13.4	25/11/2003	14.6	-5.8	25/01/2004	12.2	1.8	26/03/2004	12.4	-4
26/09/2003	12.8	-14.2	26/11/2003	15.6	-7	26/01/2004	12	2.6	27/03/2004	11.8	-3.2
27/09/2003	13.2	-12.4	27/11/2003	16.2	-4.6	27/01/2004	12.4	0.8	28/03/2004	12	-4
28/09/2003	14.2	-15.4	28/11/2003	14	-3.8	28/01/2004	12.6	-1.4	29/03/2004	13.4	-3.2
29/09/2003	12.6	-11.8	29/11/2003	14.2	-8.2	29/01/2004	12.8	-1	30/03/2004	12.2	2
30/09/2003	13.8	-12.8	30/11/2003	16.1	-11.8	30/01/2004	12.4	0.6	31/03/2004	12.6	0.8
01/10/2003	12	-14.6	01/12/2003	15.2	-4.8	31/01/2004	13.2	0	01/04/2004	13.4	0.2
02/10/2003	13.2	-11.2	02/12/2003	16.2	-11.6	01/02/2004	13.4	-0.6	02/04/2004	12.2	0
03/10/2003	13.4	-14.8	03/12/2003	16.4	-12.2	02/02/2004	14.2	2.4	03/04/2004	13.8	0.4
04/10/2003	12.8	-12.8	04/12/2003	15.8	-9.2	03/02/2004	13	0.8	04/04/2004	13.2	-0.2
05/10/2003	14.8	-14	05/12/2003	17.6	-7.2	04/02/2004	12.4	0.6	05/04/2004	12.2	2.6
06/10/2003	12.2	-12	06/12/2003	16.8	-8.4	05/02/2004	10.6	0.4	06/04/2004	13	-1
07/10/2003	13.2	-14.6	07/12/2003	16.4	-6.2	06/02/2004	9.8	0.2	07/04/2004	14.4	-2.2
08/10/2003	15.6	-14.8	08/12/2003	16.2	-8.4	07/02/2004	10.8	2.2	08/04/2004	12.2	-1
09/10/2003	15.2	-12.2	09/12/2003	16.6	-1.2	08/02/2004	11.4	1.2	09/04/2004	12.8	0.2
10/10/2003	14.2	-12.4	10/12/2003	14.2	-4.2	09/02/2004	11.2	3.4	10/04/2004	13.6	-0.6
11/10/2003	12.8	-11.4	11/12/2003	16.4	-5.2	10/02/2004	8.6	3.2	11/04/2004	13.8	-0.8
12/10/2003	14.4	-11.8	12/12/2003	15.8	-6.2	11/02/2004	9.4	0.2	12/04/2004	14.4	-1.6
13/10/2003	16.2	-13.4	13/12/2003	16.8	-6.6	12/02/2004	10.2	1.2	13/04/2004	13.6	2.8
14/10/2003	16	-13.2	14/12/2003	15.2	-8.8	13/02/2004	11.2	-0.8	14/04/2004	12.4	-3.6
15/10/2003	14.8	-10.2	15/12/2003	15.6	-9.4	14/02/2004	11.8	-1.4	15/04/2004	13.2	-4.6
16/10/2003	16.8	-8.4	16/12/2003	17.6	-4.6	15/02/2004	11.6	-2.8	16/04/2004	12.8	-5
17/10/2003	15.2	-5.2	17/12/2003	14	-2.8	16/02/2004	12.8	-3	17/04/2004	13.6	-4.8
18/10/2003	14.2	-10.8	18/12/2003	15.4	-1.6	17/02/2004	12.2	-1.2	18/04/2004	12.4	-5.2
19/10/2003	14.4	-9.6	19/12/2003	14.6	-1.4	18/02/2004	13.4	-2	19/04/2004	13.4	-3.2
20/10/2003	15.4	-9.2	20/12/2003	14.4	-1.6	19/02/2004	11.8	-1.8	20/04/2004	12.8	-6
21/10/2003	16.2	-8.2	21/12/2003	11.2	-1.6	20/02/2004	12.8	-0.8	21/04/2004	12.2	-8.6
22/10/2003	17.4	-9.4	22/12/2003	14.6	-1.4	21/02/2004	12.2	-1.2	22/04/2004	12.4	-8
23/10/2003	17.2	-7	23/12/2003	9.6	-0.4	22/02/2004	11.6	-6.8	23/04/2004	11.4	-7
24/10/2003	15.6	-5	24/12/2003	12	-1.8	23/02/2004	12.8	-8.2	24/04/2004	11.4	-6.2
25/10/2003	14.4	-5.2	25/12/2003	12.8	-1.6	24/02/2004	13.4	-6.2	25/04/2004	13.2	-6.6
26/10/2003	15.2	-6.8	26/12/2003	14.2	-2.2	25/02/2004	14	-4.4	26/04/2004	11.8	-2
27/10/2003	15.4	-7.8	27/12/2003	11	-2.8	26/02/2004	13.8	-0.6	27/04/2004	12.4	-3.4
28/10/2003	13.4	-6.2	28/12/2003	12.4	-5.6	27/02/2004	14.2	-1	28/04/2004	13.4	-4.2
29/10/2003	12.8	-1.2	29/12/2003	14	-3.4	28/02/2004	14.6	-2.2	29/04/2004	13.6	-5.6
30/10/2003	11.4	-0.4	30/12/2003	13.8	-2.2	29/02/2004	15.4	-2.4	30/04/2004	13.8	-4.8
31/10/2003	12.6	-4.8	31/12/2003	14.6	-0.2	01/03/2004	13.6	-3.2	01/05/2004	14.2	-5.4
01/11/2003	12.8	-13.4	01/01/2004	14.2	-0.8	02/03/2004	15	-3.2	02/05/2004	12.4	-6.2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
03/05/2004	13.2	-5.8	03/07/2004	0.8	-5.2	02/09/2004	13.4	-7.6	02/11/2004	14.8	-5.6
04/05/2004	10.8	-7	04/07/2004	4.8	-2.6	03/09/2004	12.4	-6.2	03/11/2004	17.2	-7.2
05/05/2004	10.6	-7.4	05/07/2004	6.8	-6.4	04/09/2004	13.4	-3.6	04/11/2004	14.2	-8.8
06/05/2004	11.2	-8.2	06/07/2004	7.8	-6.8	05/09/2004	14.8	-8.6	05/11/2004	16.4	-6.8
07/05/2004	11.6	-13.6	07/07/2004	8.2	-9.4	06/09/2004	14	-10.4	06/11/2004	14.8	-8.2
08/05/2004	12.2	-8.6	08/07/2004	9.2	-12.4	07/09/2004	13.8	-9.8	07/11/2004	15.2	-7.2
09/05/2004	11.8	-10	09/07/2004	9.4	-12.6	08/09/2004	12.8	-11.4	08/11/2004	15.8	-6.8
10/05/2004	12.4	-10.6	10/07/2004	10.8	-12.6	09/09/2004	11.8	-12	09/11/2004	16.8	-6.2
11/05/2004	13.4	-10.2	11/07/2004	10.2	-9.8	10/09/2004	14.2	-7	10/11/2004	15.8	-10.8
12/05/2004	11	-11.8	12/07/2004	9	-10.2	11/09/2004	14.8	-9.6	11/11/2004	16	-10.8
13/05/2004	12.6	-12.4	13/07/2004	10	-12.6	12/09/2004	14	-9	12/11/2004	14.8	-9.4
14/05/2004	11.2	-13.2	14/07/2004	11.4	-12.8	13/09/2004	12.6	-12.6	13/11/2004	14.6	-8
15/05/2004	11.6	-13.6	15/07/2004	10.6	-11.8	14/09/2004	12	-12.2	14/11/2004	13.6	-7.6
16/05/2004	10.8	-14	16/07/2004	10.2	-10.4	15/09/2004	13.6	-12.4	15/11/2004	13	-8.2
17/05/2004	11.6	-14.6	17/07/2004	9.2	-9.8	16/09/2004	12.2	-13.8	16/11/2004	14	-8.4
18/05/2004	9.8	-13.2	18/07/2004	8	-9.6	17/09/2004	11.4	-14.8	17/11/2004	14.8	-9.4
19/05/2004	10	-11.2	19/07/2004	11.2	-12.4	18/09/2004	13.4	-12	18/11/2004	13.2	-10.6
20/05/2004	9.8	-10.6	20/07/2004	11	-14.4	19/09/2004	14.8	-11.2	19/11/2004	15.8	-10.4
21/05/2004	10.8	-10.4	21/07/2004	9.6	-12	20/09/2004	14.8	-9.8	20/11/2004	15.8	-7.4
22/05/2004	10.4	-12.8	22/07/2004	8.8	-15	21/09/2004	14.6	-6	21/11/2004	16.2	-8.8
23/05/2004	10	-12	23/07/2004	9.4	-14.6	22/09/2004	14.4	-7.2	22/11/2004	15.8	-5.6
24/05/2004	11.2	-11.4	24/07/2004	10.6	-12.2	23/09/2004	14	-5	23/11/2004	15.2	-10.6
25/05/2004	11	-10.2	25/07/2004	10.8	-11.2	24/09/2004	13.4	-5.8	24/11/2004	15.4	-10.4
26/05/2004	10.2	-12.2	26/07/2004	10.2	-9.8	25/09/2004	11.8	-2.8	25/11/2004	14.6	-8.4
27/05/2004	11	-14	27/07/2004	9.8	-9.6	26/09/2004	11.6	-7.4	26/11/2004	13.2	-7
28/05/2004	10.8	-14.8	28/07/2004	11.8	-8.8	27/09/2004	9.8	-7.2	27/11/2004	16.2	-7.2
29/05/2004	11.4	-14.2	29/07/2004	11.4	-11.2	28/09/2004	13.6	-9	28/11/2004	14.4	-8
30/05/2004	11	-13.2	30/07/2004	11.2	-9.6	29/09/2004	12.8	-10	29/11/2004	15.6	-10.6
31/05/2004	11.2	-15	31/07/2004	11.4	-10	30/09/2004	13.8	-8.2	30/11/2004	14.2	-6
01/06/2004	10.2	-14.6	01/08/2004	13	-11.8	01/10/2004	12.2	-8.8	01/12/2004	14.2	-9.6
02/06/2004	11.8	-15.4	02/08/2004	12.8	-10.8	02/10/2004	13.6	-13	02/12/2004	14.8	-9.2
03/06/2004	12.6	-15.2	03/08/2004	13.2	-11	03/10/2004	14.8	-12	03/12/2004	14.6	-7.8
04/06/2004	12.4	-11.2	04/08/2004	13.8	-10.6	04/10/2004	13.8	-3.8	04/12/2004	15.2	-5.6
05/06/2004	11.4	-12.6	05/08/2004	12.2	-11	05/10/2004	14.6	-7.6	05/12/2004	16.8	-5.2
06/06/2004	9.8	-13.2	06/08/2004	10.4	-10.4	06/10/2004	13.8	-5.8	06/12/2004	15.2	-5.8
07/06/2004	9.2	-12.2	07/08/2004	10.2	-8.4	07/10/2004	12.2	-7.6	07/12/2004	15.8	-6
08/06/2004	7.6	-9.6	08/08/2004	11	-6.4	08/10/2004	14.6	-8.4	08/12/2004	16.2	-5
09/06/2004	8.2	-11.8	09/08/2004	11.4	-9.2	09/10/2004	13.2	-9.4	09/12/2004	15	-6.2
10/06/2004	9.4	-11.6	10/08/2004	12	-9.8	10/10/2004	13.8	-10	10/12/2004	13.2	-2
11/06/2004	11.2	-13.8	11/08/2004	10.8	-7	11/10/2004	13	-11.8	11/12/2004	11	0
12/06/2004	10	-10.8	12/08/2004	11.2	-9.8	12/10/2004	12	-5.8	12/12/2004	10.6	2.2
13/06/2004	11.4	-11.8	13/08/2004	11.2	-9.2	13/10/2004	13.8	-11.8	13/12/2004	9.4	2.4
14/06/2004	10.4	-11.6	14/08/2004	11	-10	14/10/2004	13.6	-8.4	14/12/2004	12.6	-0.2
15/06/2004	11.4	-10	15/08/2004	11.2	-9.8	15/10/2004	14.2	-8.2	15/12/2004	12.2	-0.8
16/06/2004	9.8	-9	16/08/2004	11.2	-9.4	16/10/2004	13.8	-3	16/12/2004	12.8	-3.4
17/06/2004	11.8	-10.4	17/08/2004	10.8	-10.8	17/10/2004	14.6	-7.2	17/12/2004	14.4	-5
18/06/2004	12.6	-10.8	18/08/2004	11	-7.8	18/10/2004	13.4	-10.8	18/12/2004	15.4	-2.2
19/06/2004	11	-12.2	19/08/2004	12.2	-5.6	19/10/2004	14.8	-11.2	19/12/2004	14.4	1
20/06/2004	11.6	-12	20/08/2004	11.2	-7.2	20/10/2004	14.8	-9.8	20/12/2004	15.8	-1.8
21/06/2004	11.6	-12.8	21/08/2004	10.2	-8.8	21/10/2004	14.6	-6	21/12/2004	16.4	-3
22/06/2004	10.6	-14.2	22/08/2004	11.2	-6.8	22/10/2004	15.6	-10.4	22/12/2004	16.8	-5.2
23/06/2004	9	-11.8	23/08/2004	9.6	-6.4	23/10/2004	16.8	-10.8	23/12/2004	15	-4.4
24/06/2004	8.6	-2.8	24/08/2004	2.2	-1.2	24/10/2004	14.8	-9	24/12/2004	14.4	-7.8
25/06/2004	8.8	-12.6	25/08/2004	6.8	-5.4	25/10/2004	15	-12.6	25/12/2004	15.4	-9.4
26/06/2004	7.8	-12.4	26/08/2004	8	-9.2	26/10/2004	10.4	-13.2	26/12/2004	14.6	-7.6
27/06/2004	9.2	-11.8	27/08/2004	10.2	-9	27/10/2004	15.2	-14.2	27/12/2004	13.8	-5.2
28/06/2004	10.2	-13.4	28/08/2004	9.8	-7.6	28/10/2004	15	-7	28/12/2004	14.4	-6.2
29/06/2004	10	-8.4	29/08/2004	10.8	-4.4	29/10/2004	15.6	-10.6	29/12/2004	14.2	-5.8
30/06/2004	10.8	-7.4	30/08/2004	10.6	-2.4	30/10/2004	16.4	-8.8	30/12/2004	13.2	-1.2
01/07/2004	10.2	-7.6	31/08/2004	11.6	-6.6	31/10/2004	13.6	-10.2	31/12/2004	9.6	-0.8
02/07/2004	2.2	-8.2	01/09/2004	13.6	-7.4	01/11/2004	15.4	-7.2	01/01/2005	12.2	0.8

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
02/01/2005	12.8	-2.6	04/03/2005	12.8	-2	04/05/2005	13.6	-6.2	04/07/2005	14.2	-10.2
03/01/2005	13.4	-1.8	05/03/2005	14	-2.2	05/05/2005	10.2	-9.2	05/07/2005	13.2	-10.4
04/01/2005	13.6	-1.2	06/03/2005	13.6	-3.2	06/05/2005	11.2	-11.6	06/07/2005	13.4	-9.4
05/01/2005	13.8	-4.6	07/03/2005	15.4	-2.8	07/05/2005	10.2	-11.2	07/07/2005	13.2	-9.6
06/01/2005	17	-5.4	08/03/2005	13.4	0.4	08/05/2005	9.8	-14.2	08/07/2005	12.6	-10.4
07/01/2005	13	0.6	09/03/2005	11.8	1	09/05/2005	13	-16.2	09/07/2005	12.2	-12.8
08/01/2005	13.6	-1.6	10/03/2005	10.8	-0.2	10/05/2005	13.6	-11.2	10/07/2005	12.2	-12.6
09/01/2005	12.6	2	11/03/2005	10.8	2.4	11/05/2005	14.6	-9.2	11/07/2005	12.4	-13
10/01/2005	7.8	3	12/03/2005	10.2	2	12/05/2005	12.8	-8.2	12/07/2005	12.2	-12.4
11/01/2005	10.4	0.2	13/03/2005	13	-2.6	13/05/2005	12.4	-7	13/07/2005	10.8	-13.8
12/01/2005	11.2	0.4	14/03/2005	12.6	-1	14/05/2005	12.4	-8.2	14/07/2005	9.8	-14.2
13/01/2005	9.8	0.8	15/03/2005	13.4	-3.6	15/05/2005	10.2	-9	15/07/2005	9.4	-12.4
14/01/2005	11	1	16/03/2005	13.2	-2	16/05/2005	12.2	-9.2	16/07/2005	9.6	-15.4
15/01/2005	10	0.8	17/03/2005	12.4	-1.2	17/05/2005	10.8	-8.4	17/07/2005	10	-12.2
16/01/2005	7.4	-2.2	18/03/2005	13.4	-2.6	18/05/2005	10.4	-6.4	18/07/2005	9.6	-11
17/01/2005	11.8	-1.6	19/03/2005	12.8	-5.6	19/05/2005	10.2	-10.2	19/07/2005	9.2	-8.8
18/01/2005	13	0	20/03/2005	11.8	-3.6	20/05/2005	9.8	-11.2	20/07/2005	9	-10.6
19/01/2005	12.2	2	21/03/2005	11.6	-2	21/05/2005	14	-11.8	21/07/2005	9.6	-12.6
20/01/2005	12.2	1	22/03/2005	12.8	-1	22/05/2005	13.4	-11.4	22/07/2005	9.6	-7.8
21/01/2005	13.2	0.2	23/03/2005	11	1.2	23/05/2005	11.2	-12.6	23/07/2005	8.4	-11.8
22/01/2005	14	-10.2	24/03/2005	13.8	-1	24/05/2005	12.2	-12.8	24/07/2005	9.8	-12.4
23/01/2005	14.4	-6.6	25/03/2005	14.2	1.2	25/05/2005	13.8	-13.8	25/07/2005	10	-15.2
24/01/2005	15.2	-4.4	26/03/2005	15	0.6	26/05/2005	13.2	-13.4	26/07/2005	9.8	-7.6
25/01/2005	15.6	-6.2	27/03/2005	14.8	0.2	27/05/2005	14.2	-11.4	27/07/2005	11.6	-11.2
26/01/2005	15.4	-6	28/03/2005	15.2	-0.4	28/05/2005	13.6	-9.8	28/07/2005	13.2	-11.4
27/01/2005	16	-6	29/03/2005	14	-0.2	29/05/2005	13.4	-11.8	29/07/2005	13.4	-10.2
28/01/2005	17.8	-5.8	30/03/2005	10	2	30/05/2005	13.2	-10.8	30/07/2005	13.8	-10.4
29/01/2005	16.2	-5.2	31/03/2005	10	-0.6	31/05/2005	11.4	-14	31/07/2005	14.8	-6.8
30/01/2005	15	-6.4	01/04/2005	13.2	2.4	01/06/2005	13.4	-14.4	01/08/2005	14.6	-11.4
31/01/2005	15.8	-3.8	02/04/2005	12.8	-1.6	02/06/2005	11.6	-14.2	02/08/2005	13.6	-7
01/02/2005	13.8	0.6	03/04/2005	11.8	1.6	03/06/2005	13.4	-13.4	03/08/2005	13.4	-7.8
02/02/2005	12.4	0.2	04/04/2005	13.8	-1.8	04/06/2005	13.2	-11.4	04/08/2005	12.2	-11.8
03/02/2005	11.8	0.4	05/04/2005	13.2	0	05/06/2005	13.6	-10.8	05/08/2005	12.6	-11.2
04/02/2005	11.6	-0.2	06/04/2005	13.4	0.4	06/06/2005	13	-10.8	06/08/2005	12.8	-11.8
05/02/2005	11.2	-0.8	07/04/2005	13.6	1	07/06/2005	10.4	-11.4	07/08/2005	11.4	-9.4
06/02/2005	11.6	-1	08/04/2005	13.2	-0.4	08/06/2005	10.2	-14.2	08/08/2005	11.2	-7.4
07/02/2005	11.8	-1.4	09/04/2005	14.6	-1	09/06/2005	10.4	-12.4	09/08/2005	12.2	-9.8
08/02/2005	13	2.4	10/04/2005	13.4	-0.2	10/06/2005	8.8	-14.6	10/08/2005	12.8	-11.4
09/02/2005	10.8	4.6	11/04/2005	14.8	-0.6	11/06/2005	10.2	-16.4	11/08/2005	12.2	-13
10/02/2005	11.2	0.6	12/04/2005	11.6	-1.2	12/06/2005	10	-15.8	12/08/2005	12.4	-17.2
11/02/2005	9.2	2.4	13/04/2005	10.6	-0.4	13/06/2005	9.8	-14.8	13/08/2005	13.4	-15.4
12/02/2005	12.2	2.6	14/04/2005	12.4	-2.2	14/06/2005	11.8	-13.4	14/08/2005	12.6	-17.8
13/02/2005	10.8	-0.6	15/04/2005	13.6	-2	15/06/2005	12	-13.2	15/08/2005	14	-14.4
14/02/2005	10.8	-0.4	16/04/2005	11.8	-0.6	16/06/2005	11.2	-13.4	16/08/2005	12.8	-14.6
15/02/2005	11.4	-0.2	17/04/2005	13.6	-4.2	17/06/2005	10.6	-14.6	17/08/2005	12.6	-15.8
16/02/2005	11.2	2.4	18/04/2005	12.8	-6.8	18/06/2005	11.8	-15.4	18/08/2005	13.2	-14.6
17/02/2005	11	2.2	19/04/2005	11.8	-8.6	19/06/2005	12.2	-14	19/08/2005	14.4	-12.8
18/02/2005	9.4	0.6	20/04/2005	12	-7.8	20/06/2005	10.2	-14.6	20/08/2005	13.6	-9.6
19/02/2005	10.2	1.2	21/04/2005	11.6	-7	21/06/2005	11.4	-14	21/08/2005	12.4	-10.4
20/02/2005	10.2	1	22/04/2005	12.8	-5.2	22/06/2005	10.8	-13	22/08/2005	10.8	-9.8
21/02/2005	11	-0.8	23/04/2005	12	-6.4	23/06/2005	11.8	-13.6	23/08/2005	9.8	-12.2
22/02/2005	8.4	1.8	24/04/2005	10.8	-3.8	24/06/2005	10.8	-13.4	24/08/2005	13	-12.8
23/02/2005	8.2	1.2	25/04/2005	10.8	-0.6	25/06/2005	9.8	-12.6	25/08/2005	11.2	-13
24/02/2005	12.4	-0.8	26/04/2005	11.2	-7.6	26/06/2005	8.4	-14.4	26/08/2005	12.6	-14.8
25/02/2005	13.4	0.2	27/04/2005	12.2	-7.2	27/06/2005	8.8	-14.6	27/08/2005	13.2	-13.8
26/02/2005	13.4	1	28/04/2005	13.4	-9.8	28/06/2005	8.2	-14.8	28/08/2005	12.8	-13.2
27/02/2005	13	-2.2	29/04/2005	11	-6	29/06/2005	8.4	-12.6	29/08/2005	12	-15.8
28/02/2005	13.4	-3.6	30/04/2005	12.6	-6.2	30/06/2005	12	-12	30/08/2005	11.6	-17
01/03/2005	12.8	-1.8	01/05/2005	13	-6	01/07/2005	12.4	-12.8	31/08/2005	10.6	-15.2
02/03/2005	13	-5.2	02/05/2005	13.2	-7.4	02/07/2005	14.4	-9.6	01/09/2005	10.4	-15.2
03/03/2005	12.6	-4.8	03/05/2005	12	-8.8	03/07/2005	9.8	-9.8	02/09/2005	11	-12.2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
03/09/2005	11.2	-11.8	03/11/2005	13.2	-10.2	03/01/2006	10.4	-1.6	05/03/2006	12.8	2.8
04/09/2005	11.8	-16.2	04/11/2005	15.6	-9.4	04/01/2006	12	0.4	06/03/2006	14.2	0.8
05/09/2005	12.8	-14.2	05/11/2005	16.4	-5.8	05/01/2006	10.8	1	07/03/2006	13.6	0.4
06/09/2005	13.8	-13.8	06/11/2005	12.4	-5.2	06/01/2006	11.6	1.2	08/03/2006	14.8	-0.2
07/09/2005	14.2	-11	07/11/2005	11.4	-0.4	07/01/2006	11.4	-2	09/03/2006	14.6	0.6
08/09/2005	12.8	-9	08/11/2005	8.6	-0.2	08/01/2006	13.8	-3.2	10/03/2006	11	1
09/09/2005	12	-6.8	09/11/2005	12.8	0	09/01/2006	14.2	-2.2	11/03/2006	13.4	-0.4
10/09/2005	11.4	-12	10/11/2005	13.2	-4	10/01/2006	15	-2.6	12/03/2006	13.2	0
11/09/2005	12.6	-8	11/11/2005	13.6	-3.6	11/01/2006	13	0.4	13/03/2006	12	0.2
12/09/2005	10.6	-6.8	12/11/2005	15.6	-4.4	12/01/2006	10.8	1.4	14/03/2006	13	-2.8
13/09/2005	4.2	-4.2	13/11/2005	16.2	-7.8	13/01/2006	10.2	2.8	15/03/2006	14.6	1
14/09/2005	0.8	-4.4	14/11/2005	15.8	-9.8	14/01/2006	7.4	0.2	16/03/2006	12	1.6
15/09/2005	3.8	-3.2	15/11/2005	17	-8.8	15/01/2006	8.2	0.2	17/03/2006	7	1.8
16/09/2005	6.8	-2.2	16/11/2005	17.2	-7.2	16/01/2006	11.8	0.4	18/03/2006	12	-1.2
17/09/2005	7.8	-3.8	17/11/2005	16	-7.8	17/01/2006	9.4	2.8	19/03/2006	12.2	1.2
18/09/2005	9.4	-6.2	18/11/2005	16.2	-8	18/01/2006	6.8	1.2	20/03/2006	12	0.2
19/09/2005	11.2	-5.6	19/11/2005	14.2	-2.2	19/01/2006	10	0.8	21/03/2006	10	1.6
20/09/2005	11.4	-6.6	20/11/2005	13.4	-0.4	20/01/2006	12	-4.6	22/03/2006	9.4	2.2
21/09/2005	12	-7.8	21/11/2005	16	-5.4	21/01/2006	12.6	2.2	23/03/2006	11	2
22/09/2005	13.4	-8	22/11/2005	14.2	-4.4	22/01/2006	11.2	-1.8	24/03/2006	12.8	1
23/09/2005	10.8	-9.6	23/11/2005	12.8	-5.8	23/01/2006	10	-2.2	25/03/2006	12.2	2.4
24/09/2005	10.4	-8.4	24/11/2005	15.4	-10.4	24/01/2006	8.6	0.4	26/03/2006	10.4	1.6
25/09/2005	11.4	-10.6	25/11/2005	16.2	-9.6	25/01/2006	11	1.8	27/03/2006	11.4	1
26/09/2005	10.4	-10.4	26/11/2005	16	-7.2	26/01/2006	11.6	0	28/03/2006	13.6	0.8
27/09/2005	12.2	-11.2	27/11/2005	15	-11.2	27/01/2006	-99.9	-0.4	29/03/2006	13	1.4
28/09/2005	12.6	-9.8	28/11/2005	16	-11	28/01/2006	11.8	0.6	30/03/2006	13.2	0.8
29/09/2005	14	-9	29/11/2005	17.8	-13.4	29/01/2006	11	-3.2	31/03/2006	9.8	1.4
30/09/2005	13.8	-9.2	30/11/2005	17	-6.4	30/01/2006	12.8	-3	01/04/2006	11	1.8
01/10/2005	13.8	-11.6	01/12/2005	14	-2.6	31/01/2006	11.4	0	02/04/2006	11.6	0.8
02/10/2005	13.2	-10	02/12/2005	12.8	-2	01/02/2006	10.8	2.2	03/04/2006	12.6	0.6
03/10/2005	14.8	-6	03/12/2005	13	-1.6	02/02/2006	12.6	2	04/04/2006	12	-2.8
04/10/2005	14.6	-9	04/12/2005	15	-6.8	03/02/2006	14.2	0.8	05/04/2006	12.2	-2.2
05/10/2005	14.6	-6.4	05/12/2005	14.8	-4.8	04/02/2006	11.8	1.8	06/04/2006	13.2	-1.8
06/10/2005	13.4	-3.8	06/12/2005	15	-9	05/02/2006	13	2	07/04/2006	13	-3
07/10/2005	13.2	-7.4	07/12/2005	14.2	-9.2	06/02/2006	10.8	1.6	08/04/2006	14.6	-2.4
08/10/2005	15.2	-6	08/12/2005	16.8	-11.6	07/02/2006	11.4	2	09/04/2006	13.4	-2
09/10/2005	12.6	-3.4	09/12/2005	16	-7.2	08/02/2006	12.8	2	10/04/2006	13	-4.4
10/10/2005	11.4	-5	10/12/2005	16.2	-4.2	09/02/2006	11	1.6	11/04/2006	13.2	-3.2
11/10/2005	12.8	-7.6	11/12/2005	12.8	-3.2	10/02/2006	10	3	12/04/2006	12.8	-3
12/10/2005	14	-10.6	12/12/2005	12	-0.8	11/02/2006	10.2	2.6	13/04/2006	11.2	-2.6
13/10/2005	13.6	-9	13/12/2005	15	-2.2	12/02/2006	12	2.8	14/04/2006	10.2	-2.2
14/10/2005	13.4	-10.2	14/12/2005	14	-2.6	13/02/2006	11	0	15/04/2006	11.4	-2.8
15/10/2005	13.2	-8.6	15/12/2005	13.8	-2.2	14/02/2006	10.8	-2.2	16/04/2006	11.6	2.6
16/10/2005	14.2	-8.4	16/12/2005	13	-2	15/02/2006	12	-3.6	17/04/2006	13.2	-2.2
17/10/2005	15	-4.2	17/12/2005	14.8	-0.2	16/02/2006	14	-5.2	18/04/2006	14.8	-3.2
18/10/2005	14.8	-7.8	18/12/2005	13.2	0	17/02/2006	14.6	-4.4	19/04/2006	13.8	-6.8
19/10/2005	13.8	-8.8	19/12/2005	13.6	-1.2	18/02/2006	13	-1.2	20/04/2006	13.6	-8.2
20/10/2005	13.4	-7.2	20/12/2005	14.8	-2.8	19/02/2006	13.6	-1.6	21/04/2006	13.8	-6.6
21/10/2005	13.2	-10.4	21/12/2005	15	1.8	20/02/2006	12	-0.6	22/04/2006	13	-5
22/10/2005	13.4	-10.6	22/12/2005	15.8	-2.2	21/02/2006	13	-4.2	23/04/2006	12.8	-5.2
23/10/2005	14.6	-8	23/12/2005	14.8	-2	22/02/2006	12.8	0.6	24/04/2006	13	-5
24/10/2005	14.8	-7	24/12/2005	14.6	-1.2	23/02/2006	15	-0.4	25/04/2006	13.6	-5.4
25/10/2005	11.8	-9	25/12/2005	9.2	0.6	24/02/2006	14.4	-0.6	26/04/2006	13	-0.8
26/10/2005	13.8	-9.2	26/12/2005	11.2	5.2	25/02/2006	13.2	-0.2	27/04/2006	14	-3.2
27/10/2005	14	-8.2	27/12/2005	9.2	2	26/02/2006	10.4	-1	28/04/2006	13	-4.2
28/10/2005	14.4	-11.2	28/12/2005	10.2	1.2	27/02/2006	13	-0.8	29/04/2006	11	-3.8
29/10/2005	15	-13.8	29/12/2005	11.8	-0.4	28/02/2006	11.8	-1.2	30/04/2006	11.4	-3.4
30/10/2005	13.8	-12.2	30/12/2005	12.8	0.8	01/03/2006	12.8	1.4	01/05/2006	12.2	-0.2
31/10/2005	14.2	-13.2	31/12/2005	12	1.4	02/03/2006	11	1	02/05/2006	13	-4
01/11/2005	16.6	-12.2	01/01/2006	10	0.2	03/03/2006	11.2	1.2	03/05/2006	12.6	-5.2
02/11/2005	14.4	-9.4	02/01/2006	9.2	-1.4	04/03/2006	11.8	0.8	04/05/2006	13	-4.6

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
05/05/2006	11.8	-7.4	05/07/2006	12.2	-13.6	04/09/2006	13.6	-14.8	04/11/2006	14.4	-1.2
06/05/2006	12	-6.8	06/07/2006	13	-16	05/09/2006	13.2	-14.6	05/11/2006	14	-0.8
07/05/2006	11.8	-10.2	07/07/2006	11.4	-16.6	06/09/2006	14.8	-11.6	06/11/2006	15.6	-6.4
08/05/2006	12.8	-10.4	08/07/2006	11.6	-15.2	07/09/2006	14	-9.6	07/11/2006	12.4	0.2
09/05/2006	13	-9.6	09/07/2006	12	-15	08/09/2006	11.4	-15.6	08/11/2006	12	-2.2
10/05/2006	11.2	-11.4	10/07/2006	11.2	-12.6	09/09/2006	10.8	-17.2	09/11/2006	15.4	-3.2
11/05/2006	13.4	-12	11/07/2006	11.8	-12.4	10/09/2006	13.4	-15.8	10/11/2006	16.6	-5.2
12/05/2006	13.2	-10.8	12/07/2006	11.6	-15.4	11/09/2006	14.8	-13.4	11/11/2006	17	-8
13/05/2006	13	-8.6	13/07/2006	12.8	-13.8	12/09/2006	15	-11.6	12/11/2006	16.8	-7
14/05/2006	13.4	-9	14/07/2006	12	-11.8	13/09/2006	15.2	-10.8	13/11/2006	16.4	-6.8
15/05/2006	14	-7.8	15/07/2006	12.2	-12.4	14/09/2006	14.2	-12	14/11/2006	14.8	-6.6
16/05/2006	13	-8.4	16/07/2006	12.4	-12	15/09/2006	14.6	-8	15/11/2006	15.8	-6.2
17/05/2006	13.8	-10	17/07/2006	11.6	-12.2	16/09/2006	13.2	-6.8	16/11/2006	15.2	-5.2
18/05/2006	13.6	-10.8	18/07/2006	12	-12.4	17/09/2006	12.2	-5.4	17/11/2006	15.8	-3.2
19/05/2006	13.2	-14	19/07/2006	10	-12	18/09/2006	12.8	-4.2	18/11/2006	16.8	-1.2
20/05/2006	13.6	-14.8	20/07/2006	13.2	-11.8	19/09/2006	13.2	-7.4	19/11/2006	17.8	-2.2
21/05/2006	11.2	-14.4	21/07/2006	13	-13.4	20/09/2006	15.4	-9.2	20/11/2006	18	-2
22/05/2006	12	-14.2	22/07/2006	13.2	-13.8	21/09/2006	12.2	-12.2	21/11/2006	12	-1.2
23/05/2006	12	-14	23/07/2006	13.4	-14.4	22/09/2006	10.6	-15	22/11/2006	12.2	1.4
24/05/2006	12.6	-12	24/07/2006	11.8	-13.8	23/09/2006	11	-16.2	23/11/2006	13.8	1
25/05/2006	13	-12.4	25/07/2006	11.6	-13.6	24/09/2006	13.6	-12.4	24/11/2006	14.8	-6
26/05/2006	12.8	-10	26/07/2006	13	-12.8	25/09/2006	12.2	-7.4	25/11/2006	15.4	-1.2
27/05/2006	12.6	-10.4	27/07/2006	12.8	-12.4	26/09/2006	9	-2.4	26/11/2006	16.2	-1.8
28/05/2006	12.8	-9.8	28/07/2006	12.4	-9.4	27/09/2006	14.2	-3.6	27/11/2006	14	-2.4
29/05/2006	12.2	-10.2	29/07/2006	12.8	-10	28/09/2006	11	-3.2	28/11/2006	16.4	-8.8
30/05/2006	11.2	-11.6	30/07/2006	12.4	-11.2	29/09/2006	13.4	-3.8	29/11/2006	15.2	-8
31/05/2006	11	-9.8	31/07/2006	12.8	-10.2	30/09/2006	14.2	-10	30/11/2006	13	-1.8
01/06/2006	10.6	-7.6	01/08/2006	13	-10.2	01/10/2006	12.6	-10.6	01/12/2006	14	-5.8
02/06/2006	12.8	-4.2	02/08/2006	14	-10.4	02/10/2006	14.6	-6.4	02/12/2006	16.2	-9
03/06/2006	10.4	-13	03/08/2006	13	-9.8	03/10/2006	14.4	-9.6	03/12/2006	15.8	-7.8
04/06/2006	12.2	-15.4	04/08/2006	14.6	-10.4	04/10/2006	14	-11.8	04/12/2006	16.8	-7.6
05/06/2006	12.8	-14.6	05/08/2006	13.8	-10.6	05/10/2006	13.6	-11.6	05/12/2006	16.2	-5.6
06/06/2006	13.6	-14.4	06/08/2006	13.2	-9.2	06/10/2006	11.8	-11.8	06/12/2006	15.8	-5.2
07/06/2006	13.2	-14.2	07/08/2006	13	-10.8	07/10/2006	15.4	-10.6	07/12/2006	15	-6.2
08/06/2006	12	-14.8	08/08/2006	11.6	-12.8	08/10/2006	14.8	-10.4	08/12/2006	14.6	-6.6
09/06/2006	11.8	-14	09/08/2006	11.2	-15.8	09/10/2006	16.4	-10.8	09/12/2006	14.4	-10
10/06/2006	11.6	-14.4	10/08/2006	12	-10.8	10/10/2006	12.2	-7.4	10/12/2006	15.2	-9.6
11/06/2006	12.4	-14.6	11/08/2006	11.4	-5.2	11/10/2006	14.4	-10.6	11/12/2006	16.2	-8.8
12/06/2006	13	-9.4	12/08/2006	11.2	-3.8	12/10/2006	12.4	-11.2	12/12/2006	16.4	-9.2
13/06/2006	12.8	-11	13/08/2006	10.6	-6.2	13/10/2006	13.8	-11.4	13/12/2006	18.4	-8.4
14/06/2006	12.6	-12.8	14/08/2006	12.8	-8.8	14/10/2006	11.6	-12.4	14/12/2006	17.8	-7
15/06/2006	13	-13	15/08/2006	11.8	-10.6	15/10/2006	14.4	-11.6	15/12/2006	14.2	-4.2
16/06/2006	12	-12.6	16/08/2006	12.2	-9.4	16/10/2006	15.6	-8.4	16/12/2006	11.6	0.8
17/06/2006	13.8	-12.2	17/08/2006	12	-10.2	17/10/2006	14.2	-2.4	17/12/2006	11.2	1.4
18/06/2006	12.8	-11.8	18/08/2006	11.4	-11	18/10/2006	13.4	-12.6	18/12/2006	12.2	1.2
19/06/2006	12.6	-12.4	19/08/2006	11.6	-12.2	19/10/2006	16.2	-12	19/12/2006	13.8	-1
20/06/2006	12.2	-12	20/08/2006	12.4	-11.2	20/10/2006	16.4	-7.6	20/12/2006	14.4	-1.8
21/06/2006	12	-11.6	21/08/2006	12.8	-11.4	21/10/2006	14.6	-3.4	21/12/2006	15.6	-2.2
22/06/2006	11.6	-10	22/08/2006	11.8	-9.8	22/10/2006	13.6	0	22/12/2006	14.6	-2.6
23/06/2006	11.2	-9.8	23/08/2006	13	-9.2	23/10/2006	13.8	-2.2	23/12/2006	16	-2.6
24/06/2006	10.8	-5.4	24/08/2006	13.2	-8.2	24/10/2006	14.2	-2.6	24/12/2006	15.2	-6.6
25/06/2006	12.2	-14	25/08/2006	11.6	-11.2	25/10/2006	14.8	-5.6	25/12/2006	14.6	-9.2
26/06/2006	10.8	-12.2	26/08/2006	14.2	-14.4	26/10/2006	15.6	-3.6	26/12/2006	16.2	-4.8
27/06/2006	10.2	-9	27/08/2006	13.6	-13.4	27/10/2006	13.4	-4.8	27/12/2006	13.8	0.2
28/06/2006	11.4	-11.2	28/08/2006	13.8	-11.4	28/10/2006	16.2	-4.6	28/12/2006	14	-0.8
29/06/2006	12.6	-11.8	29/08/2006	14	-7	29/10/2006	16.4	-5.4	29/12/2006	15.4	-1.6
30/06/2006	15	-12.8	30/08/2006	12.2	-7.2	30/10/2006	15.8	-4.4	30/12/2006	16	-3.4
01/07/2006	15	-13.6	31/08/2006	13.6	-14.4	31/10/2006	16.2	-6.8	31/12/2006	16.4	0.8
02/07/2006	12.8	-12.4	01/09/2006	11.6	-15.2	01/11/2006	15.4	-8.2	01/01/2007	15.4	2.2
03/07/2006	11.4	-14.8	02/09/2006	13.8	-16.2	02/11/2006	13.6	-7.2	02/01/2007	16.2	-0.4
04/07/2006	12.8	-11.8	03/09/2006	13.4	-16	03/11/2006	13.8	-1.4	03/01/2007	16.8	-1.2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
04/01/2007	15.2	-1	06/03/2007	11.2	0.8	06/05/2007	13	-3.4	06/07/2007	13.2	-11.6
05/01/2007	14.8	-1.2	07/03/2007	10.4	0.8	07/05/2007	13.8	-3.8	07/07/2007	11.4	-11.2
06/01/2007	13.4	1	08/03/2007	10.8	-0.4	08/05/2007	13.2	-6	08/07/2007	10.2	-9.4
07/01/2007	11.2	1.2	09/03/2007	11	0	09/05/2007	11.6	-5.8	09/07/2007	8.8	-4.2
08/01/2007	12.4	0.8	10/03/2007	11.6	-0.4	10/05/2007	13	-6.2	10/07/2007	9.2	-8.6
09/01/2007	13	1.6	11/03/2007	11.2	-1.2	11/05/2007	13.8	-7	11/07/2007	8.6	-8.4
10/01/2007	9.6	0	12/03/2007	13.4	-3.2	12/05/2007	14	-6.8	12/07/2007	8.8	-11.6
11/01/2007	11.6	1.2	13/03/2007	9.2	-2	13/05/2007	15	-6.2	13/07/2007	9.4	-13
12/01/2007	13.2	-0.2	14/03/2007	10.4	0.4	14/05/2007	13.6	-5.4	14/07/2007	11	-12.2
13/01/2007	11.2	1.2	15/03/2007	11	-0.2	15/05/2007	12.4	-7.4	15/07/2007	11.4	-11.2
14/01/2007	13.4	1.6	16/03/2007	10	-0.4	16/05/2007	13.4	-7	16/07/2007	10.6	-11.6
15/01/2007	9	2	17/03/2007	9.4	-0.8	17/05/2007	11.4	-8.4	17/07/2007	9	-12.6
16/01/2007	13.2	0.4	18/03/2007	7.4	1.8	18/05/2007	12	-11	18/07/2007	13	-12.8
17/01/2007	14.4	2.8	19/03/2007	11.4	2	19/05/2007	13	-9.2	19/07/2007	9.8	-12.2
18/01/2007	16.2	1.2	20/03/2007	11.8	-0.8	20/05/2007	11	-8.8	20/07/2007	12.4	-11.4
19/01/2007	15.4	0.4	21/03/2007	12.8	1.8	21/05/2007	9.6	-11.2	21/07/2007	10.6	-11
20/01/2007	13.8	1.2	22/03/2007	12.4	2.4	22/05/2007	10	-12	22/07/2007	10.2	-12.6
21/01/2007	13.2	-1.2	23/03/2007	11.8	-0.8	23/05/2007	10.8	-11.4	23/07/2007	8.8	-13.8
22/01/2007	14.4	0.6	24/03/2007	12.6	-0.6	24/05/2007	10.4	-10.4	24/07/2007	7.8	-15.8
23/01/2007	11.4	-0.2	25/03/2007	12	0.4	25/05/2007	11.2	-10.6	25/07/2007	9.2	-16
24/01/2007	12.6	-2	26/03/2007	12.8	1.2	26/05/2007	10.8	-11.4	26/07/2007	10.6	-14.4
25/01/2007	13	-7.8	27/03/2007	13	0.6	27/05/2007	12.2	-11	27/07/2007	10.4	-12
26/01/2007	16.4	-5.4	28/03/2007	12.6	0.2	28/05/2007	11.6	-9.8	28/07/2007	11.8	-10.6
27/01/2007	13.4	-2.4	29/03/2007	12.4	0.4	29/05/2007	9.6	-9.2	29/07/2007	11.6	-10.8
28/01/2007	16.6	-4.8	30/03/2007	13.2	0.6	30/05/2007	9.2	-11.4	30/07/2007	10	-11.6
29/01/2007	15.6	-5	31/03/2007	12.4	0.4	31/05/2007	10.6	-12.8	31/07/2007	10.6	-12
30/01/2007	14.2	-4.8	01/04/2007	12.6	0.8	01/06/2007	12.6	-10.2	01/08/2007	11.2	-12.4
31/01/2007	15.4	-2.4	02/04/2007	11.2	0.6	02/06/2007	12.2	-9.8	02/08/2007	13.6	-13.2
01/02/2007	15.8	-2.8	03/04/2007	11	0.4	03/06/2007	14.2	-9.4	03/08/2007	12.6	-10
02/02/2007	16.2	-2.2	04/04/2007	12	0.2	04/06/2007	13.6	-9.6	04/08/2007	12.8	-11
03/02/2007	16.4	-3.4	05/04/2007	12.4	-0.6	05/06/2007	14.2	-6.8	05/08/2007	11.6	-11.6
04/02/2007	16	-3.6	06/04/2007	12.8	-3.2	06/06/2007	14.4	-8	06/08/2007	10.8	-11.2
05/02/2007	15.2	0	07/04/2007	13.8	-4.4	07/06/2007	14.6	-8.4	07/08/2007	12.4	-11.8
06/02/2007	13.8	0.2	08/04/2007	13	-4.8	08/06/2007	13.8	-7.6	08/08/2007	11.6	-11.2
07/02/2007	14.2	0.8	09/04/2007	11.6	-4	09/06/2007	13.2	-9	09/08/2007	11	-9.4
08/02/2007	13.8	0.6	10/04/2007	12.2	-3.2	10/06/2007	13.6	-10.4	10/08/2007	15	-10.2
09/02/2007	14.8	1.8	11/04/2007	11.8	-1.2	11/06/2007	11.8	-11.4	11/08/2007	13.6	-8.8
10/02/2007	11.8	1.6	12/04/2007	13.2	-1	12/06/2007	12.4	-11	12/08/2007	14	-8.6
11/02/2007	11	1.4	13/04/2007	12.2	-1.2	13/06/2007	13.8	-12.2	13/08/2007	14.8	-9
12/02/2007	12.6	1.2	14/04/2007	13.4	0.8	14/06/2007	12	-10.4	14/08/2007	13.8	-9.6
13/02/2007	11.2	1	15/04/2007	13.8	-0.2	15/06/2007	14.2	-11.2	15/08/2007	13.6	-10.8
14/02/2007	13.2	1.2	16/04/2007	14	-1.4	16/06/2007	13.6	-11.8	16/08/2007	12.4	-11.6
15/02/2007	10	-1.4	17/04/2007	14.2	-2.8	17/06/2007	13.8	-10.6	17/08/2007	13	-11.2
16/02/2007	7.8	-3.4	18/04/2007	14.4	-3	18/06/2007	12.2	-9.4	18/08/2007	11.4	-11.8
17/02/2007	10.2	-4.2	19/04/2007	13.8	-3.6	19/06/2007	12	-8.8	19/08/2007	13.2	-12.2
18/02/2007	11.4	-3.8	20/04/2007	14	-3	20/06/2007	12.4	-5.6	20/08/2007	12.6	-11
19/02/2007	10.4	-2.4	21/04/2007	12.8	-3.8	21/06/2007	12.6	-7	21/08/2007	14.6	-9.6
20/02/2007	12.6	-4.2	22/04/2007	13.2	-5.8	22/06/2007	13	-8.8	22/08/2007	15.4	-9.4
21/02/2007	11.8	-1.2	23/04/2007	12.6	-6	23/06/2007	12.8	-9.8	23/08/2007	13.6	-9.6
22/02/2007	13.2	-0.6	24/04/2007	13.4	-5.6	24/06/2007	12.4	-7.2	24/08/2007	13.4	-11
23/02/2007	12.8	0.4	25/04/2007	11.6	-3.2	25/06/2007	12.8	-6	25/08/2007	13.2	-11.2
24/02/2007	13.2	1.2	26/04/2007	13.8	-2.8	26/06/2007	12.6	-8	26/08/2007	13.8	-13
25/02/2007	12.6	0.8	27/04/2007	13.2	-4	27/06/2007	13	-9.4	27/08/2007	10.4	-10.6
26/02/2007	12.4	0.6	28/04/2007	12.4	-0.8	28/06/2007	13.6	-11.2	28/08/2007	11.2	-9.8
27/02/2007	13	1.8	29/04/2007	14	-2	29/06/2007	13.2	-13.6	29/08/2007	11.6	-12.8
28/02/2007	13.8	1.4	30/04/2007	14.2	-3.8	30/06/2007	13	-12	30/08/2007	12.4	-13.8
01/03/2007	11.8	1.6	01/05/2007	14.4	-1.2	01/07/2007	13.4	-11.2	31/08/2007	13.8	-7.4
02/03/2007	10.6	1.8	02/05/2007	13.8	-0.6	02/07/2007	13.2	-11.8	01/09/2007	14.2	-5.8
03/03/2007	11.2	2	03/05/2007	13.2	-4.6	03/07/2007	14.2	-11.4	02/09/2007	14.4	-7
04/03/2007	10.4	0.4	04/05/2007	12.8	-1	04/07/2007	12.6	-11.8	03/09/2007	14.6	-8.6
05/03/2007	10.8	0.2	05/05/2007	12.2	-1.2	05/07/2007	13	-11	04/09/2007	14.4	-10.6

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
05/09/2007	13.8	-14	05/11/2007	14	-12.8	05/01/2008	5.8	0.2	06/03/2008	12.6	-6.8
06/09/2007	14.8	-14.2	06/11/2007	17	-13.6	06/01/2008	10.2	2.2	07/03/2008	12.8	-7.6
07/09/2007	13.2	-1.8	07/11/2007	15.8	-12.4	07/01/2008	10.4	2.4	08/03/2008	11	-3.8
08/09/2007	10.4	-7.8	08/11/2007	16.2	-15.2	08/01/2008	9.8	1.6	09/03/2008	10.8	-4
09/09/2007	11.6	-5.8	09/11/2007	14.4	-13.2	09/01/2008	7.8	1	10/03/2008	9.2	-0.8
10/09/2007	11.2	-5.6	10/11/2007	14.2	-12.4	10/01/2008	7.4	0.8	11/03/2008	8.4	0.6
11/09/2007	13.2	-9	11/11/2007	12.6	-12.8	11/01/2008	11.4	0.2	12/03/2008	10	0.8
12/09/2007	11.2	-5.2	12/11/2007	13.6	-13	12/01/2008	12.8	1.4	13/03/2008	11.2	1
13/09/2007	13.6	-5.6	13/11/2007	13.8	-13.6	13/01/2008	11	1.6	14/03/2008	12.4	1.4
14/09/2007	14.8	-9.2	14/11/2007	16.4	-10.8	14/01/2008	5.2	1.8	15/03/2008	12	-0.8
15/09/2007	13	-6.4	15/11/2007	15.2	-5.6	15/01/2008	11.8	0.8	16/03/2008	12.8	-1
16/09/2007	13.8	-3.2	16/11/2007	14.8	-1	16/01/2008	13.2	2.2	17/03/2008	11.6	-2.6
17/09/2007	12.8	-7.2	17/11/2007	15	-0.8	17/01/2008	13	1	18/03/2008	12.4	-3.2
18/09/2007	14.2	-8.2	18/11/2007	13.2	-6.2	18/01/2008	11.2	2.2	19/03/2008	13.2	-4.2
19/09/2007	11.4	-5.2	19/11/2007	14.6	1	19/01/2008	12	-0.4	20/03/2008	13.8	-7
20/09/2007	10.6	-8.4	20/11/2007	13.4	0.6	20/01/2008	14.2	-1.8	21/03/2008	13.6	-4.2
21/09/2007	14.4	-8.8	21/11/2007	10.4	0.8	21/01/2008	11.2	-2	22/03/2008	13.8	-2.8
22/09/2007	12.4	-3.6	22/11/2007	9.6	0	22/01/2008	11.4	-1.4	23/03/2008	14	-1
23/09/2007	14.6	-7.4	23/11/2007	11.6	0.2	23/01/2008	12	-1.2	24/03/2008	12.8	-0.6
24/09/2007	13.6	-7.2	24/11/2007	13.4	-1.6	24/01/2008	10.2	0.2	25/03/2008	13.4	-0.4
25/09/2007	12.8	0	25/11/2007	13.8	-5.8	25/01/2008	9.8	-0.4	26/03/2008	13.6	-2.4
26/09/2007	13	-6.2	26/11/2007	14	-7.8	26/01/2008	12.4	-0.6	27/03/2008	14.2	-1.6
27/09/2007	13.4	-7	27/11/2007	15.2	-7.4	27/01/2008	13.2	0.4	28/03/2008	16.2	-1
28/09/2007	14.8	-6.6	28/11/2007	16	-3	28/01/2008	10	1	29/03/2008	14.8	-0.8
29/09/2007	14.2	-7.2	29/11/2007	14.6	-3.8	29/01/2008	10.2	1.4	30/03/2008	9	-0.2
30/09/2007	14	-3.6	30/11/2007	14.6	-8.6	30/01/2008	9.8	1.6	31/03/2008	11.2	-2.8
01/10/2007	13.8	-7.6	01/12/2007	14.8	-5.6	31/01/2008	10.4	-2.4	01/04/2008	11.4	-6.2
02/10/2007	15.4	-6.2	02/12/2007	10.8	-2.2	01/02/2008	10.6	-4	02/04/2008	9.2	-8.2
03/10/2007	16.2	-7	03/12/2007	12.2	-0.8	02/02/2008	10.2	-2.6	03/04/2008	10	-9.6
04/10/2007	14.4	-7.4	04/12/2007	12.8	-8.2	03/02/2008	9.8	1	04/04/2008	9.8	-7.8
05/10/2007	15.2	-9	05/12/2007	13.2	-7.8	04/02/2008	10.8	1.6	05/04/2008	10.2	-9
06/10/2007	15.4	-10.2	06/12/2007	14.2	-8.2	05/02/2008	9.6	1.2	06/04/2008	12.2	-9.8
07/10/2007	14.6	-6	07/12/2007	12.6	-9.4	06/02/2008	8.8	-1.4	07/04/2008	13	-10.2
08/10/2007	14	-5.2	08/12/2007	14.4	-10.2	07/02/2008	10.4	-1	08/04/2008	12.6	-11.4
09/10/2007	16.6	-9.8	09/12/2007	13.2	-9.4	08/02/2008	11.4	-1.2	09/04/2008	13.8	-8.6
10/10/2007	15.2	-8.2	10/12/2007	15.2	-9.8	09/02/2008	13.8	-1.8	10/04/2008	14.2	-5.4
11/10/2007	13.2	-5.6	11/12/2007	17.2	-10	10/02/2008	14	-4.8	11/04/2008	14.4	-4.8
12/10/2007	13.6	-12.6	12/12/2007	14.6	-2.4	11/02/2008	13	-3	12/04/2008	14.8	-5
13/10/2007	10.6	-10.8	13/12/2007	8.6	-0.6	12/02/2008	14.4	-3.8	13/04/2008	15.2	-5.6
14/10/2007	11	-11	14/12/2007	7.8	-6.4	13/02/2008	13.2	-2.2	14/04/2008	13.2	-6.8
15/10/2007	12.4	-10.6	15/12/2007	13.4	-2.8	14/02/2008	13.6	-3.4	15/04/2008	12.2	-8.6
16/10/2007	11.2	-7.6	16/12/2007	8	-1	15/02/2008	12	-2.6	16/04/2008	13.4	-8.2
17/10/2007	12.4	-0.4	17/12/2007	11.2	-0.8	16/02/2008	12.8	-1.8	17/04/2008	13.8	-6
18/10/2007	13.8	-8	18/12/2007	11.4	-1.2	17/02/2008	11.4	-0.8	18/04/2008	13.6	-5.6
19/10/2007	13.6	-8.2	19/12/2007	10.8	0	18/02/2008	12.2	-0.2	19/04/2008	14.2	-9.2
20/10/2007	14.8	-8.4	20/12/2007	13	1	19/02/2008	11.8	1.2	20/04/2008	13	-10
21/10/2007	16.6	-5.6	21/12/2007	15	-1.6	20/02/2008	12.4	0.8	21/04/2008	12	-7
22/10/2007	16.4	-8.6	22/12/2007	13.2	0.2	21/02/2008	8.4	1.6	22/04/2008	12.4	-5.2
23/10/2007	15.8	-9.8	23/12/2007	14.8	-1.2	22/02/2008	7.4	1.8	23/04/2008	13.4	-6
24/10/2007	14.8	-7.6	24/12/2007	15.2	-3	23/02/2008	9.2	-0.6	24/04/2008	12.2	-6.4
25/10/2007	17.8	-4.8	25/12/2007	12.8	-7.2	24/02/2008	12	2	25/04/2008	12.8	-5.8
26/10/2007	17	-7	26/12/2007	11.2	-6.8	25/02/2008	10.8	1.8	26/04/2008	12.4	-9.6
27/10/2007	14.2	-8.2	27/12/2007	15.4	-6.6	26/02/2008	10	0.2	27/04/2008	12.6	-9.4
28/10/2007	11.4	-3.6	28/12/2007	13.6	-4.2	27/02/2008	10.6	-1.4	28/04/2008	13.2	-8.6
29/10/2007	10	-2.6	29/12/2007	13	-2.8	28/02/2008	11.2	1.2	29/04/2008	14.2	-9
30/10/2007	12.4	-3.8	30/12/2007	11.6	-1.6	29/02/2008	12	-1	30/04/2008	15	-12.4
31/10/2007	11.8	-1.4	31/12/2007	9.8	-0.8	01/03/2008	11.2	-2.8	01/05/2008	13	-12.2
01/11/2007	14.4	-8.8	01/01/2008	7.8	-0.2	02/03/2008	10.8	-2.6	02/05/2008	13.2	-12
02/11/2007	13	-14.4	02/01/2008	8.6	0.6	03/03/2008	11.6	-2	03/05/2008	12.4	-12.8
03/11/2007	16.8	-13	03/01/2008	8.2	0	04/03/2008	12.4	-1.6	04/05/2008	9.8	-13.4
04/11/2007	14.2	-14.8	04/01/2008	10	0.8	05/03/2008	12	-2.8	05/05/2008	15.2	-12.6

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
06/05/2008	14.8	-11.6	06/07/2008	10.8	-14.4	05/09/2008	16	-13.2	05/11/2008	16.6	-6
07/05/2008	14.6	-9.2	07/07/2008	10	-14.8	06/09/2008	11.8	-15	06/11/2008	17	-6.4
08/05/2008	14	-7.2	08/07/2008	12.6	-14.6	07/09/2008	14	-13.6	07/11/2008	16.4	-8.8
09/05/2008	12.2	-8.6	09/07/2008	11.8	-13	08/09/2008	14.6	-14.2	08/11/2008	17	-7.2
10/05/2008	9.2	-6.6	10/07/2008	13.6	-11.4	09/09/2008	14	-11.6	09/11/2008	17.2	-8.2
11/05/2008	10	-6.2	11/07/2008	13.2	-10.6	10/09/2008	9	-11	10/11/2008	17.6	-6.4
12/05/2008	11.4	-7	12/07/2008	10.2	-8.6	11/09/2008	13.6	-10.8	11/11/2008	16.4	-8
13/05/2008	12.2	-9.2	13/07/2008	12	-11.2	12/09/2008	13	-12.6	12/11/2008	15.4	-10.8
14/05/2008	11.2	-10.6	14/07/2008	13.8	-11.8	13/09/2008	14.8	-14.2	13/11/2008	14.6	-11.4
15/05/2008	10.2	-11.4	15/07/2008	13	-10.6	14/09/2008	15	-14.6	14/11/2008	14.2	-7.2
16/05/2008	11	-13.6	16/07/2008	12.8	-10	15/09/2008	13.4	-12.4	15/11/2008	14	-5.6
17/05/2008	12.2	-13.4	17/07/2008	12.2	-12	16/09/2008	11	-11.6	16/11/2008	14.6	-6.4
18/05/2008	14.2	-13	18/07/2008	11.8	-11.6	17/09/2008	11.8	-14.2	17/11/2008	13.2	-8.6
19/05/2008	14.4	-13.2	19/07/2008	11.2	-12.4	18/09/2008	12.6	-15.4	18/11/2008	15.2	-12
20/05/2008	15	-10.6	20/07/2008	10	-12.2	19/09/2008	12.8	-14	19/11/2008	15.4	-9.2
21/05/2008	14.2	-11.4	21/07/2008	9	-13	20/09/2008	13.2	-10.8	20/11/2008	15.2	-11.6
22/05/2008	14	-11.2	22/07/2008	11.8	-17.2	21/09/2008	11.6	-13.4	21/11/2008	17.2	-8.2
23/05/2008	13.4	-11	23/07/2008	11.4	-16.2	22/09/2008	12.8	-11.8	22/11/2008	15.4	-6.4
24/05/2008	12.8	-11.4	24/07/2008	12	-15.8	23/09/2008	13.4	-12.4	23/11/2008	18.8	-6.6
25/05/2008	10	-13.4	25/07/2008	12.4	-13.2	24/09/2008	14.4	-12.6	24/11/2008	13	-5
26/05/2008	9.8	-12.6	26/07/2008	13.2	-12.8	25/09/2008	13.8	-13.4	25/11/2008	13.4	-7.2
27/05/2008	9.6	-13.4	27/07/2008	12	-11.6	26/09/2008	14	-10.4	26/11/2008	17	-8.2
28/05/2008	9.4	-15.8	28/07/2008	10.6	-10.6	27/09/2008	14.6	-11.6	27/11/2008	15.8	-7.4
29/05/2008	9.8	-15.2	29/07/2008	10.2	-9.8	28/09/2008	12.4	-5.4	28/11/2008	16.4	-7
30/05/2008	10.6	-13.8	30/07/2008	10	-11.2	29/09/2008	16	-7.6	29/11/2008	12.2	-7.6
31/05/2008	11.8	-13.2	31/07/2008	7.6	-15.8	30/09/2008	15.8	-6.4	30/11/2008	15.2	-3.2
01/06/2008	10.6	-14.4	01/08/2008	8.2	-14.6	01/10/2008	14.8	-2.2	01/12/2008	14	-3.4
02/06/2008	10.2	-13	02/08/2008	10.6	-16.2	02/10/2008	14.6	-8.2	02/12/2008	12.4	-4.8
03/06/2008	10.4	-14.4	03/08/2008	11.8	-15.8	03/10/2008	14.2	-10.2	03/12/2008	14.2	-3.8
04/06/2008	13	-15.2	04/08/2008	12	-15.6	04/10/2008	14.4	-11.4	04/12/2008	11.8	-6
05/06/2008	12	-13	05/08/2008	12.2	-15.2	05/10/2008	13.8	-11	05/12/2008	14.2	-10.6
06/06/2008	12.4	-12.6	06/08/2008	10	-9	06/10/2008	13	-13.4	06/12/2008	14.8	-4.8
07/06/2008	11.6	-12.8	07/08/2008	5.8	-4.8	07/10/2008	12.8	-8.4	07/12/2008	13	-0.4
08/06/2008	10.4	-12	08/08/2008	9.2	-2.8	08/10/2008	13	-1.2	08/12/2008	8.6	1
09/06/2008	11.4	-13.4	09/08/2008	11.6	-11.4	09/10/2008	13.2	-8	09/12/2008	9	0.6
10/06/2008	11.6	-12	10/08/2008	12.4	-11.8	10/10/2008	13	-9.2	10/12/2008	12.6	2
11/06/2008	8	-7	11/08/2008	12.8	-12.4	11/10/2008	16.2	-12.6	11/12/2008	14	-4.6
12/06/2008	8.4	-12.8	12/08/2008	13.4	-14.4	12/10/2008	16	-9	12/12/2008	13.4	-6.8
13/06/2008	9.8	-13.8	13/08/2008	12.4	-14.6	13/10/2008	16.6	-6	13/12/2008	15.4	-6.6
14/06/2008	10	-12.6	14/08/2008	13	-15.8	14/10/2008	15.6	-8.2	14/12/2008	15.6	2.2
15/06/2008	13.2	-11.8	15/08/2008	13.6	-15.6	15/10/2008	14	-7.6	15/12/2008	14.8	-5
16/06/2008	13.4	-8	16/08/2008	10.8	-15.4	16/10/2008	15.2	-4.6	16/12/2008	15.2	-9.4
17/06/2008	14.6	-6.6	17/08/2008	11.2	-17.6	17/10/2008	13.8	-1.4	17/12/2008	16	-6.4
18/06/2008	13.2	-8.2	18/08/2008	13.8	-17.8	18/10/2008	12.4	-0.4	18/12/2008	12	0.4
19/06/2008	12.2	-9.8	19/08/2008	12.6	-15.6	19/10/2008	11.8	-8.8	19/12/2008	14	0.8
20/06/2008	10.6	-9.4	20/08/2008	14	-12.4	20/10/2008	14.8	-15.6	20/12/2008	11.4	1.2
21/06/2008	11	-10.4	21/08/2008	15.6	-10.6	21/10/2008	15.4	-11.2	21/12/2008	13.2	0.4
22/06/2008	10.6	-11	22/08/2008	14.8	-8.8	22/10/2008	16.6	-8.6	22/12/2008	10.6	0.6
23/06/2008	11.8	-12	23/08/2008	14.2	-12.8	23/10/2008	15	-6.6	23/12/2008	7.8	0.2
24/06/2008	12.4	-11.2	24/08/2008	14.8	-12.4	24/10/2008	14.4	0.8	24/12/2008	10.4	-0.4
25/06/2008	12.2	-9.4	25/08/2008	14	-11.8	25/10/2008	15.2	-1.8	25/12/2008	11.6	-1.8
26/06/2008	10.6	-9.6	26/08/2008	15	-11	26/10/2008	17.2	-9.6	26/12/2008	11.2	-3.2
27/06/2008	10.8	-15	27/08/2008	10.8	-11.2	27/10/2008	15.2	-3.8	27/12/2008	12.8	-4
28/06/2008	11	-14.2	28/08/2008	13.4	-14.4	28/10/2008	15.6	-4.8	28/12/2008	13.6	-1
29/06/2008	10.8	-13.2	29/08/2008	14.2	-11.4	29/10/2008	15	-2.6	29/12/2008	12.8	-3.4
30/06/2008	12	-12	30/08/2008	14	-15	30/10/2008	15.2	-2	30/12/2008	13.2	-4.2
01/07/2008	11.8	-12.4	31/08/2008	14.6	-13.2	31/10/2008	14.2	-8.4	31/12/2008	12	-1.6
02/07/2008	12.2	-13.6	01/09/2008	14.4	-12.8	01/11/2008	13.6	-10.2	01/01/2009	10	0.6
03/07/2008	13.4	-13.8	02/09/2008	15.2	-11.4	02/11/2008	16.4	-9.8	02/01/2009	11.4	0.4
04/07/2008	13.6	-14.2	03/09/2008	13.6	-10	03/11/2008	16.2	-7.6	03/01/2009	9.2	-2.6
05/07/2008	12	-13.4	04/09/2008	14.8	-10.8	04/11/2008	15.8	-5.6	04/01/2009	11.4	-2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
05/01/2009	12.2	-0.8	07/03/2009	13.8	0.4	07/05/2009	9.8	-9.2	07/07/2009	10.2	-16
06/01/2009	14	-4.2	08/03/2009	12.2	1	08/05/2009	13.2	-8.4	08/07/2009	9.4	-13.4
07/01/2009	13.4	-6	09/03/2009	13	-0.2	09/05/2009	12.4	-7.2	09/07/2009	10.2	-11.4
08/01/2009	14.4	-4.2	10/03/2009	13.8	0.4	10/05/2009	12.2	-5.2	10/07/2009	9.8	-10
09/01/2009	13.8	-3.8	11/03/2009	12	-4.2	11/05/2009	13.8	-4.8	11/07/2009	9.2	-11.6
10/01/2009	15.4	-3.4	12/03/2009	10.8	-6.8	12/05/2009	13.4	-1.2	12/07/2009	12.2	-11.4
11/01/2009	13.2	-2.2	13/03/2009	13.2	-3.4	13/05/2009	14	-7	13/07/2009	11.6	-9
12/01/2009	12	0.6	14/03/2009	11.4	1.4	14/05/2009	13.6	-10.2	14/07/2009	11.4	-6.2
13/01/2009	10.4	-0.8	15/03/2009	12	1.8	15/05/2009	11.8	-11	15/07/2009	11.8	-6.6
14/01/2009	12.2	0	16/03/2009	13.4	-1.2	16/05/2009	12.6	-12.8	16/07/2009	13.4	-9.4
15/01/2009	13.4	1.8	17/03/2009	14.6	-3.6	17/05/2009	13.2	-12.2	17/07/2009	13.2	-11.2
16/01/2009	11.6	1.4	18/03/2009	14	0.8	18/05/2009	12.8	-11.8	18/07/2009	13.4	-10.2
17/01/2009	11	-1.8	19/03/2009	12.6	0.2	19/05/2009	13.2	-12	19/07/2009	14.2	-10.4
18/01/2009	12.2	-2.2	20/03/2009	12.2	-1.4	20/05/2009	12.6	-9	20/07/2009	9.6	-10
19/01/2009	11.8	-4.4	21/03/2009	10.8	2.8	21/05/2009	13.4	-7.8	21/07/2009	9	-13.4
20/01/2009	12.2	-0.2	22/03/2009	11.2	1	22/05/2009	12.2	-7	22/07/2009	10.2	-16.4
21/01/2009	12.4	-2.2	23/03/2009	11.8	-0.8	23/05/2009	13	-9	23/07/2009	9.8	-14.8
22/01/2009	11.8	-4.4	24/03/2009	12.6	-2.8	24/05/2009	12	-8.8	24/07/2009	7.8	-10
23/01/2009	11.6	-4	25/03/2009	12.8	-4.4	25/05/2009	13.6	-9.4	25/07/2009	9.4	-11.8
24/01/2009	14.2	-3.8	26/03/2009	13.2	-5.4	26/05/2009	13.4	-8.2	26/07/2009	3.2	-4.2
25/01/2009	14.6	-5	27/03/2009	12	-6	27/05/2009	12.6	-7.6	27/07/2009	5	-3
26/01/2009	13.8	-1.8	28/03/2009	13.4	-5.6	28/05/2009	12.2	-7.2	28/07/2009	8.6	-13.8
27/01/2009	13.6	-1	29/03/2009	13.8	-6.4	29/05/2009	11	-9.8	29/07/2009	10.6	-7.2
28/01/2009	14.4	0.8	30/03/2009	14.2	-9.2	30/05/2009	10.2	-11	30/07/2009	9.2	-10
29/01/2009	15	0	31/03/2009	13.2	-5.4	31/05/2009	9.8	-13.4	31/07/2009	11.2	-8.2
30/01/2009	14.2	0.2	01/04/2009	14.6	-4.2	01/06/2009	11.2	-15.2	01/08/2009	9.2	-9.4
31/01/2009	14.8	-0.8	02/04/2009	15	-4.6	02/06/2009	11	-15.4	02/08/2009	14.4	-11.8
01/02/2009	16.2	-3	03/04/2009	15.6	-5.2	03/06/2009	12.2	-15	03/08/2009	14	-10.2
02/02/2009	14.2	-1.4	04/04/2009	15.2	-7.2	04/06/2009	12.4	-13	04/08/2009	12.8	-9.8
03/02/2009	14.2	0.4	05/04/2009	15.4	-5.4	05/06/2009	11.6	-12	05/08/2009	12.6	-9.2
04/02/2009	13.6	-1.2	06/04/2009	16	-3.4	06/06/2009	12	-11.8	06/08/2009	14	-8.4
05/02/2009	14.2	-1.6	07/04/2009	12	-4.2	07/06/2009	13.6	-12	07/08/2009	10.8	-6.6
06/02/2009	14	-0.8	08/04/2009	12.8	-0.8	08/06/2009	14.2	-11	08/08/2009	10	-5.8
07/02/2009	13.6	1.6	09/04/2009	11	2	09/06/2009	12.4	-14.2	09/08/2009	10.2	-15
08/02/2009	9.2	3	10/04/2009	11.8	1.2	10/06/2009	11.8	-16.2	10/08/2009	11.6	-12.2
09/02/2009	10.4	2.2	11/04/2009	10.4	0.8	11/06/2009	14.2	-15.4	11/08/2009	10.8	-10.2
10/02/2009	12	0.8	12/04/2009	10.8	2.4	12/06/2009	12.4	-14.4	12/08/2009	11	-11.4
11/02/2009	12.8	1.8	13/04/2009	12.2	1.4	13/06/2009	12.2	-11.6	13/08/2009	12.6	-10
12/02/2009	12.2	0.6	14/04/2009	10.6	1.8	14/06/2009	10.6	-10.8	14/08/2009	12.2	-10.6
13/02/2009	9.8	1.4	15/04/2009	11.4	1.2	15/06/2009	8.8	-11	15/08/2009	11.8	-11.2
14/02/2009	10	-0.4	16/04/2009	11	1.6	16/06/2009	11.8	-14.8	16/08/2009	10.2	-14.2
15/02/2009	11.4	-2.2	17/04/2009	11.6	-1.8	17/06/2009	10.2	-15	17/08/2009	11.2	-19.2
16/02/2009	12.2	-4.8	18/04/2009	12	-1.4	18/06/2009	11.8	-13.2	18/08/2009	13.4	-15.2
17/02/2009	11	-1	19/04/2009	13.4	-2.6	19/06/2009	10.8	-11.2	19/08/2009	12	-16.6
18/02/2009	12.4	0.2	20/04/2009	13.2	-1.4	20/06/2009	10.6	-12.4	20/08/2009	12.4	-15.8
19/02/2009	11.2	1.4	21/04/2009	12.8	-2	21/06/2009	11	-13.4	21/08/2009	11	-16
20/02/2009	9.8	0	22/04/2009	12	-3.4	22/06/2009	9.6	-13	22/08/2009	10.2	-17
21/02/2009	11.6	2	23/04/2009	11.6	-7.8	23/06/2009	9.8	-11	23/08/2009	9.8	-16.6
22/02/2009	10.8	-1.2	24/04/2009	12.8	-8.6	24/06/2009	10.4	-11.4	24/08/2009	11.2	-17.4
23/02/2009	12	1.4	25/04/2009	13.8	-9	25/06/2009	11.2	-12.6	25/08/2009	13.2	-15.8
24/02/2009	11.8	1.6	26/04/2009	12.4	-9.6	26/06/2009	11.8	-13	26/08/2009	14	-10.2
25/02/2009	11.6	2	27/04/2009	12	-6.4	27/06/2009	12	-15	27/08/2009	14.8	-10.6
26/02/2009	6.2	2.2	28/04/2009	13.6	-7	28/06/2009	12.6	-14.8	28/08/2009	13.6	-10
27/02/2009	9.8	0.2	29/04/2009	14.4	-9.2	29/06/2009	12.2	-16.8	29/08/2009	12.4	-10.2
28/02/2009	10.2	0.4	30/04/2009	12.2	-5.8	30/06/2009	12.8	-16.6	30/08/2009	11.8	-11.2
01/03/2009	11	0.8	01/05/2009	11.2	-7.2	01/07/2009	11.8	-13	31/08/2009	14	-10.4
02/03/2009	10.4	0	02/05/2009	12	-6.4	02/07/2009	10.6	-12.8	01/09/2009	14.4	-8.6
03/03/2009	10.6	0.2	03/05/2009	12.2	-10.4	03/07/2009	9.8	-13.4	02/09/2009	8.4	-4.4
04/03/2009	11.8	2	04/05/2009	11.4	-9.6	04/07/2009	10	-14	03/09/2009	12.2	-10
05/03/2009	11.4	0.8	05/05/2009	11.8	-10.2	05/07/2009	9.2	-14.2	04/09/2009	13.6	-12.8
06/03/2009	12.4	1.2	06/05/2009	12	-9.8	06/07/2009	11.6	-14.6	05/09/2009	14.8	-14.4

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
06/09/2009	12.8	-14	06/11/2009	11	-8.6	06/01/2010	13.2	1.4	08/03/2010	14.8	-1.6
07/09/2009	13	-14.2	07/11/2009	12.4	-8	07/01/2010	15	-0.6	09/03/2010	14.2	-0.4
08/09/2009	14.2	-15.6	08/11/2009	13.2	-11.4	08/01/2010	15.4	0.4	10/03/2010	14.6	-1.8
09/09/2009	13.2	-14	09/11/2009	13.4	-10.4	09/01/2010	15.6	0.8	11/03/2010	14.8	-1.2
10/09/2009	14	-12.4	10/11/2009	17.6	-9.6	10/01/2010	14.6	2.4	12/03/2010	13.2	2
11/09/2009	14.2	-10.4	11/11/2009	17	-6.6	11/01/2010	12.6	0.4	13/03/2010	13.4	-2.2
12/09/2009	13.8	-8.4	12/11/2009	16.4	-5	12/01/2010	13.2	1.2	14/03/2010	14	-3.2
13/09/2009	16.6	-9.8	13/11/2009	10.2	-1	13/01/2010	13.4	0.8	15/03/2010	13.6	-0.4
14/09/2009	15.8	-9.4	14/11/2009	12.8	2.4	14/01/2010	12	0.6	16/03/2010	14.6	1.4
15/09/2009	15	-2.2	15/11/2009	13.2	1.8	15/01/2010	12.6	2.4	17/03/2010	14.2	2
16/09/2009	12.8	-0.8	16/11/2009	14.4	-1.6	16/01/2010	14.6	0.4	18/03/2010	14	0
17/09/2009	13.2	-0.6	17/11/2009	10.4	-0.4	17/01/2010	14.2	2.8	19/03/2010	13.8	-0.4
18/09/2009	15.6	-6.8	18/11/2009	12.2	-0.2	18/01/2010	11.2	2.2	20/03/2010	14.4	1.2
19/09/2009	15	-7.2	19/11/2009	15.4	-1.2	19/01/2010	12.8	0.2	21/03/2010	14.2	-0.4
20/09/2009	13.2	-9.2	20/11/2009	13.2	1.8	20/01/2010	11.6	-1.4	22/03/2010	14	-0.2
21/09/2009	12.6	-6.4	21/11/2009	15.4	-1	21/01/2010	13.2	-2	23/03/2010	14.4	-1.4
22/09/2009	12.2	-10.4	22/11/2009	16.8	-0.8	22/01/2010	11	1.2	24/03/2010	14.2	-0.8
23/09/2009	13.4	-11.8	23/11/2009	16.4	-0.2	23/01/2010	10.2	2.4	25/03/2010	13.8	0
24/09/2009	14	-11.6	24/11/2009	15	0	24/01/2010	11.4	0.6	26/03/2010	14	1.4
25/09/2009	15.2	-9.8	25/11/2009	14.4	-0.4	25/01/2010	11.6	-0.6	27/03/2010	12.8	2.8
26/09/2009	14.8	-6.6	26/11/2009	12.6	0.2	26/01/2010	12.4	-1.8	28/03/2010	13.2	0.6
27/09/2009	14.4	-4.8	27/11/2009	13.2	0.6	27/01/2010	14.8	-0.6	29/03/2010	12.8	-1
28/09/2009	13.4	-2.6	28/11/2009	12.4	1.2	28/01/2010	15	-3.4	30/03/2010	13.6	-3.6
29/09/2009	11.6	-1.4	29/11/2009	13.2	0.4	29/01/2010	13.4	0	31/03/2010	12.8	-3.4
30/09/2009	11.4	1	30/11/2009	14	-2.6	30/01/2010	13.6	-0.4	01/04/2010	13.8	-4
01/10/2009	13.8	-0.6	01/12/2009	16.4	-0.2	31/01/2010	14.8	0.4	02/04/2010	14.6	-4.4
02/10/2009	14	-8.8	02/12/2009	16.6	-5	01/02/2010	11	2.4	03/04/2010	14.8	-1.8
03/10/2009	15.6	-11.6	03/12/2009	15.4	0.4	02/02/2010	13.2	2	04/04/2010	14	-1.4
04/10/2009	15.2	-9.4	04/12/2009	15.8	-5.4	03/02/2010	14.2	3.2	05/04/2010	13.8	-1.6
05/10/2009	15.8	-10	05/12/2009	15	-7.4	04/02/2010	13.6	1	06/04/2010	12.6	-1.4
06/10/2009	15.2	-10.4	06/12/2009	14.4	-6.2	05/02/2010	14.4	3	07/04/2010	14.8	0.6
07/10/2009	16.2	-13.6	07/12/2009	14.8	-6.8	06/02/2010	10	0.8	08/04/2010	13.8	-0.2
08/10/2009	15.6	-11	08/12/2009	16.4	-8.4	07/02/2010	11.8	-0.6	09/04/2010	13.6	0.4
09/10/2009	15.4	-11.8	09/12/2009	16.2	0.6	08/02/2010	14.4	-0.2	10/04/2010	14.2	-3.4
10/10/2009	14.6	-11.4	10/12/2009	15	-0.4	09/02/2010	13.8	0	11/04/2010	12.8	-6.4
11/10/2009	14.4	-11.6	11/12/2009	16.4	-5.8	10/02/2010	13.4	-0.8	12/04/2010	13	-8
12/10/2009	15.4	-12.6	12/12/2009	16	-6.4	11/02/2010	13.6	-0.6	13/04/2010	12.8	-6.6
13/10/2009	13.8	-10.8	13/12/2009	15.2	-7.8	12/02/2010	13	-0.8	14/04/2010	13.2	-5.8
14/10/2009	13.6	-9.6	14/12/2009	18.8	-4.2	13/02/2010	11.6	0.6	15/04/2010	12.8	-5.2
15/10/2009	15.8	-12.2	15/12/2009	15.2	-4	14/02/2010	10.8	1.2	16/04/2010	13.8	-3.8
16/10/2009	14.6	-7.6	16/12/2009	16.2	-3.6	15/02/2010	14	0.2	17/04/2010	14	-1.4
17/10/2009	15.6	-5.8	17/12/2009	16.8	0.2	16/02/2010	14.4	-0.4	18/04/2010	12.2	-2
18/10/2009	15.8	-3.4	18/12/2009	15.6	-0.8	17/02/2010	12.8	2.2	19/04/2010	13.2	-1.8
19/10/2009	15.2	-3.6	19/12/2009	15.8	2.4	18/02/2010	12.2	4	20/04/2010	14.8	-0.4
20/10/2009	15	-6.8	20/12/2009	12.4	2.8	19/02/2010	13.6	2.2	21/04/2010	16	-2.4
21/10/2009	16.2	-7.2	21/12/2009	14.2	-2	20/02/2010	13	2.4	22/04/2010	16	-2.6
22/10/2009	17.2	-7.4	22/12/2009	16	-6.4	21/02/2010	13.4	2.6	23/04/2010	16.2	-3.6
23/10/2009	14.2	-2.6	23/12/2009	13.8	-3.2	22/02/2010	11.4	2.8	24/04/2010	15.6	-5.2
24/10/2009	15.4	-1.8	24/12/2009	13.6	-1.6	23/02/2010	10.6	2	25/04/2010	15	-6.4
25/10/2009	16	-1.4	25/12/2009	13.2	-0.4	24/02/2010	9.4	2.2	26/04/2010	14.8	-6.8
26/10/2009	14.4	-4.6	26/12/2009	13.8	-3.8	25/02/2010	10	1.8	27/04/2010	16	-8.4
27/10/2009	14.2	-6.8	27/12/2009	13.6	-3.4	26/02/2010	12.2	2.4	28/04/2010	16.6	-7.2
28/10/2009	16.2	-10.8	28/12/2009	15.2	-4	27/02/2010	13.4	1	29/04/2010	15.4	-4.2
29/10/2009	16	0.4	29/12/2009	13.2	-6.4	28/02/2010	13.8	0.4	30/04/2010	11.2	-1
30/10/2009	17.2	-3.2	30/12/2009	16	-5.8	01/03/2010	14	0	01/05/2010	10	0.2
31/10/2009	18.2	-7.2	31/12/2009	14	-5.4	02/03/2010	14.4	-0.4	02/05/2010	10.4	-2
01/11/2009	14.6	-6.2	01/01/2010	16.8	-7.8	03/03/2010	14	-0.6	03/05/2010	12.8	-10
02/11/2009	13	-6	02/01/2010	16.2	-3.2	04/03/2010	13.8	-0.8	04/05/2010	12	-8.2
03/11/2009	13.6	-7.2	03/01/2010	17.2	-3.4	05/03/2010	14.4	1.4	05/05/2010	13.6	-8.4
04/11/2009	13.4	-7	04/01/2010	15	-1.4	06/03/2010	14.6	1.8	06/05/2010	14.4	-11.6
05/11/2009	13	-5.8	05/01/2010	15.2	2.8	07/03/2010	14	-1.2	07/05/2010	15.2	-8.4

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
08/05/2010	15.6	-9	08/07/2010	12.6	-10.8	07/09/2010	15	-8.6	07/11/2010	15.4	-12.4
09/05/2010	14.8	-9.8	09/07/2010	12	-11.6	08/09/2010	14.2	-8.4	08/11/2010	15.6	-11.2
10/05/2010	15.4	-10.4	10/07/2010	12.8	-11.4	09/09/2010	15.4	-8	09/11/2010	17.6	-14
11/05/2010	12.8	-12.4	11/07/2010	10.4	-15.2	10/09/2010	15	-8.2	10/11/2010	14	-5.6
12/05/2010	14.6	-10.4	12/07/2010	12.8	-15	11/09/2010	15.6	-9	11/11/2010	12.8	1.6
13/05/2010	12.8	-8.2	13/07/2010	12	-15.6	12/09/2010	13.4	-10.4	12/11/2010	10.8	-1.8
14/05/2010	13.4	-5	14/07/2010	11.8	-14.6	13/09/2010	12.2	-13.8	13/11/2010	14.2	-8.2
15/05/2010	9.8	-6	15/07/2010	8.8	-12.8	14/09/2010	15	-16	14/11/2010	-99.9	-8.4
16/05/2010	8.4	-2.4	16/07/2010	10.2	-14	15/09/2010	14.8	-12.6	15/11/2010	-99.9	-9.6
17/05/2010	10.8	-7.8	17/07/2010	9	-10.4	16/09/2010	15.6	-8.8	16/11/2010	-99.9	-14.2
18/05/2010	14.4	-8.8	18/07/2010	10.2	-16.2	17/09/2010	15.4	-10.4	17/11/2010	-99.9	-13.6
19/05/2010	14.2	-7.4	19/07/2010	11.4	-17.6	18/09/2010	14.8	-4.4	18/11/2010	-99.9	-14.8
20/05/2010	13	-3.4	20/07/2010	11.6	-14.4	19/09/2010	14.4	-10.4	19/11/2010	-99.9	-14.6
21/05/2010	10.8	-4.6	21/07/2010	11.4	-12.8	20/09/2010	15	-10.2	20/11/2010	-99.9	-12.6
22/05/2010	11	-6.8	22/07/2010	12.8	-15.8	21/09/2010	15.4	-10	21/11/2010	-99.9	-12.4
23/05/2010	11.2	-8	23/07/2010	15	-14	22/09/2010	15	-9.4	22/11/2010	-99.9	-10.6
24/05/2010	11.6	-9	24/07/2010	13.4	-14.4	23/09/2010	15.2	-9.6	23/11/2010	-99.9	-10.8
25/05/2010	12.2	-8.8	25/07/2010	13.8	-12.6	24/09/2010	16.4	-7.8	24/11/2010	17	-12.2
26/05/2010	10.8	-5.6	26/07/2010	13.6	-12	25/09/2010	16.2	-8.8	25/11/2010	18.2	-9
27/05/2010	10.6	0.2	27/07/2010	13	-13	26/09/2010	16	-11.4	26/11/2010	15.8	-5.8
28/05/2010	13.2	0.4	28/07/2010	14.6	-12.6	27/09/2010	15.6	-10.2	27/11/2010	16.8	-5.6
29/05/2010	10.8	-4.8	29/07/2010	13.6	-12	28/09/2010	15	-13.8	28/11/2010	17.8	-4.8
30/05/2010	13.6	-9	30/07/2010	10.6	-12.8	29/09/2010	17	-13	29/11/2010	17	-2.8
31/05/2010	12.4	-8	31/07/2010	11	-13.4	30/09/2010	16.4	-13.6	30/11/2010	16.8	-3
01/06/2010	10.6	-9.4	01/08/2010	11.8	-16.2	01/10/2010	15.2	-11.4	01/12/2010	18.2	-5.2
02/06/2010	11	-9.6	02/08/2010	12.6	-12.4	02/10/2010	14.4	-11	02/12/2010	18.2	-5.6
03/06/2010	11.4	-10.4	03/08/2010	14.2	-10.8	03/10/2010	12.8	-9.4	03/12/2010	18.6	-9.8
04/06/2010	12.6	-9	04/08/2010	13	-13.2	04/10/2010	15.2	-16.4	04/12/2010	17.2	-6.2
05/06/2010	13	-8.6	05/08/2010	13.8	-14.4	05/10/2010	16	-11.8	05/12/2010	8.8	-10
06/06/2010	11.8	-8.8	06/08/2010	14.4	-10.2	06/10/2010	14	-12.4	06/12/2010	10.4	-0.4
07/06/2010	13.8	-8.4	07/08/2010	14.6	-11	07/10/2010	16.8	-10.6	07/12/2010	12.4	-0.8
08/06/2010	14.8	-10.2	08/08/2010	15.2	-12.6	08/10/2010	15.4	-5.4	08/12/2010	15	-1
09/06/2010	13.4	-9.8	09/08/2010	14.2	-11.6	09/10/2010	15.4	-6.8	09/12/2010	11.8	-1.2
10/06/2010	12.6	-9	10/08/2010	14.6	-11.2	10/10/2010	9	-7.2	10/12/2010	12.8	-0.6
11/06/2010	13.6	-9.2	11/08/2010	12.8	-12.4	11/10/2010	12	0.2	11/12/2010	13.4	0.8
12/06/2010	13	-8.6	12/08/2010	11.4	-10.4	12/10/2010	8.8	0	12/12/2010	10	1
13/06/2010	12.8	-8.8	13/08/2010	14	-11.4	13/10/2010	9.8	-4.8	13/12/2010	11.4	0.6
14/06/2010	12.4	-10.8	14/08/2010	15.2	-10.4	14/10/2010	13.4	-8.6	14/12/2010	11.6	-3.8
15/06/2010	13.6	-9.2	15/08/2010	15	-11.4	15/10/2010	13	-8.4	15/12/2010	13.4	-7.6
16/06/2010	14	-9.6	16/08/2010	15.4	-13.6	16/10/2010	15.2	-8.4	16/12/2010	16.8	-6.6
17/06/2010	13.2	-9.4	17/08/2010	14	-9	17/10/2010	16.2	-7.8	17/12/2010	16.6	-5.6
18/06/2010	12.4	-10.4	18/08/2010	14.8	-10.4	18/10/2010	16	-8.6	18/12/2010	16.4	-11.2
19/06/2010	12.2	-10.2	19/08/2010	14.2	-10.6	19/10/2010	16.2	-11.8	19/12/2010	15	-7.4
20/06/2010	14	-9.8	20/08/2010	13.8	-10.8	20/10/2010	15.8	-10.6	20/12/2010	11.6	-4.2
21/06/2010	14.6	-6.4	21/08/2010	13.6	-10.6	21/10/2010	15.2	-7	21/12/2010	12.8	0.2
22/06/2010	15.2	-6.8	22/08/2010	14	-11	22/10/2010	14.2	-10.6	22/12/2010	14.2	0.4
23/06/2010	15.4	-7	23/08/2010	15.4	-9.8	23/10/2010	16.8	-12.8	23/12/2010	9.6	1.2
24/06/2010	14	-8.8	24/08/2010	15.8	-8.6	24/10/2010	16	-11.6	24/12/2010	12.6	0.6
25/06/2010	13.8	-8.2	25/08/2010	16	-9.6	25/10/2010	15.8	-10.2	25/12/2010	10.8	0.8
26/06/2010	13	-9.2	26/08/2010	15.8	-10	26/10/2010	16.4	-7	26/12/2010	10.6	2
27/06/2010	13.2	-8.8	27/08/2010	15.6	-10.6	27/10/2010	15.8	-5.8	27/12/2010	12.8	-0.4
28/06/2010	12.2	-8	28/08/2010	15	-11.4	28/10/2010	16.8	-5	28/12/2010	10.4	-1.2
29/06/2010	12	-8.4	29/08/2010	14.4	-10.8	29/10/2010	15.8	-8.4	29/12/2010	9	2.2
30/06/2010	11.8	-11	30/08/2010	14.8	-7.6	30/10/2010	17.2	-9	30/12/2010	13.2	-0.6
01/07/2010	13	-10.2	31/08/2010	11.4	-7.4	31/10/2010	16.2	-9.4	31/12/2010	12.8	-3.2
02/07/2010	13.6	-10	01/09/2010	5.6	-1.2	01/11/2010	16.6	-10.2	01/01/2011	13	-7.2
03/07/2010	14	-10.4	02/09/2010	9.2	-3.8	02/11/2010	16.2	-11.2	02/01/2011	14.6	-11.4
04/07/2010	14.4	-10.2	03/09/2010	11.4	-2.6	03/11/2010	16.4	-9.4	03/01/2011	14.2	-8.2
05/07/2010	15	-11.2	04/09/2010	14.6	-7	04/11/2010	16.6	-14.8	04/01/2011	16.6	-5.6
06/07/2010	13.4	-12.8	05/09/2010	13.6	-10.2	05/11/2010	16.4	-14.6	05/01/2011	16.4	-4
07/07/2010	13.4	-14	06/09/2010	14.8	-11	06/11/2010	16.6	-13.4	06/01/2011	14.8	-4.6

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
07/01/2011	12.2	-4.8	09/03/2011	10.2	0.6	09/05/2011	12.8	-5.6	09/07/2011	11	-10.2
08/01/2011	15.4	-0.8	10/03/2011	10.6	-0.6	10/05/2011	7.6	-2.6	10/07/2011	11.6	-11.4
09/01/2011	14	1.4	11/03/2011	11.6	-3.8	11/05/2011	11.6	-3	11/07/2011	11.4	-11.2
10/01/2011	11.2	1	12/03/2011	10.6	-1.6	12/05/2011	12	-5.4	12/07/2011	13.2	-11
11/01/2011	11.6	0.8	13/03/2011	12.6	0.4	13/05/2011	12.2	-8.2	13/07/2011	13.4	-10
12/01/2011	12.6	-1.4	14/03/2011	9	0.6	14/05/2011	12.6	-10	14/07/2011	12.6	-9.8
13/01/2011	12.4	-0.6	15/03/2011	10.2	0	15/05/2011	12.4	-9.6	15/07/2011	12.8	-11.4
14/01/2011	15.6	-0.4	16/03/2011	12.2	0.4	16/05/2011	12.6	-10.2	16/07/2011	12	-11.6
15/01/2011	14.8	-1.8	17/03/2011	14	-0.8	17/05/2011	10.4	-10.4	17/07/2011	11	-12
16/01/2011	14	-2.6	18/03/2011	12.8	-0.2	18/05/2011	11.6	-12.4	18/07/2011	12	-12.8
17/01/2011	17	-2.2	19/03/2011	10.6	0.8	19/05/2011	11.4	-10.6	19/07/2011	12.6	-12.6
18/01/2011	16.6	-3.4	20/03/2011	12.6	0.6	20/05/2011	11.2	-11	20/07/2011	11.6	-8.8
19/01/2011	15.2	-1.2	21/03/2011	12.8	-0.4	21/05/2011	12.6	-12.2	21/07/2011	11.4	-10
20/01/2011	16.4	0.8	22/03/2011	11.4	0.2	22/05/2011	12.4	-12.8	22/07/2011	13.4	-11.2
21/01/2011	15	1.8	23/03/2011	13	0	23/05/2011	12.6	-2.6	23/07/2011	13.8	-10.8
22/01/2011	12.4	0.4	24/03/2011	12	-0.2	24/05/2011	12.8	-4.2	24/07/2011	12.6	-9
23/01/2011	9.4	1	25/03/2011	12.2	-0.8	25/05/2011	13.8	-3.2	25/07/2011	13.8	-9.6
24/01/2011	9.8	-0.4	26/03/2011	12.6	-0.2	26/05/2011	13	-5	26/07/2011	11.4	-10.2
25/01/2011	9.8	0.2	27/03/2011	12.2	-0.4	27/05/2011	15	-5.8	27/07/2011	11.2	-10.6
26/01/2011	10.2	1.6	28/03/2011	13	-0.8	28/05/2011	14.6	-6	28/07/2011	10.8	-12.2
27/01/2011	10	2	29/03/2011	12.6	-2.4	29/05/2011	13.6	-7.2	29/07/2011	9.2	-12.4
28/01/2011	12	1	30/03/2011	13	0.4	30/05/2011	13.2	-8.4	30/07/2011	9.4	-15
29/01/2011	10.6	0.4	31/03/2011	14	2	31/05/2011	13.4	-6.8	31/07/2011	9.2	-15.8
30/01/2011	12.8	1.8	01/04/2011	12	-0.2	01/06/2011	13.2	-9	01/08/2011	10.8	-13.4
31/01/2011	12.4	0.8	02/04/2011	11.6	-1.6	02/06/2011	13.4	-10.2	02/08/2011	11.4	-13.6
01/02/2011	11.4	0.4	03/04/2011	12.6	-3	03/06/2011	12.8	-10	03/08/2011	13.8	-14.2
02/02/2011	10	1	04/04/2011	13	-3.8	04/06/2011	12.6	-10.8	04/08/2011	12.6	-11.6
03/02/2011	12.8	0.6	05/04/2011	13.2	-2.2	05/06/2011	10	-10.4	05/08/2011	10.4	-10.4
04/02/2011	12	2.8	06/04/2011	10.4	1	06/06/2011	14.2	-9.6	06/08/2011	12.8	-9.2
05/02/2011	11.8	2.4	07/04/2011	10.2	-0.4	07/06/2011	11.6	-12.8	07/08/2011	14	-9
06/02/2011	12	2.2	08/04/2011	10	-1	08/06/2011	10	-14	08/08/2011	14.2	-9.8
07/02/2011	10.8	1.4	09/04/2011	10.6	1.2	09/06/2011	11.2	-13.2	09/08/2011	13	-9.6
08/02/2011	10.2	2.4	10/04/2011	11.8	1	10/06/2011	12.8	-13	10/08/2011	12.2	-9.6
09/02/2011	10.2	1.6	11/04/2011	11.6	-2	11/06/2011	12.2	-12.6	11/08/2011	12.8	-8.2
10/02/2011	11	0.6	12/04/2011	11.8	-4.6	12/06/2011	12.4	-10.8	12/08/2011	10.6	-8.4
11/02/2011	12.6	0	13/04/2011	12.2	-6.2	13/06/2011	12.6	-9.8	13/08/2011	11.8	-7.8
12/02/2011	12.8	-1.8	14/04/2011	13	-5	14/06/2011	11.8	-10	14/08/2011	12.8	-8.6
13/02/2011	13.8	-2.2	15/04/2011	12.6	-3.2	15/06/2011	11.2	-10.4	15/08/2011	12.6	-9.8
14/02/2011	11.2	0.2	16/04/2011	11.6	-2	16/06/2011	9.6	-10.2	16/08/2011	12.4	-10.2
15/02/2011	9.6	0.6	17/04/2011	12.2	-0.8	17/06/2011	10.8	-8	17/08/2011	13.8	-8.8
16/02/2011	10.4	-0.4	18/04/2011	11.6	-0.4	18/06/2011	10.2	-4.8	18/08/2011	12.2	-10.8
17/02/2011	12.2	-2	19/04/2011	13.6	-0.8	19/06/2011	10.8	-9.8	19/08/2011	13.2	-12.8
18/02/2011	10	-1.2	20/04/2011	13.8	-3.6	20/06/2011	13	-10.4	20/08/2011	13.6	-11
19/02/2011	10.2	-0.2	21/04/2011	16.4	-5.4	21/06/2011	13.4	-10	21/08/2011	13.2	-6.4
20/02/2011	13.2	1	22/04/2011	14.2	-5.8	22/06/2011	13	-10.4	22/08/2011	11.8	-11.6
21/02/2011	11.8	0.8	23/04/2011	13.8	-5.2	23/06/2011	12.8	-9.4	23/08/2011	12.2	-15.4
22/02/2011	10.6	1.2	24/04/2011	14	-5	24/06/2011	13	-9.6	24/08/2011	12.6	-12.4
23/02/2011	11.4	0.2	25/04/2011	14.4	-5.4	25/06/2011	13.4	-12.2	25/08/2011	14.4	-8.2
24/02/2011	8	-0.8	26/04/2011	14.6	-2.6	26/06/2011	14.6	-10.8	26/08/2011	14.2	-7
25/02/2011	10.2	0.4	27/04/2011	14.8	-4.4	27/06/2011	14.8	-11.2	27/08/2011	13	-7.2
26/02/2011	11.2	1	28/04/2011	13	-6	28/06/2011	10	-11	28/08/2011	14.2	-7.8
27/02/2011	11.8	0.8	29/04/2011	12.4	-9.2	29/06/2011	9	-10.8	29/08/2011	14.6	-8.6
28/02/2011	11.6	-0.8	30/04/2011	11.6	-9	30/06/2011	9.2	-11.8	30/08/2011	15.6	-9.8
01/03/2011	11.2	-3.6	01/05/2011	13.6	-8.8	01/07/2011	9.8	-11.2	31/08/2011	13.4	-6.4
02/03/2011	12.2	-4.6	02/05/2011	11.8	-7.8	02/07/2011	6	-10	01/09/2011	14.4	-5.2
03/03/2011	12.4	-3.8	03/05/2011	12.8	-6.4	03/07/2011	5.6	-3.2	02/09/2011	13.6	-9.8
04/03/2011	9	-2	04/05/2011	13.4	-5.2	04/07/2011	10	-1.2	03/09/2011	14.2	-9.6
05/03/2011	12.6	-3.8	05/05/2011	13.2	-5	05/07/2011	12	-8	04/09/2011	14.8	-9.8
06/03/2011	11.4	-3.6	06/05/2011	12.6	-6.2	06/07/2011	11	-8.4	05/09/2011	15.8	-8.2
07/03/2011	12.2	-4.8	07/05/2011	12.8	-4	07/07/2011	10.8	-6.2	06/09/2011	15	-8.6
08/03/2011	11.8	1.8	08/05/2011	12	-4.4	08/07/2011	11.2	-6.4	07/09/2011	13.8	-9.4

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
08/09/2011	14	-13.4	08/11/2011	17.4	-9.2	08/01/2012	9	-0.8	09/03/2012	9.4	-0.6
09/09/2011	12	-11.4	09/11/2011	17.8	-7	09/01/2012	8.2	1.8	10/03/2012	11	0.2
10/09/2011	13.2	-14.2	10/11/2011	18.2	-7.4	10/01/2012	12.6	-1.6	11/03/2012	5.8	-4.4
11/09/2011	13	-9	11/11/2011	16.6	-6.6	11/01/2012	12.8	-2.2	12/03/2012	11.8	-2.2
12/09/2011	12.8	-2.2	12/11/2011	17	-6.4	12/01/2012	13.8	-2	13/03/2012	12	-5.4
13/09/2011	10.4	-2.8	13/11/2011	18.2	-7.8	13/01/2012	13.6	-2.4	14/03/2012	12.2	-5.2
14/09/2011	13	-7.6	14/11/2011	18	-11.2	14/01/2012	13.6	-3.4	15/03/2012	13.8	-5
15/09/2011	12.8	-9.8	15/11/2011	16	-8.2	15/01/2012	13.4	-5	16/03/2012	10	-1.2
16/09/2011	13.8	-9.4	16/11/2011	16.4	-5.8	16/01/2012	13.8	-5.4	17/03/2012	13.6	-2.2
17/09/2011	14	-11.4	17/11/2011	17	-7.2	17/01/2012	13.6	-4	18/03/2012	14.2	-1
18/09/2011	12.8	-8.2	18/11/2011	11.6	-5	18/01/2012	12	-1.6	19/03/2012	13.8	-3.2
19/09/2011	14.6	-5	19/11/2011	8.4	-0.2	19/01/2012	9.4	-2.4	20/03/2012	14	-2.6
20/09/2011	14.4	-9.2	20/11/2011	11.2	0.8	20/01/2012	10.6	-0.4	21/03/2012	13.4	-1.8
21/09/2011	14.8	-10.2	21/11/2011	13.8	-4.2	21/01/2012	10	-0.6	22/03/2012	15	-2.6
22/09/2011	14	-8.8	22/11/2011	11.8	-1.8	22/01/2012	10.6	-0.4	23/03/2012	14	-4.2
23/09/2011	12.8	-8.2	23/11/2011	15.4	-4	23/01/2012	12	-2	24/03/2012	13.8	-5.4
24/09/2011	13.4	-8.4	24/11/2011	16.4	-4.6	24/01/2012	12.8	-1.8	25/03/2012	13.8	-2.8
25/09/2011	15	-7.8	25/11/2011	17.2	-8.6	25/01/2012	9	-0.6	26/03/2012	12.2	-0.2
26/09/2011	15.8	-10.4	26/11/2011	17.6	-6.6	26/01/2012	12.4	-0.4	27/03/2012	8.6	-1
27/09/2011	12.2	-10.8	27/11/2011	17.8	-3	27/01/2012	9	-0.2	28/03/2012	10.6	-1.4
28/09/2011	12.8	-6.2	28/11/2011	17.6	-4.2	28/01/2012	12.4	-1.2	29/03/2012	11.8	-1.6
29/09/2011	14.6	-8.4	29/11/2011	16.6	-2.8	29/01/2012	11.2	-0.6	30/03/2012	9.8	0.2
30/09/2011	13.6	-8.2	30/11/2011	17.4	-3.6	30/01/2012	10	-0.4	31/03/2012	10.8	-1
01/10/2011	13.4	-10.2	01/12/2011	17.6	-4.8	31/01/2012	12.4	-1.6	01/04/2012	11.2	-1.2
02/10/2011	-99.9	-14	02/12/2011	17.8	-5.8	01/02/2012	13.6	0.6	02/04/2012	12.2	-3.8
03/10/2011	14.2	-10	03/12/2011	18.2	-5.8	02/02/2012	10.6	1.8	03/04/2012	12.2	-2.6
04/10/2011	14.4	-10.6	04/12/2011	17.6	-8	03/02/2012	12.4	2	04/04/2012	10.8	-2.2
05/10/2011	15	-9.2	05/12/2011	17.8	-9.8	04/02/2012	11	-0.8	05/04/2012	10	-1.4
06/10/2011	15.2	-9.4	06/12/2011	16.4	-8.6	05/02/2012	10	1.6	06/04/2012	12.2	0
07/10/2011	14	-3.6	07/12/2011	15.2	-9.2	06/02/2012	10.8	0.8	07/04/2012	12.6	-1.4
08/10/2011	12.2	-5.2	08/12/2011	16.2	-9.8	07/02/2012	12.4	0.6	08/04/2012	12.4	-3.6
09/10/2011	10.4	-2.6	09/12/2011	13.4	-6.2	08/02/2012	11.8	0.4	09/04/2012	12.8	-1.2
10/10/2011	13.2	-4.4	10/12/2011	13.6	-5.8	09/02/2012	9.4	0	10/04/2012	12.6	-2.2
11/10/2011	15	-2.6	11/12/2011	14.2	-6	10/02/2012	10.2	1.6	11/04/2012	11.4	0.6
12/10/2011	15.2	-10	12/12/2011	12	-1.2	11/02/2012	11.8	2.4	12/04/2012	9.4	0
13/10/2011	14	-10.8	13/12/2011	11.8	-1.4	12/02/2012	10.2	1	13/04/2012	11.4	0.8
14/10/2011	14.2	-12	14/12/2011	11.8	-2.2	13/02/2012	9.8	1.4	14/04/2012	11.8	-2
15/10/2011	15	-12.2	15/12/2011	11.6	-1.8	14/02/2012	9	1.6	15/04/2012	12.8	-1.2
16/10/2011	14.2	-12	16/12/2011	14.4	-2.8	15/02/2012	8.6	-0.2	16/04/2012	10.8	0.8
17/10/2011	13.4	-11.6	17/12/2011	13.2	-5.8	16/02/2012	9.2	0.6	17/04/2012	12	1.8
18/10/2011	14.2	-14.4	18/12/2011	13.8	-5.4	17/02/2012	11.2	1.2	18/04/2012	10.6	1.8
19/10/2011	16.8	-13.8	19/12/2011	15.2	-1.2	18/02/2012	10	-1	19/04/2012	11.8	3.8
20/10/2011	15	-12	20/12/2011	12.4	0.6	19/02/2012	9.2	-1.2	20/04/2012	12.2	1.6
21/10/2011	14.4	-11.8	21/12/2011	13.6	0.8	20/02/2012	8.8	0	21/04/2012	12	1
22/10/2011	16.2	-14.4	22/12/2011	7	-1.8	21/02/2012	11	-2	22/04/2012	11.8	0.8
23/10/2011	16	-10.8	23/12/2011	7.4	-1.2	22/02/2012	11.6	-1.2	23/04/2012	9.4	-0.2
24/10/2011	16.4	-10.4	24/12/2011	10.2	-2.8	23/02/2012	9.6	-1.6	24/04/2012	9	3.8
25/10/2011	16.8	-9.8	25/12/2011	4.8	-1.4	24/02/2012	10.4	0.6	25/04/2012	10.2	-3.4
26/10/2011	17.2	-12.2	26/12/2011	8.4	-2.2	25/02/2012	11	-3.6	26/04/2012	11.6	-1.2
27/10/2011	16	-3.2	27/12/2011	11.8	0.8	26/02/2012	12.8	-4.8	27/04/2012	11	-2.2
28/10/2011	15.6	-4.2	28/12/2011	9.4	0.6	27/02/2012	10.6	1	28/04/2012	10.4	-3.4
29/10/2011	15.8	-1.8	29/12/2011	10.6	-0.6	28/02/2012	10.8	0	29/04/2012	11.8	-5
30/10/2011	15.6	-7.4	30/12/2011	11.4	-0.4	29/02/2012	11.8	-2.6	30/04/2012	12.4	-5.2
31/10/2011	14.8	-8.6	31/12/2011	13.2	1.8	01/03/2012	12.6	-0.2	01/05/2012	12.2	-3.6
01/11/2011	16	-14	01/01/2012	11	2.2	02/03/2012	12.4	-1.2	02/05/2012	12	-3.4
02/11/2011	15.8	-9.2	02/01/2012	7.2	0.4	03/03/2012	11.4	-2.4	03/05/2012	11.8	-2.2
03/11/2011	15.8	-8	03/01/2012	11.8	0.8	04/03/2012	9.4	-0.2	04/05/2012	12.6	-3.2
04/11/2011	16	-9.4	04/01/2012	11.6	1.6	05/03/2012	10.2	0	05/05/2012	12.2	-4.4
05/11/2011	16.4	-10.4	05/01/2012	10.2	1.4	06/03/2012	11.2	-0.6	06/05/2012	12.4	-4.6
06/11/2011	16.8	-13.6	06/01/2012	10	1.8	07/03/2012	11	-0.4	07/05/2012	12.2	-5.6
07/11/2011	17.6	-11.8	07/01/2012	11.4	0.6	08/03/2012	9.8	-2	08/05/2012	12.8	-5.4

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
09/05/2012	13	-6.2	09/07/2012	12	-9.8	08/09/2012	16.2	-10.6	08/11/2012	14.8	-8.4
10/05/2012	13.6	-6.8	10/07/2012	12.8	-10.8	09/09/2012	14.8	-8	09/11/2012	13	-9
11/05/2012	13	-6.4	11/07/2012	13	-11	10/09/2012	16.8	-8.8	10/11/2012	17	-10.2
12/05/2012	11.2	-5.8	12/07/2012	13.6	-10	11/09/2012	16.6	-7.4	11/11/2012	16.6	-4.6
13/05/2012	11.6	-5.2	13/07/2012	13.4	-7.8	12/09/2012	15.6	-10	12/11/2012	12	-3.8
14/05/2012	11.8	-9.2	14/07/2012	13.8	-8.2	13/09/2012	14	-2.6	13/11/2012	16.8	-4.4
15/05/2012	10.6	-9	15/07/2012	13.6	-9.6	14/09/2012	11.2	-4.8	14/11/2012	13	-3
16/05/2012	11.4	-10.6	16/07/2012	13	-12.2	15/09/2012	13.4	-5	15/11/2012	15.8	-5.2
17/05/2012	12	-9.4	17/07/2012	11	-13.6	16/09/2012	10	-6.6	16/11/2012	15.8	-3.4
18/05/2012	11.8	-9.2	18/07/2012	11.4	-11.4	17/09/2012	14.6	-7.4	17/11/2012	14.8	-3
19/05/2012	12.8	-6.8	19/07/2012	11.6	-10.4	18/09/2012	13.6	-8.6	18/11/2012	13	-0.4
20/05/2012	12.6	-6.4	20/07/2012	12.2	-11.2	19/09/2012	14.2	-11.2	19/11/2012	13.6	-2.6
21/05/2012	12	-8.4	21/07/2012	13.2	-10.8	20/09/2012	12.2	-12.6	20/11/2012	13.2	-4.4
22/05/2012	11.8	-9.4	22/07/2012	13.4	-10.6	21/09/2012	16	-12.4	21/11/2012	13.2	-3
23/05/2012	12	-8.6	23/07/2012	13	-10.2	22/09/2012	15.8	-11.6	22/11/2012	16.8	-10.8
24/05/2012	12.4	-9.8	24/07/2012	12	-11	23/09/2012	15.6	-8.2	23/11/2012	14.8	-10.4
25/05/2012	10.8	-10.2	25/07/2012	11.6	-9.8	24/09/2012	15.6	-8.6	24/11/2012	16	-11.6
26/05/2012	12.4	-10.8	26/07/2012	11.4	-14	25/09/2012	13.6	-7.6	25/11/2012	15	-7.8
27/05/2012	12.2	-10.4	27/07/2012	11.2	-10.6	26/09/2012	11.2	-5	26/11/2012	18	-8.6
28/05/2012	12.8	-11	28/07/2012	12	-8.8	27/09/2012	10.2	-1.8	27/11/2012	19.8	-6.4
29/05/2012	12	-10.8	29/07/2012	12.2	-12	28/09/2012	13.6	-6.6	28/11/2012	13	-4.6
30/05/2012	11.6	-10.4	30/07/2012	11	-7.8	29/09/2012	15	-9.4	29/11/2012	15.4	-0.8
31/05/2012	12.2	-9.2	31/07/2012	11.8	-8	30/09/2012	13.6	-8.2	30/11/2012	15.8	-8.2
01/06/2012	13	-9.2	01/08/2012	14.2	-9.8	01/10/2012	12	-5.2	01/12/2012	15.8	-4
02/06/2012	13.2	-9.8	02/08/2012	14	-9	02/10/2012	11.4	-11.8	02/12/2012	14	2.8
03/06/2012	13.8	-10.8	03/08/2012	14.8	-10	03/10/2012	13.2	-12.8	03/12/2012	14.8	2
04/06/2012	13	-12.4	04/08/2012	13.6	-10.6	04/10/2012	13.6	-9.8	04/12/2012	13.8	1.8
05/06/2012	11.4	-14	05/08/2012	13.8	-11.4	05/10/2012	14.2	-12.6	05/12/2012	13.8	0
06/06/2012	11	-11.2	06/08/2012	12.8	-12	06/10/2012	13	-11.4	06/12/2012	12	-0.6
07/06/2012	11.4	-9.2	07/08/2012	13	-12.4	07/10/2012	13.2	-12	07/12/2012	12.8	0.8
08/06/2012	10.8	-8.4	08/08/2012	12.8	-11.8	08/10/2012	14	-9.4	08/12/2012	13.6	1.8
09/06/2012	12.4	-7.6	09/08/2012	13.4	-12.8	09/10/2012	13.6	-8.4	09/12/2012	12.6	1.6
10/06/2012	10.4	-10.4	10/08/2012	14.2	-12.6	10/10/2012	13.4	-6.8	10/12/2012	11.4	3.8
11/06/2012	10	-7.8	11/08/2012	13	-12	11/10/2012	12.8	-9.4	11/12/2012	11.6	3
12/06/2012	9.8	-10.6	12/08/2012	11.6	-11.2	12/10/2012	14.2	-10	12/12/2012	13.8	-0.4
13/06/2012	11	-11.4	13/08/2012	12.4	-13	13/10/2012	12.6	-7.8	13/12/2012	11.2	1.2
14/06/2012	11.4	-10.4	14/08/2012	12.2	-13.8	14/10/2012	14.2	-7	14/12/2012	10.8	0
15/06/2012	11.2	-10.6	15/08/2012	12.6	-16	15/10/2012	14	-9.6	15/12/2012	13	1.8
16/06/2012	11.6	-11.6	16/08/2012	12	-16.4	16/10/2012	14.2	-9.4	16/12/2012	9	3
17/06/2012	12	-11	17/08/2012	12.2	-14	17/10/2012	15.4	-9	17/12/2012	12.6	2.8
18/06/2012	13.4	-12.8	18/08/2012	12.4	-15.4	18/10/2012	15	-9.8	18/12/2012	10.8	0.8
19/06/2012	13	-12.2	19/08/2012	11.4	-14.2	19/10/2012	14.4	-11	19/12/2012	10.6	2.2
20/06/2012	11.8	-12.6	20/08/2012	12	-18.4	20/10/2012	15.2	-9.2	20/12/2012	12	0
21/06/2012	11.2	-13.6	21/08/2012	13.8	-17	21/10/2012	15.4	-8	21/12/2012	11.8	-1.6
22/06/2012	11.8	-14.2	22/08/2012	13.2	-13	22/10/2012	14.8	-10	22/12/2012	10	0.8
23/06/2012	12	-15	23/08/2012	13	-11.4	23/10/2012	14.2	-11	23/12/2012	13	1.4
24/06/2012	11	-13.8	24/08/2012	14.4	-12.2	24/10/2012	14	-7	24/12/2012	12.4	3
25/06/2012	11.2	-14.4	25/08/2012	12.8	-7.8	25/10/2012	10.8	-6.6	25/12/2012	11.2	1.4
26/06/2012	11.6	-13	26/08/2012	11.8	-4.6	26/10/2012	13	-3.2	26/12/2012	10	0.2
27/06/2012	12.4	-11.4	27/08/2012	13.4	-7.4	27/10/2012	12.8	-0.2	27/12/2012	10.6	-1.6
28/06/2012	12.6	-12.6	28/08/2012	14.2	-7.8	28/10/2012	9.8	-1	28/12/2012	12	-3.2
29/06/2012	13.2	-12.8	29/08/2012	13	-8.2	29/10/2012	7.8	-1.4	29/12/2012	12.8	-2.8
30/06/2012	12.8	-11.4	30/08/2012	13.8	-11.4	30/10/2012	11.8	-2	30/12/2012	12.4	-2.4
01/07/2012	12.4	-10	31/08/2012	14	-11.2	31/10/2012	10.8	0	31/12/2012	16	-4
02/07/2012	12.2	-11.6	01/09/2012	13.4	-9.2	01/11/2012	9.2	-4.2	01/01/2013	13.8	-3.8
03/07/2012	12.4	-10.4	02/09/2012	13.8	-8.6	02/11/2012	9.8	-8	02/01/2013	13	-4
04/07/2012	10.2	-11.6	03/09/2012	12.4	-9.8	03/11/2012	11.2	-8.6	03/01/2013	14.8	-4
05/07/2012	11	-10.6	04/09/2012	14.8	-7.6	04/11/2012	10.4	-5.6	04/01/2013	13.4	-3.4
06/07/2012	10.8	-12.4	05/09/2012	15	-9.4	05/11/2012	9.8	-3	05/01/2013	11.2	-0.4
07/07/2012	9.6	-8.2	06/09/2012	16	-9.2	06/11/2012	11.2	-6	06/01/2013	10.4	-0.6
08/07/2012	10	-3.8	07/09/2012	16.4	-9	07/11/2012	14.8	-11	07/01/2013	9.6	-2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
08/01/2013	10	-0.2	10/03/2013	10.2	1.8	10/05/2013	14.6	-6.6	10/07/2013	14	-12.4
09/01/2013	14.4	1	11/03/2013	12	0.8	11/05/2013	13.8	-7.8	11/07/2013	13.6	-8.2
10/01/2013	12.8	2.8	12/03/2013	13	0.8	12/05/2013	13.6	-7.4	12/07/2013	13.2	-7.6
11/01/2013	13	4.4	13/03/2013	12	-3	13/05/2013	14	-9.8	13/07/2013	13	-9
12/01/2013	9.2	2.6	14/03/2013	12.8	-4	14/05/2013	13.2	-8.6	14/07/2013	14.2	-8.4
13/01/2013	12.2	1	15/03/2013	13	-2	15/05/2013	11	-3.4	15/07/2013	9.6	-2.8
14/01/2013	13	0.4	16/03/2013	12.2	1	16/05/2013	11.4	-2.2	16/07/2013	11.2	-2.6
15/01/2013	12.2	2	17/03/2013	12.6	-0.4	17/05/2013	12.6	-2.4	17/07/2013	10	-9.4
16/01/2013	11.6	1	18/03/2013	13.6	-2.4	18/05/2013	6.2	0	18/07/2013	6.8	-6
17/01/2013	8	0	19/03/2013	13.8	-5.6	19/05/2013	11.8	-0.2	19/07/2013	5.6	-6.2
18/01/2013	12.8	-2.2	20/03/2013	11.6	-6.8	20/05/2013	12.2	-3.2	20/07/2013	7	-4.2
19/01/2013	12	-2.4	21/03/2013	15	-6.2	21/05/2013	12.8	-4.4	21/07/2013	10	-4
20/01/2013	11.8	-1.6	22/03/2013	14.8	-3	22/05/2013	14.2	-5.4	22/07/2013	9	-5.8
21/01/2013	9	-1.8	23/03/2013	13.2	-1.4	23/05/2013	13.6	-5.6	23/07/2013	10.2	-8.8
22/01/2013	8.8	-2.2	24/03/2013	10.8	-5.2	24/05/2013	12.4	-4.4	24/07/2013	11.4	-9
23/01/2013	12.6	-2.4	25/03/2013	11.6	-5	25/05/2013	12	-5.6	25/07/2013	10.6	-6
24/01/2013	11.6	-0.6	26/03/2013	12	-4.2	26/05/2013	10.2	-9.6	26/07/2013	11.2	-7.2
25/01/2013	16.4	-1.4	27/03/2013	11.8	-3.2	27/05/2013	9.6	-11	27/07/2013	11.6	-8
26/01/2013	14.8	-0.2	28/03/2013	12.6	-2.4	28/05/2013	9.4	-12.2	28/07/2013	8.2	-5.2
27/01/2013	14.6	0	29/03/2013	12.6	-4.6	29/05/2013	9.8	-12.8	29/07/2013	12.8	-7.2
28/01/2013	14.8	-0.4	30/03/2013	10.6	-4.4	30/05/2013	10	-12.4	30/07/2013	12.2	-8.8
29/01/2013	11	3	31/03/2013	10.4	-2	31/05/2013	9.6	-12.6	31/07/2013	12.6	-8.6
30/01/2013	14	4.6	01/04/2013	10.2	-3.2	01/06/2013	10.2	-14.8	01/08/2013	10.8	-7.8
31/01/2013	13.8	1.8	02/04/2013	13.2	-3	02/06/2013	12	-12.4	02/08/2013	13	-9.8
01/02/2013	13.2	2.6	03/04/2013	14.2	-2.6	03/06/2013	12.6	-10.2	03/08/2013	9.6	-9.6
02/02/2013	14.6	2.2	04/04/2013	12.8	-3	04/06/2013	10.4	-10.2	04/08/2013	12.4	-10.2
03/02/2013	15	1.2	05/04/2013	13.4	-5.2	05/06/2013	11.6	-9.4	05/08/2013	13.4	-8
04/02/2013	13.8	1.4	06/04/2013	13.6	-5.8	06/06/2013	7.6	-6.4	06/08/2013	12.2	-7.6
05/02/2013	14.4	1.8	07/04/2013	13	-5.4	07/06/2013	7.8	-4.4	07/08/2013	12.4	-6.4
06/02/2013	11.6	0	08/04/2013	12.8	-5.8	08/06/2013	7.4	-5	08/08/2013	10.6	-8.4
07/02/2013	12.8	3.6	09/04/2013	12.2	-5.6	09/06/2013	11.2	-4.4	09/08/2013	11.8	-8
08/02/2013	15	1	10/04/2013	13.4	-8.4	10/06/2013	10.8	-4.6	10/08/2013	10.8	-13.4
09/02/2013	11.6	-1.4	11/04/2013	13.6	-8.6	11/06/2013	8.2	-5	11/08/2013	12.2	-16
10/02/2013	12.8	-0.4	12/04/2013	14	-8.8	12/06/2013	5.8	-2.2	12/08/2013	11	-15.6
11/02/2013	11.2	-0.2	13/04/2013	14.4	-9.2	13/06/2013	7.2	-4.4	13/08/2013	14.4	-13.8
12/02/2013	9.8	-5	14/04/2013	12.6	-8	14/06/2013	10	-5.2	14/08/2013	14	-13.4
13/02/2013	10.8	-4.2	15/04/2013	13	-7.8	15/06/2013	8.6	-7.4	15/08/2013	12.8	-11.6
14/02/2013	12.6	-5.8	16/04/2013	13.2	-8	16/06/2013	10.6	-11.4	16/08/2013	12.6	-10.8
15/02/2013	10	0	17/04/2013	11.8	-7.4	17/06/2013	8.4	-9.8	17/08/2013	12.4	-9.8
16/02/2013	11.8	2.8	18/04/2013	11.6	-4	18/06/2013	9	-7.4	18/08/2013	15	-8.6
17/02/2013	11	-1.4	19/04/2013	11.8	-5.2	19/06/2013	8.6	-7	19/08/2013	16.6	-9.8
18/02/2013	13.8	-1.6	20/04/2013	11.2	-9	20/06/2013	9.4	-8.8	20/08/2013	17	-9.6
19/02/2013	13.2	1.8	21/04/2013	12.4	-9.8	21/06/2013	10.2	-9.8	21/08/2013	14.6	-8.8
20/02/2013	8.8	2.6	22/04/2013	13.8	-7.4	22/06/2013	8.8	-9	22/08/2013	14.4	-9.6
21/02/2013	12.4	2	23/04/2013	13.6	-7.8	23/06/2013	10.2	-8.8	23/08/2013	11.4	-9.4
22/02/2013	12.2	1	24/04/2013	14.4	-7	24/06/2013	8.8	-7.8	24/08/2013	7.2	-9.2
23/02/2013	12.8	0.4	25/04/2013	13.8	-7.4	25/06/2013	9.2	-8.2	25/08/2013	7.6	-9.6
24/02/2013	14.6	3.6	26/04/2013	12.8	-8.4	26/06/2013	9.4	-11.4	26/08/2013	10.8	-13
25/02/2013	15	0.6	27/04/2013	12.6	-9	27/06/2013	8.6	-14.6	27/08/2013	11	-9
26/02/2013	13.6	0.2	28/04/2013	14.2	-9.2	28/06/2013	10.4	-13.6	28/08/2013	5.4	-1.6
27/02/2013	11	2	29/04/2013	14.6	-8.6	29/06/2013	12.8	-13.4	29/08/2013	7.8	-7
28/02/2013	12.4	1.4	30/04/2013	16	-8	30/06/2013	11.6	-11.4	30/08/2013	8.4	-10.4
01/03/2013	13	1.8	01/05/2013	15	-3.4	01/07/2013	12.6	-10.2	31/08/2013	11.2	-8.4
02/03/2013	14	2	02/05/2013	14.8	-4	02/07/2013	10.2	-8.2	01/09/2013	9.8	-7.4
03/03/2013	13.6	3.2	03/05/2013	14	-5.2	03/07/2013	8.6	-10.4	02/09/2013	10	-11.6
04/03/2013	12.2	-2	04/05/2013	13.6	-5	04/07/2013	10.4	-11.4	03/09/2013	12.4	-14.4
05/03/2013	13	0.6	05/05/2013	13	-5.4	05/07/2013	10.2	-7.4	04/09/2013	13	-10.6
06/03/2013	12.4	1.2	06/05/2013	12.6	-6.2	06/07/2013	9.8	-6.4	05/09/2013	12.6	-9.8
07/03/2013	10.6	-1	07/05/2013	12.8	-6.8	07/07/2013	11.4	-6.8	06/09/2013	13.2	-12
08/03/2013	10.8	0.8	08/05/2013	13	-7.2	08/07/2013	10.6	-9.6	07/09/2013	13.6	-12.4
09/03/2013	11	0.6	09/05/2013	14	-7	09/07/2013	10.4	-10.4	08/09/2013	15.8	-10.8

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
09/09/2013	12.8	-4.6	09/11/2013	16.8	-5.4	09/01/2014	12	2.4	11/03/2014	15.4	-1
10/09/2013	13.8	-8.2	10/11/2013	17	-6	10/01/2014	14	1	12/03/2014	13.8	-2.6
11/09/2013	14.2	-11	11/11/2013	18	-6.6	11/01/2014	14.4	2.8	13/03/2014	14.8	-1
12/09/2013	14.4	-11.2	12/11/2013	16.4	-5	12/01/2014	9.8	0.8	14/03/2014	13.4	1
13/09/2013	13.6	-10.4	13/11/2013	16.6	-9	13/01/2014	14.8	-0.4	15/03/2014	14.4	-1.4
14/09/2013	12.8	-10.6	14/11/2013	17.4	-4	14/01/2014	14.2	0.6	16/03/2014	12.4	1.2
15/09/2013	12	-11.8	15/11/2013	17	-4.4	15/01/2014	12.4	-0.8	17/03/2014	11.4	2.2
16/09/2013	9.4	-14.2	16/11/2013	17.6	-3.8	16/01/2014	10.8	0.4	18/03/2014	11	0.4
17/09/2013	10.2	-14.8	17/11/2013	17.4	-4	17/01/2014	11.6	-0.4	19/03/2014	10	0.2
18/09/2013	13	-12.6	18/11/2013	15.4	-7.8	18/01/2014	13	1.6	20/03/2014	13	-0.2
19/09/2013	13.6	-9.8	19/11/2013	14.8	-6.4	19/01/2014	12.4	0.6	21/03/2014	13.6	-2.4
20/09/2013	12.6	-9.2	20/11/2013	13.4	-5.2	20/01/2014	11.8	2	22/03/2014	16	-1.6
21/09/2013	14	-9.4	21/11/2013	13	1.2	21/01/2014	14.6	2.6	23/03/2014	12.6	-0.2
22/09/2013	13.4	-9.8	22/11/2013	14.4	-10.2	22/01/2014	11	2.4	24/03/2014	14	-2.2
23/09/2013	16.2	-9.2	23/11/2013	14.6	-7.6	23/01/2014	10.6	2.2	25/03/2014	13.8	-3.8
24/09/2013	15.6	-8.2	24/11/2013	16.4	-10.4	24/01/2014	10.8	-1.8	26/03/2014	13.4	-3.2
25/09/2013	15.2	-6.4	25/11/2013	16.8	-9.2	25/01/2014	11.6	-2	27/03/2014	12.8	-0.8
26/09/2013	16.2	-6	26/11/2013	17	-7.4	26/01/2014	11	-3	28/03/2014	12.2	1
27/09/2013	14.8	-7.4	27/11/2013	16.4	-3	27/01/2014	12	-3.6	29/03/2014	10	-7
28/09/2013	13.8	-13	28/11/2013	17.6	-4.6	28/01/2014	13.2	-5.4	30/03/2014	8.6	-8.4
29/09/2013	14.4	-11.2	29/11/2013	17.2	-5.2	29/01/2014	14.4	-5.6	31/03/2014	13	-7.6
30/09/2013	11.8	-11.4	30/11/2013	18	-6.6	30/01/2014	13.6	-2.4	01/04/2014	11.4	-4.4
01/10/2013	13	-10.8	01/12/2013	16.2	-1.4	31/01/2014	12.8	-2.8	02/04/2014	12.2	1
02/10/2013	12	-9	02/12/2013	17.4	1.6	01/02/2014	13.8	1	03/04/2014	14.4	0.8
03/10/2013	14.2	-8.4	03/12/2013	16.6	1.4	02/02/2014	12.4	-2.2	04/04/2014	12.8	-1.2
04/10/2013	15.2	-9.2	04/12/2013	13.4	2	03/02/2014	10.4	-3.4	05/04/2014	12.6	1.2
05/10/2013	14	-6.4	05/12/2013	11.2	-0.8	04/02/2014	10.8	-9.4	06/04/2014	12.4	-1.2
06/10/2013	13.8	-5	06/12/2013	12.6	2	05/02/2014	11.4	-5.6	07/04/2014	14.2	-0.2
07/10/2013	15	-3.4	07/12/2013	11.4	0.2	06/02/2014	12	1	08/04/2014	13.6	-1.4
08/10/2013	14.4	-9.2	08/12/2013	10.2	0.4	07/02/2014	14.2	-2.4	09/04/2014	12.2	2
09/10/2013	16	-6	09/12/2013	8.8	1	08/02/2014	13.8	-2.8	10/04/2014	9.6	1.2
10/10/2013	16.4	-4	10/12/2013	13.6	0.8	09/02/2014	12.8	-5	11/04/2014	12.4	-4.6
11/10/2013	14.8	-10	11/12/2013	12.6	-0.2	10/02/2014	14.8	-5.8	12/04/2014	14.8	-8.4
12/10/2013	16	-11.4	12/12/2013	13	-1.4	11/02/2014	13	-4.8	13/04/2014	13.8	-2.4
13/10/2013	12	-8.6	13/12/2013	13.4	-1	12/02/2014	15	-4	14/04/2014	14.2	-2.8
14/10/2013	7.4	-2	14/12/2013	14.4	-1.2	13/02/2014	14.2	-5	15/04/2014	14.8	-2.2
15/10/2013	15	-0.8	15/12/2013	14	-2.4	14/02/2014	14.4	-6.2	16/04/2014	13.8	-1
16/10/2013	13.8	-9.2	16/12/2013	13.8	0.8	15/02/2014	14.2	-3	17/04/2014	14.6	-3.6
17/10/2013	14	-12	17/12/2013	13	-0.2	16/02/2014	16	-4.2	18/04/2014	14.2	-0.2
18/10/2013	15.6	-8.8	18/12/2013	14.8	-6.2	17/02/2014	14.8	-5	19/04/2014	13.2	-1.4
19/10/2013	16.2	-11	19/12/2013	14.2	-7	18/02/2014	14.6	-4	20/04/2014	8	0.8
20/10/2013	14.2	-12.4	20/12/2013	15.8	-5.2	19/02/2014	14	-5	21/04/2014	11	0.4
21/10/2013	14	-11.2	21/12/2013	13.6	-1	20/02/2014	14.6	-5.2	22/04/2014	11.8	0.6
22/10/2013	13.8	-5.6	22/12/2013	15.2	0.2	21/02/2014	14.8	-5	23/04/2014	11.4	-5.2
23/10/2013	14.8	-6.4	23/12/2013	16.4	-3.4	22/02/2014	15	-6.2	24/04/2014	13.2	-7.2
24/10/2013	13.8	-6.2	24/12/2013	15	-5.6	23/02/2014	14	-2.4	25/04/2014	14	-7.6
25/10/2013	14	-3.2	25/12/2013	15.2	-2.4	24/02/2014	15.6	1.8	26/04/2014	11.4	-7.4
26/10/2013	14.2	-5.2	26/12/2013	14.6	-3	25/02/2014	16.4	-1.6	27/04/2014	14.2	-9.6
27/10/2013	12.2	-2.2	27/12/2013	11.4	1	26/02/2014	15	0.4	28/04/2014	15	-8.8
28/10/2013	11.8	1	28/12/2013	10.6	2	27/02/2014	15.4	0.8	29/04/2014	14.2	-5
29/10/2013	14.6	-1.6	29/12/2013	15.6	0.6	28/02/2014	11.6	0	30/04/2014	12	-2.4
30/10/2013	14.8	-5.8	30/12/2013	15	3.8	01/03/2014	12.6	-1.4	01/05/2014	13.4	-6
31/10/2013	12.4	-4	31/12/2013	12.4	-0.8	02/03/2014	13	-3	02/05/2014	14.4	-8.6
01/11/2013	13.8	-4.6	01/01/2014	12.4	-3.4	03/03/2014	12	-4.8	03/05/2014	14	-7.4
02/11/2013	14.2	-5	02/01/2014	14.8	-5	04/03/2014	15.6	-4.2	04/05/2014	14.4	-5.4
03/11/2013	14.4	-4.6	03/01/2014	17.4	-5.8	05/03/2014	13.8	-3.6	05/05/2014	13.8	-3
04/11/2013	14.6	-0.8	04/01/2014	14.6	2.6	06/03/2014	13	2.8	06/05/2014	12.8	-9.2
05/11/2013	15	-6	05/01/2014	14	0.8	07/03/2014	14.2	-0.8	07/05/2014	13.2	-11.2
06/11/2013	16	-4.4	06/01/2014	12.4	0.6	08/03/2014	14.8	-0.6	08/05/2014	13.4	-8.8
07/11/2013	18	-5.8	07/01/2014	8.8	2.2	09/03/2014	16.4	1	09/05/2014	12.2	-7
08/11/2013	17.4	-5.6	08/01/2014	12.8	0.8	10/03/2014	14.2	-2.4	10/05/2014	12.4	-7.8

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
11/05/2014	9.8	-8.6	11/07/2014	12.6	-10.6	10/09/2014	13.6	-9.8	10/11/2014	14.8	-4.2
12/05/2014	9.6	-7.8	12/07/2014	13.2	-10.6	11/09/2014	12.4	-8.6	11/11/2014	16.2	-4
13/05/2014	12	-4.2	13/07/2014	13	-9.4	12/09/2014	13.6	-5	12/11/2014	15	-8.4
14/05/2014	13	-9	14/07/2014	13.8	-11	13/09/2014	11	-5.8	13/11/2014	13.2	-8.6
15/05/2014	13.2	-9.2	15/07/2014	12.4	-10	14/09/2014	13.4	-11.4	14/11/2014	12.4	-8.2
16/05/2014	12.8	-6.8	16/07/2014	10.2	-5.8	15/09/2014	13.8	-11	15/11/2014	11	-7.2
17/05/2014	12.8	-9.6	17/07/2014	11.2	-9.6	16/09/2014	13.6	-7.4	16/11/2014	9	2
18/05/2014	12.4	-7.8	18/07/2014	10.2	-10	17/09/2014	13.4	-3.2	17/11/2014	12	-1.4
19/05/2014	13.2	-9	19/07/2014	11	-8.8	18/09/2014	8	-1.6	18/11/2014	13.8	-3.4
20/05/2014	12.2	-8	20/07/2014	9.6	-5.2	19/09/2014	11	-9.8	19/11/2014	12.8	-4.8
21/05/2014	12.4	-7.4	21/07/2014	11.2	-11	20/09/2014	11.2	-11.4	20/11/2014	12.6	-8
22/05/2014	13	-5.4	22/07/2014	13	-13.2	21/09/2014	12.8	-9.8	21/11/2014	15.2	-10
23/05/2014	10.2	-7.6	23/07/2014	8.6	-12.8	22/09/2014	12	-7	22/11/2014	15	-8.6
24/05/2014	10.2	-12.4	24/07/2014	11.6	-16.4	23/09/2014	12.2	-6.4	23/11/2014	14	-2.8
25/05/2014	12.2	-15	25/07/2014	10.6	-13	24/09/2014	14	-6.2	24/11/2014	15	-8
26/05/2014	13.6	-12.6	26/07/2014	9.4	-11.8	25/09/2014	13.2	-7.6	25/11/2014	14.4	-12.6
27/05/2014	12.6	-12.2	27/07/2014	9.8	-11.4	26/09/2014	12.8	-8.4	26/11/2014	13.2	-12.4
28/05/2014	13.8	-11.2	28/07/2014	11.8	-14.2	27/09/2014	13.8	-6.2	27/11/2014	14	-11.8
29/05/2014	13.6	-10.6	29/07/2014	10.2	-7.8	28/09/2014	11	-0.2	28/11/2014	14.8	-13.2
30/05/2014	13.2	-10.4	30/07/2014	11	-8.8	29/09/2014	10.2	-1	29/11/2014	16.4	-7.6
31/05/2014	13.4	-12	31/07/2014	12.4	-12.6	30/09/2014	9.8	0.8	30/11/2014	14.8	-2.6
01/06/2014	14.4	-11	01/08/2014	13	-11.8	01/10/2014	9.4	-2.2	01/12/2014	14	-7
02/06/2014	14.2	-11.2	02/08/2014	13.2	-11.6	02/10/2014	9	-2	02/12/2014	17	-5.8
03/06/2014	13.2	-14.2	03/08/2014	16	-10.8	03/10/2014	10.4	-1.8	03/12/2014	16	-7.8
04/06/2014	13	-13	04/08/2014	15	-11.2	04/10/2014	14	-2.6	04/12/2014	14	-4.6
05/06/2014	14.6	-11.4	05/08/2014	15.4	-9	05/10/2014	12.8	-2.8	05/12/2014	15.2	-4.2
06/06/2014	13.8	-11.2	06/08/2014	13.6	-10.2	06/10/2014	12.6	1.2	06/12/2014	16.2	-4
07/06/2014	14.4	-11.6	07/08/2014	13.2	-6.4	07/10/2014	10.2	-0.4	07/12/2014	17	-5
08/06/2014	13	-13.2	08/08/2014	10.2	-5.2	08/10/2014	13	-4.2	08/12/2014	17.2	-6.2
09/06/2014	14.6	-13.6	09/08/2014	11.4	-3	09/10/2014	13.4	-5	09/12/2014	15.6	-9.4
10/06/2014	13.2	-10.8	10/08/2014	11	-8.6	10/10/2014	16.4	-4.6	10/12/2014	13.4	-10.2
11/06/2014	13	-8.6	11/08/2014	14	-11.6	11/10/2014	16.2	-2.2	11/12/2014	15.2	-9.6
12/06/2014	12	-9.6	12/08/2014	13.6	-7.4	12/10/2014	14.6	-5.2	12/12/2014	16	-5.2
13/06/2014	13.2	-11.6	13/08/2014	12.6	-12	13/10/2014	15.2	-5.4	13/12/2014	13.2	-1.2
14/06/2014	12.2	-12.4	14/08/2014	10.2	-4	14/10/2014	15.4	-4.8	14/12/2014	14.2	-2.8
15/06/2014	13.2	-11.4	15/08/2014	8.4	-6.8	15/10/2014	15.8	-5.2	15/12/2014	15	-1.6
16/06/2014	13	-12	16/08/2014	6.8	-6.2	16/10/2014	16	-3.8	16/12/2014	16.2	-0.4
17/06/2014	12.8	-7.8	17/08/2014	9	-10.6	17/10/2014	16.2	-7	17/12/2014	15.8	-5.6
18/06/2014	13.4	-10.8	18/08/2014	8.6	-10.2	18/10/2014	15.6	-6.4	18/12/2014	14.4	-6.4
19/06/2014	13.6	-9.8	19/08/2014	8.8	-9.4	19/10/2014	14.8	-3.8	19/12/2014	12.8	-6
20/06/2014	15	-12.2	20/08/2014	12	-9	20/10/2014	9.8	-2.6	20/12/2014	12.6	-6.6
21/06/2014	12.6	-9.8	21/08/2014	12.8	-12	21/10/2014	10	-2.2	21/12/2014	14	-11.6
22/06/2014	12.4	-11.2	22/08/2014	10	-11	22/10/2014	11.8	-4.8	22/12/2014	16.4	-11.2
23/06/2014	13	-10	23/08/2014	10.6	-11.2	23/10/2014	12.8	-6	23/12/2014	16.2	-2.4
24/06/2014	13.4	-10.2	24/08/2014	13.2	-10.8	24/10/2014	14	-10.2	24/12/2014	16	-1.6
25/06/2014	12.2	-9.4	25/08/2014	12.4	-10.4	25/10/2014	16.2	-9.8	25/12/2014	15.2	-4.4
26/06/2014	11.4	-8.2	26/08/2014	12	-12.4	26/10/2014	15.2	-7.6	26/12/2014	14.8	-0.2
27/06/2014	11.6	-12.6	27/08/2014	11.2	-10.8	27/10/2014	17.2	-8.4	27/12/2014	14.4	-2.4
28/06/2014	13	-12.4	28/08/2014	12.8	-10.4	28/10/2014	17	-10.4	28/12/2014	14.6	0.2
29/06/2014	12.8	-12.6	29/08/2014	11	-4.4	29/10/2014	14.8	-7.8	29/12/2014	13.4	0.4
30/06/2014	12.6	-12	30/08/2014	8.8	-2.2	30/10/2014	17.8	-12.4	30/12/2014	15.2	0
01/07/2014	11.6	-10.2	31/08/2014	9.8	-5	31/10/2014	16	-7.8	31/12/2014	12.8	-5
02/07/2014	12	-9.2	01/09/2014	10	-3.2	01/11/2014	14.4	-6.6	01/01/2015	15	-6.4
03/07/2014	12.2	-10.6	02/09/2014	9.8	-8.2	02/11/2014	16.2	-8.2	02/01/2015	12.2	-0.2
04/07/2014	12.4	-9.4	03/09/2014	8.8	-7.6	03/11/2014	15.8	-9.8	03/01/2015	12	-1.6
05/07/2014	11	-11.2	04/09/2014	9.4	-5.4	04/11/2014	18.4	-10	04/01/2015	8.8	1
06/07/2014	12.4	-13.4	05/09/2014	10.4	-4.6	05/11/2014	18.2	-7	05/01/2015	10.8	-1
07/07/2014	13	-12.8	06/09/2014	10	-4.8	06/11/2014	18.8	-4.4	06/01/2015	10.6	-0.4
08/07/2014	13.8	-9.8	07/09/2014	10.2	-3	07/11/2014	19	-5.6	07/01/2015	12.8	-1.8
09/07/2014	13.6	-10.8	08/09/2014	13.6	-3.4	08/11/2014	18.2	-4.8	08/01/2015	10	-0.6
10/07/2014	13	-9.8	09/09/2014	13.8	-6.8	09/11/2014	11.2	-2.4	09/01/2015	10.2	-0.2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
10/01/2015	10.8	-1	12/03/2015	14.2	0.6	12/05/2015	11.2	-6.2	12/07/2015	11.6	-12
11/01/2015	12.4	-1.8	13/03/2015	13.8	2.2	13/05/2015	10.6	-6	13/07/2015	9.6	-11.6
12/01/2015	12.6	-1	14/03/2015	12.4	-1.4	14/05/2015	10.4	-6.6	14/07/2015	8.8	-12
13/01/2015	12.2	-1.2	15/03/2015	12.6	-0.4	15/05/2015	7.8	-6.8	15/07/2015	9.4	-10.6
14/01/2015	12.6	-8.2	16/03/2015	13.8	2.6	16/05/2015	7.6	-5	16/07/2015	10.6	-10.4
15/01/2015	14	-9	17/03/2015	12.2	0.8	17/05/2015	11.4	-5.8	17/07/2015	11	-10
16/01/2015	13	-8	18/03/2015	9.8	1.4	18/05/2015	9.6	-7	18/07/2015	10.6	-12
17/01/2015	12.8	-8.2	19/03/2015	12.4	1.2	19/05/2015	11.8	-6.6	19/07/2015	10.2	-10.8
18/01/2015	14.2	-4.8	20/03/2015	12.2	1.8	20/05/2015	11.4	-6	20/07/2015	11.2	-14.4
19/01/2015	12.6	-6.8	21/03/2015	8.6	1	21/05/2015	11.2	-7.6	21/07/2015	12.2	-10.4
20/01/2015	11.4	-6.6	22/03/2015	10.8	-1	22/05/2015	11.2	-10.2	22/07/2015	13.4	-10.2
21/01/2015	12.2	0	23/03/2015	9.6	-0.4	23/05/2015	12.2	-10.6	23/07/2015	14	-11.4
22/01/2015	14	-1	24/03/2015	11	-0.6	24/05/2015	12.6	-8.8	24/07/2015	12.6	-8.8
23/01/2015	12	2	25/03/2015	10.4	-0.2	25/05/2015	10.2	-8	25/07/2015	12.8	-8
24/01/2015	9.8	1.4	26/03/2015	12.2	-0.6	26/05/2015	11.2	-5.2	26/07/2015	14.4	-7.8
25/01/2015	10.8	-1	27/03/2015	9.4	-0.8	27/05/2015	11	-8.8	27/07/2015	13.8	-9.8
26/01/2015	12.2	-2	28/03/2015	10	-3.2	28/05/2015	11.8	-11.2	28/07/2015	14	-8.8
27/01/2015	10	-1	29/03/2015	10.4	-2	29/05/2015	10	-11.8	29/07/2015	14.2	-9
28/01/2015	11.4	1.2	30/03/2015	11	-3.4	30/05/2015	11.2	-9.2	30/07/2015	13	-9.2
29/01/2015	12	0.8	31/03/2015	10.8	-2.6	31/05/2015	12.8	-8	31/07/2015	14.4	-10.4
30/01/2015	10.8	2.8	01/04/2015	11	-0.8	01/06/2015	12.6	-7	01/08/2015	14.6	-10.4
31/01/2015	12.2	2.6	02/04/2015	12.2	-0.2	02/06/2015	13.2	-6.2	02/08/2015	14.8	-10.2
01/02/2015	12.4	1.8	03/04/2015	14.4	0.4	03/06/2015	13	-7.2	03/08/2015	14.2	-10.4
02/02/2015	12.8	1	04/04/2015	12.2	-0.4	04/06/2015	12.8	-7.8	04/08/2015	13.8	-10
03/02/2015	14.6	-0.2	05/04/2015	15	-0.2	05/06/2015	12	-8.4	05/08/2015	15.2	-10.8
04/02/2015	15	-0.6	06/04/2015	12.2	0	06/06/2015	14	-11	06/08/2015	14.8	-10.2
05/02/2015	13.8	-1	07/04/2015	11	1.8	07/06/2015	13.2	-11	07/08/2015	15.4	-10.6
06/02/2015	13	3	08/04/2015	10.8	-0.4	08/06/2015	12.6	-9.8	08/08/2015	17.2	-10
07/02/2015	9.4	3.2	09/04/2015	10	0.2	09/06/2015	13.6	-9.2	09/08/2015	16.2	-12.2
08/02/2015	11	2	10/04/2015	10.8	0	10/06/2015	13	-7	10/08/2015	12	-10.6
09/02/2015	10.2	4	11/04/2015	8.6	2	11/06/2015	12.6	-10.2	11/08/2015	9.8	-9.4
10/02/2015	11.8	1.2	12/04/2015	8.8	1.2	12/06/2015	11.8	-10.6	12/08/2015	7.6	-3
11/02/2015	11	2.8	13/04/2015	9	0.4	13/06/2015	11.2	-11.8	13/08/2015	3.6	-2.8
12/02/2015	11.4	2.2	14/04/2015	9.2	0.2	14/06/2015	13	-12.2	14/08/2015	8.6	-11.8
13/02/2015	13.8	2.8	15/04/2015	10.6	-1.2	15/06/2015	14.4	-9.2	15/08/2015	10.4	-9.4
14/02/2015	10.8	2.4	16/04/2015	11.6	-1.6	16/06/2015	12.6	-6.4	16/08/2015	11.2	-8.2
15/02/2015	9	2.6	17/04/2015	12	-2	17/06/2015	12.8	-8.4	17/08/2015	11	-6
16/02/2015	12.4	1.6	18/04/2015	12.8	1.2	18/06/2015	13.4	-8.8	18/08/2015	11.4	-5.8
17/02/2015	12	0.4	19/04/2015	11	-2	19/06/2015	13.8	-8.2	19/08/2015	12	-2.8
18/02/2015	10.6	-3.2	20/04/2015	12	-1.8	20/06/2015	10	-9.4	20/08/2015	14.6	-6.8
19/02/2015	10.4	-4	21/04/2015	10.4	-4.2	21/06/2015	12	-11.4	21/08/2015	12.2	-5.4
20/02/2015	11.4	-3.4	22/04/2015	11.4	0.8	22/06/2015	11.6	-8.6	22/08/2015	13.2	-7.2
21/02/2015	13.6	-1.4	23/04/2015	10.8	-1.8	23/06/2015	14.2	-7.6	23/08/2015	14	-9.4
22/02/2015	11.4	1	24/04/2015	10	0.4	24/06/2015	14.8	-8.2	24/08/2015	14.6	-11.2
23/02/2015	12	2.2	25/04/2015	10.4	0	25/06/2015	15.4	-7.8	25/08/2015	13.6	-10
24/02/2015	13.6	2	26/04/2015	10	-0.2	26/06/2015	14.6	-7	26/08/2015	12.6	-9.4
25/02/2015	12.2	0.2	27/04/2015	9.6	-1.2	27/06/2015	13	-8.4	27/08/2015	12.8	-13.4
26/02/2015	12.4	1.2	28/04/2015	11.2	-2.4	28/06/2015	12.4	-9.8	28/08/2015	13.8	-12.6
27/02/2015	11.2	1.4	29/04/2015	10.4	-1.8	29/06/2015	10.8	-11	29/08/2015	13.8	-4.8
28/02/2015	9.8	-1.2	30/04/2015	9.4	-1.6	30/06/2015	11.2	-13.4	30/08/2015	15	-10
01/03/2015	9.8	-1.2	01/05/2015	11.2	-3.2	01/07/2015	12.8	-11.6	31/08/2015	13.6	-11.2
02/03/2015	11.6	0	02/05/2015	9.8	-5.2	02/07/2015	12.6	-10.6	01/09/2015	10.8	-6.2
03/03/2015	12	0	03/05/2015	11	-5.8	03/07/2015	9.8	-3.6	02/09/2015	10.6	-7
04/03/2015	10.4	2.8	04/05/2015	12.2	-2.4	04/07/2015	5.6	-5	03/09/2015	8.2	-1.4
05/03/2015	11.8	2	05/05/2015	12.6	-4.2	05/07/2015	5.8	-6.8	04/09/2015	13.4	-1.2
06/03/2015	11.8	3.2	06/05/2015	13.2	-3	06/07/2015	5.4	-9.8	05/09/2015	9.8	-2.8
07/03/2015	9.6	2.6	07/05/2015	11.4	-7.2	07/07/2015	6.8	-9.6	06/09/2015	12.4	-4.4
08/03/2015	11.4	2.4	08/05/2015	11	-1.4	08/07/2015	9.8	-13.2	07/09/2015	12.2	-13.2
09/03/2015	11.8	3	09/05/2015	10.8	-6.2	09/07/2015	10.8	-13	08/09/2015	12.6	-14.4
10/03/2015	12.6	3.4	10/05/2015	12.2	-7	10/07/2015	11.6	-12.8	09/09/2015	12.2	-14.8
11/03/2015	13	2.6	11/05/2015	11.6	-5.8	11/07/2015	12.8	-12.4	10/09/2015	12.6	-14.2

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
11/09/2015	14.8	-11.8	11/11/2015	12.8	2	11/01/2016	13.6	-3.4	12/03/2016	12.8	-1.2
12/09/2015	13.2	-10.4	12/11/2015	11.4	1.8	12/01/2016	15.6	0.4	13/03/2016	13.4	-0.6
13/09/2015	14.8	-9	13/11/2015	13.2	1.6	13/01/2016	14.2	1	14/03/2016	13.2	1
14/09/2015	15	-9.6	14/11/2015	12.8	-0.4	14/01/2016	15.8	-8.6	15/03/2016	15.2	3
15/09/2015	14.6	-11	15/11/2015	14.2	-2.4	15/01/2016	16.4	-3.8	16/03/2016	14.8	-1
16/09/2015	14.8	-11.6	16/11/2015	14.4	-4.2	16/01/2016	15.8	-4.6	17/03/2016	14.6	-1.4
17/09/2015	14.4	-6	17/11/2015	15.6	-7.2	17/01/2016	16.6	-0.2	18/03/2016	16	-1.6
18/09/2015	12.8	-2.6	18/11/2015	15.2	-7.4	18/01/2016	17	2	19/03/2016	15.8	-1.8
19/09/2015	10.2	0.6	19/11/2015	15	-8.8	19/01/2016	13.6	4.6	20/03/2016	13.6	-1
20/09/2015	14.4	-6.4	20/11/2015	18.2	-9.6	20/01/2016	14.6	3.2	21/03/2016	16	1.8
21/09/2015	16.6	-8.6	21/11/2015	17.4	-5.8	21/01/2016	15.8	1.4	22/03/2016	16.6	-0.6
22/09/2015	14.4	-2.8	22/11/2015	18.4	-2.4	22/01/2016	17	-1	23/03/2016	15.8	-0.4
23/09/2015	13.8	-4	23/11/2015	18.8	-4	23/01/2016	17.4	-1.4	24/03/2016	16.2	-3.4
24/09/2015	15	-3	24/11/2015	19.4	-3.2	24/01/2016	18.8	-2.6	25/03/2016	15.6	-4.6
25/09/2015	14.2	-5.6	25/11/2015	13.8	-2	25/01/2016	17.6	-3	26/03/2016	17.2	-4.2
26/09/2015	13.8	-4.4	26/11/2015	17	-0.8	26/01/2016	14.2	-2.4	27/03/2016	16.6	-4.8
27/09/2015	13.4	-11.4	27/11/2015	17.4	-2.4	27/01/2016	16.8	-3.6	28/03/2016	16	-4.4
28/09/2015	14	-13.6	28/11/2015	17.8	-4.6	28/01/2016	16.2	-3.2	29/03/2016	15.4	-3.8
29/09/2015	14.4	-13	29/11/2015	15.6	-6	29/01/2016	16.4	-3.8	30/03/2016	16.2	-3.6
30/09/2015	13	-11.8	30/11/2015	14.8	-7.2	30/01/2016	15.4	-4.6	31/03/2016	15.8	-1.2
01/10/2015	11.6	-7.8	01/12/2015	13.8	-1.4	31/01/2016	16	-5.2	01/04/2016	12.4	1.4
02/10/2015	10.2	-3.6	02/12/2015	11.8	-6.2	01/02/2016	12.4	0.2	02/04/2016	13.6	0.6
03/10/2015	7.4	-2.4	03/12/2015	14.6	-5.8	02/02/2016	13.2	1.2	03/04/2016	14.2	0.2
04/10/2015	14.6	-6.4	04/12/2015	15.8	-8.8	03/02/2016	14.4	-2	04/04/2016	15.2	-0.8
05/10/2015	17.4	-6.6	05/12/2015	13.6	-0.8	04/02/2016	13.2	-6.4	05/04/2016	14.8	-1.8
06/10/2015	17.8	-6.2	06/12/2015	15.4	-8.6	05/02/2016	17	-5.4	06/04/2016	14.6	-0.6
07/10/2015	17.4	-8.2	07/12/2015	15.8	-3.6	06/02/2016	13.2	2.8	07/04/2016	12.4	2.2
08/10/2015	14.2	-9	08/12/2015	16.4	-1	07/02/2016	13.6	0.8	08/04/2016	12.2	2
09/10/2015	12.8	-9.6	09/12/2015	16	-2.4	08/02/2016	13.8	1.4	09/04/2016	11	1.8
10/10/2015	13.6	-13.2	10/12/2015	15.4	-2.4	09/02/2016	13	2	10/04/2016	12.8	1.2
11/10/2015	14.6	-11.8	11/12/2015	16	-1.8	10/02/2016	13.6	1.2	11/04/2016	11.8	1.6
12/10/2015	15.2	-13	12/12/2015	17.8	-4.6	11/02/2016	12.4	2.2	12/04/2016	12.6	-1.6
13/10/2015	16.8	-15.2	13/12/2015	17	-5.6	12/02/2016	12	4.2	13/04/2016	13.8	-5.8
14/10/2015	17.6	-12.4	14/12/2015	16.4	-8	13/02/2016	14.4	2	14/04/2016	12.6	-5.4
15/10/2015	18.4	-11.2	15/12/2015	16.2	-7	14/02/2016	16.4	-0.4	15/04/2016	12.8	-2.8
16/10/2015	16.8	-2.8	16/12/2015	15.8	1.4	15/02/2016	15.8	-0.6	16/04/2016	11.8	0.2
17/10/2015	11.6	1.2	17/12/2015	14.8	0.8	16/02/2016	13.6	-0.4	17/04/2016	11.2	3.2
18/10/2015	12.4	0.8	18/12/2015	13.6	-5	17/02/2016	12.8	1.2	18/04/2016	12	2
19/10/2015	13.8	-0.4	19/12/2015	13	-2.6	18/02/2016	13.8	2.8	19/04/2016	12.4	1.6
20/10/2015	14.4	-2.4	20/12/2015	15.4	-1	19/02/2016	15	3.6	20/04/2016	11.8	-0.8
21/10/2015	16.4	-6.2	21/12/2015	16.2	-7	20/02/2016	13.6	1.2	21/04/2016	12.6	-2.4
22/10/2015	16.8	-7.2	22/12/2015	14	-2.2	21/02/2016	13	-0.6	22/04/2016	10.4	1
23/10/2015	15.4	-0.4	23/12/2015	13.4	2	22/02/2016	13.2	-0.4	23/04/2016	11.4	-10.8
24/10/2015	12.8	-2	24/12/2015	13.2	1.4	23/02/2016	12	1.8	24/04/2016	11.6	-7
25/10/2015	10.4	1.6	25/12/2015	13.4	0.6	24/02/2016	13.4	1.6	25/04/2016	11.8	-7.6
26/10/2015	11	0.8	26/12/2015	12.6	-1	25/02/2016	12.8	2	26/04/2016	13.2	-7.2
27/10/2015	12.8	-2.6	27/12/2015	16	-0.8	26/02/2016	13	0	27/04/2016	12.2	-7.8
28/10/2015	11.8	-4.2	28/12/2015	17.2	-7.6	27/02/2016	13.2	-1.6	28/04/2016	13.4	-7
29/10/2015	14.4	-4.8	29/12/2015	16.2	-6.2	28/02/2016	13.4	0.4	29/04/2016	15.6	-6.6
30/10/2015	14.2	-8	30/12/2015	16.8	-7.4	29/02/2016	15	-2.2	30/04/2016	16.2	-5.2
31/10/2015	14.6	-10	31/12/2015	15	-10.2	01/03/2016	13.4	1.6	01/05/2016	14.4	-4.6
01/11/2015	13.4	-6	01/01/2016	15.8	-9.8	02/03/2016	16	1	02/05/2016	13.2	-2.8
02/11/2015	12.8	-9.8	02/01/2016	15	-8.2	03/03/2016	15.4	-1.2	03/05/2016	13.6	-2
03/11/2015	13.6	-10.8	03/01/2016	15.4	-5	04/03/2016	15.6	-3.6	04/05/2016	12.4	-5.6
04/11/2015	15	-10.4	04/01/2016	16	-7.4	05/03/2016	15.2	-3.2	05/05/2016	12.2	-6.8
05/11/2015	15.4	-10.6	05/01/2016	15.8	-4.2	06/03/2016	12.8	-3.4	06/05/2016	11.8	-7
06/11/2015	16	-8	06/01/2016	14.4	0.6	07/03/2016	14.2	-2.2	07/05/2016	12.6	-8.2
07/11/2015	17.4	-12.4	07/01/2016	7.8	1.2	08/03/2016	13.6	0.2	08/05/2016	12.8	-7.8
08/11/2015	16.4	-7.8	08/01/2016	13.2	0.2	09/03/2016	13.4	-0.2	09/05/2016	11.2	-8.4
09/11/2015	12.2	-3.4	09/01/2016	15.2	-2	10/03/2016	11.4	1	10/05/2016	12.6	-8.6
10/11/2015	12.4	2.8	10/01/2016	15.4	-2.4	11/03/2016	13.8	-1.6	11/05/2016	12	-8.8

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
12/05/2016	14.6	-9.2	12/07/2016	12.2	-10.2	11/09/2016	17.4	-9.8	11/11/2016	13.4	-10
13/05/2016	14.8	-6.6	13/07/2016	11.2	-9.2	12/09/2016	17.8	-9.2	12/11/2016	12.4	-10.4
14/05/2016	14.6	-6	14/07/2016	12.6	-9.4	13/09/2016	18.6	-7.8	13/11/2016	14.6	-12.2
15/05/2016	14	-8	15/07/2016	12.4	-9.8	14/09/2016	17.2	-8.2	14/11/2016	14.4	-15.6
16/05/2016	13.2	-6.8	16/07/2016	13	-9.6	15/09/2016	16.2	-7.6	15/11/2016	13.8	-11.4
17/05/2016	12.2	-7.2	17/07/2016	11.8	-8.6	16/09/2016	15.8	-6.6	16/11/2016	17.6	-13.4
18/05/2016	12.6	-10	18/07/2016	12.6	-8	17/09/2016	15.6	-6.2	17/11/2016	15.8	-9.6
19/05/2016	11.6	-10.8	19/07/2016	11	-6.4	18/09/2016	14.4	-4.2	18/11/2016	14.2	-3.8
20/05/2016	12.2	-12	20/07/2016	12.6	-8	19/09/2016	15	-4	19/11/2016	13.4	-7.4
21/05/2016	12.4	-10.2	21/07/2016	12.2	-6.6	20/09/2016	13.4	-9.2	20/11/2016	14.6	-9
22/05/2016	13.6	-11.2	22/07/2016	12.4	-8.8	21/09/2016	15.2	-10.4	21/11/2016	14.2	-6
23/05/2016	13.4	-8.6	23/07/2016	12	-9.6	22/09/2016	16.8	-10.8	22/11/2016	13.4	-11
24/05/2016	13.6	-8.2	24/07/2016	11.8	-10	23/09/2016	13.8	-8.4	23/11/2016	14.6	-11.8
25/05/2016	12.4	-8	25/07/2016	13.6	-10.6	24/09/2016	14.2	-6.2	24/11/2016	14	-12.2
26/05/2016	12.6	-9.6	26/07/2016	14.4	-11.8	25/09/2016	15	-7.8	25/11/2016	14.4	-10.2
27/05/2016	11.4	-12	27/07/2016	14.6	-8	26/09/2016	15.4	-6.4	26/11/2016	13.8	-7.2
28/05/2016	11.2	-11.8	28/07/2016	14.4	-8.4	27/09/2016	14.6	-6.2	27/11/2016	13.4	-3
29/05/2016	11.8	-10.8	29/07/2016	15	-6.4	28/09/2016	15.6	-7	28/11/2016	15.4	-4.4
30/05/2016	12	-15.2	30/07/2016	13.8	-9.2	29/09/2016	14.4	-6.8	29/11/2016	15.2	-3
31/05/2016	10.8	-15	31/07/2016	13.4	-11.4	30/09/2016	13.6	-8.4	30/11/2016	13.8	0.8
01/06/2016	11	-11.6	01/08/2016	14	-11	01/10/2016	14.4	-6.4	01/12/2016	16.8	-0.2
02/06/2016	11.6	-12.4	02/08/2016	13.6	-10.8	02/10/2016	14	-3.8	02/12/2016	17.4	-6.8
03/06/2016	10.6	-12.8	03/08/2016	14	-11.4	03/10/2016	13.8	-4.2	03/12/2016	12.6	-3.2
04/06/2016	11.8	-12.6	04/08/2016	14.2	-10.8	04/10/2016	13.6	-5.2	04/12/2016	11.8	-4.2
05/06/2016	13	-10.2	05/08/2016	14.8	-10	05/10/2016	15.4	-11.2	05/12/2016	13.2	-1.2
06/06/2016	12.6	-9.8	06/08/2016	15.6	-9.8	06/10/2016	12.8	-12	06/12/2016	15.4	-5.2
07/06/2016	12.8	-10	07/08/2016	13.8	-6.4	07/10/2016	14.6	-12.8	07/12/2016	14.8	-2.2
08/06/2016	13.2	-10.6	08/08/2016	12.4	-11	08/10/2016	14.4	-12.4	08/12/2016	13.8	-6.6
09/06/2016	13.6	-9.8	09/08/2016	12.2	-6.6	09/10/2016	14	-7.2	09/12/2016	13.4	-8.2
10/06/2016	14	-8.4	10/08/2016	11.2	-9.4	10/10/2016	13.6	-3.6	10/12/2016	13.6	-8
11/06/2016	14.4	-7	11/08/2016	11.6	-10.2	11/10/2016	13.8	-2.2	11/12/2016	11.4	-8.4
12/06/2016	12.4	-6.4	12/08/2016	11.8	-10.4	12/10/2016	13	-7.8	12/12/2016	14.6	-6.6
13/06/2016	13	-7.6	13/08/2016	12.2	-11.2	13/10/2016	14	-10.4	13/12/2016	15.4	-6.4
14/06/2016	13.6	-7.4	14/08/2016	12	-11.4	14/10/2016	16	-7.6	14/12/2016	13.4	-0.8
15/06/2016	13.8	-7.8	15/08/2016	12.2	-11.6	15/10/2016	15	-7.4	15/12/2016	13	2.2
16/06/2016	11.2	-11.4	16/08/2016	14.2	-11.4	16/10/2016	14.2	-7.6	16/12/2016	12.8	-1.8
17/06/2016	11.4	-12.2	17/08/2016	13.8	-10.2	17/10/2016	14.6	-0.6	17/12/2016	16.4	2.8
18/06/2016	11.8	-12.6	18/08/2016	12.6	-6	18/10/2016	16	-1	18/12/2016	16	0.4
19/06/2016	11.6	-10	19/08/2016	10.4	-7.2	19/10/2016	14.8	-8.8	19/12/2016	15.8	0.6
20/06/2016	11.8	-13.2	20/08/2016	11.6	-11	20/10/2016	12	-5.2	20/12/2016	16.4	-4
21/06/2016	12	-14.4	21/08/2016	13.4	-7.6	21/10/2016	14	-2.4	21/12/2016	15	-3.2
22/06/2016	12.6	-13	22/08/2016	13.2	-5.6	22/10/2016	13.8	-5.4	22/12/2016	14.6	0.8
23/06/2016	13.4	-12.2	23/08/2016	14	-5	23/10/2016	15.2	-5.6	23/12/2016	14.8	-4
24/06/2016	13.2	-11	24/08/2016	14.6	-6.2	24/10/2016	12.6	-7.4	24/12/2016	15.2	-2.8
25/06/2016	12.8	-11.6	25/08/2016	15.4	-6.6	25/10/2016	14.4	-9.2	25/12/2016	13	-3.2
26/06/2016	11.2	-12	26/08/2016	14.2	-7	26/10/2016	14.8	-11	26/12/2016	13.6	-5.6
27/06/2016	11	-11.2	27/08/2016	10.6	-5.6	27/10/2016	14.2	-6.8	27/12/2016	14.4	-6.6
28/06/2016	8	-6.8	28/08/2016	9	-9.8	28/10/2016	14.4	1.2	28/12/2016	16.2	-6.8
29/06/2016	8.6	-10.4	29/08/2016	11.2	-15	29/10/2016	13.8	0.4	29/12/2016	14.8	-0.6
30/06/2016	10.6	-6.2	30/08/2016	12	-15.2	30/10/2016	14.2	-1.6	30/12/2016	14.6	1.4
01/07/2016	12.2	-6.2	31/08/2016	12.4	-15.4	31/10/2016	13.6	-10.4	31/12/2016	14.2	0.2
02/07/2016	10.8	-7.4	01/09/2016	14	-11.4	01/11/2016	14.2	-10.8	01/01/2017	13.4	2.6
03/07/2016	10.4	-7.2	02/09/2016	9.6	-8.2	02/11/2016	14	-10.6	02/01/2017	10.8	2.2
04/07/2016	10	-8.8	03/09/2016	10.4	-13.4	03/11/2016	16.2	-11	03/01/2017	11.6	2
05/07/2016	10.6	-10.6	04/09/2016	10.8	-12.2	04/11/2016	14.2	-4.6	04/01/2017	9.8	-1
06/07/2016	11	-11.4	05/09/2016	10.6	-11.2	05/11/2016	14.6	-0.2	05/01/2017	9.2	1.2
07/07/2016	8.4	-5.6	06/09/2016	14	-11.4	06/11/2016	15.8	-5.6	06/01/2017	10.8	1.4
08/07/2016	10	-0.8	07/09/2016	13.4	-9	07/11/2016	15.2	-5.4	07/01/2017	12.4	3.2
09/07/2016	11.4	-6.8	08/09/2016	15.4	-10.2	08/11/2016	14.8	-2.4	08/01/2017	9.4	0.8
10/07/2016	11	-7.6	09/09/2016	14.4	-12.2	09/11/2016	15.6	-5.8	09/01/2017	10.4	-0.4
11/07/2016	10.8	-9.8	10/09/2016	15.8	-10.6	10/11/2016	14	-4.2	10/01/2017	11.6	-0.8

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
11/01/2017	12.8	1.4	13/03/2017	10.4	1	13/05/2017	9.4	-9.4	13/07/2017	13.4	-9.8
12/01/2017	12	1.8	14/03/2017	10.6	-0.4	14/05/2017	13.4	-8.8	14/07/2017	13	-8.6
13/01/2017	11.4	2.4	15/03/2017	12.4	0.4	15/05/2017	14.2	-7.8	15/07/2017	12.4	-9
14/01/2017	10.8	2.2	16/03/2017	10.2	0.2	16/05/2017	11.6	-6.4	16/07/2017	11.8	-11.2
15/01/2017	12.2	1.2	17/03/2017	12.8	-1.6	17/05/2017	11.2	-6.6	17/07/2017	13.6	-9.2
16/01/2017	13.2	2.4	18/03/2017	13	1.4	18/05/2017	10.6	-7.4	18/07/2017	12.8	-10
17/01/2017	11.6	1	19/03/2017	13.2	0	19/05/2017	11.6	-7.6	19/07/2017	14.6	-13.8
18/01/2017	11.8	1.6	20/03/2017	13.8	-1.2	20/05/2017	10.8	-9	20/07/2017	15	-12.6
19/01/2017	12	1.8	21/03/2017	10	-0.2	21/05/2017	11.8	-8.8	21/07/2017	15.6	-11.8
20/01/2017	12.6	2.2	22/03/2017	10.6	2.8	22/05/2017	7.6	-2.2	22/07/2017	14.8	-8
21/01/2017	11.8	1	23/03/2017	11	2.2	23/05/2017	9.4	-4.4	23/07/2017	15.2	-9.4
22/01/2017	11.6	0.6	24/03/2017	11.2	2.4	24/05/2017	12.4	-2.2	24/07/2017	14.6	-10.6
23/01/2017	12.2	1.2	25/03/2017	12.6	-1.6	25/05/2017	12	-1	25/07/2017	13.8	-10
24/01/2017	11.6	0.8	26/03/2017	12	-2	26/05/2017	9.8	-1.8	26/07/2017	13.4	-10.2
25/01/2017	12	0.6	27/03/2017	13.2	-1.2	27/05/2017	11	-0.4	27/07/2017	13.6	-9.6
26/01/2017	9.8	0.8	28/03/2017	10	0.4	28/05/2017	9.8	0.2	28/07/2017	13.4	-8.8
27/01/2017	11.4	2.2	29/03/2017	10.6	2.6	29/05/2017	10.6	-0.4	29/07/2017	13	-9.6
28/01/2017	11.2	2.4	30/03/2017	9.8	1.4	30/05/2017	9.6	-0.8	30/07/2017	13.2	-9
29/01/2017	11.6	2.6	31/03/2017	9.2	1.2	31/05/2017	9.8	-6	31/07/2017	13.4	-9.4
30/01/2017	12.6	0.6	01/04/2017	12.8	0.6	01/06/2017	10	-7.4	01/08/2017	13.6	-10.6
31/01/2017	13	-0.6	02/04/2017	13	1	02/06/2017	11.6	-7.2	02/08/2017	14.8	-11.2
01/02/2017	14	-1.8	03/04/2017	12.8	-1.8	03/06/2017	10.6	-6.4	03/08/2017	11.8	-12.6
02/02/2017	14.4	-2.6	04/04/2017	10.2	-2.8	04/06/2017	13.2	-4.8	04/08/2017	13.6	-8.4
03/02/2017	15	-3.4	05/04/2017	14.4	-4.6	05/06/2017	13.4	-4	05/08/2017	16.4	-9.8
04/02/2017	15.2	-3	06/04/2017	14	-1.2	06/06/2017	11.4	-5.4	06/08/2017	14.6	-9
05/02/2017	16.2	-2.8	07/04/2017	13	-1	07/06/2017	12	-5.6	07/08/2017	14.4	-8.4
06/02/2017	16.6	-3.2	08/04/2017	13.2	-4	08/06/2017	10.8	-4.2	08/08/2017	11.8	-8
07/02/2017	15.4	-1.4	09/04/2017	13.4	-3.2	09/06/2017	11.2	-11.2	09/08/2017	11.4	-8.2
08/02/2017	14.4	-1.8	10/04/2017	13.8	-4.2	10/06/2017	13.2	-6.8	10/08/2017	11.2	-8.4
09/02/2017	16.6	1.8	11/04/2017	13	-3.6	11/06/2017	12	-8.2	11/08/2017	10.4	-12.8
10/02/2017	15	2	12/04/2017	12.8	2.2	12/06/2017	10.6	-11.4	12/08/2017	10.8	-12.6
11/02/2017	14.8	3.2	13/04/2017	13.6	-0.4	13/06/2017	12.2	-10.2	13/08/2017	11.4	-14.4
12/02/2017	16	3.4	14/04/2017	14.6	-2.8	14/06/2017	11.2	-12.2	14/08/2017	11	-12.6
13/02/2017	15.4	1	15/04/2017	12.2	-1.4	15/06/2017	12.6	-11.2	15/08/2017	11.8	-10
14/02/2017	15.8	1.6	16/04/2017	12.4	-0.6	16/06/2017	13.4	-11.4	16/08/2017	11.6	-12.2
15/02/2017	14.2	0	17/04/2017	10.8	2	17/06/2017	15	-11.6	17/08/2017	12.4	-6.2
16/02/2017	12.4	-1	18/04/2017	11.6	-2.4	18/06/2017	14.2	-12.2	18/08/2017	12.2	-7.4
17/02/2017	8.8	1.4	19/04/2017	10.2	-3.2	19/06/2017	13.6	-10.8	19/08/2017	12	-15.4
18/02/2017	10.8	0.6	20/04/2017	11.2	-4.8	20/06/2017	13.8	-10.2	20/08/2017	13	-17.2
19/02/2017	10.6	2.6	21/04/2017	14	-6.2	21/06/2017	12	-10.4	21/08/2017	14.8	-15
20/02/2017	11	0.6	22/04/2017	14.8	-4.6	22/06/2017	11.8	-9.6	22/08/2017	14.6	-14.2
21/02/2017	12.2	0.2	23/04/2017	13.8	-3.2	23/06/2017	11.4	-9.2	23/08/2017	15.2	-12.6
22/02/2017	11.2	0.6	24/04/2017	12.6	-2	24/06/2017	11.6	-9	24/08/2017	14	-12.2
23/02/2017	11.4	2	25/04/2017	11.2	-5	25/06/2017	12.4	-9.4	25/08/2017	13.8	-12
24/02/2017	12	1.2	26/04/2017	10.8	-4.4	26/06/2017	11.6	-10.2	26/08/2017	13	-11.4
25/02/2017	11	0.4	27/04/2017	11	-3.2	27/06/2017	10.8	-9	27/08/2017	12.6	-9.4
26/02/2017	11.6	0.6	28/04/2017	10.6	-3.4	28/06/2017	12.4	-8.8	28/08/2017	13.2	-7.2
27/02/2017	7.6	1.8	29/04/2017	10	-2.8	29/06/2017	11.8	-8.6	29/08/2017	15	-7.8
28/02/2017	9.6	-0.4	30/04/2017	11.2	-2.2	30/06/2017	12	-6.6	30/08/2017	14.8	-9.2
01/03/2017	9.8	-2	01/05/2017	12.8	-4.4	01/07/2017	12.2	-5.8	31/08/2017	17.8	-7
02/03/2017	10.4	-1.6	02/05/2017	13	-7	02/07/2017	11	-3.4	01/09/2017	16	-9.2
03/03/2017	13	1	03/05/2017	14	-5.2	03/07/2017	9.2	-12	02/09/2017	15.2	-7.2
04/03/2017	10.4	2.2	04/05/2017	13.2	-5	04/07/2017	11.6	-10.8	03/09/2017	14.2	-6.4
05/03/2017	10.2	0.4	05/05/2017	13.6	-5.4	05/07/2017	11.2	-9.6	04/09/2017	13.4	-6.6
06/03/2017	10.8	-0.2	06/05/2017	13	-5	06/07/2017	10.2	-9.2	05/09/2017	13.8	-6
07/03/2017	13.4	0.4	07/05/2017	12	-3.2	07/07/2017	10.8	-11	06/09/2017	14	-4.2
08/03/2017	11	0.6	08/05/2017	12.4	-6.6	08/07/2017	10	-14	07/09/2017	8.2	-3
09/03/2017	17.2	0.4	09/05/2017	13.4	-4.4	09/07/2017	13	-14.8	08/09/2017	8.8	-1.4
10/03/2017	12.6	2	10/05/2017	9.8	-3.4	10/07/2017	13.2	-9.4	09/09/2017	11.2	-9.4
11/03/2017	11.2	0	11/05/2017	10.6	-4.2	11/07/2017	13	-9.2	10/09/2017	13.6	-9.6
12/03/2017	13	0.8	12/05/2017	13.6	-7	12/07/2017	13.2	-9	11/09/2017	13.4	-9.2

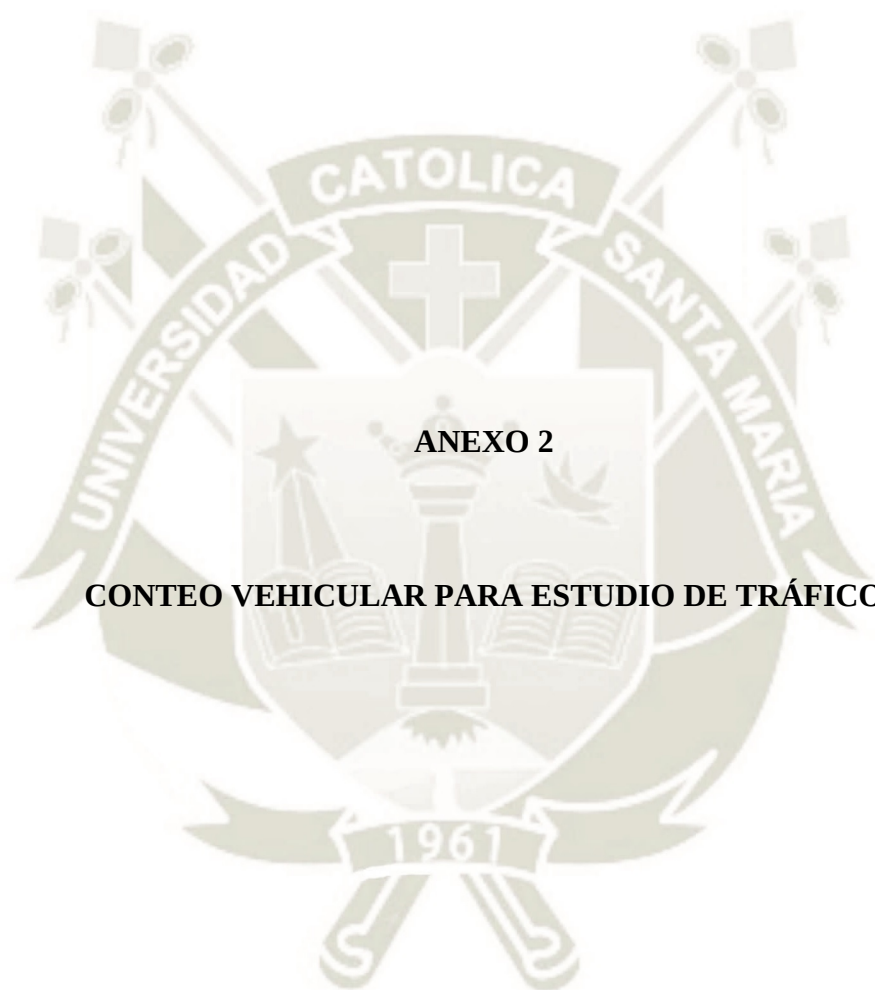
D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
12/09/2017	15.6	-4.8	12/11/2017	13.2	2.8	12/01/2018	10.6	1	14/03/2018	12	-2.4
13/09/2017	11.2	-5.2	13/11/2017	11.4	0.4	13/01/2018	10.2	1.2	15/03/2018	12.6	-2.2
14/09/2017	12.4	-5.2	14/11/2017	11.8	0.8	14/01/2018	10.4	-2	16/03/2018	11.2	1.8
15/09/2017	10.2	-2.4	15/11/2017	12.2	0.2	15/01/2018	11.2	-2.4	17/03/2018	11.6	-1
16/09/2017	10.8	-1.2	16/11/2017	12.6	-1.2	16/01/2018	13.2	-0.4	18/03/2018	13	0.6
17/09/2017	12	-2	17/11/2017	13	-1	17/01/2018	11	0.2	19/03/2018	12.2	1.4
18/09/2017	13.2	-5.8	18/11/2017	13.4	-3	18/01/2018	13	-0.4	20/03/2018	13.4	2.6
19/09/2017	15.6	-6.8	19/11/2017	14.6	-5.2	19/01/2018	11.2	1.4	21/03/2018	11.2	1.2
20/09/2017	16.2	-6.6	20/11/2017	13	-9.6	20/01/2018	10.8	-0.6	22/03/2018	11.6	1
21/09/2017	14.8	-5.2	21/11/2017	16.6	-7.4	21/01/2018	10.2	-0.4	23/03/2018	8	1.4
22/09/2017	14.2	-4.8	22/11/2017	17.2	-7	22/01/2018	11.4	0	24/03/2018	12.6	2.2
23/09/2017	13	-2.8	23/11/2017	16	-6.8	23/01/2018	11.6	0.8	25/03/2018	12.2	-0.4
24/09/2017	12.8	-2.2	24/11/2017	17.6	-6.2	24/01/2018	11.4	2	26/03/2018	12	-2
25/09/2017	13.8	-8.8	25/11/2017	18	-6	25/01/2018	12	-2	27/03/2018	12.4	-2.2
26/09/2017	14.8	-6.6	26/11/2017	17.8	-5.8	26/01/2018	12.4	-1	28/03/2018	11.8	-2.4
27/09/2017	13	-7.8	27/11/2017	19.2	-5.6	27/01/2018	12.6	-3.4	29/03/2018	12.8	-5.4
28/09/2017	12.6	-9.6	28/11/2017	11.6	2	28/01/2018	13	-3.2	30/03/2018	12.6	-5
29/09/2017	13.8	-12.6	29/11/2017	14.4	0	29/01/2018	13.6	-0.4	31/03/2018	10.4	-6.2
30/09/2017	15.6	-12	30/11/2017	14.6	-1	30/01/2018	13.4	-1.6	01/04/2018	11	-7.2
01/10/2017	11.2	-13.4	01/12/2017	15.2	-2.4	31/01/2018	13.2	-1.4	02/04/2018	12.2	-7.6
02/10/2017	11.4	-14.6	02/12/2017	17	-5.6	01/02/2018	9.6	0.4	03/04/2018	13.4	-5.4
03/10/2017	11	-14.4	03/12/2017	15.4	-7.2	02/02/2018	10.4	2	04/04/2018	12.4	-6.2
04/10/2017	15.6	-14.2	04/12/2017	14.2	-5.6	03/02/2018	11.8	-1.2	05/04/2018	12.6	-7.6
05/10/2017	16	-12.8	05/12/2017	13.8	-0.2	04/02/2018	12.8	2.2	06/04/2018	12.8	-6.8
06/10/2017	18.2	-9.2	06/12/2017	12.4	-0.6	05/02/2018	13	3.2	07/04/2018	13.4	-6.4
07/10/2017	16.2	-7.4	07/12/2017	14.8	-4.2	06/02/2018	13.4	0.2	08/04/2018	12.4	-1.8
08/10/2017	17	-11	08/12/2017	15.2	-5	07/02/2018	13.2	1.8	09/04/2018	13.4	-2.6
09/10/2017	17.6	-7.2	09/12/2017	16.4	-3.2	08/02/2018	12.8	-0.8	10/04/2018	13.2	-0.2
10/10/2017	16.4	-6	10/12/2017	15.8	-6.2	09/02/2018	10.4	0.4	11/04/2018	13.8	-4.2
11/10/2017	12.4	-3.4	11/12/2017	17.6	-4.4	10/02/2018	10.8	0.6	12/04/2018	15.2	-4.4
12/10/2017	12.6	0.4	12/12/2017	17.8	-5.2	11/02/2018	10.4	0.8	13/04/2018	13	-4
13/10/2017	12.2	-6	13/12/2017	17.2	-0.2	12/02/2018	12	-0.8	14/04/2018	19	-1.8
14/10/2017	13	-4.2	14/12/2017	19	-0.6	13/02/2018	12.6	-1.8	15/04/2018	15.6	-4.8
15/10/2017	18	2.2	15/12/2017	16.4	0.2	14/02/2018	10.4	2	16/04/2018	15.4	-4.4
16/10/2017	11.8	0.4	16/12/2017	16.8	-4.4	15/02/2018	11.4	1.6	17/04/2018	14.8	-5.6
17/10/2017	13.6	-0.4	17/12/2017	12.4	2.2	16/02/2018	9	0.8	18/04/2018	15.6	-6.4
18/10/2017	12.4	-5.6	18/12/2017	14	-0.4	17/02/2018	11.6	0.6	19/04/2018	14.2	-6
19/10/2017	13.8	-6.6	19/12/2017	13.6	0	18/02/2018	12.2	-1.4	20/04/2018	15.8	-5.8
20/10/2017	15.4	-7.2	20/12/2017	12	0.8	19/02/2018	12.6	-4.2	21/04/2018	14.2	-5.4
21/10/2017	15.2	-9.4	21/12/2017	9.2	0.6	20/02/2018	13.2	-2.8	22/04/2018	14.4	-4.4
22/10/2017	16.4	-6.6	22/12/2017	10.6	0.4	21/02/2018	12.8	0.4	23/04/2018	13.8	-3.6
23/10/2017	14.6	-7.4	23/12/2017	11.8	-2.4	22/02/2018	13	1	24/04/2018	12.6	-1.8
24/10/2017	14.6	-5.8	24/12/2017	12.6	-3.8	23/02/2018	11.8	1.4	25/04/2018	11.8	-2.2
25/10/2017	15.2	-6	25/12/2017	14	-4.8	24/02/2018	13.2	1.2	26/04/2018	10.4	0.4
26/10/2017	13.6	-7.2	26/12/2017	14.8	-4.2	25/02/2018	13	1	27/04/2018	12.2	-1
27/10/2017	16.2	-9.2	27/12/2017	14.6	-1.6	26/02/2018	12.8	0.2	28/04/2018	10.6	-1.8
28/10/2017	14.4	-8.8	28/12/2017	8.4	0.6	27/02/2018	12.6	2.6	29/04/2018	12.6	-0.4
29/10/2017	13.4	-8.6	29/12/2017	10.6	0.4	28/02/2018	13	2.2	30/04/2018	12.4	-1.4
30/10/2017	12.2	-9.2	30/12/2017	8	1.6	01/03/2018	10.2	2.2	01/05/2018	12.8	-1.6
31/10/2017	13.6	-8.6	31/12/2017	12.8	1.8	02/03/2018	12.2	2.2	02/05/2018	14.2	-2.2
01/11/2017	14	-10.6	01/01/2018	13	2	03/03/2018	13.2	2	03/05/2018	11.8	-3.6
02/11/2017	15.2	-8.2	02/01/2018	10.2	-0.2	04/03/2018	13	3	04/05/2018	14.6	-4.8
03/11/2017	16.8	-6.8	03/01/2018	12.2	-3	05/03/2018	9.2	3.4	05/05/2018	12.4	-4.2
04/11/2017	16.2	-2.2	04/01/2018	13.4	-3.6	06/03/2018	9.8	2	06/05/2018	10.6	-4
05/11/2017	16.4	-6.6	05/01/2018	13.2	-1.2	07/03/2018	10.6	-0.2	07/05/2018	10	-5.2
06/11/2017	17.6	-9.8	06/01/2018	13.8	-1.8	08/03/2018	9.8	-0.4	08/05/2018	14.2	-4.4
07/11/2017	16.8	-4	07/01/2018	12.4	2	09/03/2018	11.2	-1	09/05/2018	14	-1
08/11/2017	17.2	-5.8	08/01/2018	9.6	1	10/03/2018	11.4	-0.8	10/05/2018	13.6	-7.2
09/11/2017	17	-4.4	09/01/2018	15	1.8	11/03/2018	13.2	0	11/05/2018	12.8	-8
10/11/2017	18.2	-6	10/01/2018	13	2.8	12/03/2018	13	-0.2	12/05/2018	12.6	-7.6
11/11/2017	16.6	-4.6	11/01/2018	11.2	0.6	13/03/2018	12.4	-0.4	13/05/2018	10.2	-8

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
14/05/2018	10.8	-11.6	14/07/2018	5.8	-1.6	13/09/2018	14.4	-12.8	13/11/2018	15.6	-6.8
15/05/2018	11.6	-9.8	15/07/2018	10.2	-9	14/09/2018	14	-12	14/11/2018	15.4	-7.8
16/05/2018	13	-10	16/07/2018	11.4	-9.2	15/09/2018	12	-9	15/11/2018	18	-8
17/05/2018	11	-11.8	17/07/2018	11.8	-9.4	16/09/2018	12.2	-10.4	16/11/2018	17.2	-6.4
18/05/2018	11.2	-12	18/07/2018	10.2	-6.2	17/09/2018	12.4	-14.4	17/11/2018	17.8	-3.2
19/05/2018	13	-12.8	19/07/2018	5	-3	18/09/2018	13.2	-15	18/11/2018	16.4	-3.4
20/05/2018	11.8	-8.6	20/07/2018	5.4	-9.8	19/09/2018	14.8	-14.4	19/11/2018	17.2	-2.8
21/05/2018	11.4	-9.8	21/07/2018	2.4	-2.2	20/09/2018	15.6	-12.2	20/11/2018	15.8	-3
22/05/2018	11.6	-8.6	22/07/2018	5.2	-8	21/09/2018	16	-12.4	21/11/2018	16.6	-2.4
23/05/2018	11.2	-8.8	23/07/2018	6.4	-5.4	22/09/2018	14.2	-8.8	22/11/2018	16	-9
24/05/2018	10	-8.8	24/07/2018	8.8	-3.6	23/09/2018	13	-5	23/11/2018	15.2	-10.6
25/05/2018	15	-11.6	25/07/2018	9	-5	24/09/2018	14.4	-6.6	24/11/2018	15.8	-8.6
26/05/2018	11.8	-8.6	26/07/2018	9.6	-5.4	25/09/2018	12.8	-9	25/11/2018	16.4	-6
27/05/2018	13	-9.2	27/07/2018	10.2	-7.6	26/09/2018	11.8	-9.4	26/11/2018	15.8	1
28/05/2018	11.4	-8.6	28/07/2018	10.8	-9	27/09/2018	10.4	-10.4	27/11/2018	11.6	-4
29/05/2018	9.8	-14.6	29/07/2018	11.4	-8.8	28/09/2018	11.2	-10.2	28/11/2018	13.8	-8.8
30/05/2018	11.4	-13.4	30/07/2018	13	-9.6	29/09/2018	12.6	-12	29/11/2018	13.6	-9.4
31/05/2018	11.2	-13.6	31/07/2018	13.6	-9.2	30/09/2018	14.8	-10.6	30/11/2018	14.2	-11.2
01/06/2018	11	-13.4	01/08/2018	10.8	-7.8	01/10/2018	14.6	-10	01/12/2018	12.4	-12.2
02/06/2018	14	-12.8	02/08/2018	10	-2.8	02/10/2018	16.4	-7.8	02/12/2018	14	-10
03/06/2018	7.2	-8.2	03/08/2018	9	-6	03/10/2018	15.6	-7	03/12/2018	13.2	-10.8
04/06/2018	12	-2	04/08/2018	8.2	-9.2	04/10/2018	12.2	-5.4	04/12/2018	13.6	-12.4
05/06/2018	9.6	-2.8	05/08/2018	9.2	-12.4	05/10/2018	10.4	-5.6	05/12/2018	14	-11.6
06/06/2018	8	-4.6	06/08/2018	9.6	-12	06/10/2018	12.6	1	06/12/2018	15.4	-10
07/06/2018	10	-4.8	07/08/2018	11	-7.4	07/10/2018	11.4	2.4	07/12/2018	17	-5.4
08/06/2018	9.4	-4.2	08/08/2018	12.4	-8.8	08/10/2018	13	-8	08/12/2018	18.2	-0.4
09/06/2018	9.2	-3.8	09/08/2018	12	-9.4	09/10/2018	15.2	-8.6	09/12/2018	19	-5
10/06/2018	9	-6	10/08/2018	12.6	-8.4	10/10/2018	17.4	-9.2	10/12/2018	18.6	-5.2
11/06/2018	8.8	-3.2	11/08/2018	12	-8.8	11/10/2018	15.2	-9.4	11/12/2018	17.8	-1.4
12/06/2018	11	-5.2	12/08/2018	11.8	-9.6	12/10/2018	15.4	-8.8	12/12/2018	18	-3.8
13/06/2018	10.2	-6.2	13/08/2018	10.4	-8.2	13/10/2018	11.8	-2.4	13/12/2018	16	-3.2
14/06/2018	10	-6	14/08/2018	10.8	-12	14/10/2018	12.6	-2.8	14/12/2018	16.6	-5.4
15/06/2018	10.2	-6.4	15/08/2018	11.4	-11.6	15/10/2018	14.2	-2	15/12/2018	13	-3.8
16/06/2018	10.8	-6	16/08/2018	12.4	-11.4	16/10/2018	11.4	-2.4	16/12/2018	12.2	-0.4
17/06/2018	11.8	-8	17/08/2018	12.6	-11	17/10/2018	14.2	-7	17/12/2018	14	-2.6
18/06/2018	12	-7.6	18/08/2018	12.8	-11.2	18/10/2018	15.8	-6.8	18/12/2018	13.2	-1.4
19/06/2018	9.6	-8.2	19/08/2018	11.4	-10.6	19/10/2018	15.6	-7.2	19/12/2018	15	-3.6
20/06/2018	11.2	-8.4	20/08/2018	8.8	-7.8	20/10/2018	14.4	-4.2	20/12/2018	12.2	-5.8
21/06/2018	12.2	-9.6	21/08/2018	10.6	-9.4	21/10/2018	15.2	-6	21/12/2018	14.8	-4.8
22/06/2018	12.4	-8.2	22/08/2018	11.4	-11.2	22/10/2018	15	-4.6	22/12/2018	14	-2.2
23/06/2018	10.8	-8.6	23/08/2018	11	-14.4	23/10/2018	14.2	-4.2	23/12/2018	16.6	-7
24/06/2018	10.4	-9.2	24/08/2018	13.2	-15	24/10/2018	14.4	-6.4	24/12/2018	17	-4.6
25/06/2018	9.2	-9	25/08/2018	12.6	-10.4	25/10/2018	15.2	-3.6	25/12/2018	16.2	-3
26/06/2018	10	-9.4	26/08/2018	12.4	-7	26/10/2018	15.6	-7.8	26/12/2018	13.8	-3.4
27/06/2018	11.2	-9.8	27/08/2018	12	-8.4	27/10/2018	15	-5.2	27/12/2018	13.6	-3.2
28/06/2018	11	-8.6	28/08/2018	12.8	-4.2	28/10/2018	14.8	-6.2	28/12/2018	12.8	1.4
29/06/2018	12.2	-10.4	29/08/2018	13.8	-7.6	29/10/2018	16.8	-8.4	29/12/2018	12	1.2
30/06/2018	11.2	-9.2	30/08/2018	13	-6.2	30/10/2018	16.2	-4.8	30/12/2018	14.6	-2.8
01/07/2018	11.4	-10.4	31/08/2018	12.2	-7.8	31/10/2018	16.2	-2.6	31/12/2018	12.8	1.4
02/07/2018	11.8	-10.6	01/09/2018	11	-8.2	01/11/2018	15.8	-5.2	01/01/2019	13.2	-0.8
03/07/2018	11.6	-9	02/09/2018	14	-16.2	02/11/2018	13.8	-2.4	02/01/2019	15.4	-0.4
04/07/2018	12	-9.8	03/09/2018	14.8	-12.4	03/11/2018	14.4	-8.4	03/01/2019	12.6	1.2
05/07/2018	12.6	-8.8	04/09/2018	13	-12	04/11/2018	15.4	-8	04/01/2019	15.6	1
06/07/2018	13.4	-8.6	05/09/2018	14	-11.2	05/11/2018	15	-7.8	05/01/2019	16	-0.4
07/07/2018	13.6	-8.4	06/09/2018	14.6	-8	06/11/2018	17.4	-8.8	06/01/2019	14.2	-1.6
08/07/2018	13	-9.6	07/09/2018	14.4	-9.2	07/11/2018	15.4	-7	07/01/2019	15.4	-6
09/07/2018	12.6	-9.4	08/09/2018	14	-9.4	08/11/2018	15.6	-4.4	08/01/2019	14.8	-5.2
10/07/2018	10.4	-9.6	09/09/2018	14.2	-8	09/11/2018	17.8	-5.8	09/01/2019	15.2	-5.4
11/07/2018	6	-4.6	10/09/2018	15	-8.6	10/11/2018	17.4	-4.8	10/01/2019	17	-5.8
12/07/2018	6.4	-3	11/09/2018	14	-6.2	11/11/2018	16.6	-4.2	11/01/2019	16.2	-4.2
13/07/2018	7.6	-2.2	12/09/2018	14.6	-9.2	12/11/2018	14	-3.6	12/01/2019	15.2	-2.4

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
13/01/2019	10.6	1.2	15/03/2019	12.2	-0.6	15/05/2019	11.4	-7	15/07/2019	12.4	-11.2
14/01/2019	11.6	-1.4	16/03/2019	12.6	0	16/05/2019	13	-8.2	16/07/2019	12	-10.8
15/01/2019	12.4	0.4	17/03/2019	12.4	-1.4	17/05/2019	13.8	-12.2	17/07/2019	9.8	-7.4
16/01/2019	12	0.2	18/03/2019	12	-2	18/05/2019	14.6	-11	18/07/2019	10	-3.4
17/01/2019	11.6	1.8	19/03/2019	12.6	-2.6	19/05/2019	15	-9.2	19/07/2019	11.2	-9
18/01/2019	13.2	2.2	20/03/2019	10.8	-1.8	20/05/2019	11.2	-7.8	20/07/2019	10.6	-6.4
19/01/2019	12	0.2	21/03/2019	12.2	2	21/05/2019	12	-10.2	21/07/2019	11	-9
20/01/2019	10.2	2	22/03/2019	13.8	-4	22/05/2019	12.2	-9.4	22/07/2019	10.4	-9.6
21/01/2019	14	-0.2	23/03/2019	13.2	-2	23/05/2019	10.8	-7.2	23/07/2019	8.4	-10.2
22/01/2019	13.8	2.2	24/03/2019	13	-1.2	24/05/2019	11.8	-10.8	24/07/2019	9.6	-3
23/01/2019	12.9	2.6	25/03/2019	12.4	0	25/05/2019	13.8	-9.6	25/07/2019	8.4	-13.2
24/01/2019	12.4	2	26/03/2019	13.2	2	26/05/2019	13.2	-8.6	26/07/2019	11.8	-15.2
25/01/2019	13.8	0.4	27/03/2019	13.8	2.2	27/05/2019	12.6	-8.2	27/07/2019	10.2	-11.4
26/01/2019	13.4	-2.8	28/03/2019	11.6	2.4	28/05/2019	12.8	-10	28/07/2019	11	-9
27/01/2019	12.8	-0.2	29/03/2019	10.8	1	29/05/2019	13.8	-9	29/07/2019	11.8	-11.2
28/01/2019	13.4	1.2	30/03/2019	13.2	1.2	30/05/2019	12.6	-8.4	30/07/2019	13.4	-8
29/01/2019	10.2	3.8	31/03/2019	13.8	0.2	31/05/2019	13	-9.8	31/07/2019	12.6	-9.6
30/01/2019	9.9	2.3	01/04/2019	12.2	1	01/06/2019	12.2	-9	01/08/2019	11.8	-10.4
31/01/2019	10.2	2.6	02/04/2019	10.8	2	02/06/2019	12.8	-9.8	02/08/2019	12.8	-11
01/02/2019	11	2.8	03/04/2019	12.4	0.8	03/06/2019	13.4	-12	03/08/2019	12.6	-14.6
02/02/2019	14.6	-0.8	04/04/2019	12	-0.4	04/06/2019	13.8	-11	04/08/2019	13	-14.4
03/02/2019	9.6	2.8	05/04/2019	10.8	-5	05/06/2019	12.8	-10.8	05/08/2019	12.8	-13.2
04/02/2019	11	1.6	06/04/2019	12.4	-6	06/06/2019	13	-11.2	06/08/2019	14.6	-11.2
05/02/2019	12.8	2.6	07/04/2019	13.8	-6.2	07/06/2019	13.8	-11.4	07/08/2019	14	-11
06/02/2019	12.2	1.4	08/04/2019	13.2	-2.6	08/06/2019	12.4	-10.4	08/08/2019	13.4	-11.6
07/02/2019	11.4	0	09/04/2019	14.6	-2.8	09/06/2019	13.2	-10.2	09/08/2019	12.2	-11.2
08/02/2019	9.4	-0.2	10/04/2019	15.8	-3.6	10/06/2019	13	-9.8	10/08/2019	13.2	-11.6
09/02/2019	11.8	0.2	11/04/2019	12.6	-2.4	11/06/2019	12.8	-9.4	11/08/2019	12.8	-10.4
10/02/2019	11.2	1.6	12/04/2019	11.4	-2	12/06/2019	13.6	-7.6	12/08/2019	14.2	-9.8
11/02/2019	11.4	3	13/04/2019	12.2	-5	13/06/2019	13.2	-7.4	13/08/2019	14.8	-9
12/02/2019	10.2	2.2	14/04/2019	15.4	-4.2	14/06/2019	13.8	-7.2	14/08/2019	15	-7.2
13/02/2019	11.4	0.2	15/04/2019	14.2	-3	15/06/2019	10	-6.6	15/08/2019	14.2	-8.2
14/02/2019	12	-0.6	16/04/2019	13	-3.4	16/06/2019	8.8	-3.2	16/08/2019	13.4	-7.4
15/02/2019	12.4	2.8	17/04/2019	11.4	1.2	17/06/2019	12.4	-5.4	17/08/2019	14.6	-8.4
16/02/2019	12.2	2.4	18/04/2019	11.2	0.2	18/06/2019	13	-8.8	18/08/2019	13.6	-9.8
17/02/2019	12	2	19/04/2019	10.2	0.4	19/06/2019	14.2	-7.2	19/08/2019	15.4	-8.2
18/02/2019	11.2	2.4	20/04/2019	12.4	2.6	20/06/2019	14.6	-8.4	20/08/2019	15.6	-10.8
19/02/2019	10.8	0.2	21/04/2019	14.2	-0.6	21/06/2019	14	-9.8	21/08/2019	14	-7
20/02/2019	11.4	0	22/04/2019	12.8	-2.4	22/06/2019	13.8	-10	22/08/2019	13.6	-8.4
21/02/2019	12	-1.2	23/04/2019	12	-1.4	23/06/2019	12.8	-11.6	23/08/2019	13.4	-4.2
22/02/2019	14	2.8	24/04/2019	15	-0.8	24/06/2019	11.6	-12.8	24/08/2019	11.8	-7
23/02/2019	14.4	1.2	25/04/2019	19.8	1.8	25/06/2019	9	-12.4	25/08/2019	11.6	-10.6
24/02/2019	11.8	0.8	26/04/2019	11.8	-0.8	26/06/2019	10.2	-13.8	26/08/2019	14.6	-15.4
25/02/2019	11	-1.8	27/04/2019	12.6	-4.4	27/06/2019	9.8	-11.4	27/08/2019	14.4	-10.2
26/02/2019	12.8	-3.8	28/04/2019	13.4	-3.2	28/06/2019	10.2	-8	28/08/2019	15.2	-6.4
27/02/2019	14.6	-0.8	29/04/2019	13.6	-3.4	29/06/2019	11.6	-7.4	29/08/2019	14.4	-10.4
28/02/2019	12.6	1.4	30/04/2019	11.8	-2	30/06/2019	13.4	-7.8	30/08/2019	13.8	-10
01/03/2019	11.6	-0.6	01/05/2019	13.8	-4	01/07/2019	13.6	-9.4	31/08/2019	13.4	-11.2
02/03/2019	10.4	1	02/05/2019	14	-3.6	02/07/2019	13.6	-9.2	01/09/2019	15.2	-7
03/03/2019	14	-1.2	03/05/2019	14.8	-9.4	03/07/2019	12.6	-11.6	02/09/2019	11.2	-9.1
04/03/2019	13.4	-0.6	04/05/2019	14.6	-6.4	04/07/2019	13	-12.4	03/09/2019	11.1	-7.6
05/03/2019	15.2	-0.8	05/05/2019	14.2	-3.8	05/07/2019	15.4	-13.8	04/09/2019	9.5	-3.5
06/03/2019	13.4	-2	06/05/2019	14.8	-1.2	06/07/2019	14.2	-8	05/09/2019	9.9	-0.3
07/03/2019	14	-0.2	07/05/2019	12.8	-3.2	07/07/2019	13.2	-8.8	06/09/2019	10	-3.8
08/03/2019	13.8	-0.8	08/05/2019	13	-1.2	08/07/2019	14.2	-9	07/09/2019	9	-7.4
09/03/2019	11.8	-0.6	09/05/2019	13.4	-2.8	09/07/2019	13	-10.2	08/09/2019	9.8	-6.4
10/03/2019	12	2.4	10/05/2019	15	-3.8	10/07/2019	12.8	-11	09/09/2019	12	-11.5
11/03/2019	12.8	1	11/05/2019	13.2	-6.4	11/07/2019	12.6	-10.4	10/09/2019	11.3	-8.8
12/03/2019	12.6	-1.2	12/05/2019	11.8	-4.2	12/07/2019	12.4	-10.6	11/09/2019	9.5	-5.9
13/03/2019	11.8	-0.4	13/05/2019	11	-1.8	13/07/2019	13.4	-11	12/09/2019	11.7	-2.5
14/03/2019	12	0.2	14/05/2019	11.8	-8.4	14/07/2019	11.6	-11.6	13/09/2019	15.1	-1.1

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
14/09/2019	16.2	-1.5	14/11/2019	14.8	-6.3	14/01/2020	12.6	1.2	15/03/2020	12.2	2.2
15/09/2019	14.6	-5.2	15/11/2019	13.1	-4.7	15/01/2020	10.2	2	16/03/2020	10.2	2
16/09/2019	13.4	-3.6	16/11/2019	13.3	-4.7	16/01/2020	12.6	3	17/03/2020	11	0.6
17/09/2019	14.6	-6	17/11/2019	12.8	-1.3	17/01/2020	12.8	2.2	18/03/2020	10.5	2.8
18/09/2019	14.5	-6.9	18/11/2019	14	-3.2	18/01/2020	12.6	2.6	19/03/2020	11.2	2.6
19/09/2019	12	-7.5	19/11/2019	12	0.4	19/01/2020	13.4	2.8	20/03/2020	9.5	0.8
20/09/2019	15.2	-8.2	20/11/2019	13.6	1.3	20/01/2020	8	1.8	21/03/2020	8.3	-0.9
21/09/2019	12.4	-1.2	21/11/2019	12.2	-3.4	21/01/2020	9.2	2.4	22/03/2020	12.2	2.4
22/09/2019	14.7	-2.5	22/11/2019	15	-2.4	22/01/2020	11	2.4	23/03/2020	11.8	2.6
23/09/2019	15.8	-5.5	23/11/2019	14.1	-0.7	23/01/2020	10.6	0.6	24/03/2020	11.9	0.5
24/09/2019	15.9	-5.7	24/11/2019	12.7	0.7	24/01/2020	13.6	0.4	25/03/2020	11.9	-0.7
25/09/2019	13.5	-4.8	25/11/2019	10.6	2	25/01/2020	13.4	0.8	26/03/2020	12	-0.7
26/09/2019	13.2	-7.8	26/11/2019	13.2	-2.3	26/01/2020	12.6	1.4	27/03/2020	10.9	0.2
27/09/2019	15.5	-7.7	27/11/2019	14.3	-2	27/01/2020	13.8	-0.2	28/03/2020	11.2	-1.9
28/09/2019	17.2	-7	28/11/2019	14.2	-0.2	28/01/2020	11.4	1.4	29/03/2020	9.5	1.3
29/09/2019	16	-7	29/11/2019	14.6	-6	29/01/2020	12.2	-2.2	30/03/2020	12.5	2.7
30/09/2019	12.9	-8.1	30/11/2019	16.6	-6.8	30/01/2020	12.4	2	31/03/2020	11.7	2.1
01/10/2019	8	-4.4	01/12/2019	14.4	-2.2	31/01/2020	12.6	-0.4	01/04/2020	12.6	2.6
02/10/2019	9.6	0.1	02/12/2019	14.2	-0.2	01/02/2020	14	0.6	02/04/2020	11.6	2.6
03/10/2019	9.6	-1.7	03/12/2019	13.8	-4.8	02/02/2020	13.8	2.8	03/04/2020	13	1.8
04/10/2019	11.7	-5.1	04/12/2019	15.6	-6.8	03/02/2020	10.6	2.4	04/04/2020	10.9	2.5
05/10/2019	10.5	-8.8	05/12/2019	14.4	-5.8	04/02/2020	12.8	2.6	05/04/2020	10.1	0.8
06/10/2019	9.8	-12	06/12/2019	15.2	-2.6	05/02/2020	13.6	-2.8	06/04/2020	13	-1.4
07/10/2019	10.2	-14.4	07/12/2019	15.8	-3.6	06/02/2020	12.2	-2	07/04/2020	12.3	-0.6
08/10/2019	15.9	-10	08/12/2019	15	-4.8	07/02/2020	13.8	1.8	08/04/2020	11.1	-1
09/10/2019	17.4	-5.2	09/12/2019	15.4	-8.8	08/02/2020	11.8	0.5	09/04/2020	11.7	-2.7
10/10/2019	15.3	-6.4	10/12/2019	16.2	-9	09/02/2020	12.8	1.8	10/04/2020	11.7	-1.3
11/10/2019	15.1	-5.2	11/12/2019	17	-7.4	10/02/2020	11.2	0.2	11/04/2020	10.3	-4.4
12/10/2019	14	-8.3	12/12/2019	16.8	-7.6	11/02/2020	9.5	-0.1	12/04/2020	10.8	-5.9
13/10/2019	12.6	-2.9	13/12/2019	13.6	-3	12/02/2020	9.4	-0.2	13/04/2020	10.8	-5.4
14/10/2019	11.8	-7.5	14/12/2019	11.2	2.6	13/02/2020	10.2	0.5	14/04/2020	9.9	-7.2
15/10/2019	11.5	-6.7	15/12/2019	15	-1.2	14/02/2020	10.2	1.1	15/04/2020	9.8	-7
16/10/2019	13.4	-4.8	16/12/2019	16.4	-3.2	15/02/2020	12.5	2	16/04/2020	9.5	-5.7
17/10/2019	12.4	-5.9	17/12/2019	16.2	-5.8	16/02/2020	12.5	0.3	17/04/2020	9.5	-5.8
18/10/2019	10.2	-0.8	18/12/2019	14.6	-4.4	17/02/2020	12.7	0.8	18/04/2020	9.6	-2.2
19/10/2019	7.9	-1.2	19/12/2019	14.4	-1.8	18/02/2020	12.4	2.2	19/04/2020	9	-0.2
20/10/2019	12.3	-3.1	20/12/2019	16.8	-4.2	19/02/2020	12.7	3.2	20/04/2020	11	-0.1
21/10/2019	13.5	-9.9	21/12/2019	16.2	-2.8	20/02/2020	7.9	3.3	21/04/2020	11.4	-1.9
22/10/2019	13.5	-8.9	22/12/2019	17.4	-4.6	21/02/2020	7.4	3.1	22/04/2020	12.2	-4.6
23/10/2019	14.3	-9.7	23/12/2019	15.8	-2.8	22/02/2020	12.4	3.2	23/04/2020	12.6	-5.7
24/10/2019	15.5	-5.4	24/12/2019	15.6	-0.4	23/02/2020	9.5	3.9	24/04/2020	11.7	-4.9
25/10/2019	15.1	-6.5	25/12/2019	14.8	2	24/02/2020	9	3.5	25/04/2020	13	-2.5
26/10/2019	14.5	-5	26/12/2019	10	2.2	25/02/2020	9.6	2.5	26/04/2020	10.3	-2.8
27/10/2019	16.3	-5.8	27/12/2019	9.8	1.4	26/02/2020	9.3	0.7	27/04/2020	11.9	-0.6
28/10/2019	15.8	-5.2	28/12/2019	14.6	-2.4	27/02/2020	10.1	1.7	28/04/2020	12	-2.8
29/10/2019	16.8	-4.1	29/12/2019	16.2	-3.4	28/02/2020	11.3	2	29/04/2020	13.7	-3.3
30/10/2019	16.8	-2.4	30/12/2019	14.8	-4.2	29/02/2020	12.4	1.9	30/04/2020	11.4	-0.6
31/10/2019	15	-4.8	31/12/2019	14.4	-1.4	01/03/2020	12.4	2.9	01/05/2020	13.7	-1.2
01/11/2019	12.1	-3.8	01/01/2020	11.8	0.4	02/03/2020	13.4	2.2	02/05/2020	10.7	-2
02/11/2019	15.4	-5.3	02/01/2020	10.6	0.6	03/03/2020	13	-1	03/05/2020	9.9	0.7
03/11/2019	12.8	-5.1	03/01/2020	10.4	1.2	04/03/2020	14	-2.4	04/05/2020	9.5	1
04/11/2019	13.9	-1.3	04/01/2020	10.8	3.8	05/03/2020	13.6	-0.4	05/05/2020	9.7	-2.1
05/11/2019	14.1	-3.2	05/01/2020	9.8	0.2	06/03/2020	14.6	-1.4	06/05/2020	12.6	-3.4
06/11/2019	11.7	-4.5	06/01/2020	15.4	-2	07/03/2020	11.2	0.8	07/05/2020	12.3	-3.5
07/11/2019	14.4	-2.9	07/01/2020	15.6	-2.4	08/03/2020	13	2.2	08/05/2020	13.5	-4
08/11/2019	12.1	-3.5	08/01/2020	13.6	-4.2	09/03/2020	11.4	2.8	09/05/2020	12.4	-2.9
09/11/2019	13.1	-3.8	09/01/2020	15.6	-4.8	10/03/2020	10.6	0.6	10/05/2020	12	-4.3
10/11/2019	12.7	0.8	10/01/2020	13.8	0.4	11/03/2020	11	-1.4	11/05/2020	11.7	-6.3
11/11/2019	11.3	1.1	11/01/2020	12.2	-0.6	12/03/2020	11.2	0.6	12/05/2020	9.9	-8.9
12/11/2019	11.5	-1.3	12/01/2020	14.2	-0.4	13/03/2020	9	1.8	13/05/2020	8.9	-9.3
13/11/2019	14	-3.7	13/01/2020	10.2	1	14/03/2020	12	0.8	14/05/2020	9.2	-9.1

D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)	D/M/A	T°. Max (°C)	T°. Min (°C)
15/05/2020	10.1	-10	15/07/2020	10.2	-10.3	14/09/2020	12.8	-1.2	14/11/2020	15.6	-10.6
16/05/2020	10.4	-7.6	16/07/2020	9.4	-9.7	15/09/2020	11.4	-5.8	15/11/2020	17	-9.8
17/05/2020	10.3	-2.8	17/07/2020	6.3	-6.9	16/09/2020	13	-8.8	16/11/2020	16.6	-8.6
18/05/2020	9.2	-7.5	18/07/2020	7.2	-6.1	17/09/2020	12	-10	17/11/2020	15	-8.8
19/05/2020	10.8	-8.7	19/07/2020	8.2	-9.6	18/09/2020	12.2	-6.6	18/11/2020	15.8	-12.6
20/05/2020	11.7	-8.3	20/07/2020	7.1	-5.6	19/09/2020	14	-8.2	19/11/2020	14.8	-11.4
21/05/2020	11	-7.3	21/07/2020	7.6	-8.6	20/09/2020	14.8	-7.4	20/11/2020	13.8	-10.8
22/05/2020	9.1	-5.5	22/07/2020	9.1	-10.2	21/09/2020	13	-8.2	21/11/2020	14.8	-7.8
23/05/2020	11.1	-6.9	23/07/2020	7.8	-6.7	22/09/2020	13.6	-11.4	22/11/2020	17.2	-5.4
24/05/2020	12.4	-10.7	24/07/2020	8.9	-5.3	23/09/2020	14.4	-8.4	23/11/2020	18.6	-2.8
25/05/2020	12.3	-8.4	25/07/2020	7.3	-12.4	24/09/2020	14.8	-3	24/11/2020	17.8	-3.4
26/05/2020	12.4	-7.2	26/07/2020	10.1	-14.3	25/09/2020	13.8	-10.8	25/11/2020	18.6	-5.2
27/05/2020	12.4	-9.4	27/07/2020	10.9	-10.2	26/09/2020	14.8	-9.2	26/11/2020	15.2	-3.8
28/05/2020	12.1	-10	28/07/2020	9.1	-8.6	27/09/2020	14	-9.4	27/11/2020	14.8	-3
29/05/2020	11.8	-8.9	29/07/2020	10.8	-10.6	28/09/2020	13.2	-6.6	28/11/2020	12.8	-3.4
30/05/2020	10.8	-8.2	30/07/2020	12.5	-7.4	29/09/2020	13.8	-4.6	29/11/2020	16.2	-2.6
31/05/2020	10.4	-9	31/07/2020	11.4	-9	30/09/2020	11.2	-0.2	30/11/2020	16	-2.2
01/06/2020	7.8	-8	01/08/2020	14.7	-8.3	01/10/2020	13	-2.8	01/12/2020	14.6	-1.4
02/06/2020	7.9	-9	02/08/2020	15.4	-8	02/10/2020	12.4	-5.2	02/12/2020	14.8	-5
03/06/2020	7.5	-10	03/08/2020	14.9	-6.6	03/10/2020	14.2	-2.8	03/12/2020	16.2	-6.8
04/06/2020	8	-9	04/08/2020	13.9	-8.6	04/10/2020	11.4	-4	04/12/2020	16	-1.2
05/06/2020	11.3	-6.9	05/08/2020	15	-10	05/10/2020	13.4	-4.4	05/12/2020	12.8	1.2
06/06/2020	10.4	-5.1	06/08/2020	15.2	-9.2	06/10/2020	15	-5.4	06/12/2020	14.8	-3.2
07/06/2020	12.1	-6.4	07/08/2020	15.4	-10.2	07/10/2020	12.9	0.4	07/12/2020	13	-1.8
08/06/2020	12.5	-6.8	08/08/2020	14.4	-15.8	08/10/2020	12.9	-4.4	08/12/2020	15.4	-6.8
09/06/2020	13	-7	09/08/2020	14.6	-10.6	09/10/2020	14.1	-4.2	09/12/2020	18.2	-7.8
10/06/2020	13.5	-7.1	10/08/2020	13.2	-10.8	10/10/2020	13.4	-4.9	10/12/2020	14.6	-9.8
11/06/2020	13.2	-6.9	11/08/2020	11	-8.6	11/10/2020	13.9	-4.6	11/12/2020	17.2	-8.4
12/06/2020	11.8	-8.3	12/08/2020	10.2	-12.8	12/10/2020	11.6	-1.8	12/12/2020	17.4	-4.6
13/06/2020	14.3	-8.1	13/08/2020	10.2	-13	13/10/2020	8.4	-1.6	13/12/2020	17	-6.4
14/06/2020	12.6	-5.3	14/08/2020	11.2	-14	14/10/2020	9.3	-2.3	14/12/2020	15.8	-7.8
15/06/2020	12.4	-7.2	15/08/2020	12.6	-12	15/10/2020	9.6	1.1	15/12/2020	16.6	-9.2
16/06/2020	12.8	-5.5	16/08/2020	12.8	-10.4	16/10/2020	10	-0.8	16/12/2020	16.4	-7.8
17/06/2020	12.6	-6.7	17/08/2020	10.2	-8.6	17/10/2020	12.1	-3.9	17/12/2020	14.8	-2.4
18/06/2020	13.6	-11.8	18/08/2020	10	-6.8	18/10/2020	11.2	-4.6	18/12/2020	13.8	-1.6
19/06/2020	13	-9.5	19/08/2020	10.4	-10.4	19/10/2020	9.4	-4.2	19/12/2020	14.8	-1
20/06/2020	13	-10.3	20/08/2020	12.6	-8.8	20/10/2020	13.2	-5.2	20/12/2020	12.6	-2.8
21/06/2020	12.2	-10.4	21/08/2020	11.6	-8.4	21/10/2020	13.2	0.6	21/12/2020	15	0.6
22/06/2020	11.4	-11.6	22/08/2020	11.6	-9.6	22/10/2020	9.2	-0.4	22/12/2020	10.6	2.3
23/06/2020	10	-11.6	23/08/2020	13	-8.2	23/10/2020	13.8	-2.4	23/12/2020	12.6	2.4
24/06/2020	9	-13.2	24/08/2020	15.6	-7.8	24/10/2020	15.8	-5.6	24/12/2020	11.6	3.2
25/06/2020	11.4	-12.2	25/08/2020	11.8	-7	25/10/2020	16.2	-6.2	25/12/2020	10.6	-0.4
26/06/2020	9.4	-12.3	26/08/2020	14.8	-7.2	26/10/2020	15.6	-6	26/12/2020	7	2.2
27/06/2020	10.4	-13.5	27/08/2020	14.4	-9.4	27/10/2020	14.6	-7.8	27/12/2020	11	-0.2
28/06/2020	9.8	-12.9	28/08/2020	13.8	-8	28/10/2020	12.4	-12	28/12/2020	8.2	-0.2
29/06/2020	10.5	-13.5	29/08/2020	14.2	-5.2	29/10/2020	13.8	-13.8	29/12/2020	7.6	0
30/06/2020	11.1	-13.4	30/08/2020	15.8	-7.8	30/10/2020	14.2	-9	30/12/2020	10.4	1.6
01/07/2020	12.1	-8.8	31/08/2020	14.6	-5.6	31/10/2020	15.4	-8.4	31/12/2020	8	0.2
02/07/2020	11.3	-8.6	01/09/2020	14.2	-4.2	01/11/2020	13.4	-6.6			
03/07/2020	11.9	-10.7	02/09/2020	12.6	-8.4	02/11/2020	13	-6.8			
04/07/2020	11.6	-12.1	03/09/2020	13.8	-8.4	03/11/2020	16.6	-7.8			
05/07/2020	14	-12.6	04/09/2020	14.8	-7.2	04/11/2020	16.2	-5.2			
06/07/2020	11.7	-8.8	05/09/2020	16.4	-6.6	05/11/2020	16	-5.4			
07/07/2020	12.1	-8.4	06/09/2020	16	-5.4	06/11/2020	16.2	-6			
08/07/2020	12.9	-8.6	07/09/2020	15.8	-4.2	07/11/2020	15.6	-3.4			
09/07/2020	12.3	-9	08/09/2020	15.4	-3.2	08/11/2020	13.2	-3			
10/07/2020	12	-10.3	09/09/2020	14.8	-3.6	09/11/2020	14.6	-6.4			
11/07/2020	11.1	-10.1	10/09/2020	14	-5.8	10/11/2020	14.2	-6.6			
12/07/2020	11.6	-10.1	11/09/2020	14.6	-6	11/11/2020	15.2	-9.6			
13/07/2020	11.4	-9.1	12/09/2020	14	-6.6	12/11/2020	14.2	-10.4			
14/07/2020	10.5	-10.2	13/09/2020	13.2	-5.6	13/11/2020	14.6	-11.2			



ANEXO 2

CONTEO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRÁFICO

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)						ESTACION						E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION						1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa						DÍA Y FECHA						Lunes, 26 de agosto de 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
5:00 - 6:00	E	3		2		6		5	2	6		1		2		1	6				
6:00 - 7:00	E	6	1	3		9		6	2	3		2					7			2	
7:00 - 8:00	E	6		3		10	1	6		4	2					3	10				1
8:00 - 9:00	E	2	1	6	1	5	1	2	1		1					1	14				
9:00 - 10:00	E	5		5		12		1	1		2		1				13	1			
10:00 - 11:00	E	5	1	8	1	14			1	4	2					2	32	1		2	1
11:00 - 12:00	E	8	1	9		14	1	2	5	3	2					2	46	1			
12:00 - 13:00	E	13	2	7	3	12			3	5	1					3	17				
13:00 - 14:00	E	14		11		15		1	5	7	1						18			1	
14:00 - 15:00	E	14	1	5		19		2	3	3							5				
15:00 - 16:00	E	10	1	10		14			4	2	1						19	1		1	
16:00 - 17:00	E	27	2	13		21		2	5	9	1		1			2	18	1		1	
17:00 - 18:00	E	12	3	19	1	18		1	4	5	3		1				29				
18:00 - 19:00	E	13		12	1	16		2	3	9	1					1	13				
19:00 - 20:00	E	8		5		17		1	3	5		3					19			1	

FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				ESTACION DE PARTIDA								ESTACION				E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca				S		CODIGO DE LA ESTACION				1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA				Martes, 20 de agosto de 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
5:00 - 6:00	E	5		4		3		4	2	4	1			1		8			1		
6:00 - 7:00	E	4		6		5		5	3	2	2	1			2	11	1		1		
7:00 - 8:00	E	9	1	5		8		3	2	4	2				1	10					
8:00 - 9:00	E	4		5		11		1	2	3	1				2	16					
9:00 - 10:00	E	7		7		9	1	2	1		1	1		1		18					
10:00 - 11:00	E	10		5		7		1	3	3					1	22				1	
11:00 - 12:00	E	7	2	9		10		3	2	4	1				2	26					
12:00 - 13:00	E	9	1	12		15			1	3	2			1		20	1				
13:00 - 14:00	E	14	1	15		13		1	3	5						23					
14:00 - 15:00	E	12		13	1	19		1	2	4		1			1	18					
15:00 - 16:00	E	14		16		17		3	1	3	2					20			1		
16:00 - 17:00	E	21	1	19	1	23		1	3	6	1				2	23	1				
17:00 - 18:00	E	19	1	15		21		2	3	3	1	1				20			1		
18:00 - 19:00	E	16		17		19		3	4	10					1	18					
19:00 - 20:00	E	20	1	10	1	16		4	4	6	1	2				21	2				

FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)							ESTACION				E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca			S		CODIGO DE LA ESTACION				1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa							DÍA Y FECHA				Miercoles, 14 de agosto de 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
5:00 - 6:00	E	8		4		9		6	5	5	1	2				18			1	
									1				2			1				
6:00 - 7:00	E	13	2	8		8			4	7	2	2	1	3		4	23			1
7:00 - 8:00	E	8	1	9		12		1		1	1					1	30			1
8:00 - 9:00	E	11	1	8		16	1	5	1	5	2	1				1	20			
																1				
9:00 - 10:00	E	6	2	12		13		4	1	3	1	1		1			29			
10:00 - 11:00	E	13	1	8		16	1	3		4	1	2					66			
									2											
11:00 - 12:00	E	10	3	14		18		6	2	4	1	1					17			
12:00 - 13:00	E	11		10	2	21		4	3	6		1	1				20			1
																1				
13:00 - 14:00	E	12	1	15		17		1	5	7		2					19			
																2				
14:00 - 15:00	E	16		11		20		5	4	2	1						21			
									1							1				
15:00 - 16:00	E	18		16		24		7	2	3	1	1		3			19			
									1				1							
16:00 - 17:00	E	28	1	15		25		6	3	5	2						12			
									1				1			1				
17:00 - 18:00	E	15		7		17		3	4	7	3		1				16			
																1				
18:00 - 19:00	E	12		8		14		3	3	4	1	1					12			
									2							1				
19:00 - 20:00	E	11		5		17		1	4	2		2					16			
									1											

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceanica Sur (desvio de Patahuasi)								ESTACION				E							
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca				S				CODIGO DE LA ESTACION				1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA				Jueves, 22 de agosto de 2019							
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER						
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
5:00 - 6:00	E	7		1		2		3	1	4		1				8	1						
6:00 - 7:00	E	3		6		7		4	2	4				1	2	10			1				
7:00 - 8:00	E	8	1	5		8		2	1	6	1				1	15			1				
8:00 - 9:00	E	4		9	1	6		3	4	2			2			19				1			
9:00 - 10:00	E	6	1	7		9	1	1	1	2	1				1	23							
10:00 - 11:00	E	10		12		13		3	2	3	2			1	1	29	1						
11:00 - 12:00	E	14		11	1	9		1	3	3	1	1			1	31			1				
12:00 - 13:00	E	12		9		13	1	1	2	1	3		1	1		22							
13:00 - 14:00	E	14		15	1	10		2	2	3	2					18							
14:00 - 15:00	E	12		11		9		3	1	6	1					9	1						
15:00 - 16:00	E	16		19		14		1	3	2	2					16							
16:00 - 17:00	E	24	2	21		17		1	4	4		1			1	13	1						
17:00 - 18:00	E	19		15		13		2	3	3	2			1		12							
18:00 - 19:00	E	9	2	11		8		1	4	6	3	1			1	11							
19:00 - 20:00	E	10		7		13		2	2	3	2	2				13			1				

FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interocéanica Sur (desvío de Patahuasi)					ESTACION				E							
SENTIDO				Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S	CODIGO DE LA ESTACION				1						
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DIA Y FECHA				Viernes, 23 de agosto de 2019							
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
5:00 - 6:00	E	5		3		5		4	3	6		1		1		9			1	
6:00 - 7:00	E	7		5	1	5		2	3	5	1	1				12	1		1	
7:00 - 8:00	E	10	1	6	2	7	1	1	1	3	2					14	1			
8:00 - 9:00	E	9	1	13		12		5	3	2	2			1		17				
9:00 - 10:00	E	8		11		14		3	2	1	3	1		2		20				1
10:00 - 11:00	E	8		14		7	1	2		5	4					10				
11:00 - 12:00	E	5	1	9	1	10		1	5	2	1					18				1
12:00 - 13:00	E	6	3	7	3	12		1	3	3	1			1		12				
13:00 - 14:00	E	16	2	16	6	12			4	4	1					28				
14:00 - 15:00	E	21	1	17	1	15		1	4	7	1	1				21				
15:00 - 16:00	E	21	1	26		20	2	1		3	2	2				25				
16:00 - 17:00	E	26	5	16	1	24	1	2	3	5	1	2				15				
17:00 - 18:00	E	20	2	14	2	19		3	3	9	3	2				17		2		
18:00 - 19:00	E	14		9	1	14		1	3	9	1		1			16				
19:00 - 20:00	E	10		8		16		1	4	4	1	3				19			1	1

FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)								ESTACION				E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1					
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA				Sábado, 24 de agosto de 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
5:00 - 6:00	E	3	1	3		6			3	4						1	8				
6:00 - 7:00	E	4		3		8		1	2	3		1				3	10				
7:00 - 8:00	E	7	2	5		12			3	2	1					5	14				
8:00 - 9:00	E	15		6	2	13		1	1	5	2	1		2		2	32				
9:00 - 10:00	E	12		5	2	14		3		3						3	21				
10:00 - 11:00	E	8		15		21		3		2	1	1					76				
11:00 - 12:00	E	17	2	10		16		2	3	3	1	1		1		1	20				
12:00 - 13:00	E	20	2	10		20		2	1	7						1	15	1			
13:00 - 14:00	E	18	2	8	3	14		2	5	4						3	17				
14:00 - 15:00	E	13	6	11		35		1	3	9						2	12			1	
15:00 - 16:00	E	20	1	10		19		1	3	5	1	1		1			18			1	1
16:00 - 17:00	E	25	6	19	1	30		1	2	4	3	2		1			17			1	
17:00 - 18:00	E	21		18	1	23			3	8	1	2					24				
18:00 - 19:00	E	19		27	1	21		2	5	3	2					1	19	1			
19:00 - 20:00	E	14		21		19		1	6	4	3						15				

**FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)					ESTACION				E							
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1				
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DIA Y FECHA				Domingo, 25 de agosto de 2019							
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
5:00 - 6:00	E	5		2		7		1	2	2	1		1			5				
6:00 - 7:00	E	7	1	3		9		2	3	3						9				1
7:00 - 8:00	E	10		5		13		2	2	5		1		1		12				
8:00 - 9:00	E	13	2	9		11		1	2	7			1			18			1	
9:00 - 10:00	E	11	1	14		17		2	1	2	1					21				
10:00 - 11:00	E	9		12	1	21		1	2	3						20				
11:00 - 12:00	E	14		10		18	2		3	2	1			1		22		1		
12:00 - 13:00	E	19	1	12		17		2	1	2						25				
13:00 - 14:00	E	21		11	1	20		1	3	4		1				19	1			
14:00 - 15:00	E	11		13		22		1	2	2						11				
15:00 - 16:00	E	17	2	8		17		2	2	4		1				13				1
16:00 - 17:00	E	21		13	2	13		3	1	4						18				
17:00 - 18:00	E	14		13		19		2	2	6	2					16				
18:00 - 19:00	E	21		16		24		3	3	4	3					14				
19:00 - 20:00	E	17	1	11		18		2	4	3	1	1				12				

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)								ESTACION				E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca				S		CODIGO DE LA ESTACION				1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								TURNOS				Noche/ 28 de agosto del 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
20:00 - 21:00	E	9		3		19		1	6	3	2				14						
21:00 - 22:00	E	7		4		17		2	5	1	3	1		2		9					
22:00 - 23:00	E	5		2		11		2	2		2	3				6					
23:00 - 0:00	E	6		2		7			4	1	2	2				4	1		1		
0:00 - 1:00	E	4				4			2	1		1				5	2				
1:00 - 2:00	E	3		1		3			3		1					4	1				
2:00 - 3:00	E	1				2			1	2				1		7					
3:00 - 4:00	E	3		1		7			5	4	3	3				10					
4:00 - 5:00	E	5		3		9		2	4	7	3	1				15	2		1		

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**



TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)						ESTACION							E						
SENTIDO			Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION							1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa						DIA Y FECHA							Lunes, 26 Agosto de 2019						
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																					%	
05-06	3	0	2	0	6	0	5	3	6	0	1	1	2	1	6	0	0	0	0	36	2.8%	
06-07	6	1	3	0	9	0	6	2	3	0	2	0	0	0	7	0	0	2	0	41	3.2%	
07-08	6	0	3	0	10	1	6	0	4	2	0	0	0	3	10	0	0	0	1	46	3.6%	
08-09	2	1	6	1	5	1	2	1	0	1	0	0	0	1	14	0	0	0	0	35	2.7%	
09-10	5	0	5	0	12	0	1	1	0	2	0	1	0	0	13	1	0	0	0	41	3.2%	
10-11	5	1	8	1	14	0	0	2	4	2	0	0	0	2	32	1	0	2	1	75	5.8%	
11-12	8	1	9	0	14	1	2	5	3	2	0	0	0	2	46	1	0	0	0	94	7.3%	
12-13	14	0	11	0	15	0	1	3	7	1	0	0	0	3	18	0	0	1	0	74	5.7%	
13-14	14	0	11	0	15	0	1	5	7	1	0	0	0	0	18	0	0	1	0	73	5.7%	
14-15	14	1	5	0	19	0	2	3	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	52	4.0%	
15-16	10	1	10	0	14	0	0	5	2	1	0	0	0	0	19	1	0	1	0	64	5.0%	
16-17	27	2	13	0	21	0	2	5	9	1	0	1	0	2	18	1	0	1	0	103	8.0%	
17-18	12	3	19	1	18	0	1	5	5	3	0	1	0	0	29	0	0	0	0	97	7.5%	
18-19	13	0	12	1	16	0	2	3	9	1	0	0	0	2	13	0	0	0	0	72	5.6%	
19-20	8	0	5	0	17	0	1	4	5	0	3	0	0	0	19	0	0	1	0	63	4.9%	
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	4.6%	
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	4.2%	
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.8%	
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.3%	
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.5%	
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.3%	
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.2%	
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	2.9%	
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	4.4%	
TOTAL	190	11	138	4	284	3	39	89	86	31	19	10	5	18	341	11	0	9	4	1292	100.0%	
%	14.7%	0.9%	10.7%	0.3%	22.0%	0.2%	3.0%	6.9%	6.7%	2.4%	1.5%	0.8%	0.4%	1.4%	26.4%	0.9%	0.0%	0.7%	0.3%	100.0%		

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)												ESTACION				E			
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S									CODIGO DE LA ESTACION				1	
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa												DIA Y FECHA				Martes, 20 Agosto de 2019			
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																					%	
05-06	5	0	4	0	3	0	4	4	4	1	0	0	1	0	8	0	0	1	0	35	2.7%	
06-07	4	0	6	0	5	0	5	4	2	2	1	0	0	2	11	1	0	1	0	44	3.3%	
07-08	9	1	5	0	8	0	3	2	4	2	0	0	0	1	10	0	0	0	0	45	3.4%	
08-09	4	0	5	0	11	0	1	2	3	1	0	0	0	2	16	0	0	0	0	45	3.4%	
09-10	7	0	7	0	9	1	2	1	0	1	1	0	1	0	18	0	0	0	0	48	3.6%	
10-11	10	0	5	0	7	0	1	3	3	0	0	0	0	1	22	0	0	0	1	53	4.0%	
11-12	7	2	9	0	10	0	3	2	4	1	0	0	0	2	26	0	0	0	0	66	5.0%	
12-13	9	1	12	0	15	0	0	1	3	2	0	0	1	0	20	1	0	0	0	65	4.9%	
13-14	14	1	15	0	13	0	1	3	5	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	75	5.7%	
14-15	12	0	13	1	19	0	1	3	4	0	1	0	0	1	18	0	0	0	0	73	5.5%	
15-16	14	0	16	0	17	0	3	1	3	2	0	0	0	0	20	0	0	1	0	77	5.8%	
16-17	21	1	19	1	23	0	1	3	6	1	0	0	0	2	23	1	0	0	0	102	7.7%	
17-18	19	1	15	0	21	0	2	4	3	1	1	0	0	0	20	0	0	1	0	88	6.7%	
18-19	16	0	17	0	19	0	3	6	10	0	0	0	0	1	18	0	0	0	0	90	6.8%	
19-20	20	1	10	1	16	0	4	4	6	1	2	0	0	0	21	2	0	0	0	88	6.7%	
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	4.5%	
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	4.1%	
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.7%	
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.3%	
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.5%	
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.3%	
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.1%	
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	2.9%	
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	4.3%	
TOTAL	214	8	174	3	275	1	41	85	79	29	19	6	6	14	348	11	0	4	3	1320	100.0%	
%	16.2%	0.6%	13.2%	0.2%	20.8%	0.1%	3.1%	6.4%	6.0%	2.2%	1.4%	0.5%	0.5%	1.1%	26.4%	0.8%	0.0%	0.3%	0.2%	100.0%		

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)						ESTACION								E				
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S	CODIGO DE LA ESTACION								1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa						DIA Y FECHA								Miercoles, 14 Agosto de 2019				
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	8	0	4	0	9	0	6	6	5	1	2	2	0	1	18	0	0	1	0	63	4.2%
06-07	13	2	8	0	8	0	0	4	7	2	2	1	3	4	23	0	0	0	1	78	5.2%
07-08	8	1	9	0	12	0	1	0	1	1	0	0	0	1	30	0	0	0	1	65	4.3%
08-09	11	1	8	0	16	1	5	1	5	2	1	0	0	2	20	0	0	0	0	73	4.9%
09-10	6	2	12	0	13	0	4	1	3	1	1	0	1	0	29	0	0	0	0	73	4.9%
10-11	13	1	8	0	16	1	3	2	4	1	2	0	0	0	66	0	0	0	0	117	7.8%
11-12	10	3	14	0	18	0	6	2	4	1	1	0	0	0	17	0	0	0	0	76	5.0%
12-13	11	0	10	2	21	0	4	3	6	0	1	1	0	1	20	0	0	0	1	81	5.4%
13-14	12	1	15	0	17	0	1	5	7	0	2	0	0	2	19	0	0	0	0	81	5.4%
14-15	16	0	11	0	20	0	5	5	2	1	0	0	0	1	21	0	0	0	0	82	5.4%
15-16	18	0	16	0	24	0	7	3	3	1	1	1	3	0	19	0	0	0	0	96	6.4%
16-17	28	1	15	0	25	0	6	4	5	2	0	1	0	1	12	0	0	0	0	100	6.6%
17-18	15	0	7	0	17	0	3	4	7	3	0	1	0	1	16	0	0	0	0	74	4.9%
18-19	12	0	8	0	14	0	3	5	4	1	1	0	0	1	12	0	0	0	0	61	4.1%
19-20	11	0	5	0	17	0	1	5	2	0	2	0	0	0	16	0	0	0	0	59	3.9%
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	3.9%
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	3.6%
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.4%
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.0%
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.3%
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.1%
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.0%
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	2.5%
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	3.8%
TOTAL	235	12	166	2	326	2	62	92	84	31	29	13	10	17	412	6	0	1	5	1505	100.0%
%	15.6%	0.8%	11.0%	0.1%	21.7%	0.1%	4.1%	6.1%	5.6%	2.1%	1.9%	0.9%	0.7%	1.1%	27.4%	0.4%	0.0%	0.1%	0.3%	100.0%	

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceánica (desvío de Patahuasi)								ESTACION					E						
SENTIDO			Hacia Arequipa				E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION					1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA					Jueves, 22 Agosto de 2019						
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																					%	
05-06	7	0	1	0	2	0	3	2	4	0	1	0	0	0	8	1	0	0	0	29	2.3%	
06-07	3	0	6	0	7	0	4	2	4	0	0	0	1	2	10	0	0	1	0	40	3.2%	
07-08	8	1	5	0	8	0	2	1	6	1	0	0	0	1	15	0	0	1	0	49	4.0%	
08-09	4	0	9	1	6	0	3	5	2	0	0	2	0	0	19	0	0	0	1	52	4.2%	
09-10	6	1	7	0	9	1	1	1	2	1	0	0	0	1	23	0	0	0	0	53	4.3%	
10-11	10	0	12	0	13	0	3	2	3	2	0	0	1	1	29	1	0	0	0	77	6.2%	
11-12	14	0	11	1	9	0	1	3	3	1	1	0	0	1	31	0	0	1	0	77	6.2%	
12-13	12	0	9	0	13	1	1	2	1	3	0	1	1	0	22	0	0	0	0	66	5.3%	
13-14	14	0	15	1	10	0	2	2	3	2	0	0	0	0	18	0	0	0	0	67	5.4%	
14-15	12	0	11	0	9	0	3	1	6	1	0	0	0	0	9	1	0	0	0	53	4.3%	
15-16	16	0	19	0	14	0	1	3	2	2	0	0	0	0	16	0	0	0	0	73	5.9%	
16-17	24	2	21	0	17	0	1	5	4	0	1	0	0	1	13	1	0	0	0	90	7.3%	
17-18	19	0	15	0	13	0	2	3	3	2	0	0	1	0	12	0	0	0	0	70	5.7%	
18-19	9	2	11	0	8	0	1	4	6	3	1	0	0	1	11	0	0	0	0	57	4.6%	
19-20	10	0	7	0	13	0	2	4	3	2	2	0	0	0	13	0	0	1	0	57	4.6%	
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	4.8%	
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	4.4%	
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.9%	
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.4%	
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.6%	
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.4%	
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.2%	
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	3.1%	
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	4.6%	
TOTAL	211	6	175	3	230	2	37	82	71	34	19	9	7	10	323	10	0	4	3	1236	100.0%	
%	17.1%	0.5%	14.2%	0.2%	18.6%	0.2%	3.0%	6.6%	5.7%	2.8%	1.5%	0.7%	0.6%	0.8%	26.1%	0.8%	0.0%	0.3%	0.2%	100.0%		

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)					ESTACION								E						
SENTIDO			Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION								1			
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DIA Y FECHA								Viernes, 23 Agosto de 2019						
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL		
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																					%	
05-06	5	0	3	0	5	0	4	3	6	0	1	0	1	1	9	0	0	1	0	39	2.8%	
06-07	7	0	5	1	5	0	2	3	5	1	1	0	0	2	12	1	0	1	0	46	3.3%	
07-08	10	1	6	2	7	1	1	1	3	2	0	0	0	1	14	1	0	0	0	50	3.6%	
08-09	9	1	13	0	12	0	5	4	2	2	0	0	1	2	17	0	0	0	0	68	4.9%	
09-10	8	0	11	0	14	0	3	2	1	3	1	0	2	1	20	0	0	0	1	67	4.9%	
10-11	8	0	14	0	7	1	2	0	5	4	0	0	0	2	10	0	0	0	0	53	3.8%	
11-12	5	1	9	1	10	0	1	5	2	1	0	1	0	1	18	0	0	0	1	56	4.1%	
12-13	6	3	7	3	12	0	1	3	3	1	0	0	1	1	12	0	0	0	0	53	3.8%	
13-14	16	2	16	6	12	0	0	4	4	1	0	0	0	1	28	0	0	0	0	90	6.5%	
14-15	21	1	17	1	15	0	1	5	7	1	1	0	0	0	21	0	0	0	0	91	6.6%	
15-16	21	1	26	0	20	2	1	0	3	2	2	0	0	0	25	0	0	0	0	103	7.5%	
16-17	26	5	16	1	24	1	2	3	5	1	2	0	0	1	15	0	0	0	0	102	7.4%	
17-18	20	2	14	2	19	0	3	3	9	3	2	0	0	1	17	0	2	0	0	97	7.0%	
18-19	14	0	9	1	14	0	1	4	9	1	0	1	0	1	16	0	0	0	0	71	5.1%	
19-20	10	0	8	0	16	0	1	4	4	1	3	0	0	1	19	0	0	1	1	69	5.0%	
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	4.3%	
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	3.9%	
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.6%	
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.2%	
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.4%	
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.2%	
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.1%	
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	2.8%	
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	4.1%	
TOTAL	229	17	190	18	271	5	35	86	87	38	26	8	8	18	327	8	2	3	5	1381	100.0%	
%	16.6%	1.2%	13.8%	1.3%	19.6%	0.4%	2.5%	6.2%	6.3%	2.8%	1.9%	0.6%	0.6%	1.3%	23.7%	0.6%	0.1%	0.2%	0.4%	100.0%		

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvío de Patahuasi)					ESTACION								E					
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S	CODIGO DE LA ESTACION								1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DÍA Y FECHA								Sábado, 24 Agosto de 2019					
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	3	1	3	0	6	0	0	3	4	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	29	1.9%
06-07	4	0	3	0	8	0	1	3	3	0	1	0	0	3	10	0	0	0	0	36	2.4%
07-08	7	2	5	0	12	0	0	3	2	1	0	0	0	5	14	0	0	0	0	51	3.3%
08-09	15	0	6	2	13	0	1	1	5	2	1	0	2	2	32	0	0	0	0	82	5.4%
09-10	12	0	5	2	14	0	3	0	3	0	0	0	0	3	21	0	0	0	0	63	4.1%
10-11	8	0	15	0	21	0	3	1	2	1	1	0	0	0	76	0	0	0	0	128	8.4%
11-12	17	2	10	0	16	0	2	4	3	1	1	0	1	1	20	0	0	0	0	78	5.1%
12-13	20	2	10	0	20	0	2	1	7	0	0	0	0	1	15	1	0	0	0	79	5.2%
13-14	18	2	8	3	14	0	2	5	4	0	0	0	0	3	17	0	0	0	0	76	5.0%
14-15	13	6	11	0	35	0	1	5	9	0	0	0	0	2	12	0	0	1	0	95	6.2%
15-16	20	1	10	0	19	0	1	4	5	1	1	0	1	0	18	0	0	1	1	83	5.4%
16-17	25	6	19	1	30	0	1	2	4	3	2	1	0	0	17	0	0	1	0	112	7.3%
17-18	21	0	18	1	23	0	0	4	8	1	2	0	0	0	24	0	0	0	0	102	6.7%
18-19	19	0	27	1	21	0	2	7	3	2	0	0	0	1	19	1	0	0	0	103	6.7%
19-20	14	0	21	0	19	0	1	9	4	3	0	0	0	0	15	0	0	0	0	86	5.6%
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	3.9%
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	3.5%
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.4%
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.0%
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.3%
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.1%
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.0%
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	2.5%
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	3.7%
TOTAL	259	22	187	10	350	0	27	94	85	29	22	7	7	24	392	8	0	3	3	1529	100.0%
%	16.9%	1.4%	12.2%	0.7%	22.9%	0.0%	1.8%	6.1%	5.6%	1.9%	1.4%	0.5%	0.5%	1.6%	25.6%	0.5%	0.0%	0.2%	0.2%	100.0%	

**FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)							ESTACION					E						
SENTIDO			Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION					1					
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa							DIA Y FECHA					Domingo, 25 Agosto de 2019						
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	5	0	2	0	7	0	1	2	2	1	0	1	0	0	5	0	0	0	0	26	2.0%
06-07	7	1	3	0	9	0	2	4	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	1	39	2.9%
07-08	10	0	5	0	13	0	2	2	5	0	1	0	1	1	12	0	0	0	0	52	3.9%
08-09	13	2	9	0	11	0	1	2	7	0	0	1	0	0	18	0	0	1	0	65	4.9%
09-10	11	1	14	0	17	0	2	2	2	1	0	0	0	1	21	0	0	0	0	72	5.4%
10-11	9	0	12	1	21	0	1	2	3	0	0	0	0	2	20	0	0	0	0	71	5.3%
11-12	14	0	10	0	18	2	0	3	2	1	0	0	1	0	22	0	1	0	0	74	5.6%
12-13	19	1	12	0	17	0	2	3	2	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	81	6.1%
13-14	21	0	11	1	20	0	1	3	4	0	1	0	0	0	19	1	0	0	0	82	6.2%
14-15	11	0	13	0	22	0	1	2	2	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	62	4.7%
15-16	17	2	8	0	17	0	2	2	4	0	1	0	0	0	13	0	0	0	1	67	5.0%
16-17	21	0	13	2	13	0	3	2	4	0	0	0	0	1	18	0	0	0	0	77	5.8%
17-18	14	0	13	0	19	0	2	5	6	2	0	0	0	2	16	0	0	0	0	79	5.9%
18-19	21	0	16	0	24	0	3	5	4	3	0	0	0	0	14	0	0	0	0	90	6.8%
19-20	17	1	11	0	18	0	2	4	3	1	1	0	0	0	12	0	0	0	0	70	5.3%
20-21	9	0	3	0	19	0	1	8	3	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	59	4.4%
21-22	7	0	4	0	17	0	2	8	1	3	1	0	2	0	9	0	0	0	0	54	4.1%
22-23	5	0	2	0	11	0	2	3	0	2	3	2	0	0	6	0	0	0	0	36	2.7%
23-00	6	0	2	0	7	0	0	4	1	2	2	0	0	0	4	1	0	0	1	30	2.3%
00-01	4	0	0	0	4	0	0	2	1	0	1	1	0	0	5	2	0	0	0	20	1.5%
01-02	3	0	1	0	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	4	1	0	0	0	17	1.3%
02-03	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0	1	1	7	0	0	0	0	15	1.1%
03-04	3	0	1	0	7	0	0	6	4	3	3	0	0	1	10	0	0	0	0	38	2.9%
04-05	5	0	3	0	9	0	2	6	7	3	1	3	0	0	15	2	0	0	1	57	4.3%
TOTAL	253	8	168	4	325	2	32	85	72	23	17	8	5	9	309	7	1	1	4	1333	100.0%
%	19.0%	0.6%	12.6%	0.3%	24.4%	0.2%	2.4%	6.4%	5.4%	1.7%	1.3%	0.6%	0.4%	0.7%	23.2%	0.5%	0.1%	0.1%	0.3%	100.0%	

**FORMATO RESUMEN DE VARIACIÓN HORARIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO HACIA AREQUIPA**



TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)							ESTACION							E			
SENTIDO			Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca			S		CODIGO DE LA ESTACION							1	
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa							MES							Agosto			
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																				
00-01	28	0	0	0	28	0	0	14	7	0	7	7	0	0	35	14	0	0	0	140
01-02	21	0	7	0	21	0	0	28	0	7	0	0	0	0	28	7	0	0	0	119
02-03	7	0	0	0	14	0	0	7	14	0	0	0	7	7	49	0	0	0	0	105
03-04	21	0	7	0	49	0	0	42	28	21	21	0	0	7	70	0	0	0	0	266
04-05	35	0	21	0	63	0	14	42	49	21	7	21	0	0	105	14	0	0	7	399
05-06	36	1	19	0	38	0	23	23	31	3	5	4	4	4	62	1	0	3	0	257
06-07	44	4	34	1	51	0	20	22	27	5	7	1	4	13	82	2	0	5	2	324
07-08	58	6	38	2	70	2	15	9	25	9	1	0	1	13	105	1	0	1	2	358
08-09	58	5	56	4	74	2	18	16	24	8	2	3	3	9	136	0	0	1	1	420
09-10	55	4	61	2	88	2	16	8	11	9	3	1	4	6	145	1	0	0	1	417
10-11	63	2	74	2	99	2	13	12	24	10	3	0	1	8	255	2	0	2	2	574
11-12	75	9	72	2	95	3	15	24	21	8	3	1	2	7	180	1	1	1	1	521
12-13	91	7	71	5	113	1	11	16	29	7	1	2	3	6	132	2	0	1	1	499
13-14	109	6	91	11	101	0	8	27	34	4	3	0	0	6	142	1	0	1	0	544
14-15	99	8	81	2	139	0	14	24	33	3	2	0	0	4	97	1	0	1	0	508
15-16	116	5	105	0	125	2	15	18	22	9	5	1	4	0	130	1	0	3	2	563
16-17	172	17	116	5	153	1	16	24	37	8	5	3	0	8	116	3	0	2	0	686
17-18	120	6	101	4	130	0	13	28	41	15	5	2	1	4	134	0	2	1	0	607
18-19	104	2	100	3	116	0	15	34	45	11	2	1	0	7	103	1	0	0	0	544
19-20	90	2	67	1	116	0	12	34	27	8	13	0	0	1	115	2	0	3	1	492
20-21	63	0	21	0	133	0	7	56	21	0	14	0	0	0	98	0	0	0	0	413
21-22	49	0	28	0	119	0	14	56	7	21	7	0	14	0	63	0	0	0	0	378
22-23	35	0	14	0	77	0	14	21	0	14	21	14	0	0	42	0	0	0	0	252
23-00	42	0	14	0	49	0	0	28	7	14	14	0	0	0	28	7	0	0	7	210
TOTAL	1591	84	1198	44	2061	15	273	613	564	215	151	61	48	110	2452	61	3	25	27	9596

FORMATO RESUMEN DE VARIACIÓN DIARIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO HACIA AREQUIPA

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)														ESTACION		E	
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S									CODIGO DE LA ESTACION		1	
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa														MES		Agosto	
DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																				
Lunes	190	11	138	4	284	3	39	89	86	31	19	10	5	18	341	11	0	9	4	1292
Martes	214	8	174	3	275	1	41	85	79	29	19	6	6	14	348	11	0	4	3	1320
Miercoles	235	12	166	2	326	2	62	92	84	31	29	13	10	17	412	6	0	1	5	1505
Jueves	211	6	175	3	230	2	37	82	71	34	19	9	7	10	323	10	0	4	3	1236
Viernes	229	17	190	18	271	5	35	86	87	38	26	8	8	18	327	8	2	3	5	1381
Sábado	259	22	187	10	350	0	27	94	85	29	22	7	7	24	392	8	0	3	3	1529
Domingo	253	8	168	4	325	2	32	85	72	23	17	8	5	9	309	7	1	1	4	1333
TOTAL	1591	84	1198	44	2061	15	273	613	564	215	151	61	48	110	2452	61	3	25	27	9596

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)					ESTACION				E							
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1				
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DIA Y FECHA				Lunes, 26 de agosto de 2019							
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
5:00 - 6:00	S	7	1	3	1	3		3	1	4	1	1		1		9	1			
6:00 - 7:00	S	8	2	6	2	6		3	1	5					2	13				
7:00 - 8:00	S	10		11	4	6		2	1	3				4		11				
8:00 - 9:00	S	20	2	15	3	13		4	2	2				1		23				
9:00 - 10:00	S	7	1	3	3	10		1	1	2	2			1		14				
10:00 - 11:00	S	13	2	12		12			2	1					2	13				
11:00 - 12:00	S	10	4	13		9		1	4	2	3					41				
12:00 - 13:00	S	9		13	1	20		1		3	5			1		32				
13:00 - 14:00	S	11		11		12		1	1	8	1			1		11				
14:00 - 15:00	S	10	2	11	1	14		2	2	2	1				2	18				
15:00 - 16:00	S	16	1	10	2	13		7	4	1	2				4	31				
16:00 - 17:00	S	15	1	14		14		1	4	3	7				1	48			1	
17:00 - 18:00	S	16	1	8		16		2	2	6	1				3	25				
18:00 - 19:00	S	10		5		10			6	4		2	1	1		15				2
19:00 - 20:00	S	12		5		13			3	4	4	3	1		1	29			1	2

FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)					ESTACION								E						
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION								1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DIA Y FECHA								Martes, 20 de agosto de 2019						
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER						
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																							
5:00 - 6:00	S	8	1	2	1	6	1	4	1	2	2	1			1	10							
6:00 - 7:00	S	9	1	5	2	10		5	2	5	1		1			14			1	1			
7:00 - 8:00	S	21	1	10	1	8		2	1	1	2			3	1	17							
8:00 - 9:00	S	24	3	14	2	14		2	3	1			1			14							
9:00 - 10:00	S	9	1	6	1	8		3	1	3	2	1	1		1	17							
10:00 - 11:00	S	13	1	15	1	9		2	1	2	1			2	2	18							
11:00 - 12:00	S	11		11	3	11		1	4	1	3					28							
12:00 - 13:00	S	10	2	8	1	19		1	2	4	4					25				1			
13:00 - 14:00	S	7	1	9	2	15	1	2	1	10	1	1	1			13							
14:00 - 15:00	S	8	2	10	2	12		3	4	6	1			1	1	14							
15:00 - 16:00	S	10	1	8		10		8	3	3	1	1				27							
16:00 - 17:00	S	17		8	2	9		3	4	5	3				1	37			1				
17:00 - 18:00	S	14	1	8	1	14		1	2	7	3	2	1		2	23							
18:00 - 19:00	S	11		6	1	13		2	3	3	1	2			1	17	1						
19:00 - 20:00	S	9	2	4		10			2	5	3	5	2	1	2	18				2			

**FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceanica Sur (desvio de Patahuasi)								ESTACION				E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca				S		CODIGO DE LA ESTACION				1			
UBICACION				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA				Miercoles, 14 de agosto de 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
5:00 - 6:00	S	14	2	6	1	5		3	2	2	3	3			2	26	1				
6:00 - 7:00	S	15	4	8	4	8		6	3	8	3	1				32	2		3		
7:00 - 8:00	S	24	2	16	1	10		1	4	1		1			2	37					
8:00 - 9:00	S	15	4	12	1	11		3	3	3	1				2	34					
9:00 - 10:00	S	8	2	5	4	5		4	2	3	1					30					
10:00 - 11:00	S	10	2	11	1	14		3	2	2	1	1			2	43					
11:00 - 12:00	S	14	2	15	1	15		2	4	3	3					34				1	
12:00 - 13:00	S	9	1	13		16		1	1	4	2				2	22					
13:00 - 14:00	S	10		11	4	24		2	1	7					4	21					
14:00 - 15:00	S	10		9	3	6		6	5	5	1				2	41					
15:00 - 16:00	S	7		9		9		7	2	2	3		1		1	22					
16:00 - 17:00	S	15		7	1	10		2	2	7	4	1			1	24			1		
17:00 - 18:00	S	10		8		13		1	1	4	2		2		2	15	1				
18:00 - 19:00	S	9		5	1	12		1	1	2	1	3	1	1	2	10				1	
19:00 - 20:00	S	10		5		12		1	3	3	3	4				19	1		1	2	

**FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)							ESTACION							E							
SENTIDO				Hacia Arequipa			E		Hacia Juliaca				S		CODIGO DE LA ESTACION							1			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa							DIA Y FECHA							Jueves, 22 de agosto de 2019							
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER								
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3					
DIAGRA. VEH.																									
5:00 - 6:00	S	11	1	3		2		4			2	4	2				12								
6:00 - 7:00	S	9	1	7	2	15		5		3	2	1				2	13			1					
7:00 - 8:00	S	20	2	9	1	9	1	2		2	1				2		17								
8:00 - 9:00	S	23	4	16	1	19		4		1		1				1	27								
9:00 - 10:00	S	12	1	13	2	6		3		3	1	1				1	19			1					
10:00 - 11:00	S	14	1	17	1	20		3		1	2				1	3	32								
11:00 - 12:00	S	12	2	9		10		1		2	2						22								
12:00 - 13:00	S	10	1	15	2	18		1		4	1					1	28								
13:00 - 14:00	S	12	1	9		20	1			5	1	1				2	24								
14:00 - 15:00	S	13	1	7	1	9		4		3	1	1		1		1	22			1					
15:00 - 16:00	S	14	1	15	2	9	1	6		3	2						29								
16:00 - 17:00	S	14		16	2	15		1		5	5			1			33			1					
17:00 - 18:00	S	12	1	10	1	15		1		6	2	2				1	20		1	2					
18:00 - 19:00	S	11		4	1	9		1		3	1	1				1	14			1					
19:00 - 20:00	S	14	2	7	1	10				3	3	4				1	16			2					

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceanica Sur (desvio de Patahuasi)								ESTACION				E					
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1					
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA				Viernes, 23 de agosto de 2019					
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
5:00 - 6:00	S	9		3		3		3	1	4	2	1		1		13			1		
6:00 - 7:00	S	12	1	4	3	7		4	2	7		3				10			2		
7:00 - 8:00	S	15	2	3	1	7		3	2	2	1	1		2		16				1	
8:00 - 9:00	S	18	3	19	2	13		4	1						1	19					
9:00 - 10:00	S	11	2	14	1	10		4	2	4	1				1	15					
10:00 - 11:00	S	16	1	19	2	21		5	3	2	4			3	5	31					
11:00 - 12:00	S	12	2	7	1	10		2	3	2	1				2	10					
12:00 - 13:00	S	9		10	3	14		1	3	5	1		1	1	1	34					
13:00 - 14:00	S	5		9	4	12			3	6						9					
14:00 - 15:00	S	9		9	7	8		2	3	4	2				1	22					
15:00 - 16:00	S	6	1	7	3	11		9	3	6	2				1	31					
16:00 - 17:00	S	17	1	16	6	10		1	5	15	4			1	1	30					
17:00 - 18:00	S	10	2	12	1	11		2	2	14	4	1			2	23				1	
18:00 - 19:00	S	9		7	2	10		2	2	7	2	2			1	15				1	
19:00 - 20:00	S	12		5	1	13			2	7	2	2				20	1			1	

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)										ESTACION				E				
SENTIDO				Hacia Arequipa					E					Hacia Juliaca					S			
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa										CODIGO DE LA ESTACION				1				
				DIA Y FECHA										Sábado, 24 de agosto de 2019								
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER					
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
5:00 - 6:00	S	6	1	2	2	6		3	4	2	3	2		1		14						
6:00 - 7:00	S	10	1	5	1	8	1	6	3	4		1			1	11				1		
7:00 - 8:00	S	12		12	2	10		2	3	2	1					14						
8:00 - 9:00	S	15	3	8		8		1	5	2			1			20				1		
9:00 - 10:00	S	16	1	9	1	6		4	1	4	1			1		20				1		
10:00 - 11:00	S	10	1	6		7	1		3	2	1					22						
11:00 - 12:00	S	13	1	9	1	6		2	2							42						
12:00 - 13:00	S	13		15	2	28		1	6	5				1	6	14						
13:00 - 14:00	S	22	5	10		16		2	2	4	3		1		2	7						
14:00 - 15:00	S	10	1	8		17		2	3	3					1	31						
15:00 - 16:00	S	20	2	14		25		5	1	9	1				2	37						
16:00 - 17:00	S	25	3	15	1	25			4	6	4			1		37						
17:00 - 18:00	S	14	1	10		16	1		4	6	1				1	19						
18:00 - 19:00	S	14		4		15		2	4	3	2	2	1			18			1			
19:00 - 20:00	S	14	1	5	1	16			5	3	2	5		1		15				1		
									3				1		1							

FORMATO DE CONTEO CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)				ESTACION				E								
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1				
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA				Domingo, 25 de agosto de 2019				
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
5:00 - 6:00	S	11	1	7	1	4		5	3	2	1					9				
6:00 - 7:00	S	12	1	4	2	10		7	3	3	1	1				9				1
7:00 - 8:00	S	13	1	14	1	9	1	3	7	1						18				
8:00 - 9:00	S	24	2	13	2	12		2	1	2	1					15			1	
9:00 - 10:00	S	13	1	8	3	11		3	2	3		1		1		14				
10:00 - 11:00	S	15	2	7		5		1	3	1	1					24				
11:00 - 12:00	S	14		5	1	7	1	2	2	2	1	1			1	34				
12:00 - 13:00	S	17	3	14		30		2	4	3					3	20				
13:00 - 14:00	S	28		17	1	12			1	1	3					12				
14:00 - 15:00	S	14	1	10		14		1	2	2			1			30				
15:00 - 16:00	S	25	1	16		28		3	3	9	1				1	33				
16:00 - 17:00	S	27	2	14	1	27	1	2	5	6	3				2	20				
17:00 - 18:00	S	17	3	13		12		3	2	4	2	1	1		2	12				
18:00 - 19:00	S	20	2	10	1	17		1	3	4	1	2	1	2		14				
19:00 - 20:00	S	23	1	9		19		2	5	2	3	1		2	1	10				

ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA				Tramo 5 de la Carretera Interoceánica Sur (desvío de Patahuasi)								ESTACION				E				
SENTIDO				Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1				
UBICACIÓN				San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								TURNO				Noche/ 28 de agosto del 2019				
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																				
20:00 - 21:00	S	10		4	1	11		2	4	1	2	2			1	21	1			
21:00 - 22:00	S	8	1	3		9		1	2	2	3	3				18				1
22:00 - 23:00	S	9		2		8		1	5	3	4	5		2		11		1	1	
23:00 - 0:00	S	5		2		5			4	1	2	6			1	11				
0:00 - 1:00	S	6	1	1		6		1	2	3	2	2				8				
1:00 - 2:00	S	4		1		4		2	3	3	5	7				6				
2:00 - 3:00	S	5		2	1	3		1	2	3	2	3	1	1	1	8			2	1
3:00 - 4:00	S	9	1	3		7		3	1	2	2	3	1			14	1			
4:00 - 5:00	S	12		5		6		3	2	1	2	4		2	1	21		1		1

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)					ESTACION								E					
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S	CODIGO DE LA ESTACION								1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa					DIA Y FECHA								Lunes, 26 Agosto de 2019					
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	7	1	3	1	3	0	3	1	4	1	1	0	1	0	9	1	0	0	0	36	2.5%
06-07	8	2	6	2	6	0	3	1	5	0	0	0	0	2	13	0	0	0	0	48	3.3%
07-08	10	0	11	4	6	0	2	1	3	0	0	0	4	0	11	0	0	0	0	52	3.6%
08-09	20	2	15	3	13	0	4	4	2	0	0	0	1	1	23	0	0	0	0	88	6.1%
09-10	7	1	3	3	10	0	1	1	2	2	0	0	1	2	14	0	0	0	0	47	3.2%
10-11	13	2	12	0	12	0	0	3	1	0	0	0	0	2	13	0	0	0	0	58	4.0%
11-12	10	4	13	0	9	0	1	5	2	3	0	0	0	0	41	0	0	0	0	88	6.1%
12-13	11	0	11	0	12	0	1	1	8	1	0	0	1	2	11	0	0	0	0	59	4.1%
13-14	11	0	11	0	12	0	1	2	8	1	0	0	1	3	11	0	0	0	0	61	4.2%
14-15	10	2	11	1	14	0	2	3	2	1	0	0	0	2	18	0	0	0	0	66	4.5%
15-16	16	1	10	2	13	0	7	4	1	2	0	0	0	4	31	0	0	0	0	91	6.3%
16-17	15	1	14	0	14	0	1	4	3	7	0	0	0	1	48	0	0	1	0	109	7.5%
17-18	16	1	8	0	16	0	2	2	6	1	0	0	0	3	25	0	0	0	0	80	5.5%
18-19	10	0	5	0	10	0	0	6	4	0	2	1	1	2	15	0	0	0	2	58	4.0%
19-20	12	0	5	0	13	0	0	3	4	4	3	1	0	1	29	0	0	1	2	78	5.4%
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	4.2%
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.8%
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.7%
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.9%
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.5%
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.5%
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.5%
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.3%
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	4.3%
TOTAL	244	20	161	18	222	0	42	78	74	47	41	8	15	35	430	3	2	5	7	1452	100.0%
%	16.8%	1.4%	11.1%	1.2%	15.3%	0.0%	2.9%	5.4%	5.1%	3.2%	2.8%	0.6%	1.0%	2.4%	29.6%	0.2%	0.1%	0.3%	0.5%	100.0%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceánica (desvío de Patahuasi)															ESTACION		E	
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S										CODIGO DE LA ESTACION		1	
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa															DÍA Y FECHA		Martes, Agosto de 2019	
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	8	1	2	1	6	1	4	2	2	2	1	0	0	1	10	0	0	0	0	41	2.8%
06-07	9	1	5	2	10	0	5	2	5	1	0	1	0	0	14	0	0	1	1	57	3.9%
07-08	21	1	10	1	8	0	2	2	1	2	0	0	3	1	17	0	0	0	0	69	4.7%
08-09	24	3	14	2	14	0	2	4	1	0	0	1	0	0	14	0	0	0	0	79	5.4%
09-10	9	1	6	1	8	0	3	1	3	2	1	1	0	1	17	0	0	0	0	54	3.7%
10-11	13	1	15	1	9	0	2	2	2	1	0	0	2	3	18	0	0	0	0	69	4.7%
11-12	11	0	11	3	11	0	1	5	1	3	0	1	0	2	28	0	0	0	0	77	5.3%
12-13	10	2	8	1	19	0	1	2	4	4	0	0	0	0	25	0	0	0	1	77	5.3%
13-14	7	1	9	2	15	1	2	1	10	1	1	1	0	0	13	0	0	0	0	64	4.4%
14-15	8	2	10	2	12	0	3	5	6	1	0	0	1	1	14	0	0	0	0	65	4.5%
15-16	10	1	8	0	10	0	8	3	3	1	1	0	0	3	27	0	0	0	0	75	5.1%
16-17	17	0	8	2	9	0	3	4	5	3	0	0	0	3	37	0	0	1	0	92	6.3%
17-18	14	1	8	1	14	0	1	2	7	3	2	1	0	2	23	0	0	0	0	79	5.4%
18-19	11	0	6	1	13	0	2	4	3	1	2	0	0	2	17	1	0	0	0	63	4.3%
19-20	9	2	4	0	10	0	0	3	5	3	5	2	1	2	18	0	0	0	2	66	4.5%
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	4.2%
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.8%
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.7%
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.9%
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.5%
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.5%
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.5%
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.3%
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	4.3%
TOTAL	249	20	147	22	227	2	53	79	77	52	48	14	12	31	410	3	2	5	7	1460	100.0%
%	17.1%	1.4%	10.1%	1.5%	15.5%	0.1%	3.6%	5.4%	5.3%	3.6%	3.3%	1.0%	0.8%	2.1%	28.1%	0.2%	0.1%	0.3%	0.5%	100.0%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvío de Patahuasi)															ESTACION		E	
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S										CODIGO DE LA ESTACION		1	
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa															DÍA Y FECHA		Miércoles, 14 Agosto de 2019	
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	14	2	6	1	5	0	3	2	2	3	3	0	0	2	26	1	0	0	0	70	4.4%
06-07	15	4	8	4	8	0	6	3	8	3	1	0	0	0	32	2	0	3	0	97	6.1%
07-08	24	2	16	1	10	0	1	4	1	0	1	0	0	4	37	0	0	0	0	101	6.3%
08-09	15	4	12	1	11	0	3	3	3	1	0	0	0	2	34	0	0	0	0	89	5.6%
09-10	8	2	5	4	5	0	4	2	3	1	0	0	0	0	30	0	0	0	0	64	4.0%
10-11	10	2	11	1	14	0	3	2	2	1	1	0	0	2	43	0	0	0	0	92	5.8%
11-12	14	2	15	1	15	0	2	5	3	3	0	0	0	0	34	0	0	0	1	95	5.9%
12-13	9	1	13	0	16	0	1	1	4	2	0	0	0	2	22	0	0	0	0	71	4.4%
13-14	10	0	11	4	24	0	2	1	7	0	0	0	0	4	21	0	0	0	0	84	5.3%
14-15	10	0	9	3	6	0	6	6	5	1	0	0	0	2	41	0	0	0	0	89	5.6%
15-16	7	0	9	0	9	0	7	2	2	3	0	1	0	1	22	0	0	0	0	63	3.9%
16-17	15	0	7	1	10	0	2	2	7	4	1	0	0	1	24	0	0	1	0	75	4.7%
17-18	10	0	8	0	13	0	1	1	4	2	0	2	0	2	15	1	0	0	0	59	3.7%
18-19	9	0	5	1	12	0	1	2	2	1	3	1	1	2	10	0	0	0	1	51	3.2%
19-20	10	0	5	0	12	0	1	3	3	3	4	0	0	0	19	1	0	1	2	64	4.0%
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	3.8%
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.4%
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.4%
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.6%
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.3%
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.3%
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.3%
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.0%
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	3.9%
TOTAL	248	22	163	24	229	0	57	76	75	52	49	10	6	34	528	7	2	8	7	1597	100.0%
%	15.5%	1.4%	10.2%	1.5%	14.3%	0.0%	3.6%	4.8%	4.7%	3.3%	3.1%	0.6%	0.4%	2.1%	33.1%	0.4%	0.1%	0.5%	0.4%	100.0%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceánica (desvío de Patahuasi)														ESTACION				E		
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca	S											CODIGO DE LA ESTACION				1	
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa														DIA Y FECHA				Jueves, 22 Agosto de 2019		
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL			
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
DIAGRA. VEH.																					%		
05-06	11	1	3	0	2	0	4	1	2	4	2	1	0	0	12	0	0	0	0	43	2.8%		
06-07	9	1	7	2	15	0	5	2	3	2	1	0	0	2	13	0	0	1	0	63	4.0%		
07-08	20	2	9	1	9	1	2	3	2	1	0	0	2	0	17	0	0	0	0	69	4.4%		
08-09	23	4	16	1	19	0	4	3	1	0	1	0	0	2	27	0	0	0	0	101	6.5%		
09-10	12	1	13	2	6	0	3	2	3	1	1	1	0	0	19	0	0	0	1	65	4.2%		
10-11	14	1	17	1	20	0	3	2	1	2	0	0	1	3	32	0	0	0	0	97	6.2%		
11-12	12	2	9	0	10	0	1	5	2	2	0	2	0	0	22	0	0	0	0	67	4.3%		
12-13	10	1	15	2	18	0	1	3	4	1	0	0	0	1	28	0	0	0	0	84	5.4%		
13-14	12	1	9	0	20	1	0	2	5	1	1	1	0	2	24	0	0	0	0	79	5.1%		
14-15	13	1	7	1	9	0	4	3	3	1	1	0	1	1	22	0	0	0	1	68	4.4%		
15-16	14	1	15	2	9	1	6	3	3	2	0	1	0	0	29	0	0	0	0	86	5.5%		
16-17	14	0	16	2	15	0	1	3	5	5	0	2	1	3	33	0	0	1	0	101	6.5%		
17-18	12	1	10	1	15	0	1	5	6	2	2	0	0	1	20	0	1	0	2	79	5.1%		
18-19	11	0	4	1	9	0	1	5	3	1	1	1	0	1	14	0	0	0	1	53	3.4%		
19-20	14	2	7	1	10	0	0	4	3	3	4	1	0	2	16	0	0	2	1	70	4.5%		
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	3.9%		
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.5%		
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.5%		
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.7%		
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.3%		
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.4%		
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.4%		
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.1%		
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	4.0%		
TOTAL	269	22	180	19	245	3	50	83	65	52	49	16	10	28	446	2	3	7	9	1558	100.0%		
%	17.3%	1.4%	11.6%	1.2%	15.7%	0.2%	3.2%	5.3%	4.2%	3.3%	3.1%	1.0%	0.6%	1.8%	28.6%	0.1%	0.2%	0.4%	0.6%	100.0%			

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvío de Patahuasi)							ESTACION						E					
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION						1					
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa							DÍA Y FECHA						Viernes, 23 Agosto de 2019					
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																				%	
05-06	9	0	3	0	3	0	3	2	4	2	1	1	1	1	13	0	0	1	0	44	2.9%
06-07	12	1	4	3	7	0	4	3	7	0	3	1	0	1	10	0	0	2	0	58	3.8%
07-08	15	2	3	1	7	0	3	2	2	1	1	0	2	1	16	0	0	0	1	57	3.8%
08-09	18	3	19	2	13	0	4	2	0	0	0	1	0	2	19	0	0	0	0	83	5.5%
09-10	11	2	14	1	10	0	4	2	4	1	0	0	0	2	15	0	0	0	0	66	4.4%
10-11	16	1	19	2	21	0	5	3	2	4	0	2	3	6	31	0	0	0	0	115	7.6%
11-12	12	2	7	1	10	0	2	4	2	1	0	0	0	2	10	0	0	0	0	53	3.5%
12-13	9	0	10	3	14	0	1	4	5	1	0	2	1	1	34	0	0	0	0	85	5.6%
13-14	5	0	9	4	12	0	0	3	6	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	48	3.2%
14-15	9	0	9	7	8	0	2	3	4	2	0	0	0	1	22	0	0	0	0	67	4.4%
15-16	6	1	7	3	11	0	9	4	6	2	0	0	0	1	31	0	0	0	0	81	5.4%
16-17	17	1	16	6	10	0	1	5	15	4	0	0	1	1	30	0	0	0	0	107	7.1%
17-18	10	2	12	1	11	0	2	3	14	4	1	1	0	2	23	0	0	0	1	87	5.8%
18-19	9	0	7	2	10	0	2	3	7	2	2	0	0	2	15	0	0	0	1	62	4.1%
19-20	12	0	5	1	13	0	0	3	7	2	2	0	0	0	20	1	0	0	1	67	4.4%
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	4.0%
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.6%
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.6%
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.8%
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.4%
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.4%
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.4%
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.2%
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	4.2%
TOTAL	238	18	167	39	219	0	56	83	104	50	45	14	13	33	416	3	2	6	7	1513	100.0%
%	15.7%	1.2%	11.0%	2.6%	14.5%	0.0%	3.7%	5.5%	6.9%	3.3%	3.0%	0.9%	0.9%	2.2%	27.5%	0.2%	0.1%	0.4%	0.5%	100.0%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceánica (desvío de Patahuasi)								ESTACION						E				
SENTIDO			Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION						1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa								DIA Y FECHA						Sábado, 24 Agosto de 2019				
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					%
05-06	6	1	2	2	6	0	3	6	2	3	2	0	1	0	14	0	0	0	0	48	3.1%
06-07	10	1	5	1	8	1	6	4	4	0	1	1	0	1	11	0	0	0	1	55	3.6%
07-08	12	0	12	2	10	0	2	3	2	1	0	0	0	0	14	0	0	0	0	58	3.7%
08-09	15	3	8	0	8	0	1	6	2	0	0	1	0	0	20	0	0	0	1	65	4.2%
09-10	16	1	9	1	6	0	4	1	4	1	0	0	1	0	20	0	0	0	1	65	4.2%
10-11	10	1	6	0	7	1	0	3	2	1	0	0	0	0	22	0	0	0	0	53	3.4%
11-12	13	1	9	1	6	0	2	2	0	0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	76	4.9%
12-13	13	0	15	2	28	0	1	6	5	0	0	0	1	6	14	0	0	0	0	91	5.9%
13-14	22	5	10	0	16	0	2	2	4	3	0	1	0	2	7	0	0	0	0	74	4.8%
14-15	10	1	8	0	17	0	2	3	3	0	0	0	0	1	31	0	0	0	0	76	4.9%
15-16	20	2	14	0	25	0	5	3	9	1	0	0	0	2	37	0	0	0	0	118	7.6%
16-17	25	3	15	1	25	0	0	5	6	4	0	0	1	0	37	0	0	0	0	122	7.9%
17-18	14	1	10	0	16	1	0	4	6	1	0	0	0	1	19	0	0	0	0	73	4.7%
18-19	14	0	4	0	15	0	2	5	3	2	2	1	0	1	18	0	0	1	0	68	4.4%
19-20	14	1	5	1	16	0	0	8	3	2	5	1	1	1	15	0	0	0	1	74	4.8%
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	3.9%
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.6%
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.5%
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.7%
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.3%
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.4%
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.4%
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.1%
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	4.1%
TOTAL	282	24	155	13	268	3	44	98	74	43	45	11	10	25	439	2	2	4	7	1549	100.0%
%	18.2%	1.5%	10.0%	0.8%	17.3%	0.2%	2.8%	6.3%	4.8%	2.8%	2.9%	0.7%	0.6%	1.6%	28.3%	0.1%	0.1%	0.3%	0.5%	100.0%	

FORMATO RESUMEN DEL DIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)															ESTACION		E		
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S										CODIGO DE LA ESTACION		1		
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa															DIA Y FECHA		Domingo, 25 Agosto de 2019		
HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER					TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
DIAGRA. VEH.																					%	
05-06	11	1	7	1	4	0	5	4	2	1	0	0	0	0	9	0	0	0	0	45	2.8%	
06-07	12	1	4	2	10	0	7	5	3	1	1	0	0	0	9	0	0	0	1	56	3.5%	
07-08	13	1	14	1	9	1	3	8	1	0	0	1	0	0	18	0	0	0	0	70	4.4%	
08-09	24	2	13	2	12	0	2	2	2	1	0	0	0	0	15	0	0	1	0	76	4.8%	
09-10	13	1	8	3	11	0	3	3	3	0	1	0	1	0	14	0	0	0	0	61	3.8%	
10-11	15	2	7	0	5	0	1	3	1	1	0	0	0	0	24	0	0	0	0	59	3.7%	
11-12	14	0	5	1	7	1	2	3	2	1	1	0	0	2	34	0	0	0	0	73	4.6%	
12-13	17	3	14	0	30	0	2	4	3	0	0	0	0	3	20	0	0	0	0	96	6.0%	
13-14	28	0	17	1	12	0	0	2	1	3	0	0	0	0	12	0	0	0	0	76	4.8%	
14-15	14	1	10	0	14	0	1	2	2	0	0	1	0	0	30	0	0	0	0	75	4.7%	
15-16	25	1	16	0	28	0	3	4	9	1	0	1	0	3	33	0	0	0	0	124	7.8%	
16-17	27	2	14	1	27	1	2	6	6	3	0	0	0	2	20	0	0	0	0	111	7.0%	
17-18	17	3	13	0	12	0	3	2	4	2	1	1	0	2	12	0	0	0	0	72	4.5%	
18-19	20	2	10	1	17	0	1	4	4	1	2	1	2	0	14	0	0	0	0	79	5.0%	
19-20	23	1	9	0	19	0	2	9	2	3	1	1	2	2	10	0	0	0	0	84	5.3%	
20-21	10	0	4	1	11	0	2	4	1	2	2	0	0	2	21	1	0	0	0	61	3.8%	
21-22	8	1	3	0	9	0	1	4	2	3	3	2	0	0	18	0	0	0	1	55	3.5%	
22-23	9	0	2	0	8	0	1	7	3	4	5	0	2	0	11	0	1	1	0	54	3.4%	
23-00	5	0	2	0	5	0	0	6	1	2	6	1	0	3	11	0	0	0	0	42	2.6%	
00-01	6	1	1	0	6	0	1	5	3	2	2	1	0	0	8	0	0	0	0	36	2.3%	
01-02	4	0	1	0	4	0	2	4	3	5	7	0	0	1	6	0	0	0	0	37	2.3%	
02-03	5	0	2	1	3	0	1	3	3	2	3	1	1	1	8	0	0	2	1	37	2.3%	
03-04	9	1	3	0	7	0	3	2	2	2	3	1	0	0	14	1	0	0	0	48	3.0%	
04-05	12	0	5	0	6	0	3	2	1	2	4	0	2	3	21	0	1	0	1	63	4.0%	
TOTAL	341	24	184	15	276	3	51	98	64	42	42	12	10	24	392	2	2	4	4	1590	100.0%	
%	21.4%	1.5%	11.6%	0.9%	17.4%	0.2%	3.2%	6.2%	4.0%	2.6%	2.6%	0.8%	0.6%	1.5%	24.7%	0.1%	0.1%	0.3%	0.3%	100.0%		

**FORMATO RESUMEN DE VARIACIÓN HORARIA - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO HACIA AREQUIPA**

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)										ESTACION					E			
SENTIDO			Hacia Arequipa		E		Hacia Juliaca			S		CODIGO DE LA ESTACION					1				
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa										MES					Agosto			
DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																					
00-01	42	7	7	0	42	0	7	35	21	14	14	7	0	0	56	0	0	0	0	252	
01-02	28	0	7	0	28	0	14	28	21	35	49	0	0	7	42	0	0	0	0	259	
02-03	35	0	14	7	21	0	7	21	21	14	21	7	7	7	56	0	0	14	7	259	
03-04	63	7	21	0	49	0	21	14	14	14	21	7	0	0	98	7	0	0	0	336	
04-05	84	0	35	0	42	0	21	14	7	14	28	0	14	21	147	0	7	0	7	441	
05-06	66	7	26	6	29	1	25	18	18	16	10	2	3	4	93	2	0	1	0	327	
06-07	75	11	39	16	64	1	36	20	35	7	7	3	0	6	102	2	0	7	3	434	
07-08	115	8	75	11	59	2	15	23	12	5	2	1	11	6	130	0	0	0	1	476	
08-09	139	21	97	11	90	0	20	24	11	2	1	3	1	7	152	0	0	1	1	581	
09-10	76	9	58	15	56	0	22	12	22	8	3	2	3	5	129	0	0	0	2	422	
10-11	91	10	87	5	88	1	14	18	11	10	1	2	6	16	183	0	0	0	0	543	
11-12	86	11	69	7	68	1	11	29	12	13	1	3	0	6	211	0	0	0	1	529	
12-13	79	7	86	8	137	0	8	21	33	9	0	2	3	15	154	0	0	0	1	563	
13-14	95	7	76	11	111	2	7	13	41	9	2	3	1	11	97	0	0	0	0	486	
14-15	74	7	64	14	80	0	20	25	25	6	1	1	2	8	178	0	0	0	1	506	
15-16	98	7	79	7	105	1	45	23	33	12	1	3	0	14	210	0	0	0	0	638	
16-17	130	7	90	13	110	1	10	29	47	30	1	2	3	11	229	0	0	4	0	717	
17-18	93	9	69	3	97	1	10	19	47	15	6	5	0	13	137	1	1	0	3	529	
18-19	84	2	41	6	86	0	9	29	26	8	14	5	4	10	103	1	0	1	5	434	
19-20	94	6	40	3	93	0	3	33	27	20	24	6	4	8	127	2	0	4	9	503	
20-21	70	0	28	7	77	0	14	28	7	14	14	0	0	14	147	7	0	0	0	427	
21-22	56	7	21	0	63	0	7	28	14	21	21	14	0	0	126	0	0	0	7	385	
22-23	63	0	14	0	56	0	7	49	21	28	35	0	14	0	77	0	7	7	0	378	
23-00	35	0	14	0	35	0	0	42	7	14	42	7	0	21	77	0	0	0	0	294	
TOTAL	1871	150	1157	150	1686	11	353	595	533	338	319	85	76	210	3061	22	15	39	48	10719	

FORMATO RESUMEN DE VARIACIÓN DIARIA - CLASIFICACION VEHICULAR

ESTUDIO DE TRAFICO HACIA AREQUIPA

TRAMO DE LA CARRETERA			Tramo 5 de la Carretera Interoceanica (desvio de Patahuasi)						ESTACION				E							
SENTIDO			Hacia Arequipa		E	Hacia Juliaca		S		CODIGO DE LA ESTACION				1						
UBICACIÓN			San Antonio de Chuca, Caylloma - Arequipa						MES				Agosto							
DÍA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																				
Lunes	244	20	161	18	222	0	42	78	74	47	41	8	15	35	430	3	2	5	7	1452
Martes	249	20	147	22	227	2	53	79	77	52	48	14	12	31	410	3	2	5	7	1460
Miercoles	248	22	163	24	229	0	57	76	75	52	49	10	6	34	528	7	2	8	7	1597
Jueves	269	22	180	19	245	3	50	83	65	52	49	16	10	28	446	2	3	7	9	1558
Viernes	238	18	167	39	219	0	56	83	104	50	45	14	13	33	416	3	2	6	7	1513
Sábado	282	24	155	13	268	3	44	98	74	43	45	11	10	25	439	2	2	4	7	1549
Domingo	341	24	184	15	276	3	51	98	64	42	42	12	10	24	392	2	2	4	4	1590
TOTAL	1871	150	1157	150	1686	11	353	595	533	338	319	85	76	210	3061	22	15	39	48	10719



ANEXO 3

ENSAYOS DESARROLLADOS PARA MATERIAL SUB RASANTE



Ensayo	: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
Calicata	: C-1 Estrato: 1
Profundidad	: 0.00 – 0.50 m
Norma	: MTC E 107
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Muestra inicial (gf)	2000

Pérdida (gf)	0.2

Pérdida (%)	0.01

Porcentaje de material	
% Grava	12.85
% Arena	77.62
% Limos y Arcillas	9.53

Deciles	
D10	0.077
D30	0.2
D60	1.2

Coeficientes	
Coef. Uniformidad	15.584
Coef. Curvatura	0.433

Variables AASHTO	
A	0
B	0
C	0
D	0

Índice de grupo (IG)	0

Malla ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gf)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Pasante (%)
>3"				
3"	75.000		0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0	0.00	100.00
3/4"	19.000	0	0.00	100.00
3/8"	9.500	98.2	4.91	95.09
Nº 4	4.760	158.8	7.94	87.15
Nº 8	2.360	282.5	14.13	73.02
Nº 16	1.100	267.2	13.36	59.66
Nº 30	0.590	219	10.95	48.71
Nº 50	0.297	191.8	9.59	39.12
Nº 100	0.149	317.1	15.86	23.26
Nº 200	0.075	274.7	13.74	9.53
Fondo	-	190.5	9.53	0.00
Total		1999.8	100.00	

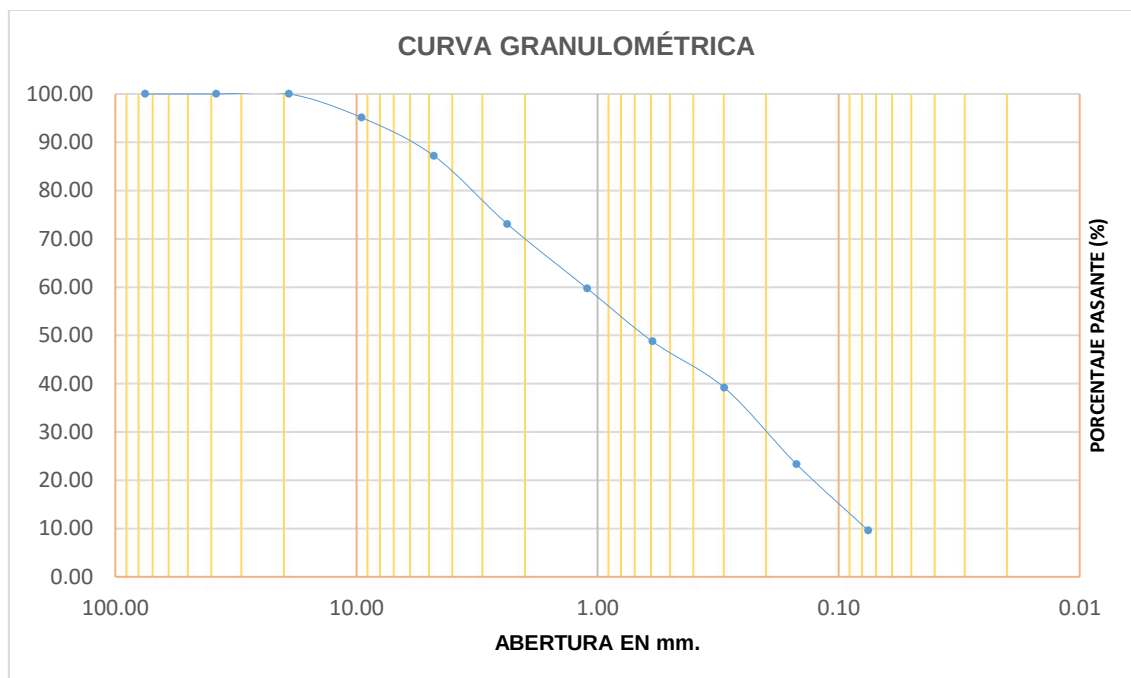
L.L.	30.14
I.P.	4.32

CLASIFICACIÓN DEL SUELO	
SUCS	Arena Mal Graduada con Limo (SP-SM)
AASHTO	A-2-4 (0)



Ensayo	: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.00 – 0.50 m
Norma	: MTC E 107
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 1





Ensayo	: Índice de Plasticidad de los Suelos
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.00 – 0.50 m
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

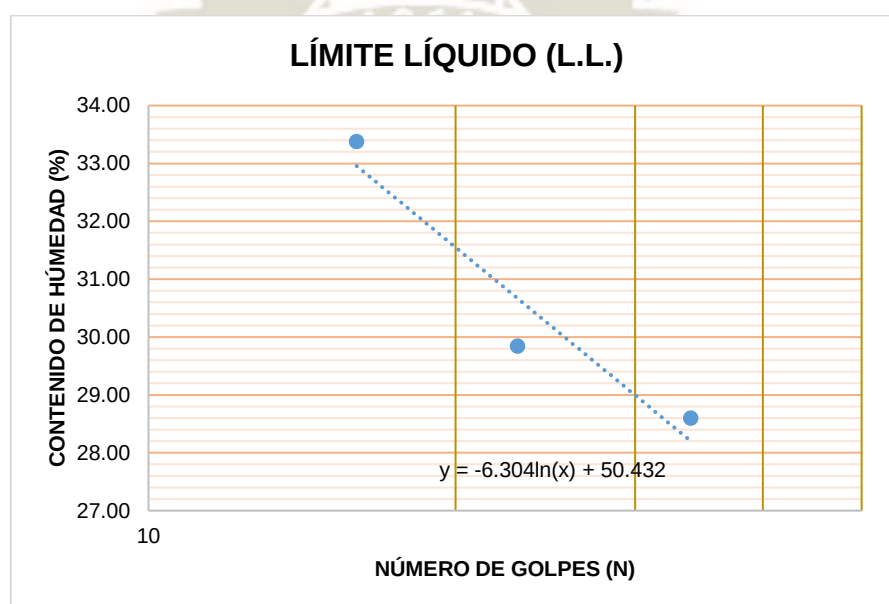
Estrato: 1



LÍMITE LÍQUIDO			
Nº de Golpes	23	34	16
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	114.13	120.89	118.82
Peso muestra húmeda(gf)	25.19	19.65	18.50
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	139.32	140.54	137.32
Peso de tara y muestra seca (gf)	133.53	136.17	132.69
Peso del agua (gf)	5.79	4.37	4.63
Peso del suelo seco (gf)	19.40	15.28	13.87
Cont. Humedad (%)	29.85	28.60	33.38
LÍMITE LIQUIDO (%)	30.14		

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	27.75	27.13	28.26
Peso muestra húmeda(gf)	3.27	2.07	2.00
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	31.02	29.20	30.26
Peso de tara y muestra seca (gf)	30.39	28.73	29.87
Peso del agua (gf)	0.63	0.47	0.39
Peso del suelo seco (gf)	2.64	1.60	1.61
Cont. Humedad (%)	23.86	29.37	24.22
LÍMITE PLASTICO (%)	25.82		

INDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	4.32
INDICE DE PLASTICIDAD CRITICO (Ipc)	7.40
PASANTE MALLA Nº 40	ML





Ensayo	: Peso Unitario del suelo por el método de la parafina
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.00 – 0. 50 m
Norma	: ASTM D 7263
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 1



PESO UNITARIO HÚMEDO		UND
Peso del suelo	64.70	gf
Peso del suelo + parafina	70.90	gf
Peso de la parafina	6.20	gf
Volumen del agua	600.000	ml
Volumen del agua + suelo + parafina	640.000	ml
Volumen del suelo + parafina	40	cm ³
Peso específico de la parafina	0.87	gf/cm ³
Volumen de la parafina	7.13	cm ³
Volumen del suelo	32.87	cm ³
Peso Unitario Húmedo (γ)	1.97	gf/cm ³

CONTENIDO DE HÚMEDAD		
Nº de Ensayo	1	2
Nº de Tara	A	B
Peso de tara (gf)	27.68	27.57
Peso muestra húmeda(gf)	20.50	22.72
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	48.18	50.29
Peso de tara y muestra seca (gf)	46.51	48.68
Peso del agua (gf)	1.67	1.61
Peso del suelo seco (gf)	18.83	21.11
Cont. Humedad parcial (%)	8.87	7.63
Cont. Humedad final (%)	8.25	

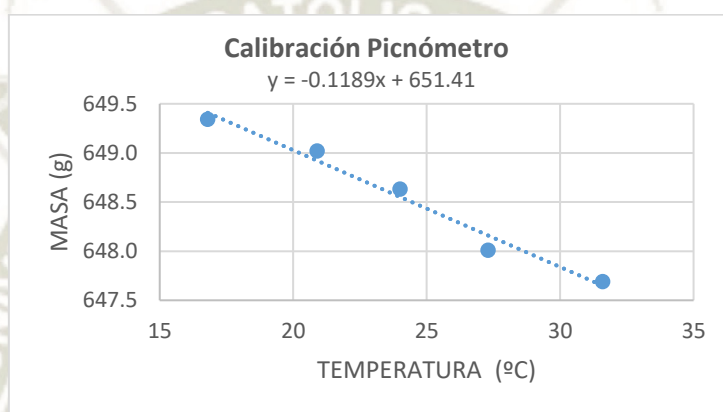
PARAMETROS		UND
Peso Unitario Seco (γ_d)	1.82	gf/cm ³
Peso Unitario de las partículas sólidas	2.580	gf/cm ³
Relación de vacíos e	0.42	
Porosidad (n)	29.54	%
Grado de saturación (G)	50.77	%



Ensayo	: Gravedad Especifica de los suelos por picnómetro de agua	Estrato:	1
Calicata	: C-1		
Profundidad	: 0.00 – 0.50 m		
Norma	: MTC E 113		
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María		



Calibración Picnómetro		
Peso fiola	152.12	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.8	649.34
2	20.9	649.02
3	24	648.63
4	27.3	648.01
5	31.6	647.69



ESTRATO 1 (0.00 – 0.50 M)	
DATOS DE CALIBRACIÓN	
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	152.12
Temperatura de calibración (°C)	20.6
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	648.96
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99808
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	497.80

ESTRATO 1 (0.00 – 0.50 m)	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS	
Peso de la muestra de suelo (gf)	100.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	19.7
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99827
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	649.06
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	707.94
Peso de los sólidos secada al horno (gf)	96.15
Peso específico de los sólidos a la temperatura de ensayo	2.580
Coefficiente de temperatura de ensayo (K)	1.00006
Gravedad específica de los sólidos del suelo a 20°C	2.58



Ensayo : Compactación de suelos – Proctor Modificado
Calicata : C-1
Profundidad : 0.00 – 0.50 m
Norma : MTC E 115 – Método A
Laboratorio : Universidad Católica de Santa María

Estrato: 1

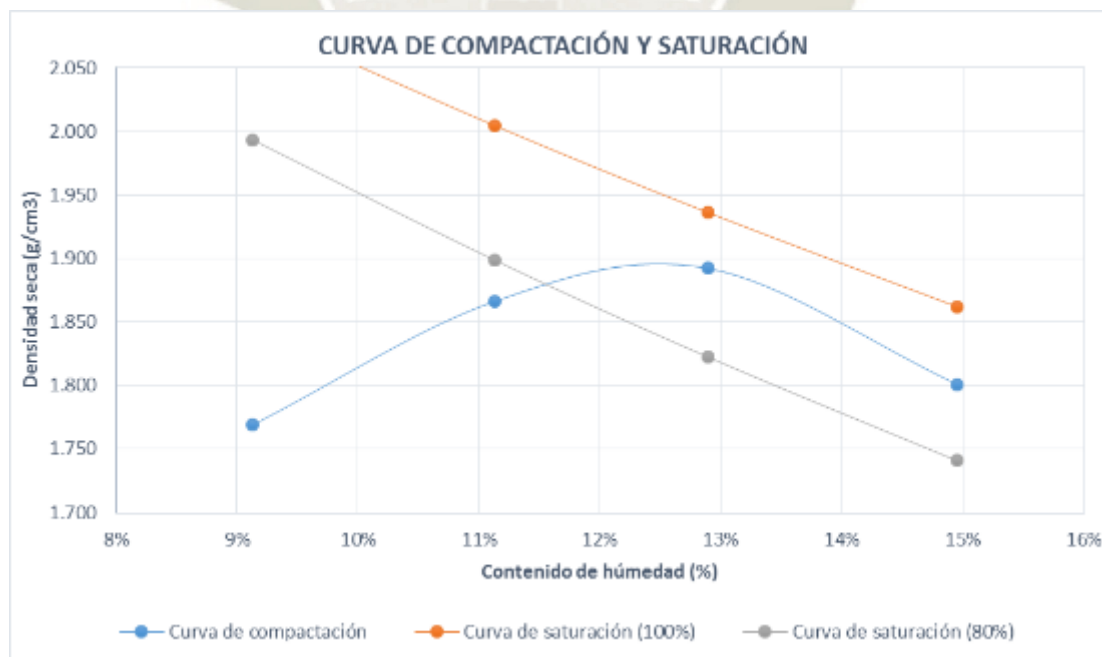


ENSAYO	Und.	3(9%)	4(11%)	5(13%)	6(15%)
Molde		C	A	B	A
Peso molde	gf	3753	3799	3456	3799
Peso molde + suelo compactado	gf	5565	5753	5456.5	5749.5
Peso suelo compactado	gf	1812	1954	2000.5	1950.5
Volumen del molde	cm ³	938.80	942.14	936.50	942.14
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.930	2.074	2.136	2.070

HUMEDAD	Und.	3	4	5	6
Peso de tara	gf	113.71	27.16	120.31	27.58
Peso tara + suelo húmedo	gf	278.48	129.89	314.12	154.05
Peso tara + suelo seco	gf	264.7	119.6	291.99	137.6
Peso de suelo húmedo	gf	164.77	102.73	193.81	126.47
Peso de suelo seco	gf	150.99	92.44	171.68	110.02
Peso de agua	gf	13.78	10.29	22.13	16.45
Humedad	%	9.13%	11.13%	12.89%	14.95%
Contenido de humedad	%	9.13%	11.13%	12.89%	14.95%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.769	1.866	1.892	1.801
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.088	2.005	1.936	1.862
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	1.993	1.899	1.823	1.741

Contenido humedad optimo 12.50%

densidad seca máxima 1.90 gf/cm³





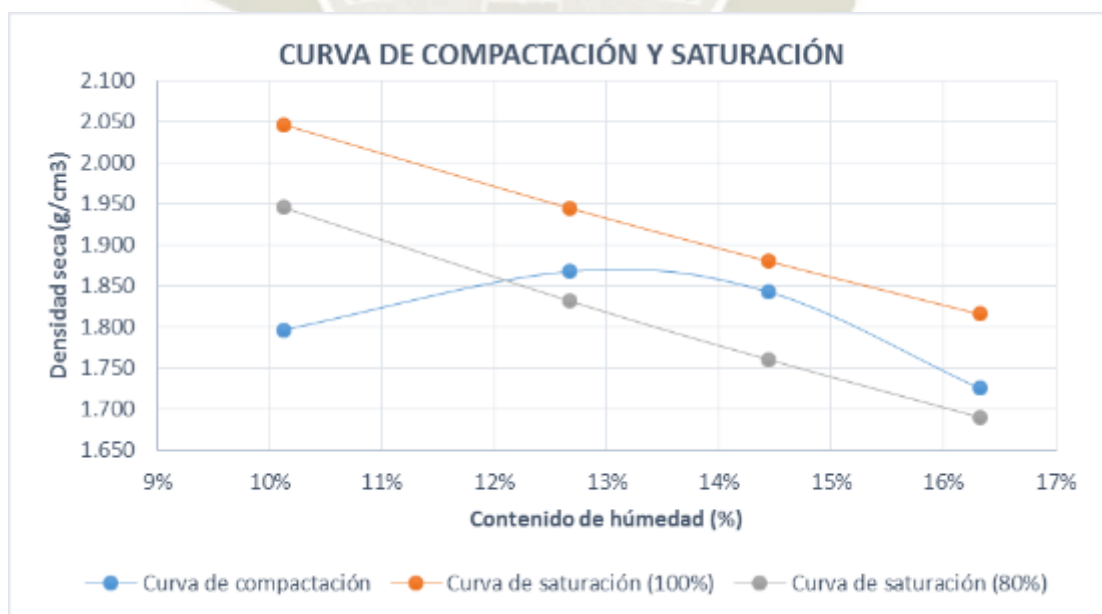
Ensayo	: Compactación de suelos para CBR – Proctor Modificado	Estrato:	1
Calicata	: C-1		
Profundidad	: 0.00 – 0.50 m		
Norma	: MTC E 115 – Método C		
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María		



ENSAYO	Und.	1(9%)	2(11%)	3(13%)	4(15%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6633.5	6633.5	6633.5	6633.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10865.5	11135	11144.5	10927
Peso suelo compactado	gf	4232	4501.5	4511	4293.5
Volumen del molde	cm ³	2139.26	2139.26	2139.26	2139.26
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.978	2.104	2.109	2.007

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	27.56	114.2	27.77	114.16
Peso tara + suelo húmedo	gf	179.89	383.83	156.53	321.49
Peso tara + suelo seco	gf	165.89	353.5	140.28	292.4
Peso de suelo húmedo	gf	152.33	269.63	128.76	207.33
Peso de suelo seco	gf	138.33	239.3	112.51	178.24
Peso de agua	gf	14	30.33	16.25	29.09
humedad	%	10.12%	12.67%	14.44%	16.32%
Contenido de humedad	%	10.12%	12.67%	14.44%	16.32%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.796	1.868	1.843	1.725
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.046	1.944	1.880	1.816
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	1.945	1.832	1.760	1.690

Contenido humedad optimo	12.70%	Densidad seca máxima	1.87 gf/cm ³





Ensayo	: CBR de suelos (Laboratorio)
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.00 – 0.50 m
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

1



Compactación CBR

Nº de golpes	12		26		55	
Condición de muestra	antes	después	antes	después	antes	después
Nº molde	a		b		c	
Volumen molde (cm ³)	2093.64	2093.64	2111.55	2111.55	2109.66	2109.66
Peso molde (gf)	8875.00	8875.00	7101.50	7101.50	9020.50	9020.50
Peso sh + molde (gf)	13010.50	13053.00	11404.50	11448.00	13433.00	13453.50
Peso sh (gf)	4135.50	4178.00	4303.00	4346.50	4412.50	4433.00
Densidad suelo húmedo (gf/cm ³)	1.975	1.996	2.038	2.058	2.092	2.101
Tara (gf)	118.12	117.51	115.25	114.91	115.90	117.75
Tara + suelo húmedo (gf)	285.31	400.17	337.41	296.46	336.11	390.45
Tara+suelo seco (gf)	265.67	367.01	311.65	276.19	311.17	361.16
Peso suelo húmedo (gf)	167.19	282.66	222.16	181.55	220.21	272.70
Peso suelo seco (gf)	147.55	249.50	196.40	161.28	195.27	243.41
Peso agua (gf)	19.64	33.16	25.76	20.27	24.94	29.29
Humedad parcial (%)	13.31%	13.29%	13.12%	12.57%	12.77%	12.03%
Densidad seca (gf/cm ³)	1.743	1.761	1.802	1.829	1.855	1.876

Determinación de Expansión

Altura muestra (mm)		115.00		115.67		115.50	
		Lectura Deformimetro					
Lectura deformada 09/11/2019		6.01		1.83		7.61	
Lectura deformada 10/11/2019		6.06		1.89		7.70	
Lectura deformada 11/11/2019		6.12		1.97		7.82	
Lectura deformada 12/11/2019		6.12		2.00		7.84	
Lectura deformada 13/11/2019		6.12		2.02		7.85	
Tiempo Acumulado		a		b		c	
		Expansión		Expansión		Expansión	
(hs)	(días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	0.05	0.04	0.06	0.05	0.09	0.08
48	2	0.11	0.10	0.14	0.12	0.21	0.18
72	3	0.11	0.10	0.17	0.15	0.23	0.20
96	4	0.11	0.10	0.19	0.16	0.24	0.21

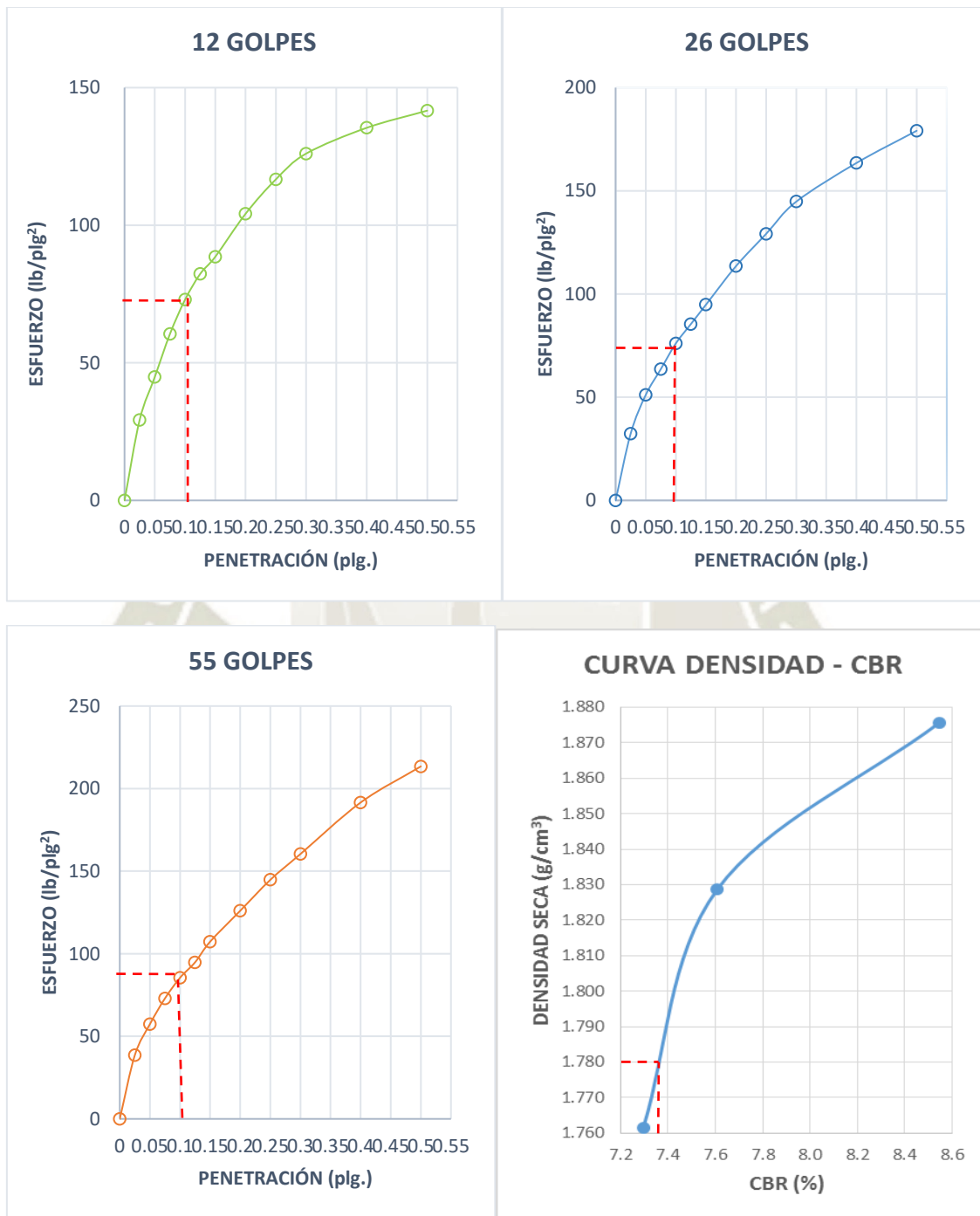
Ensayo carga – penetración

penetración		molde n° 01			molde n° 02			molde n° 03		
(mm)	(pulg)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	1	88	29.24	2	97	32.37	4	116	38.61
1.27	0.050	6	135	44.85	8	153	51.1	10	172	57.34
1.91	0.075	11	181	60.46	12	191	63.59	15	219	72.95
2.54	0.100	15	219	72.95	16	228	76.07	19	256	85.44
3.18	0.125	18	247	82.32	19	256	85.44	22	284	94.81
3.81	0.150	20	266	88.56	22	284	94.81	26	322	107.29
5.08	0.200	25	313	104.17	28	341	113.54	32	378	126.03
6.35	0.250	29	350	116.66	33	387	129.15	38	434	144.76
7.62	0.300	32	378	126.03	38	434	144.76	43	481	160.37
10.16	0.400	35	406	135.39	44	490	163.49	53	575	191.59
12.70	0.500	37	425	141.64	49	537	179.10	60	640	213.44



Calicata	: CBR de suelos (Laboratorio)
Profundidad	: C-1
Norma	: 0.00 - 0.50 m
Laboratorio	: MTC E 132
	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG DE PEN	1.87	8.40%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG DE PEN	1.78	7.35%
DENSIDAD SECA NATURAL	1.82	7.52%

Nota: El valor CBR especificado según norma es para un MDS de 95% y 0.1 plg es decir 7.35%



Ensayo	: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1. 50 m
Norma	: MTC E 107
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 2



Muestra inicial (gf)	2000	Pérdida (gf)	1.3	Pérdida (%)	0.065

Porcentaje de material	
% grava	4.10
% arena	88.69
% limos y arcillas	7.20

Deciles	
d10	0.09
d30	0.26
d60	1.05

Coeficientes	
coef. uniformidad	11.667
coef. curvatura	0.715

variables AASHTO	
a	0
b	0
c	0
d	0

Índice de grupo (ig)	0

Malla ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido (gf)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje pasante (%)
>3"				
3"	75.000		0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0	0.00	100.00
3/4"	19.000	0	0.00	100.00
3/8"	9.500	17.5	0.88	99.12
n° 4	4.760	64.5	3.23	95.90
n° 8	2.360	291.6	14.59	81.31
n° 16	1.100	399.5	19.99	61.32
n° 30	0.590	291.2	14.57	46.75
n° 50	0.297	261.6	13.09	33.66
n° 100	0.149	298.6	14.94	18.72
n° 200	0.075	230.2	11.52	7.20
fondo	-	144	7.20	0.00
total		1998.7	100.00	

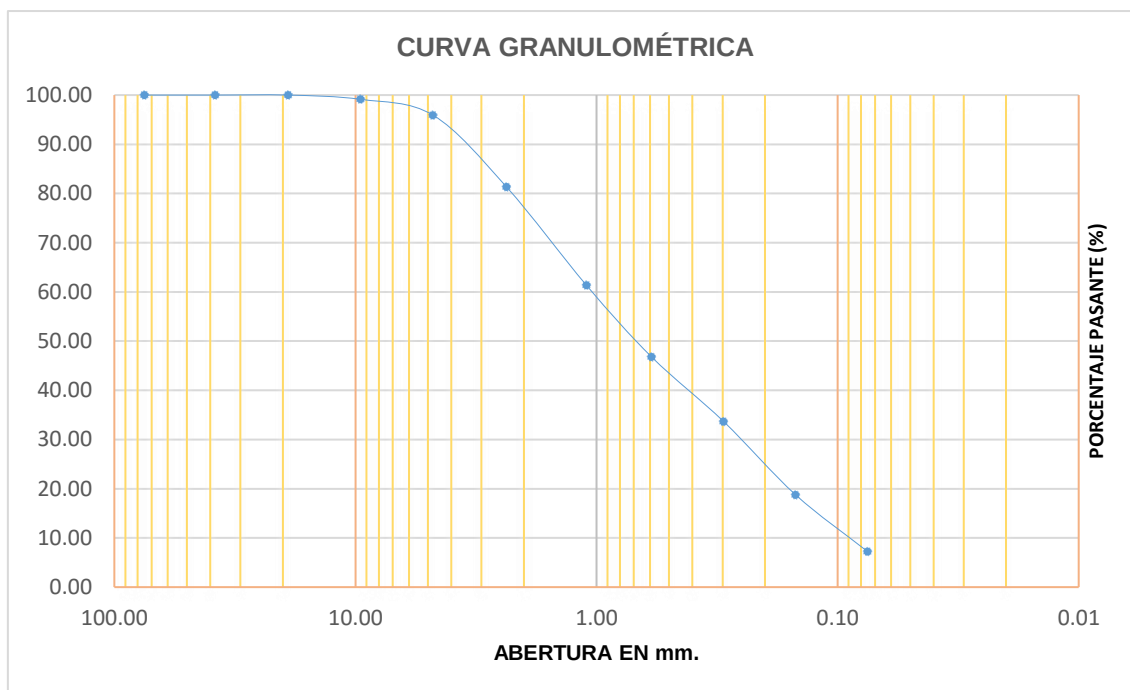
I.L.	28.39
i.p.	8.69

clasificación del suelo	
SUCS	arena mal graduada con arcilla (SP-SC)
AASHTO	a-2-4 (0)



Ensayo	: Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m
Norma	: MTC E 107
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 2





Ensayo	: Índice de plasticidad de Suelos
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

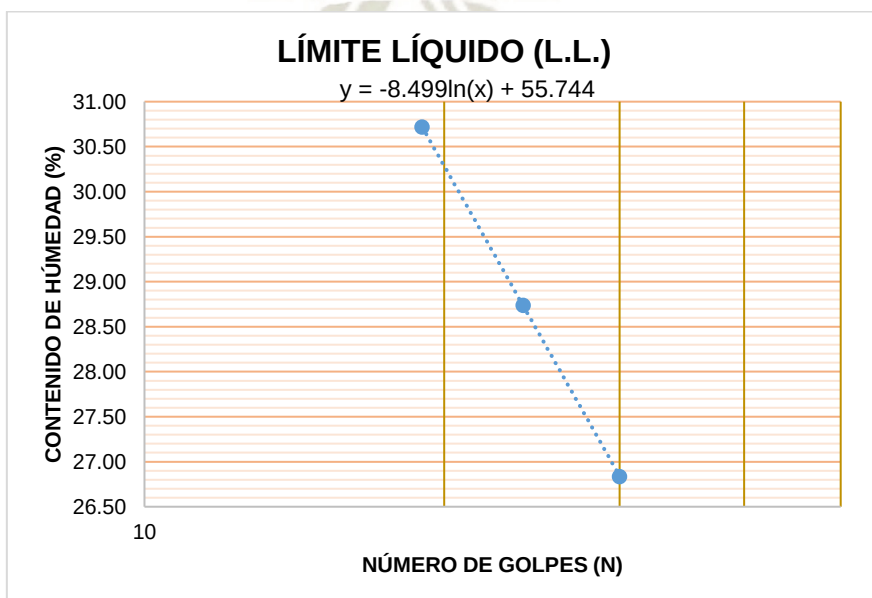
2



LÍMITE LÍQUIDO			
Nº de Golpes	30	19	24
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	27.34	27.72	27.72
Peso muestra húmeda(gf)	28.50	31.32	21.10
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	55.84	59.04	48.82
Peso de tara y muestra seca (gf)	49.81	51.68	44.11
Peso del agua (gf)	6.03	7.36	4.71
Peso del suelo seco (gf)	22.47	23.96	16.39
Cont. Húmedad (%)	26.84	30.72	28.74
LÍMITE LÍQUIDO (%)	28.39		

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	27.19	27.58	27.45
Peso muestra húmeda(gf)	4.17	4.66	2.81
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	31.36	32.24	30.26
Peso de tara y muestra seca (gf)	30.68	31.43	29.82
Peso del agua (gf)	0.68	0.81	0.44
Peso del suelo seco (gf)	3.49	3.85	2.37
Cont. Húmedad (%)	19.48	21.04	18.57
LÍMITE PLÁSTICO (%)	19.70		

Índice de plasticidad (IP)	8.69
Índice de plasticidad crítico (IP_c)	6.12
Pasante malla Nº 40	CL





Ensayo	: Peso Unitario de suelos por método de la parafina
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m
Norma	: ASTM D 7263
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

2



PESO UNITARIO HÚMEDO		UND
Peso del suelo	76.90	gf
Peso del suelo + parafina	80.10	gf
Peso de la parafina	3.20	gf
Volumen del agua	500.000	ml
Volumen del agua + suelo + parafina	540.000	ml
Volumen del suelo + parafina	40	cm ³
Peso específico de la parafina	0.87	gf/cm ³
Volumen de la parafina	3.68	cm ³
Volumen del suelo	36.32	cm ³
Peso Unitario Húmedo (γ)	2.12	gf/cm ³

CONTENIDO DE HÚMEDAD		
Nº de Ensayo	1	2
Nº de Tara	A	B
Peso de tara (gf)	27.80	27.30
Peso muestra húmeda (gf)	35.20	34.80
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	63.00	62.10
Peso de tara y muestra seca (gf)	58.90	58.00
Peso del agua (gf)	4.10	4.10
Peso del suelo seco (gf)	31.10	30.70
Cont. Húmedad parcial (%)	13.18	13.36
Cont. Húmedad final (%)	13.27	

PARAMETROS		UND
Peso Unitario Seco (γ_d)	1.87	gf/cm ³
Peso Unitario de las partículas sólidas	2.594	gf/cm ³
Relación de vacíos (e)	0.39	
Porosidad (n)	27.95	%
Grado de saturación (G)	88.75	%



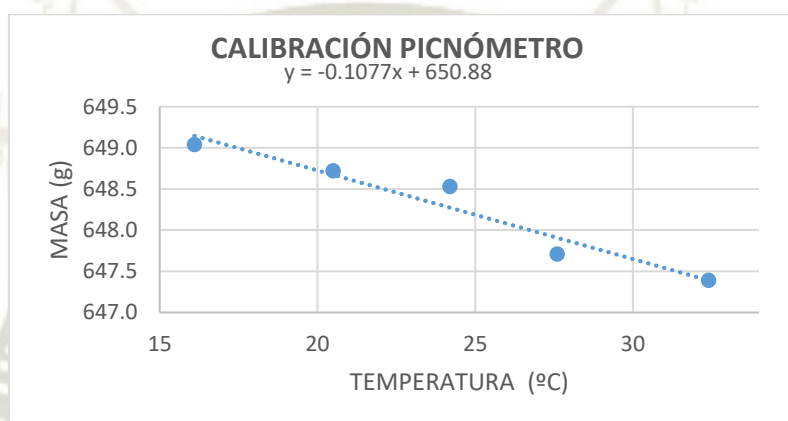
Ensayo	: Gravedad Especifica del suelo por picnómetro de agua
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m
Norma	: MTC E 113
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

2



CALIBRACIÓN PICNOMETRO		
Peso fiola	152.04	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.1	649.04
2	20.5	648.72
3	24.2	648.53
4	27.6	647.71
5	32.4	647.39



ESTRATO 2 (0.50 - 1.50 M)	
DATOS DE CALIBRACIÓN	
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	152.04
Temperatura de calibración (°C)	19.9
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	648.74
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99823
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	497.58

ESTRATO 2 (0.50 - 1.50 m)	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS	
Peso de la muestra de suelo (gf)	75.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	21.4
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99791
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	648.58
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	692.45
Peso de los sólidos secada al horno (gf)	71.38
Peso específico de los sólidos a la temperatura de ensayo	2.595
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	0.9997
Gravedad específica de los sólidos del suelo a 20°C	2.59



Ensayo	: Compactación de Suelos – Proctor modificado
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m
Norma	: MTC E 115 – Método A
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 2



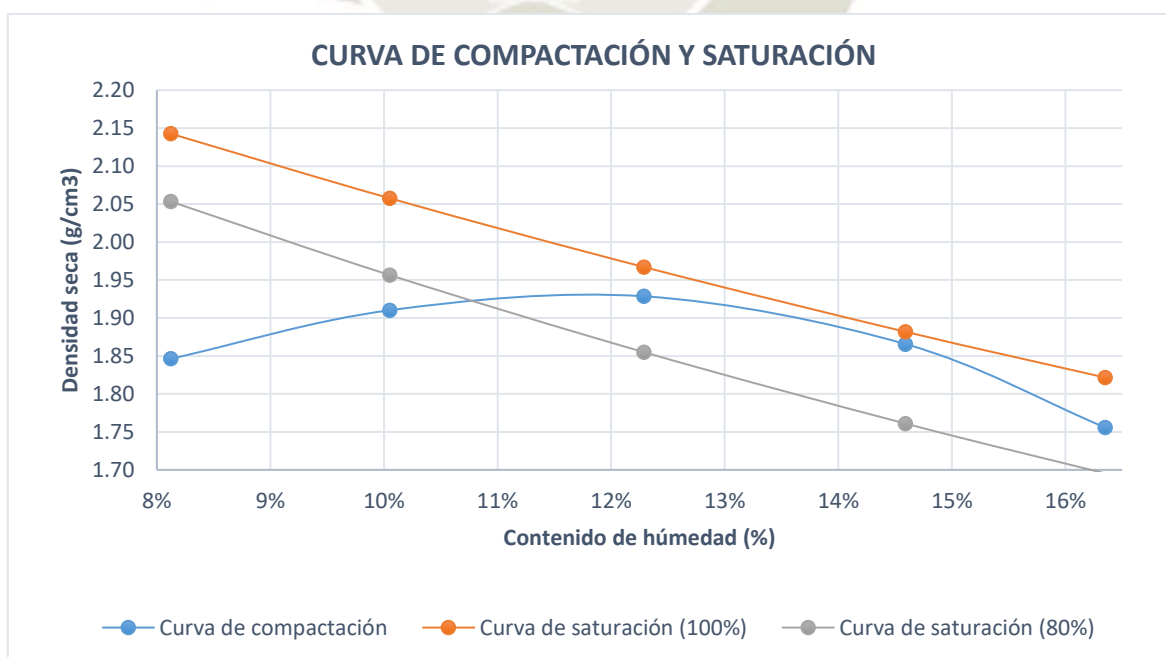
ENSAYO	Und.	1(8%)	2(10%)	3(12%)	4(14%)	5(16%)
Molde		D	A	B	C	D
Peso molde	gf	3413	3799	3456	3753	3413
Peso molde + suelo compactado	gf	5320.5	5779.5	5484	5760	5365
Peso suelo compactado	gf	1907.5	1980.5	2028	2007	1952
Volumen del molde	cm ³	955.56	942.14	936.50	938.80	955.56
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.996	2.102	2.166	2.138	2.043

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4	5
Peso de tara	gf	121.01	120.33	113.73	27.17	114.2
Peso tara + suelo húmedo	gf	283.94	430.97	362.42	135.38	279.07
Peso tara + suelo seco	gf	271.7	402.6	335.2	121.6	255.9
Peso de suelo húmedo	gf	162.93	310.64	248.69	108.21	164.87
Peso de suelo seco	gf	150.69	282.27	221.47	94.43	141.7
Peso de agua	gf	12.24	28.37	27.22	13.78	23.17
humedad	%	8.12%	10.05%	12.29%	14.59%	16.35%
Contenido de humedad	%	8.12%	10.05%	12.29%	14.59%	16.35%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.846	1.910	1.928	1.866	1.756
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.143	2.058	1.967	1.882	1.822
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.053	1.957	1.855	1.761	1.695

CONTENIDO HUMEDAD
OPTIMO

11.54%

DENSIDAD SECA MÁXIMA

1.93
gf/cm³




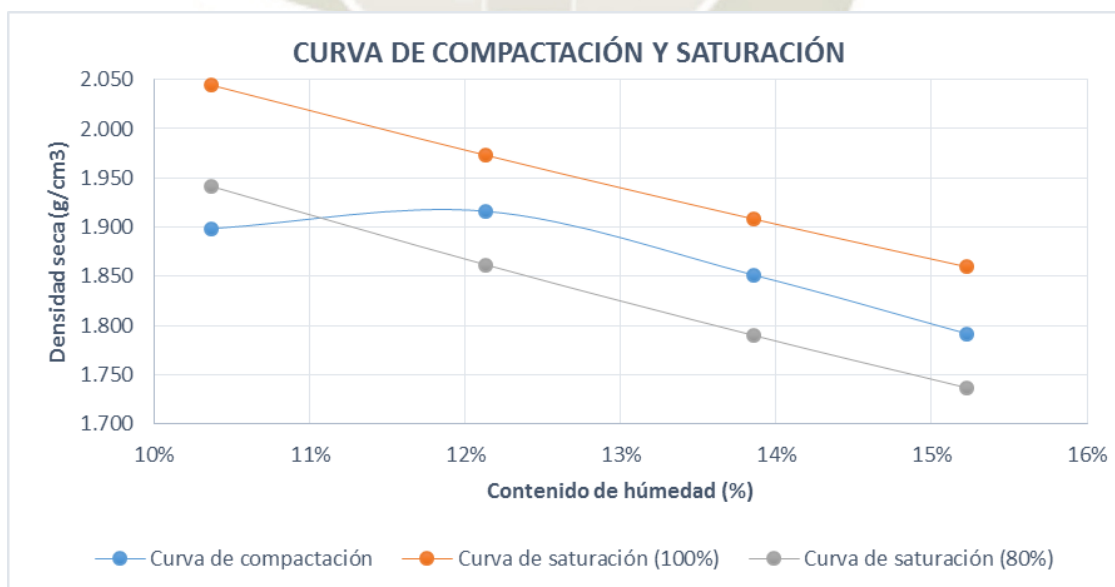
Ensayo	: Compactación de Suelos para CBR– Proctor modificado	Estrato:	2
Calicata	: C-1		
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m		
Norma	: MTC E 115 – Método C		
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María		



ENSAYO	Und.	1(8%)	2(10%)	3(12%)	4(14%)
Molde		B	A	A	B
Peso molde	gf	6617	6633.5	6633.5	6617
Peso molde + suelo compactado	gf	11090.5	11230	11142.5	11025
Peso suelo compactado	gf	4473.5	4596.5	4509	4408
Volumen del molde	cm ³	2135.03	2139.26	2139.26	2135.03
Peso específico húmedo	gf/cm ³	2.095	2.149	2.108	2.065

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	118.12	121.02	120.3	27.36
Peso tara + suelo húmedo	gf	363	372.31	327.18	155.11
Peso tara + suelo seco	gf	340	345.12	302	138.23
Peso de suelo húmedo	gf	244.88	251.29	206.88	127.75
Peso de suelo seco	gf	221.88	224.1	181.7	110.87
Peso de agua	gf	23	27.19	25.18	16.88
humedad	%	10.37%	12.13%	13.86%	15.23%
Contenido de humedad	%	10.37%	12.13%	13.86%	15.23%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.898	1.916	1.851	1.792
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.044	1.973	1.908	1.860
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	1.942	1.862	1.790	1.737

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	11.45%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.91 gf/cm ³





Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio
Calicata	: C-1
Profundidad	: 0.50 - 1.50 m
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

2



Compactación CBR

Nº golpes	12		26		55	
Condición de muestra	antes	después	antes	después	antes	después
Nº molde	a		b		c	
Volumen molde (cm ³)	2106.07	2106.07	2104.63	2104.63	2099.71	2099.71
Peso molde (gf)	8348.00	8348.00	7963.00	7963.00	8050.00	8050.00
Peso sh + molde (gf)	12283.50	12625.00	12225.00	12469.50	12563.00	12701.00
Peso sh (gf)	3935.50	4277.00	4262.00	4506.50	4513.00	4651.00
Densidad suelo húmedo (gf/cm ³)	1.869	2.031	2.025	2.141	2.149	2.215
Tara (gf)	115.20	114.98	120.90	117.14	118.36	117.89
Tara + suelo húmedo (gf)	250.84	310.04	247.64	279.36	316.98	277.39
Tara+suelo seco (gf)	235.99	285.52	233.85	259.47	294.97	257.08
Peso suelo húmedo (gf)	135.64	195.06	126.74	162.22	198.62	159.50
Peso suelo seco (gf)	120.79	170.54	112.95	142.33	176.61	139.19
Peso agua (gf)	14.85	24.52	13.79	19.89	22.01	20.31
Humedad parcial (%)	12.29%	14.38%	12.21%	13.97%	12.46%	14.59%
Densidad seca (gf/cm ³)	1.664	1.776	1.805	1.879	1.911	1.933

Determinación de expansión

Determinación de Expansión

Altura muestra (mm)		116.00		115.67		115.33	
		lectura del deformímetro					
Lectura deformada 07/11/2019		5.22		7.09		4.90	
Lectura deformada 08/11/2019		5.50		7.59		5.30	
Lectura deformada 09/11/2019		6.17		8.24		5.74	
Lectura deformada 10/11/2019		6.18		8.25		5.84	
Lectura deformada 11/11/2019		6.18		8.26		5.86	
tiempo acumulado		a		b		c	
		expansión		expansión		expansión	
(hs)	(días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
24	1	0.280	0.24	0.500	0.43	0.400	0.35
48	2	0.950	0.82	1.150	0.99	0.835	0.72
72	3	0.960	0.83	1.160	1.00	0.940	0.82
96	4	0.960	0.83	1.165	1.01	0.960	0.83

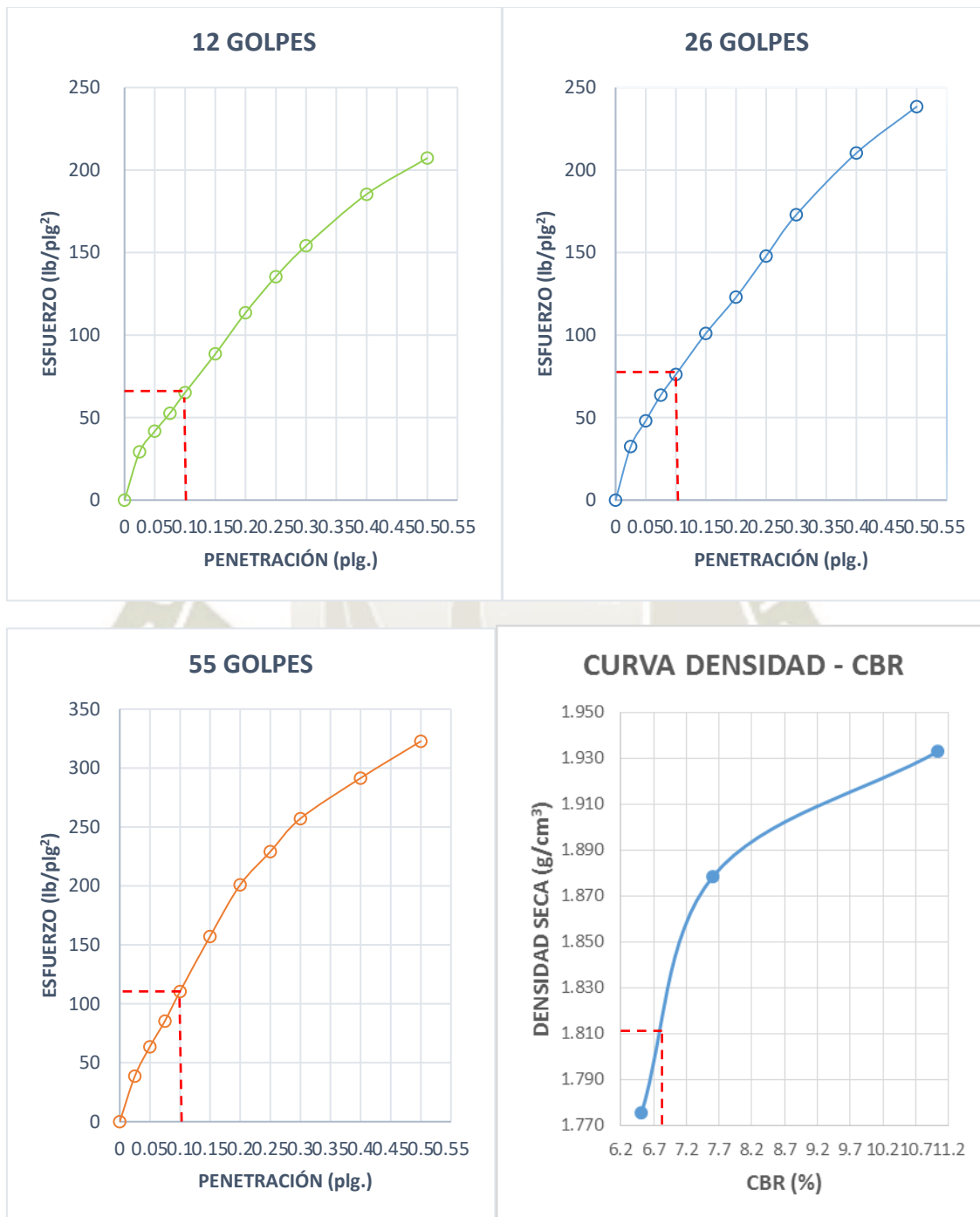
Ensayo carga - penetración

Penetración		Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
(mm)	(pulg)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	1	88	29.24	2	97	32.37	4	116	38.61
1.27	0.050	5	125	41.73	7	144	47.98	12	191	63.59
1.91	0.075	8.5	158	52.66	12	191	63.59	19	256	85.44
2.54	0.100	12.5	195	65.15	16	228	76.07	27	331	110.42
3.81	0.150	20	266	88.56	24	303	101.05	42	472	157.25
5.08	0.200	28	341	113.54	31	369	122.90	56	603	200.95
6.35	0.250	35	406	135.39	39	444	147.88	65	687	229.05
7.62	0.300	41	462	154.12	47	519	172.85	74	771	257.15
10.16	0.400	51	556	185.34	59	631	210.32	85	874	291.49
12.70	0.500	58	622	207.20	68	715	238.42	95	968	322.71



Ensayo : CBR de suelos en laboratorio
Calicata : C-1
Profundidad : 0.50 - 1.50 m
Norma : MTC E 132
Laboratorio : Universidad Católica de Santa María

Estrato: 2



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.91	9.20%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.81	6.80%
DENSIDAD SECA NATURAL	1.87	7.40%

Nota: El valor CBR especificado según norma es para un MDS de 95% y 0.1 plg es decir 6.80%



Ensayo : Análisis Granulométrico de suelos por tamizado
Calicata : C-2
Profundidad : 0.00 - 1.00 m
Norma : MTC E 107
Laboratorio : Universidad Católica de Santa María

Estrato: 1



Muestra inicial (gf)	1000

Pérdida (gf)	1

Pérdida (%)	0.1

Porcentaje de material	
% grava	15.20
% arena	71.83
% limos y arcillas	12.97

Deciles	
d10	0.07
d30	0.20
d60	1.80

Coeficientes	
coef. uniformidad	27.692
coef. curvatura	0.342

Variables AASHTO	
a	0
b	0
c	0
d	0
Indice de grupo (ig)	0

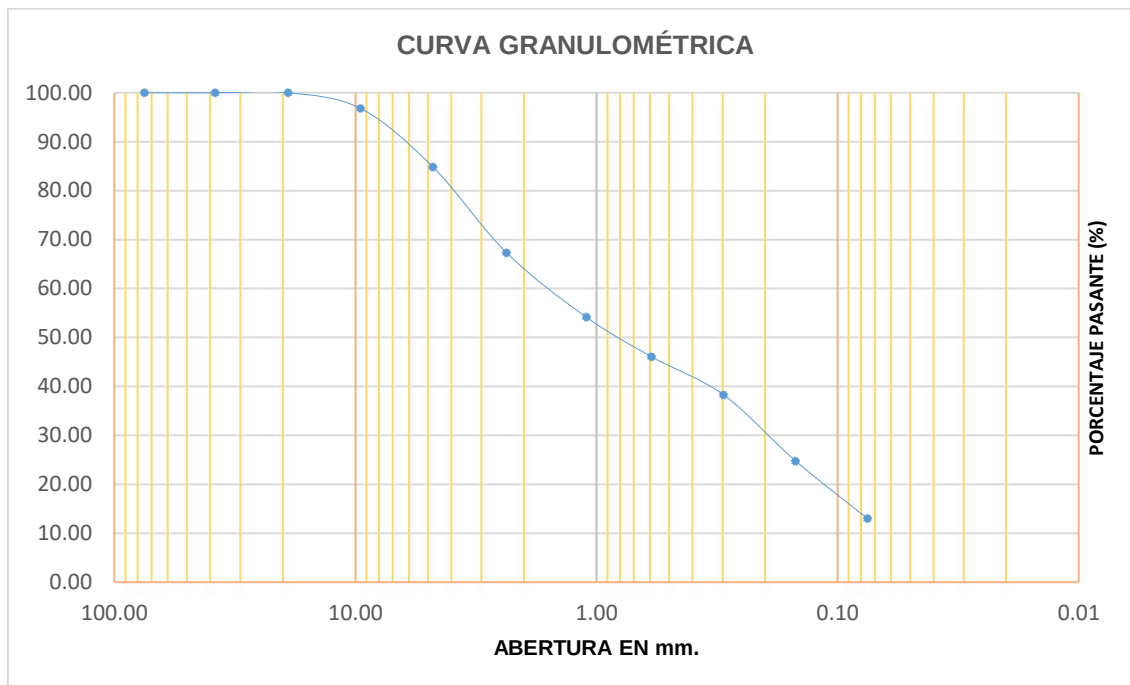
Malla ASTM	abertura (mm)	Peso retenido (gf)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje pasante (%)
>3"				
3"	75.000		0.00	100.00
1 1/2"	38.100		0.00	100.00
3/4"	19.000		0.00	100.00
3/8"	9.500	32.20	3.22	96.78
n° 4	4.760	119.60	11.97	84.80
n° 8	2.360	174.90	17.51	67.30
n° 16	1.100	131.50	13.16	54.13
n° 30	0.590	80.90	8.10	46.04
n° 50	0.297	77.50	7.76	38.28
n° 100	0.149	135.50	13.56	24.71
n° 200	0.075	117.30	11.74	12.97
fondo	-	129.60	12.97	0.00
total		999	100.00	

L.L	25.05
I.P	3.27

Clasificación del suelo	
SUCS	arena limosa con grava (SM)
AASHTO	a-2-4 (0)



Estrato: 1



Estrato: 1

ESTRATO 1 (0.00 - 1.00 m)			
CONTENIDO DE HÚMEDAD			
Nº de Ensayo	1	2	3
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	27.34	118.04	27.19
Peso muestra húmeda(gf)	265.86	266.96	258.41
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	293.20	385.00	285.6
Peso de tara y muestra seca (gf)	258.60	349.50	251.4
Peso del agua (gf)	34.60	35.50	34.20
Peso del suelo seco (gf)	231.26	231.46	224.21
Cont. Humedad parcial (%)	14.96	15.34	15.25
Cont. Humedad final (%)	15		

Coeficiente de variación	$\pm 14\%$
Rango de resultados	13.1 - 17.3

INFORME DE ENSAYO NRO: 001-INF-2609-2021

SUELOS: Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos NTP 339.129

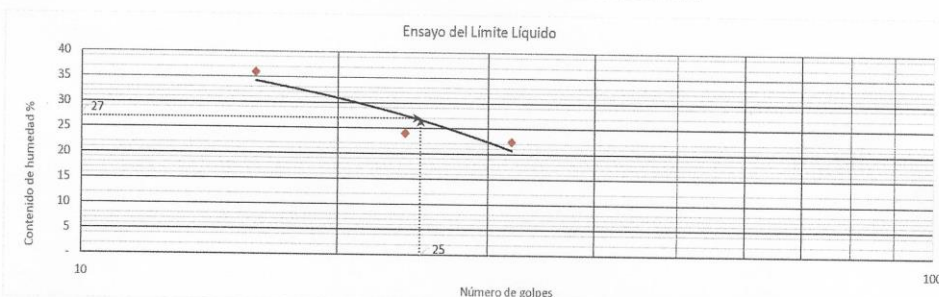
Código: RPG-FO-GL-31
Versión: 01
Fecha: 15/02/2020

ORDEN DE EJECUCIÓN DE ENSAYO: OE-20211218-1
GUÍA DE REQUERIMIENTO: GR-20211218-1
CODIGO DE MUESTRA: M-20211218/0800-1
CALICATA/CANERA/PROGRESIVA: CALICATA C-02
ESTRATO/LADO: ESTRATO 1
PROYECTO: ANÁLISIS E INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE LISANTE ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO Y CONVENCIONAL PARA AGREGADOS DE ALTA Y NORMAL ABSORCIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA DEL KM 141 +180 AL KM 252+400 DEL TRAMO 5 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA SUR EN EL DISTRITO DE SAN ANTONIO DE CHUCA, CAYLLOMA - AREQUIPA
CLIENTE: LUDWING MONTEAGUDO GÓMEZ
CONTACTO: LUDWING MONTEAGUDO GÓMEZ
E MAIL: ludwingmg@hotmail.com
TELEFONO: 979716110
LUGAR DE MUESTREO: PILLONES
FECHA MUESTREO: 18/12/2021
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MUESTREO REALIZADO POR EL CLIENTE
MUESTREO POR: ING. CAROLINA HUANCA MIRANDA
LUGAR DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO: LABORATORIO CENTRAL GRUPO RPG SAC
FECHA DE ENSAYO: 18/12/2021
FECHA EMISIÓN: 20/12/2021
CONDICIÓN DE LA MUESTRA ENSAYADA: POR PREPARACIÓN SECA



I.- ENSAYO DEL LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)

1.- Número de golpes	1	24	32	16	-
2.- Número de recipiente	1	1	3	15	-
3.- Peso de recipiente	0.01g	13.96	13.94	13.96	-
4.- Peso de material húmedo + recipiente	0.01g	36.98	30.65	41.55	-
5.- Peso de material seco + recipiente	0.01g	32.52	27.59	34.25	-
6.- Peso de agua	0.01g	4.46	3.06	7.30	-
7.- Peso de material seco	0.01g	18.56	13.65	20.29	-
8.- Contenido de humedad	1%	24	22	36	-
9.- Observaciones	-	-	-	-	-



II.- ENSAYO DEL LÍMITE PLÁSTICO

Nro. De recipiente	-	1	2	-	-
1.- Peso de recipiente	0.01g	13.93	13.78	-	-
2.- Peso de material húmedo + recipiente	0.01g	21.38	21.71	-	-
3.- Peso de material seco + recipiente	0.01g	20.05	20.20	-	-
4.- Peso de agua	0.01g	1.33	1.51	-	-
5.- Peso de material seco	0.01g	6.12	6.42	-	-
6.- Contenido de humedad	1%	22	24	-	-
7.- Promedio del contenido de humedad	1%	23	-	-	-
8.- Observaciones	-	-	-	-	-

III.- DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES DE SUELO

III.- CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
1.- Límite Líquido	1%	27.00
2.- Límite Plástico	1%	22.63
3.- Índice de plasticidad	1%	4.37
4.- Fracción de muestra utilizada	-	EN MALLA Nro. 40

OBSERVACIONES:

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización del Laboratorio de Grupo RPG.
El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia.
El informe de ensayo sólo es válido para la muestra de lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra.
Los resultados de ensayos no debe ser utilizados como una certificación de conformidad.



Ensayo	: Peso unitario del suelo por método parafina
Calicata	: C-2
Profundidad	: 0.00 - 1.00 m
Norma	: ASTM D 7263
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

1



PESO UNITARIO HÚMEDO		UND
Peso del suelo	56.80	gf
Peso del suelo + parafina	73.30	gf
Peso de la parafina	16.50	gf
Volumen del agua	600.000	ml
Volumen del agua + suelo + parafina	645.000	ml
Volumen del suelo + parafina	45	cm ³
Peso específico de la parafina	0.87	gf/cm ³
Volumen de la parafina	18.97	cm ³
Volumen del suelo	26.03	cm ³
Peso Unitario Húmedo (γ)	2.18	gf/cm ³

CONTENIDO DE HÚMEDAD		
Nº de Ensayo	1	2
Nº de Tara	A	B
Peso de tara (gf)	27.34	27.19
Peso muestra húmeda(gf)	20.34	28.58
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	47.68	55.77
Peso de tara y muestra seca (gf)	44.87	52.74
Peso del agua (gf)	2.81	3.03
Peso del suelo seco (gf)	17.53	25.55
Cont. Humedad parcial (%)	16.03	11.86
Cont. Humedad final (%)	13.94	

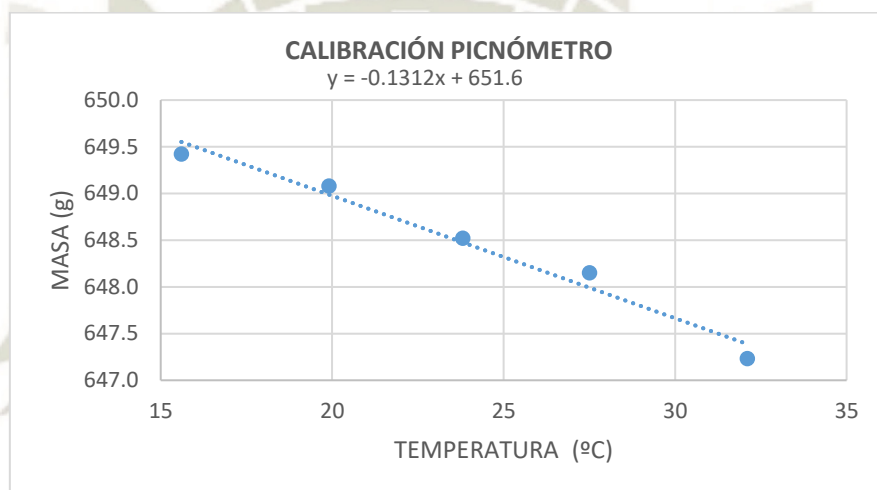
PARAMETROS		UND
Peso Unitario Seco (γ_d)	1.91	gf/cm ³
Peso Unitario de las partículas sólidas	2.651	gf/cm ³
Relación de vacíos (e)	0.38	
Porosidad (n)	27.76	%
Grado de saturación (G)	96.17	%



Ensayo	: Gravedad Especifica de los suelos por picnómetro de agua	Estrato:	1
Calicata	: C-2		
Profundidad	: 0.00 - 1.00 m		
Norma	: MTC E 113		
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María		



CALIBRACIÓN PICNOMETRO		
Peso fiola	153.07	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	15.6	649.42
2	19.9	649.08
3	23.8	648.52
4	27.5	648.15
5	32.1	647.23



ESTRATO 1 (0.00 - 1.00 M)	
DATOS DE CALIBRACIÓN	
Peso promedio calibrada del picnometro seco (gf)	153.07
Temperatura de calibración (°C)	19.8
Peso del picnometro y agua a temperatura de calibración (gf)	649.00
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99825
Volumen promedio calibrado del picnometro (ml)	496.80

ESTRATO 1 (0.00 - 1.00 m)	
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS	
Peso de la muestra de suelo (gf)	75.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	22.3
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.9977
Peso del picnometro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	648.73
Peso del picnometro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	693.51
Peso de los sólidos secada al horno (gf)	71.89
Peso específico de los sólidos a la temperatura de ensayo	2.652
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	0.9995
Gravedad específica de los sólidos del suelo a 20°C	2.65



Ensayo	: Compactación de suelos – Proctor modificado
Calicata	: C-2
Profundidad	: 0.00 - 1.00 m
Norma	: MTC E 115 – Método A
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

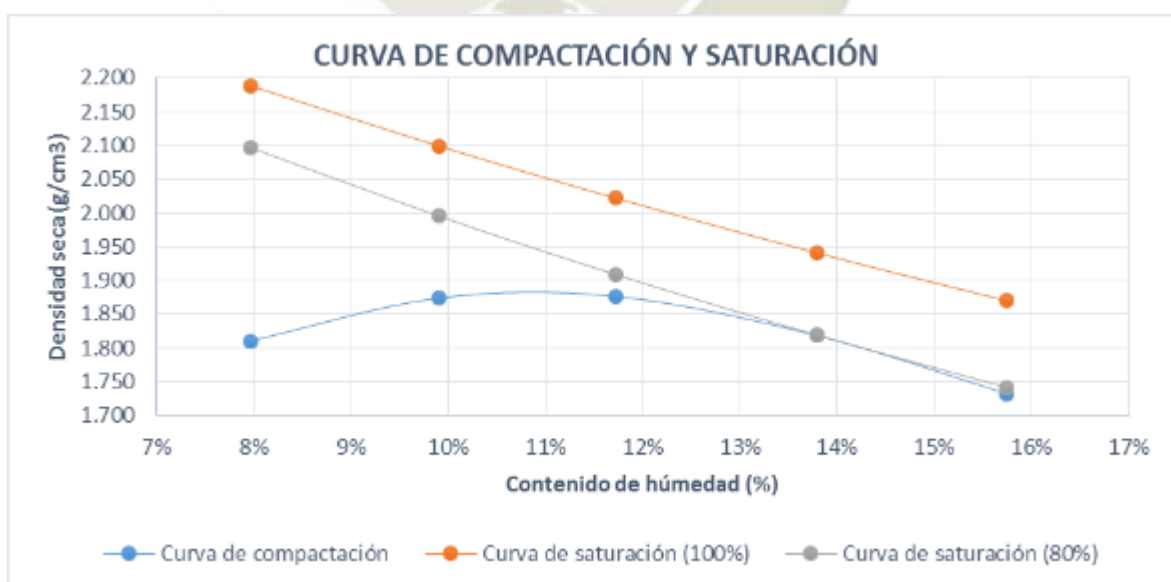
Estrato: 1



ENSAYO	Und.	1(8%)	2(10%)	3(12%)	4(14%)	5(16%)
Molde		A	A	B	C	D
Peso molde	gf	3799	3799	3456	3753	3413
Peso molde + suelo compactado	gf	5640.5	5739.5	5419.5	5696	5329.5
Peso suelo compactado	gf	1841.5	1940.5	1963.5	1943	1916.5
Volumen del molde	cm ³	942.14	942.14	936.50	938.80	955.56
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.955	2.060	2.097	2.070	2.006

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4	5
Peso de tara	gf	118.11	170.42	169.91	176.77	120.3
Peso tara + suelo húmedo	gf	376.99	386.79	550.98	491.66	308.73
Peso tara + suelo seco	gf	357.9	367.3	511	453.5	283.1
Peso de suelo húmedo	gf	258.88	216.37	381.07	314.89	188.43
Peso de suelo seco	gf	239.79	196.88	341.09	276.73	162.8
Peso de agua	gf	19.09	19.49	39.98	38.16	25.63
Húmedad	%	7.96%	9.90%	11.72%	13.79%	15.74%
Contenido de humedad	%	7.96%	9.90%	11.72%	13.79%	15.74%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.810	1.874	1.877	1.819	1.733
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.189	2.100	2.022	1.941	1.870
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.097	1.996	1.909	1.819	1.742

contenido humedad optimo	11.05%	densidad seca máxima	1.88 gf/cm ³





Ensayo	: Compactación de suelos para CBR – Proctor modificado
Calicata	: C-2
Profundidad	: 0.00 - 1.00 m
Norma	: MTC E 115 – Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

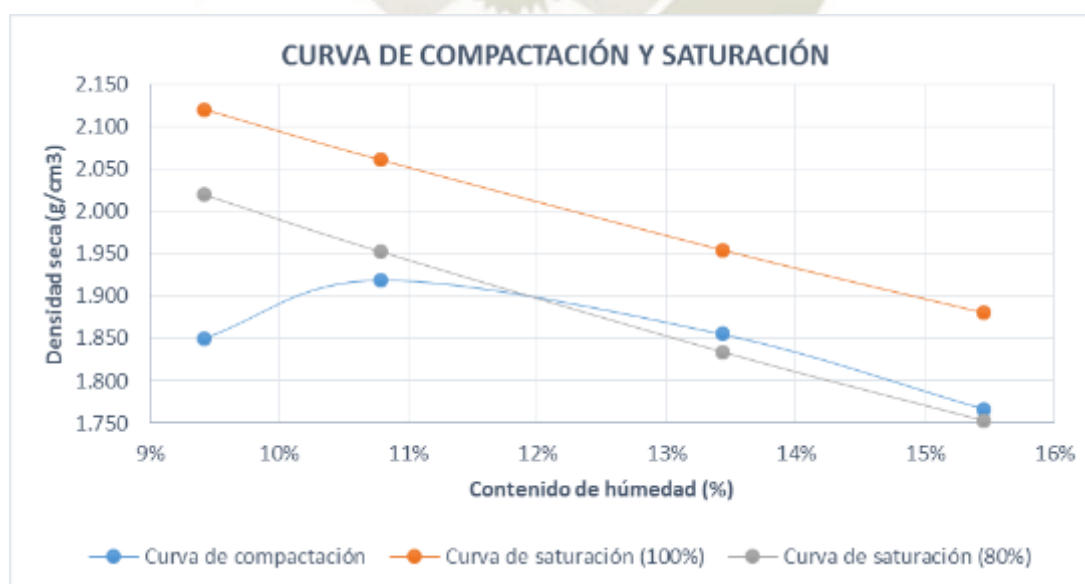
Estrato: 1



ENSAYO	Und.	1(9%)	2(11%)	3(13%)	4(15%)
Molde		B	B	A	A
Peso molde	gf	6617	6617	6633.5	6633.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10940.5	11156	11135	10997
Peso suelo compactado	gf	4323.5	4539	4501.5	4363.5
Volumen del molde	cm ³	2135.03	2135.03	2139.26	2139.26
Peso específico húmedo	gf/cm ³	2.025	2.126	2.104	2.040

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	27.16	113.7	28.33	120.9
Peso tara + suelo húmedo	gf	190.07	320.6	209.85	345.53
Peso tara + suelo seco	gf	176.04	300.45	188.36	315.46
Peso de suelo húmedo	gf	162.91	206.9	181.52	224.63
Peso de suelo seco	gf	148.88	186.75	160.03	194.56
Peso de agua	gf	14.03	20.15	21.49	30.07
Humedad	%	9.42%	10.79%	13.43%	15.46%
Contenido de humedad	%	9.42%	10.79%	13.43%	15.46%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.851	1.919	1.855	1.767
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.121	2.061	1.955	1.880
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.020	1.953	1.834	1.753

Contenido humedad optimo	11.56%	Densidad seca máxima	1.92 gf/cm ³



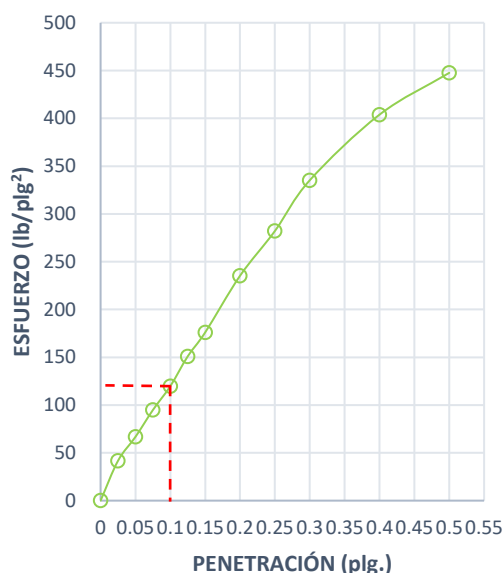


Ensayo : CBR para suelos (Laboratorio)
Calicata : C-2
Profundidad : 0.00 - 1.00 m
Norma : MTC E 132
Laboratorio : Universidad Católica de Santa María

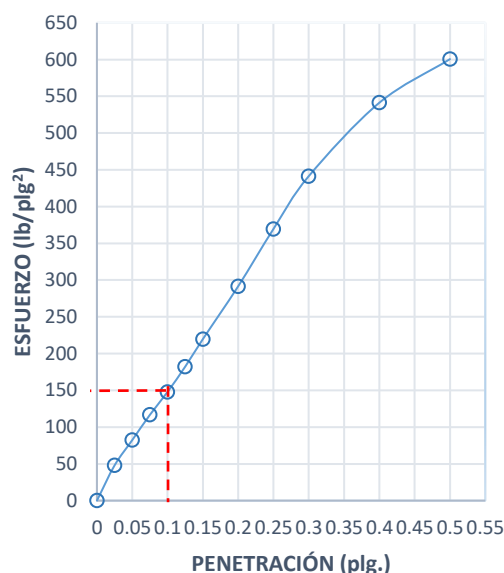
Estrato: 1



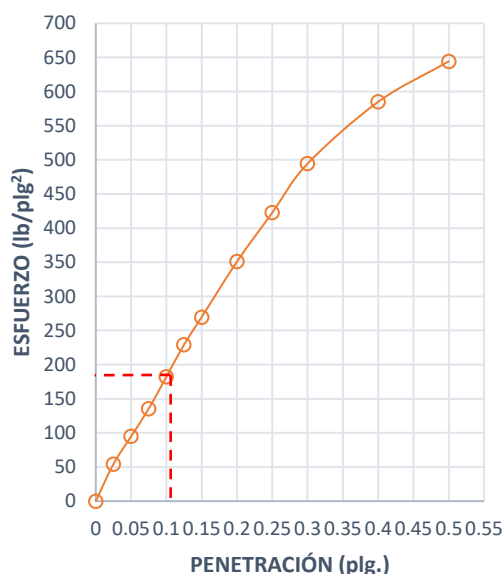
12 GOLPES



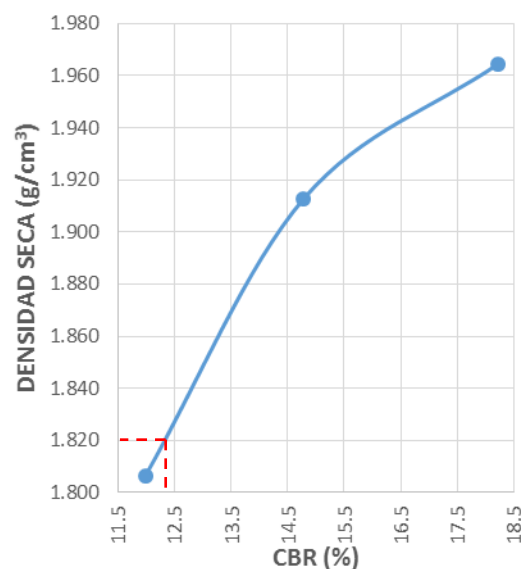
26 GOLPES



55 GOLPES



CURVA DENSIDAD - CBR



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG	1.92	15.10%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG	1.82	12.30%
DENSIDAD SECA NATURAL	1.91	14.60%

Nota: El valor CBR especificado según norma es para un MDS de 95% y 0.1 plg es decir 12.3%



Ensayo	: Análisis granulométrico de suelos por tamizado
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: MTC E 107
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 2



Muestra inicial (gf)	2000

Pérdida (gf)	1.4

Pérdida (%)	0.07

Porcentaje de material	
% grava	16.62
% arena	75.39
% limos y arcillas	7.99

Deciles	
d10	0.09
d30	0.30
d60	1.73

Coefficientes	
coef. uniformidad	19.167
coef. curvatura	0.580

Variables AASHTO	
a	0
b	0
c	0
d	0

Indice de grupo (IG)	0

mall ASTM	abertura (mm)	peso retenido (gf)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje pasante (%)
>3"				
3"	75.000		0.00	100.00
1 1/2"	38.100		0.00	100.00
3/4"	19.000	15.60	0.78	99.22
3/8"	9.500	95.00	4.75	94.47
nº 4	4.760	221.50	11.08	83.38
nº 8	2.360	324.30	16.23	67.16
nº 16	1.100	289.90	14.51	52.65
nº 30	0.590	198.70	9.94	42.71
nº 50	0.297	256.20	12.82	29.89
nº 100	0.149	280.90	14.05	15.84
nº 200	0.075	156.80	7.85	7.99
fondo	-	159.70	7.99	0.00
total		1998.6	100.00	

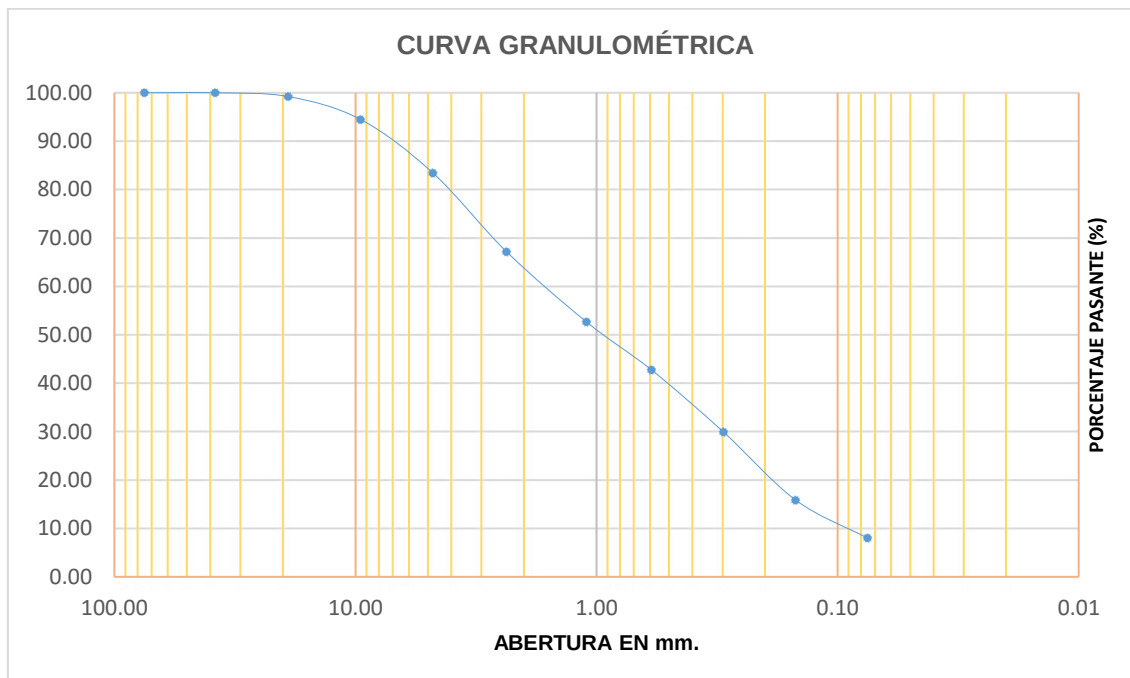
L.L.	31.39
I.P.	7.44

Clasificación del suelo	
SUCS	arena mal graduada con arcilla y grava (SP-SC)
AASHTO	a-2-4 (0)



Ensayo	: Análisis granulométrico de suelos por tamizado
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: MTC E 107
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato: 2





Ensayo	: Índice de plasticidad de suelos
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

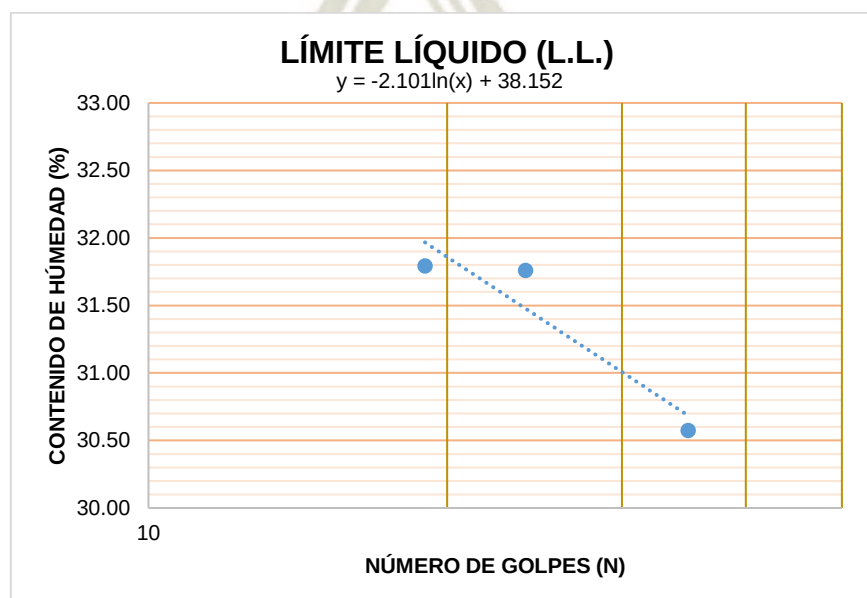
2



LÍMITE LÍQUIDO			
Nº de Golpes	24	19	35
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	28.26	27.77	27.15
Peso muestra húmeda(gf)	30.99	29.64	31.09
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	59.25	57.41	58.24
Peso de tara y muestra seca (gf)	51.78	50.26	50.96
Peso del agua (gf)	7.47	7.15	7.28
Peso del suelo seco (gf)	23.52	22.49	23.81
Cont. Humedad (%)	31.76	31.79	30.58
LÍMITE LÍQUIDO (%)	31.39		

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	114.19	118.85	120.89
Peso muestra húmeda(gf)	5.19	2.01	2.08
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	119.38	120.86	122.97
Peso de tara y muestra seca (gf)	118.33	120.46	122.6
Peso del agua (gf)	1.05	0.40	0.37
Peso del suelo seco (gf)	4.14	1.61	1.71
Cont. Humedad (%)	25.36	24.84	21.64
LÍMITE PLÁSTICO (%)	23.95		

ÍNDICE DE PLASTICIDAD(I_p)	7.44
ÍNDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO(I_{pc})	8.31
PASANTE MALLA Nº 40	CL





Ensayo	: Peso unitario de los suelos por método parafina
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: ASTM D 7263
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

2



PESO UNITARIO HÚMEDO		UND
Peso del suelo	85.50	gf
Peso del suelo + parafina	87.80	gf
Peso de la parafina	2.30	gf
Volumen del agua	600.000	ml
Volumen del agua + suelo + parafina	643.000	ml
Volumen del suelo + parafina	43	cm ³
Peso específico de la parafina	0.87	gf/cm ³
Volumen de la parafina	2.64	cm ³
Volumen del suelo	40.36	cm ³
Peso Unitario Húmedo (γ)	2.12	gf/cm ³

CONTENIDO DE HÚMEDAD		
Nº de Ensayo	1	2
Nº de Tara	A	B
Peso de tara (gf)	28.27	123.15
Peso muestra húmeda (gf)	42.35	37.05
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	70.62	160.20
Peso de tara y muestra seca (gf)	65.80	156.00
Peso del agua (gf)	4.82	4.20
Peso del suelo seco (gf)	37.53	32.85
Cont. Humedad parcial (%)	12.84	12.79
Cont. Humedad final (%)	12.81	

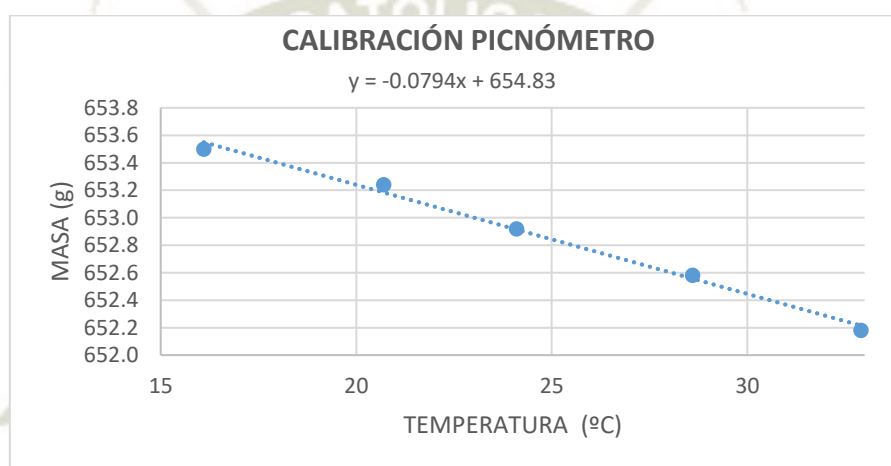
PARAMETROS		UND
Peso Unitario Seco (γ_d)	1.88	gf/cm ³
Peso Unitario de las partículas sólidas	2.507	gf/cm ³
Relación de vacíos (e)	0.34	
Porosidad (n)	25.10	%
Grado de saturación (G)	95.89	%



Ensayo	: Gravedad específica de los suelos por picnómetro de agua	Estrato:	2
Calicata	: C-2		
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m		
Norma	: MTC E 113		
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María		



CALIBRACIÓN PICNOMETRO		
Peso fiola	156.2	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.1	653.5
2	20.7	653.24
3	24.1	652.92
4	28.6	652.58
5	32.9	652.18



ESTRATO 2 (1.00 - 1.50 M)	
DATOS DE CALIBRACIÓN	
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	156.20
Temperatura de calibración (°C)	19.9
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	653.25
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99823
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	497.93

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS	
Peso de la muestra de suelo (gf)	100.00
Temperatura de agua en el ensayo (°C)	22.0
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99777
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	653.02
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	712.07
Peso de los sólidos secada al horno (gf)	98.2
Peso específico de los sólidos a la temperatura de ensayo	2.508
Coefficiente de temperatura de ensayo (K)	0.99957
Gravedad específica de los sólidos del suelo a 20°C	2.51



Ensayo	: Compactación de suelos – Proctor modificado
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: MTC E 115 – Metodo A
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

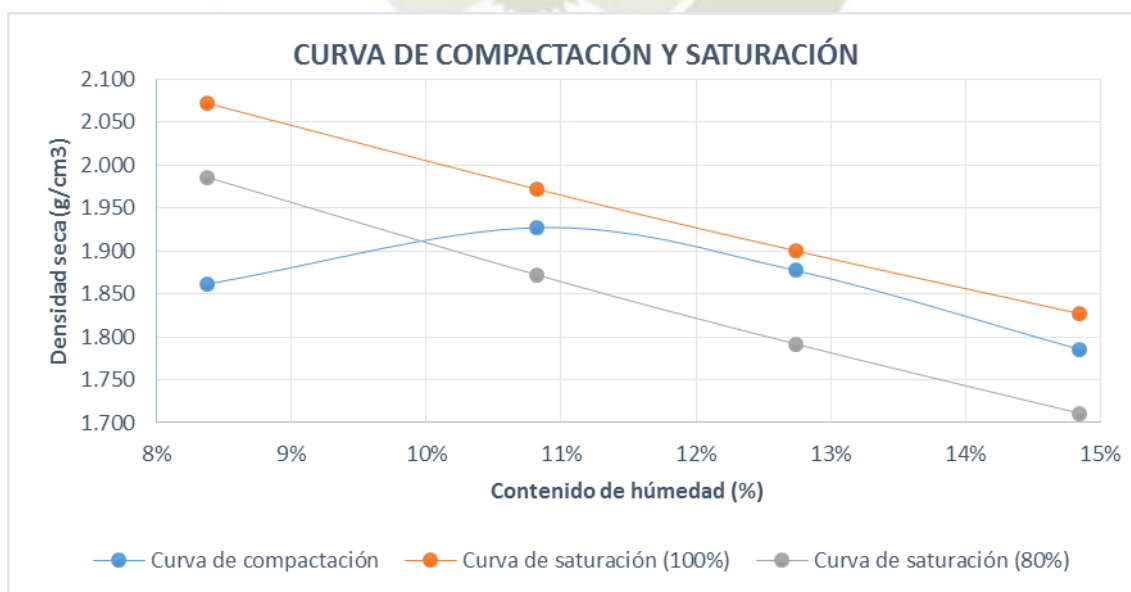
Estrato: 2



ENSAYO	Und.	2(10%)	3(12%)	4(14%)	5(16%)
Molde		B	C	A	D
Peso molde	gf	3456	3753	3799	3413
Peso molde + suelo compactado	gf	5345	5758	5793	5372.5
Peso suelo compactado	gf	1889	2005	1994	1959.5
Volumen del molde	cm ³	936.50	938.80	942.14	955.56
Peso específico húmedo	gf/cm ³	2.017	2.136	2.116	2.051

HUMEDAD	Und.	2	3	4	5
Peso de tara	gf	27.2	27.3	120.4	118.2
Peso tara + suelo húmedo	gf	119	195.1	345.5	409.5
Peso tara + suelo seco	gf	111.91	178.72	320.06	371.85
Peso de suelo húmedo	gf	91.8	167.8	225.1	291.3
Peso de suelo seco	gf	84.71	151.42	199.66	253.65
Peso de agua	gf	7.09	16.38	25.44	37.65
Humedad	%	8.37%	10.82%	12.74%	14.84%
Contenido de humedad	%	8.37%	10.82%	12.74%	14.84%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.861	1.927	1.877	1.786
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.072	1.972	1.900	1.827
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	1.986	1.872	1.792	1.711

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	10.90%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.93 gf/cm ³





Ensayo	: Compactación de suelos para CBR– Proctor modificado
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: MTC E 115 – Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

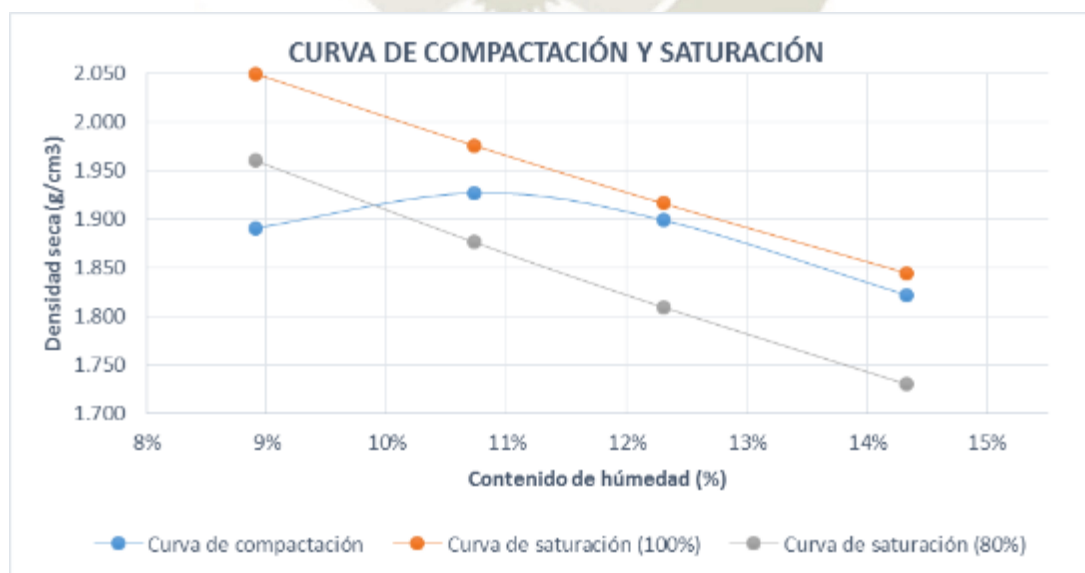
Estrato: 2



ENSAYO	Und.	1(8%)	2(10%)	3(12%)	4(14%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6633.5	6633.5	6633.5	6633.5
Peso molde + suelo compactado	gf	11039	11198	11195.5	11090
Peso suelo compactado	gf	4405.5	4564.5	4562	4456.5
Volumen del molde	cm ³	2139.26	2139.26	2139.26	2139.26
Peso específico húmedo	gf/cm ³	2.059	2.134	2.133	2.083

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	120.91	114.17	118.11	121.01
Peso tara + suelo húmedo	gf	356.6	333.4	301.94	325.09
Peso tara + suelo seco	gf	337.32	312.15	281.8	299.52
Peso de suelo húmedo	gf	235.69	219.23	183.83	204.08
Peso de suelo seco	gf	216.41	197.98	163.69	178.51
Peso de agua	gf	19.28	21.25	20.14	25.57
Humedad	%	8.91%	10.73%	12.30%	14.32%
Contenido de humedad	%	8.91%	10.73%	12.30%	14.32%
Peso específico seco	gf/cm ³	1.891	1.927	1.899	1.822
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.049	1.976	1.916	1.845
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	1.960	1.876	1.809	1.730

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	10.80%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.93 gf/cm ³





Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio
Calicata	: C-2
Profundidad	: 1.00 - 1.50 m
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

Estrato:

2



Compactación CBR

Nº golpes	12 (7)		26 (cbr-9)		55 (cbr-10)	
Condición de muestra	antes	después	antes	después	antes	después
Nº molde	a		b		c	
Volumen molde (cm ³)	2093.64	2093.64	2099.38	2099.38	2104.31	2104.31
Peso molde (gf)	8958.50	8958.50	9167.50	9167.50	9079.50	9079.50
Peso sh + molde (gf)	13150.50	13225.50	13510.00	13605.00	13595.00	13645.50
Peso sh (gf)	4192.00	4267.00	4342.50	4437.50	4515.50	4566.00
Densidad suelo humedo (gf/cm ³)	2.002	2.038	2.068	2.114	2.146	2.170
Tara (gf)	114.87	118.90	117.76	120.00	117.53	117.50
Tara + suelo humedo (gf)	257.45	294.49	284.96	260.03	306.61	307.85
Tara+suelo seco (gf)	243.40	274.65	268.90	244.35	288.60	287.80
Peso suelo húmedo (gf)	142.58	175.59	167.20	140.03	189.08	190.35
Peso suelo seco (gf)	128.53	155.75	151.14	124.35	171.07	170.30
Peso agua (gf)	14.05	19.84	16.06	15.68	18.01	20.05
Humedad parcial (%)	10.93%	12.74%	10.63%	12.61%	10.53%	11.77%
Densidad seca (gf/cm ³)	1.805	1.808	1.870	1.877	1.941	1.941

Determinación de expansión

altura muestra (mm)		115.00		115.00		115.33	
		lectura deformimetro					
lectura deformada 15/11/2019		1.81		8.10		8.56	
lectura deformada 16/11/2019		2.07		8.31		8.75	
lectura deformada 17/11/2019		2.09		8.34		8.82	
lectura deformada 18/11/2019		2.11		8.36		8.85	
lectura deformada 19/11/2019		2.18		8.37		8.85	
Tiempo acumulado		a		b		c	
		expansión		expansión		expansión	
(hs)	(días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	1	0.26	0.23	0.21	0.18	0.19	0.16
48	2	0.28	0.24	0.24	0.21	0.26	0.23
72	3	0.30	0.26	0.26	0.23	0.29	0.25
96	4	0.37	0.32	0.27	0.23	0.29	0.25

Ensayo carga - penetración

Penetración		molde n° 01			molde n° 02			molde n° 03		
(mm)	(pulg)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga	esfuerzo	lectura	carga	esfuerzo
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	6	135	44.85	13	200	66.71	25	313	104.17
1.27	0.050	17	238	79.20	28	341	113.54	47	519	172.85
1.91	0.075	27	331	110.42	41	462	154.12	63	668	222.81
2.54	0.100	37	425	141.64	54	584	194.71	78	809	269.64
3.18	0.125	46	509	169.73	66	697	232.17	88	903	300.86
3.81	0.150	55	593	197.83	78	809	269.64	97	987	328.95
5.08	0.200	71	743	247.78	97	987	328.95	114	1146	382.03
6.35	0.250	86	884	294.61	112	1127	375.78	130	1296	431.98
7.62	0.300	99	1006	335.20	125	1249	416.37	147	1455	485.05
10.16	0.400	120	1202	400.76	145	1436	478.81	172	1689	563.10
12.70	0.500	135	1343	447.59	162	1596	531.88	193	1886	628.67

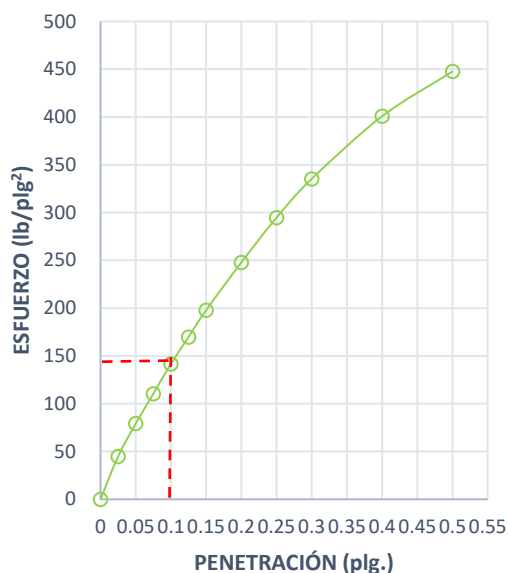


Ensayo : CBR de suelos en laboratorio
Calicata : C-2
Profundidad : 1.00 - 1.50 m
Norma : MTC E 132
Laboratorio : Universidad Católica de Santa María

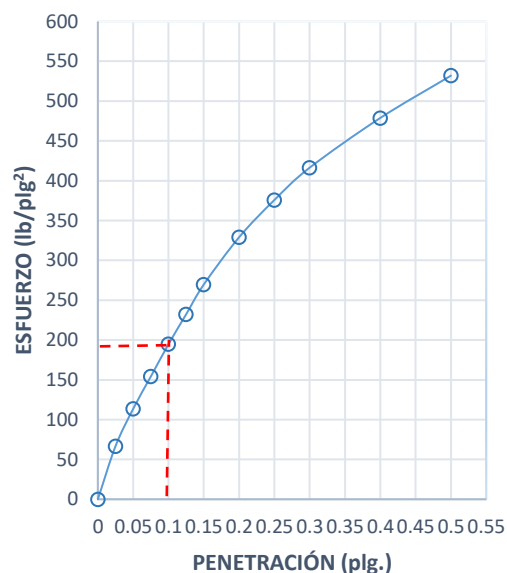
Estrato: 2



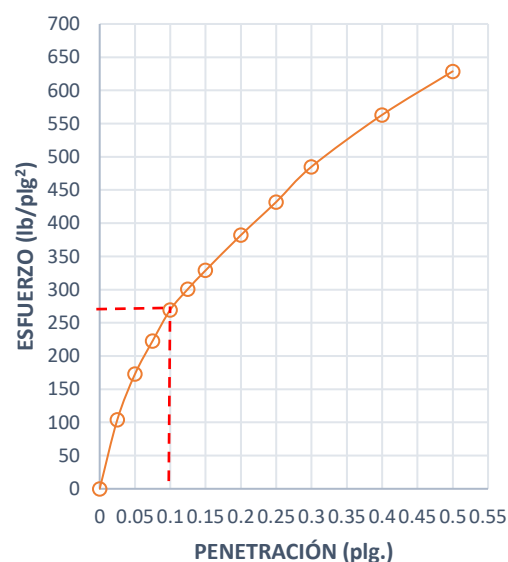
12 GOLPES



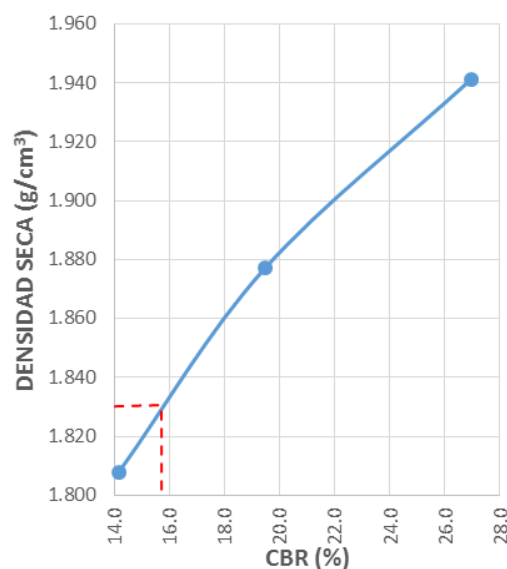
26 GOLPES



55 GOLPES



CURVA DENSIDAD - CBR



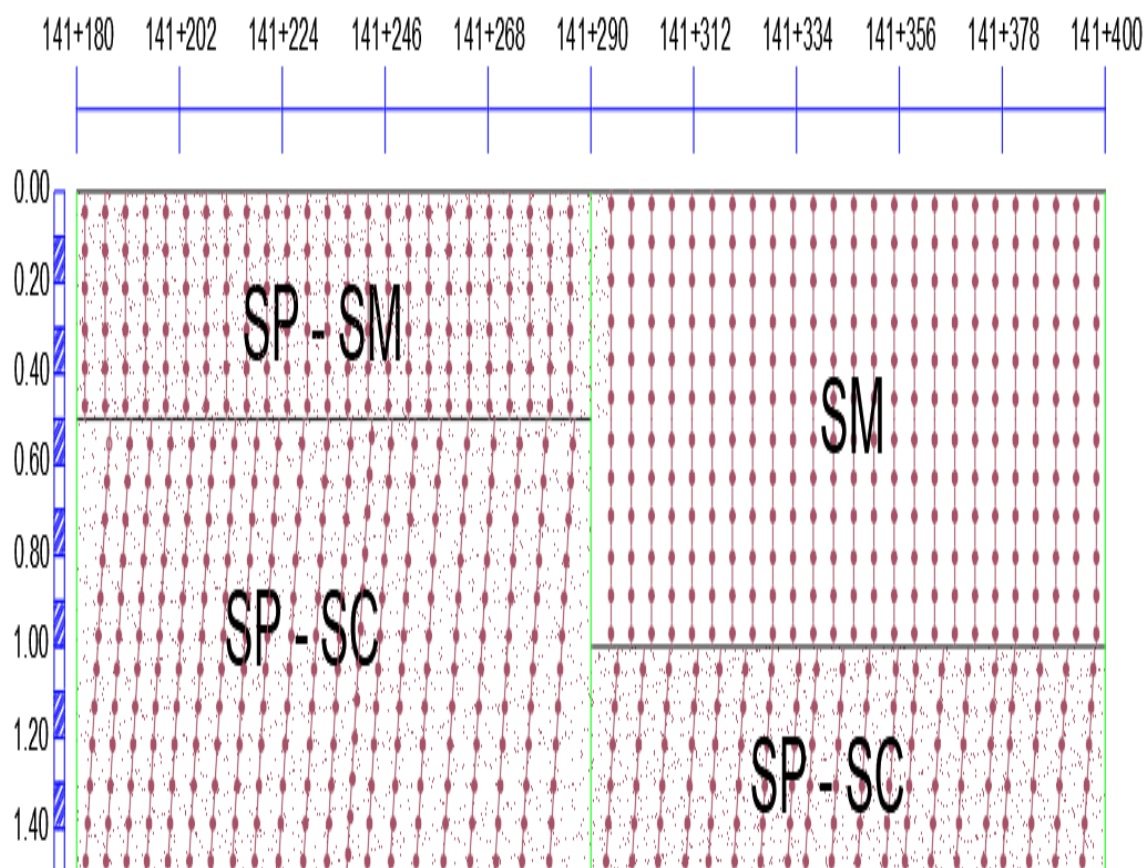
	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.93	25.60%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.83	15.60%
DENSIDAD SECA NATURAL	1.88	19.80%

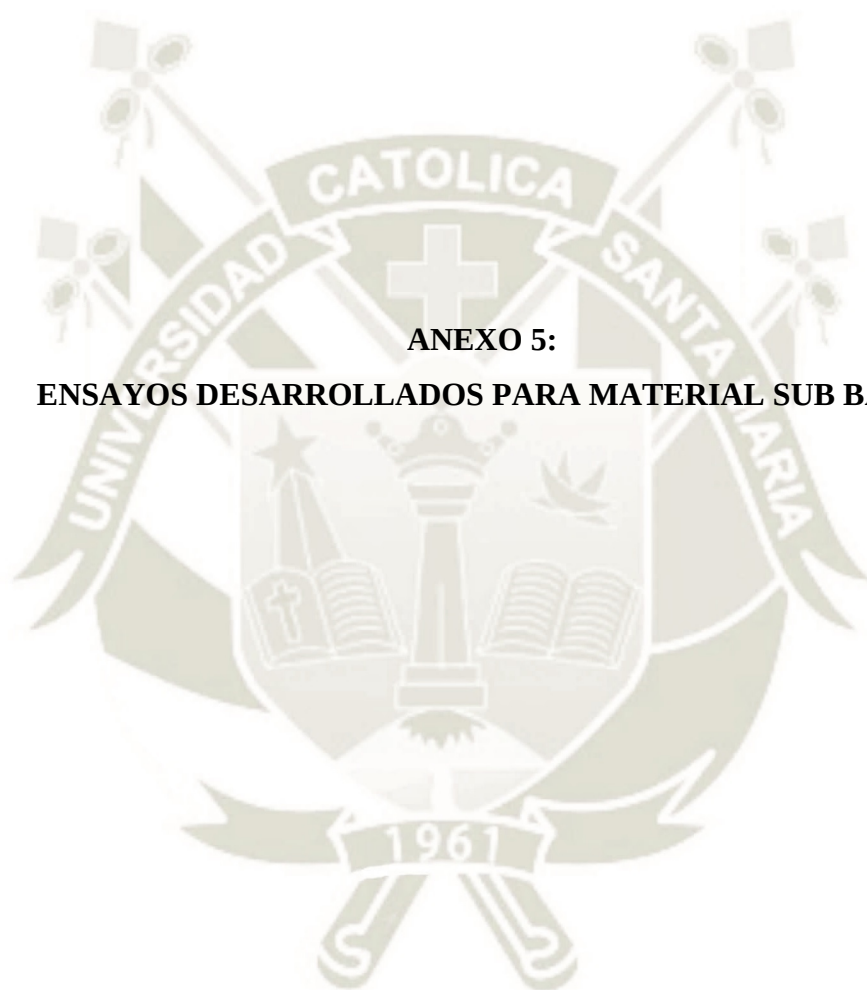
Nota: El valor CBR especificado según norma es para un MDS de 95% y 0.1 plg es decir 15.6%



ANEXO 4:

PERFIL ESTATIGRÁFICO DE LA VÍA





ANEXO 5:
ENSAYOS DESARROLLADOS PARA MATERIAL SUB BASE



Ensayo	: Análisis Granulométrico de Agregados gruesos y finos
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



MATERIAL SUBBASE GRANULAR TIPO A PESO RETENIDO 1				
Peso total seco(gf)			45218.50	Porcentaje (%)
Peso Ag. Grueso (gf)			25494.0	56.38
Peso Ag. Fino (gf)			19724.5	43.62
Peso fracción N° 4 (gf)			2019.9	10.24
MATERIAL < TAMIZ N° 4				
HUMEDAD 1				
Tara	114.2	166.8	117.1	371.3
Tara + hum.	227.4	341.5	308.2	2537.0
Tara + seco	220.6	331.1	296.8	2400.6
Cont. Hum. (%)	6.4	6.3	6.3	6.7
Promedio (%)	6.4			
Peso Húmedo	20995		Peso seco	19724.50
MATERIAL SUBBASE GRANULAR TIPO A PESO RETENIDO 2				
Peso total seco (gf)			32719.0	Porcentaje (%)
Peso Ag. Grueso (gf)			18519.5	56.60
Peso Ag. Fino (gf)			14199.5	43.40
Peso fracción N° 4 (gf)			1500.6	10.57
MATERIAL < TAMIZ N° 4				
HUMEDAD 2				
Tara	371	372.5	123.5	371.27
Tara + hum.	1398	1428	351.5	2537
Tara + seco	1347.5	1376	340.3	2430.5
Cont. Hum. (%)	5.2	5.2	5.2	5.2
Promedio (%)	5.2			
Peso Húmedo	14934		Peso seco	14199.5

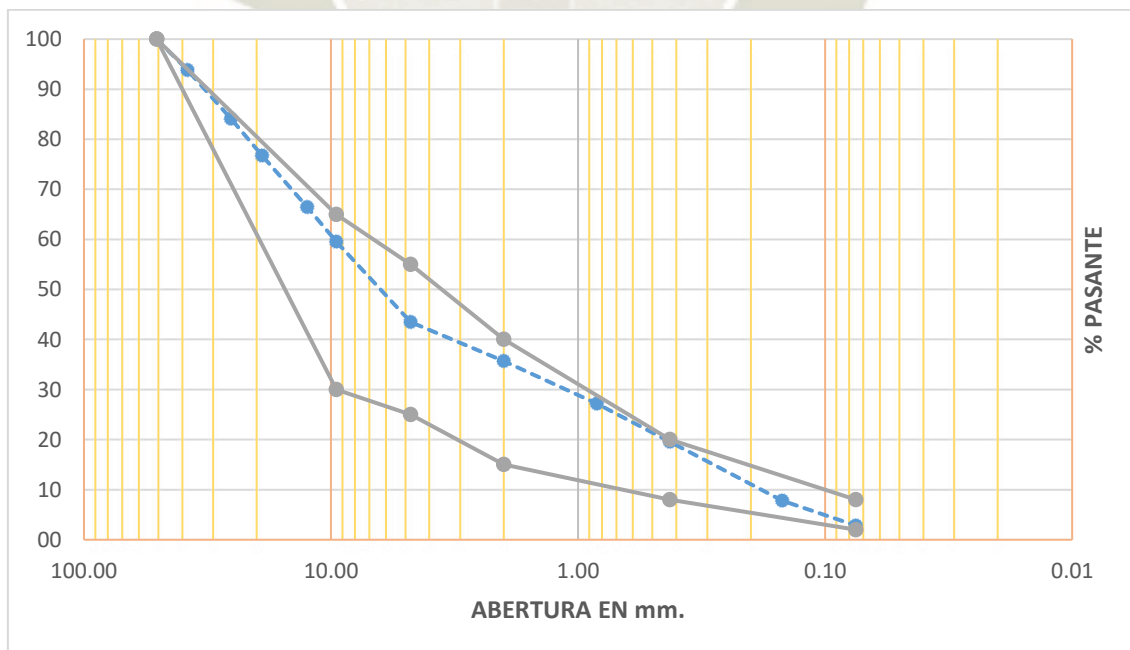
CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL				
SUCS	GP (Grava mal graduada con arena)			
AASHTO	A-1-a (0)			
PORCENTAJE (%)				
>3"	GRAVA		ARENA	LIMO Y ARCILLAS
0	56.5		40.7	2.8
DECILES			COEFICIENTES	
D10	D30	D60	Cu	Cc
0.19	1.10	9.90	52.11	0.64
VARIABLES (AASHTO)				
A	B		C	D
0	0		0	0
INDICE DE GRUPO (IG)				0



Ensayo	: Análisis Granulométrico de Agregados gruesos y finos
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ASTM D 422		Peso Retenido (gf)		PORCENTAJE (%)			ESPECIFIC. Tabla 402-01/A
Tamaño	Abertura (mm)	1	2	Retenido	Acum.	Pasante	
>3"							
3"	75.000					100.0	
2"	50.800	0.0	0	0.0	0.0	100.0	100.0
1 1/2"	38.100	2897.5	1942	6.2	6.2	93.8	
1"	25.400	4083.0	3424	9.7	15.9	84.1	
3/4"	19.000	3379.0	2344	7.3	23.2	76.8	
1/2"	12.500	4553.5	3469	10.3	33.6	66.4	
3/8"	9.500	3212.5	2190	6.9	40.5	59.5	30-65
Nº 4	4.760	7368.5	5150.5	16.0	56.5	43.5	25-55
Nº 10	2.000	342.9	286.9	7.9	64.3	35.7	15-40
Nº 20	0.840	394.4	290.1	8.5	72.8	27.2	
Nº 40	0.425	373.9	250.5	7.7	80.5	19.5	8-20
Nº 100	0.149	558.7	394.8	11.7	92.2	7.8	
Nº 200	0.075	217.1	182.2	5.0	97.2	2.8	2-8
FONDO	-	132.8	96.1	2.8	100.0	0.0	
TOTAL		27513.9	20020.1	100.00			





Ensayo	: Determinación Índice de plasticidad
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



LÍMITE LÍQUIDO	
Nº de Golpes	NO PRESENTA
Nº de Tara	
Peso de tara (gf)	
Peso muestra húmeda(gf)	
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	
Peso de tara y muestra seca (gf)	
Peso del agua (gf)	
Peso del suelo seco (gf)	
Cont. Humedad (%)	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NO PRESENTA

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	NO PRESENTA		
Peso muestra húmeda(gf)			
Peso de tara y muestra húmeda (gf)			
Peso de tara y muestra seca (gf)			
Peso del agua (gf)			
Peso del suelo seco (gf)			
Cont. Humedad (%)			
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NO PRESENTA		

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO (Ipc)	N.P.
PASANTE MALLA Nº 40	



Ensayo	: Partículas chatas y alargadas en agregados gruesos
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 223
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ASTM D 422		Peso Retenido (gf)	PORCENTAJE (%)		
Tamaño	Abertura (mm)		Retenido	Acumulado	Pasante
>3"					
3"	75.000				100.00
2"	50.800	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	2897.5	11.37	11.37	88.63
1"	25.400	4083	16.02	27.38	72.62
3/4"	19.000	3379	13.25	40.64	59.36
1/2"	12.500	4553.5	17.86	58.50	41.50
3/8"	9.500	3212.5	12.60	71.10	28.90
Nº 4	4.760	7368.5	28.90	100.00	0.00
TOTAL		25494	100.00		

Ensayo nº 1									
Tamiz		Total		Partículas chatas		Partículas alargadas		Ni chatas ni alargadas	
Pasa	Retiene	Nº piezas	peso (gf)	Nº piezas	peso (gf)	Nº piezas	peso (gf)	Nº piezas	peso (gf)
1 1/2"	1"	100	3689	1	25.65	NO PRESENTA		99	3663.35
1"	3/4"	100	1393	3	36.64			97	1356.36
3/4"	1/2"	100	556.32	4	18.44			96	537.88
1/2"	3/8"	100	205.77	5	7.08			95	198.69
3/8"	1/4"								
Total		400	5844.09	13	87.81			387	5756.28
Porcentaje de chatas y alargadas				1.50		no presenta			
Total chatas y alargadas (%)						1.50			

Ensayo nº 2									
Tamiz		Total		Partículas chatas		Partículas alargadas		Ni chatas ni alargadas	
Pasa	Retiene	Nº piezas	peso (gf)	Nº piezas	peso (gf)	Nº piezas	peso (gf)	Nº piezas	peso (gf)
1 1/2"	1"	100	3827.5	1	28.72	NO PRESENTA		99	3798.78
1"	3/4"	100	1601	2	22.5			98	1578.5
3/4"	1/2"	100	528.59	2	10.38			98	518.21
1/2"	3/8"	100	209.14	4	5.74			96	203.4
3/8"	1/4"								
Total		400	6166.23	9	67.34			391	6098.89
Porcentaje de chatas y alargadas				1.09		no presenta			
Total chatas y alargadas (%)						1.09			



Ensayo	: Abrasión de los Ángeles al desgaste de los agregados
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 207
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N° ENSAYO	1
GRADACIÓN	Tipo A
MALLA QUE RETIENE	PESO RETENIDO (gf)
1"	1262.67
3/4"	1253.92
1/2"	1245.2
3/8"	1245.96
TOTAL	5007.75
N° DE ESFERAS	12
N° DE REVOLUCIONES	500
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 SIN LAVAR (gf)	3055.5
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 LAVADO (gf)	3052.21
PESO PERDIDO DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gf)	1955.54
Porcentaje pérdida (%)	0.11
DESGASTE LOS ÁNGELES (%)	39.05

N° ENSAYO	2
GRADACIÓN	Tipo A
MALLA QUE RETIENE	PESO RETENIDO (gf)
1"	1250.26
3/4"	1251.35
1/2"	1250.19
3/8"	1250.06
TOTAL	5001.86
N° DE ESFERAS	12
N° DE REVOLUCIONES	500
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 SIN LAVAR (gf)	3115.5
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 LAVADO (gf)	3113.08
PESO PERDIDO DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gf)	1888.78
Porcentaje pérdida (%)	0.08
DESGASTE LOS ÁNGELES (%)	37.76

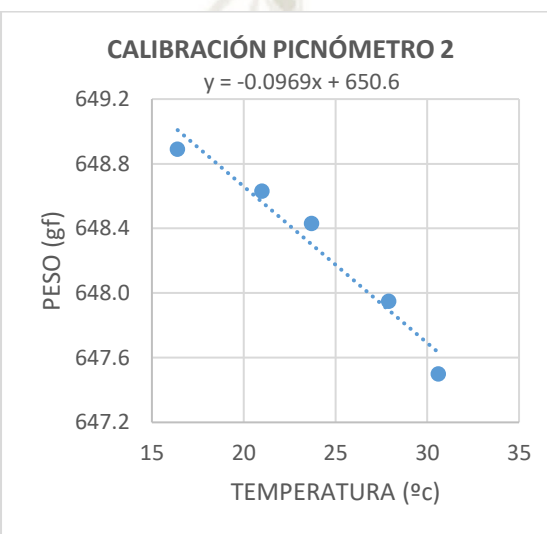
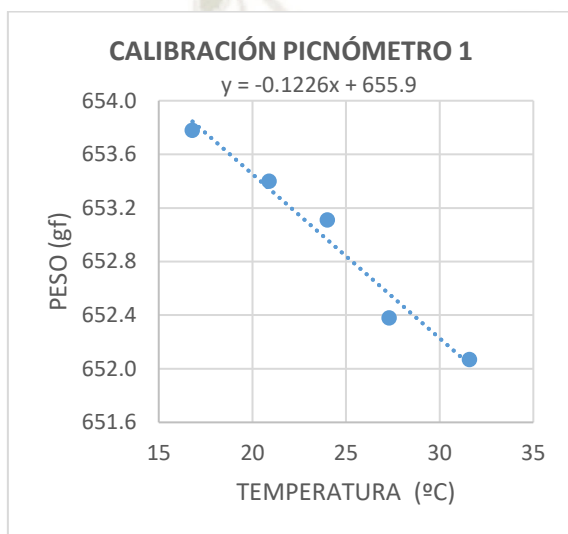


Ensayo	: Gravedad específica y absorción de los agregados finos
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



CALIBRACIÓN PICNOMETRO 1		
Peso fiola	155.9	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.8	653.78
2	20.9	653.4
3	24	653.11
4	27.3	652.38
5	31.6	652.07

CALIBRACIÓN PICNOMETRO 2		
Peso fiola	151.58	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.4	648.89
2	21	648.63
3	23.7	648.43
4	27.9	647.95
5	30.6	647.5



DATOS DE CALIBRACIÓN	PIC. 1	PIC. 2
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	155.90	151.58
Temperatura de calibración (°c)	20.80	20.60
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	653.35	648.60
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99804	0.99808
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	498.43	497.98

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 1	PIC. 2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gf)	500.13	500.09
Temperatura de agua en el ensayo (°c)	21.60	21.70
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99786	0.99784
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	653.26	648.48
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	953.95	948.70
Peso de tara (gf)	168.91	169.57
Peso de tara y espécimen seca (gf)	664.47	665.37
Peso del espécimen seca (gf)	495.56	495.8
Coefficiente de temperatura de ensayo (K)	0.99966	0.99963
Densidad relativa (gravedad específica) de masa (gf/cm³)	2.48	2.48
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca	2.51	2.50
Densidad relativa (gravedad específica) aparente (gf/cm³)	2.54	2.53
Absorción (%)	0.9	0.9



Ensayo	: Peso específico y absorción de agregados gruesos
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 206
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO N° 1		Und
Peso de la muestra	7000.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	5423.1	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	5655.8	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	3253.5	gf
Temperatura del agua	17.9	° C
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	1.00041	-
Peso específico aparente (Pea)	2.50	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.36	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.26	gf/cm ³
Absorción (Ab)	4.3	%

ENSAYO N° 2		Und
Peso de la muestra	7000.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	5385.4	gf
Peso de la muestra saturada superficialemte seca (B)	5600.1	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	3238.7	gf
Temperatura del agua	18.5	° C
Coeficiente de temperatura de ensayo (K) a 20 °C	1.00030	-
Peso específico aparente (Pea)	2.51	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.37	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.28	gf/cm ³
Absorción (Ab)	4.0	%

PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL SUBBASE GRANULAR		Und.
Promedio de Peso Específico de suelos retenido en tamiz 4.75 mm	2.51	gf/cm ³
Promedio de Peso Específico de suelos que pasan el tamiz 4.75 mm	2.54	gf/cm ³
Porcentaje de suelos retenido en tamiz 4.75 mm	56.5	%
Porcentaje de suelos que pasan el tamiz 4.75 mm	43.5	%
Peso específico promedio de la Subbase granular	2.52	gf/cm ³



Ensayo	: Equivalente de arena en agregado fino
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 114
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N° ENSAYO	1		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	23.1	22.7	23.9
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	11:23:00	11:25:00	11:27:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	11:33:00	11:35:00	11:37:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	11:35:00	11:37:00	11:39:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	11:55:00	11:57:00	11:59:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.40	4.00	3.40
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	5.10	5.80	5.20
EQUIVALENTE DE ARENA	67.0	69.0	65.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO - %)	67.0		

N° ENSAYO	2		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN	24.0	23.7	23.3
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	15:29:00	15:31:00	15:33:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	15:39:00	15:41:00	15:43:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	15:41:00	15:43:00	15:45:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	16:01:00	16:03:00	16:05:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.400	3.400	3.400
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	5.600	5.300	5.500
EQUIVALENTE DE ARENA	61.0	64.0	62.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO)	62.0		



Ensayo	: Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	117.55	117.55	117.55
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	155.72	155.72	155.72
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	653.73	653.73	653.73
Peso agua + sal (B) (gf)	498.01	498.01	498.01
Peso recipiente (alícuota) (gf)	118.2	124.05	111.61
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	65	95	95
Peso recipiente + alícuota (gf)	179.16	215.85	202.74
Peso alícuota (C) (gf)	60.96	91.8	91.13
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	118.31	124.22	111.79
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.11	0.17	0.18
SALES SOLUBLES (%)	0.770	0.791	0.844
PROMEDIO	0.802		

AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1179.68	1179.68	1179.68
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	151.01	151.01	151.01
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	647.95	647.95	647.95
Peso agua + sal (B) (gf)	496.94	496.94	496.94
Peso recipiente (alícuota) (gf)	124.58	114.19	106.97
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	75	85	95
Peso recipiente + alícuota (gf)	195.17	195.59	198.14
Peso alícuota (C) (gf)	70.59	81.4	91.17
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	124.6	114.24	107
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.02	0.05	0.03
SALES SOLUBLES (%)	0.012	0.026	0.014
PROMEDIO	0.017		



Ensayo	: Compactación de suelos – Proctor modificado - 1
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 – Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

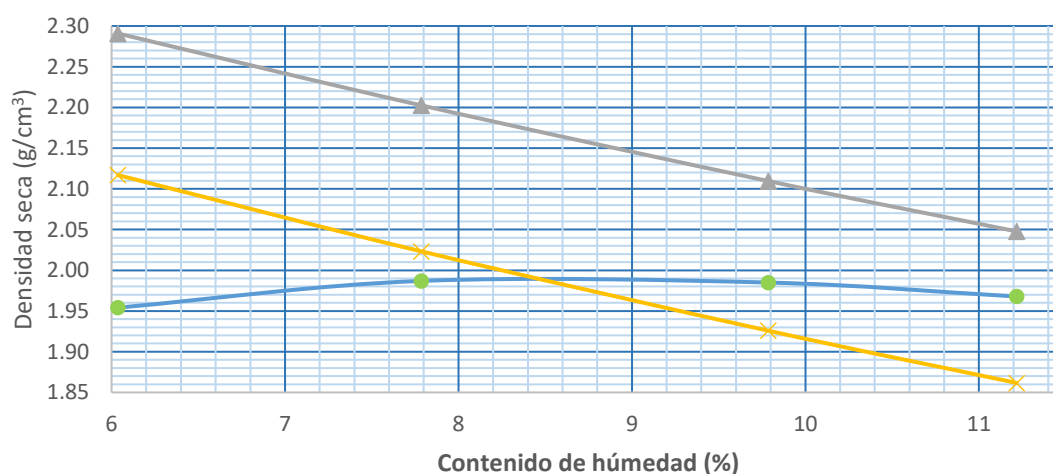


ENSAYO	Und.	1(6%)	2(8%)	3(10%)	4(12%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5
Peso molde + suelo compactado	gf	11057	11202.5	11281	11300.5
Peso suelo compactado	gf	4333.5	4479	4557.5	4577
Volumen del molde	cm ³	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35
Peso específico húmedo	g/cm ³	2.072	2.142	2.179	2.189

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	118.81	114.95	113.84	117.36
Peso tara + suelo húmedo	gf	403	385.71	446	453.93
Peso tara + suelo seco	gf	386.82	366.15	416.39	419.98
Peso de suelo húmedo	gf	284.19	270.76	332.16	336.57
Peso de suelo seco	gf	268.01	251.2	302.55	302.62
Peso de agua	gf	16.18	19.56	29.61	33.95
Humedad	%	6.04	7.79	9.79	11.22
Contenido de humedad	%	6.04	7.79	9.79	11.22
Peso específico seco	gf/cm ³	1.95	1.99	1.98	1.97
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.29	2.20	2.11	2.05
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.12	2.02	1.93	1.86

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	8.50%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.99 gf/cm ³

CURVA DE COMPACTACIÓN Y SATURACIÓN





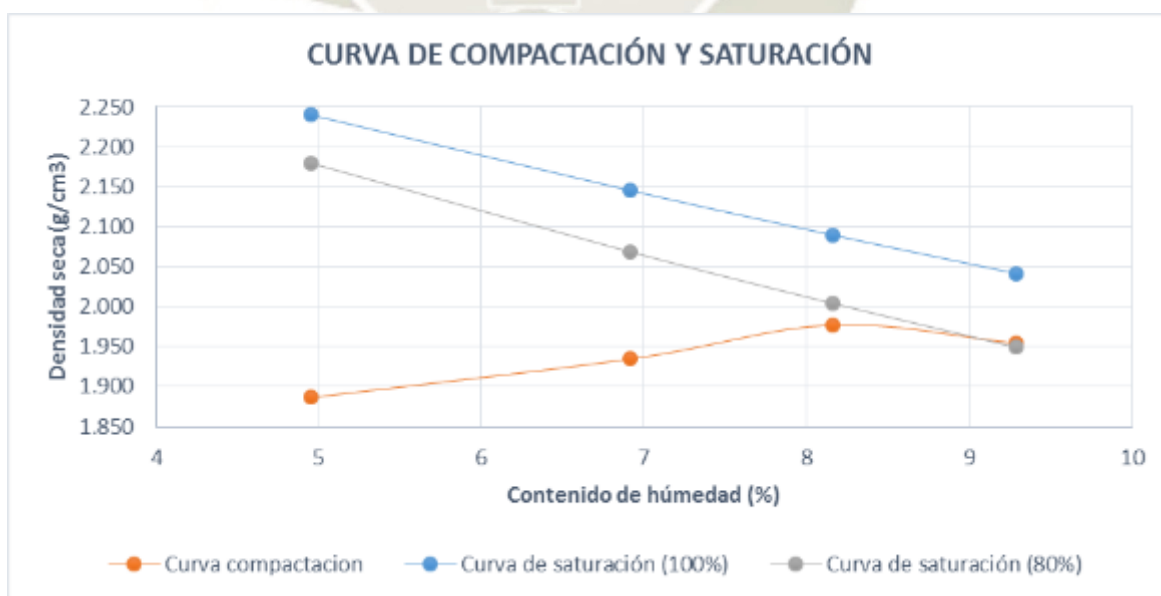
Ensayo	: Compactación de suelos – Proctor modificado - 2
Material	: Sub base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 – Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO	Und.	1(5%)	2(7%)	3(9%)	4(11%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10863.5	11049.5	11196	11190.5
Peso suelo compactado	gf	4140	4326	4472.5	4467
Volumen del molde	cm ³	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.980	2.069	2.139	2.136

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	372.22	121.21	115.81	117.86
Peso tara + suelo húmedo	gf	1051.66	533.9	480.98	506.73
Peso tara + suelo seco	gf	1019.62	507.2	453.43	473.67
Peso de suelo húmedo	gf	679.44	412.69	365.17	388.87
Peso de suelo seco	gf	647.4	385.99	337.62	355.81
Peso de agua	gf	32.04	26.7	27.55	33.06
Humedad	%	4.95	6.92	8.16	9.29
Contenido de humedad	%	4.95	6.92	8.16	9.29
Peso específico seco	gf/cm ³	1.886	1.935	1.977	1.954
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.240	2.145	2.090	2.041
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.18	2.069	2.004	1.949

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	8.30%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.98 gf/cm ³





Ensayo	: Compactación de suelos para CBR – Proctor modificado
Material	: Sub base Granular 1
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 – Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María

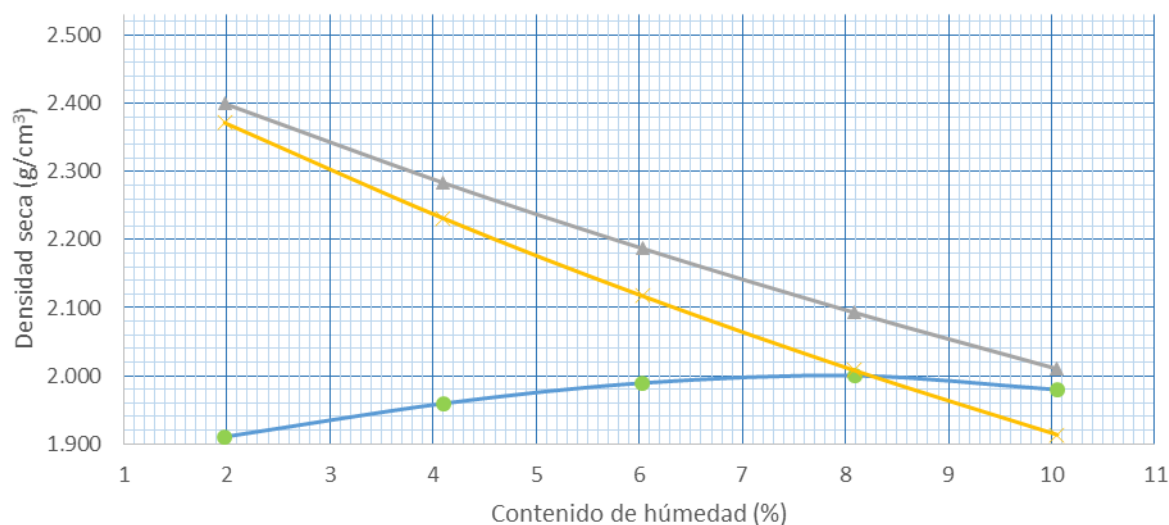


ENSAYO	Und.	1(2%)	2(4%)	3(6%)	4(8%)	5(10%)
Molde		A	A	A	A	A
Peso molde	gf	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10798	10989	11135	11245	11280
Peso suelo compactado	gf	4074.5	4265.5	4411.5	4521.5	4556.5
Volumen del molde	cm ³	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35
Peso específico húmedo	g/cm ³	1.948	2.040	2.109	2.162	2.179

HUMEDAD	Und.	1	3	4	3	4
Peso de tara	gf	479.16	376.03	372.34	372.22	373.79
Peso tara + suelo húmedo	gf	1699.11	1653.83	1393.66	1188.31	1585.94
Peso tara + suelo seco	gf	1675.45	1603.52	1335.58	1127.25	1475.21
Peso de suelo húmedo	gf	1219.95	1277.8	1021.32	816.09	1212.15
Peso de suelo seco	gf	1196.29	1227.49	963.24	755.03	1101.42
Peso de agua	gf	23.66	50.31	58.08	61.06	110.73
Humedad	%	1.98	4.10	6.03	8.09	10.05
Contenido de humedad	%	1.98	4.10	6.03	8.09	10.05
Peso específico seco	gf/cm ³	1.910	1.959	1.989	2.000	1.980
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.400	2.284	2.187	2.093	2.010
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.372	2.231	2.117	2.008	1.914

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	8.00%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.00 gf/cm ³

CURVA DE COMPACTACIÓN Y SATURACIÓN





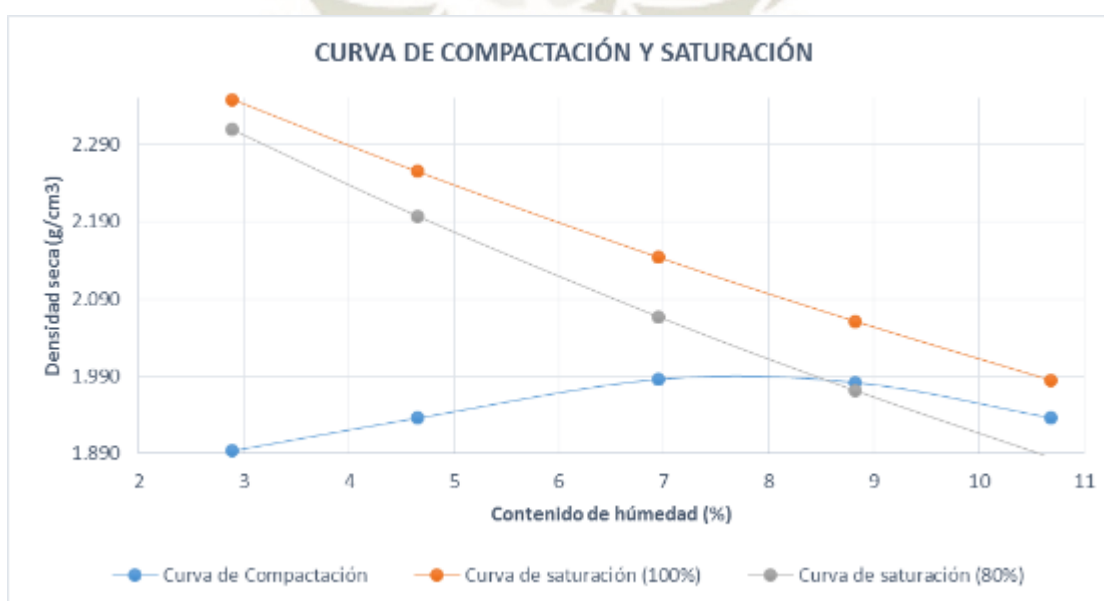
Ensayo	: Compactación de suelos para CBR – Proctor modificado
Material	: Sub base Granular 2
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 – Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO	Und.	1(3%)	2(5%)	3(7%)	4(9%)	5(10%)
Molde		A	A	A	A	A
Peso molde	gf	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10797.5	10960.5	11165.5	11234	11205.5
Peso suelo compactado	gf	4074	4237	4442	4510.5	4482
Volumen del molde	cm ³	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.948	2.026	2.124	2.157	2.143

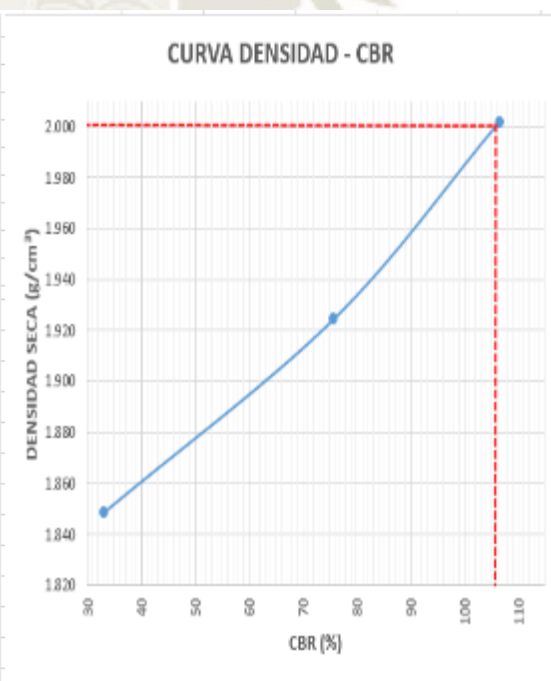
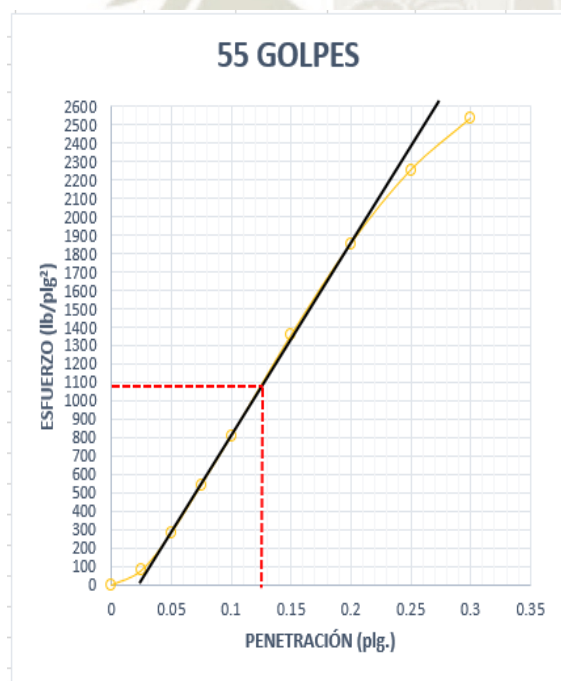
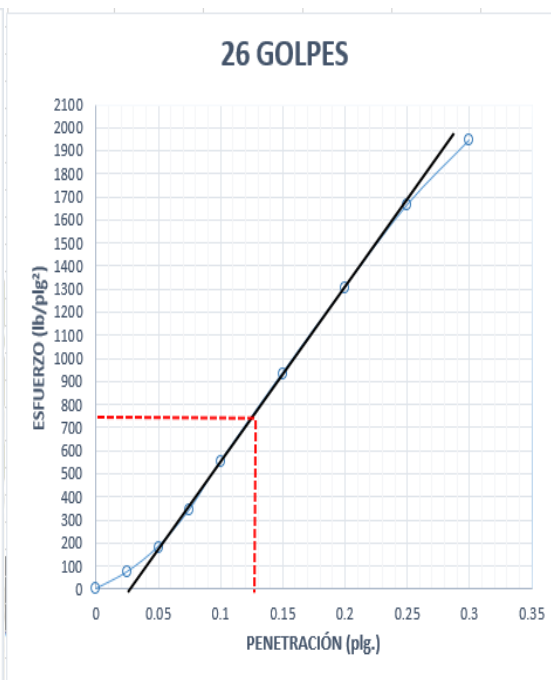
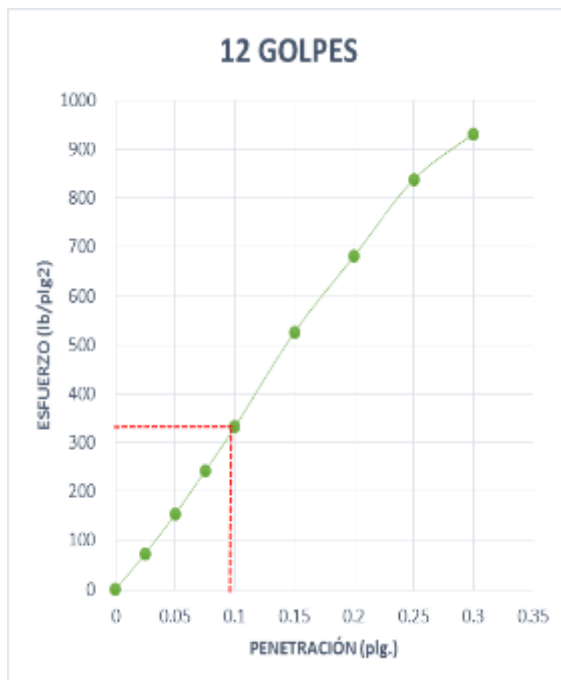
HUMEDAD	Und.	1	2	3	4	5
Peso de tara	gf	114.45	376.05	372.24	370.4	370.5
Peso tara + suelo húmedo	gf	578.91	955.61	1211.42	1161.5	1237.41
Peso tara + suelo seco	gf	565.87	929.83	1156.88	1097.34	1153.69
Peso de suelo húmedo	gf	464.46	579.56	839.18	791.1	866.91
Peso de suelo seco	gf	451.42	553.78	784.64	726.94	783.19
Peso de agua	gf	13.04	25.78	54.54	64.16	83.72
Humedad	%	2.89	4.66	6.95	8.83	10.69
Contenido de humedad	%	2.89	4.66	6.95	8.83	10.69
Peso específico seco	gf/cm ³	1.893	1.936	1.986	1.982	1.936
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.348	2.255	2.144	2.061	1.985
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.309	2.197	2.067	1.971	1.885

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	7.90%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.99 gf/cm ³





Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 1
Material	: Sub base Granular 2
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	2.00	106.00%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.90	63.00%

Nota: El valor especificado según norma es para un MDS de 100% y 0.1 plg es decir 106 %



Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 2
Material	: Sub base Granular 2
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Compactación CBR

Nº golpes	12		26		55	
condición de muestra	antes	después	antes	después	antes	después
Nº molde	a (cbr-9)		b (cbr-10)		c (cbr-41)	
volumen molde (cm ³)	2126.04	2126.04	2121.39	2121.39	2116.04	2116.04
peso molde (gf)	9100.50	9100.50	9077.50	9077.50	8104.00	8104.00
peso sh + molde (gf)	13098.00	13405.00	13214.50	13498.50	12446.00	12704.50
peso sh (gf)	3997.50	4304.50	4137.00	4421.00	4342.00	4600.50
densidad húmedo (gf/cm ³)	1.880	2.025	1.950	2.084	2.052	2.174
tara (gf)	374.00	372.18	374.70	338.67	341.20	374.50
tara + suelo húmedo (gf)	973.70	1243.10	964.60	1037.80	980.00	1342.40
tara+suelo seco (gf)	930.80	1169.50	920.20	984.70	932.20	1268.20
peso suelo húmedo (gf)	599.70	870.92	589.90	699.13	638.80	967.90
peso suelo seco (gf)	556.80	797.32	545.50	646.03	591.00	893.70
peso agua (gf)	42.90	73.60	44.40	53.10	47.80	74.20
Humedad parcial (%)	7.70	9.23	8.14	8.22	8.09	8.30
densidad seca (gf/cm ³)	1.746	1.854	1.803	1.926	1.898	2.007

Determinación de expansión

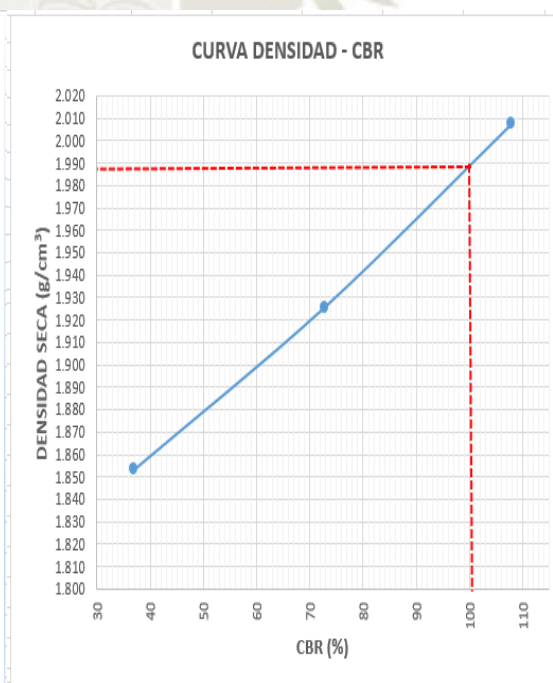
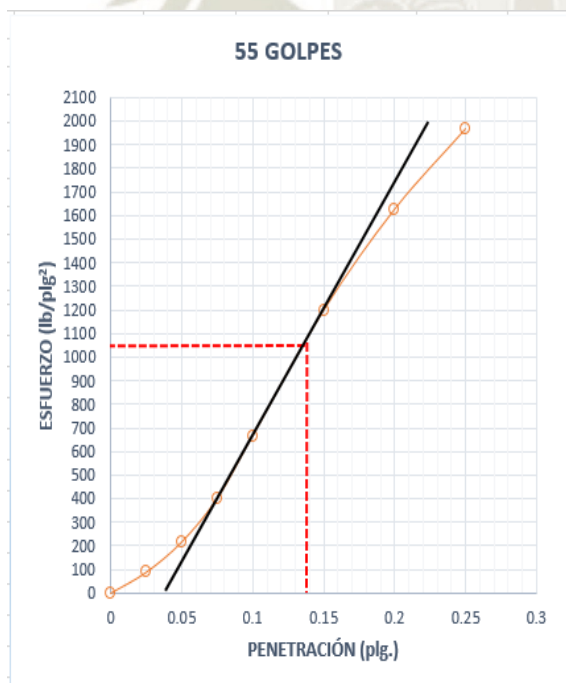
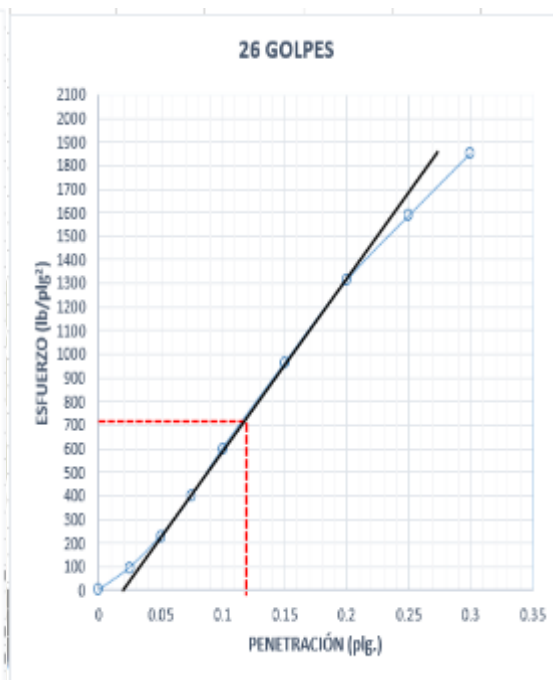
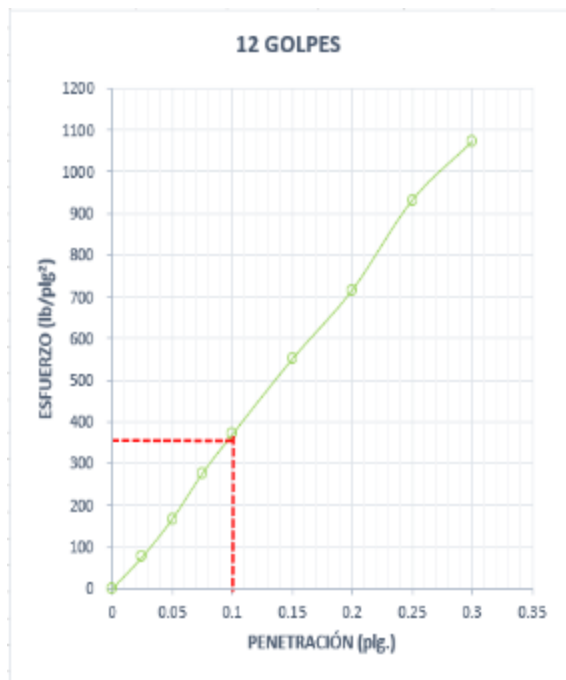
altura muestra (mm)		116.33		116.33		116.17	
		lectura del deformimetro					
lectura deformada 17/12/2019		6.01		6.54		5.54	
lectura deformada 18/12/2019		6.25		6.70		5.55	
lectura deformada 19/12/2019		6.32		6.70		5.55	
lectura deformada 20/12/2019		6.32		6.70		5.55	
lectura deformada 21/12/2019		6.32		6.70		5.55	
tiempo acumulado		a		b		c	
		expansión		expansión		expansión	
(hs)	(días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
24	1	0.240	0.21	0.160	0.14	0.010	0.01
48	2	0.310	0.27	0.160	0.14	0.010	0.01
72	3	0.310	0.27	0.160	0.14	0.010	0.01
96	4	0.310	0.27	0.160	0.14	0.010	0.01

Ensayo carga - penetración

penetración		molde n° 01			molde n° 02			molde n° 03		
(mm)	(pulg)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	16	228	76.07	22	284	94.81	20	266	88.56
1.27	0.050	45	500	166.61	65	687	229.05	61	650	216.56
1.91	0.075	80	828	275.88	119	1193	397.64	120	1202	400.76
2.54	0.100	110	1109	369.54	184	1802	600.57	205	1998	666.13
3.81	0.150	168	1652	550.62	300	2888	962.72	375	3591	1196.87
5.08	0.200	221	2148	716.08	412	3937	1312.38	512	4874	1624.58
6.35	0.250	290	2794	931.50	500	4761	1587.12	621	5895	1964.88
7.62	0.300	335	3216	1071.99	585	5557	1852.49			
10.16	0.400		-	-		-	-		-	-



Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 2
Material	: Sub base Granular 2
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.99	100.00%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.89	55.00%



ANEXO 6:
ENSAYOS DESARROLLADOS PARA MATERIAL BASE



Ensayo	: Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



MATERIAL BASE GRANULAR TIPO A PESO RETENIDO 1				
Peso total seco (gf)		32927.6		Porcentaje (%)
Peso Ag. Grueso (gf)		19737.0		59.9
Peso Ag. Fino (gf)		13190.6		40.1
Peso fracción N° 4 (gf)		1467.3		11.1
MATERIAL < TAMIZ N° 4				
HUMEDAD				
Tara (gf)	374.5	372.3	115.0	120.6
Tara + hum.	1440.4	1885.3	457.4	385.0
Tara + seco	1416.4	1851.0	448.4	377.8
Cont. Hum. (%)	2.3	2.3	2.7	2.8
Promedio (%)	2.5			
Peso Húmedo	13524.5		Peso seco	13190.6

MATERIAL BASE GRANULAR TIPO A PESO RETENIDO 2				
Peso total seco(gf)		37509.7		Porcentaje (%)
Peso Ag. Grueso (gf)		22968.0		61.2
Peso Ag. Fino (gf)		14541.7		38.8
Peso fracción N° 4 (gf)		1381.1		9.5
MATERIAL < TAMIZ N° 4				
HUMEDAD				
Tara	115.0	120.6	370.3	373.9
Tara + hum.	478.8	431.2	2147.8	1836.0
Tara + seco	457.0	411.8	2031.7	1740.0
Cont. Hum. (%)	6.4	6.7	7.0	7.0
Promedio (%)	6.8			
Peso Húmedo	15525		Peso seco	14541.7

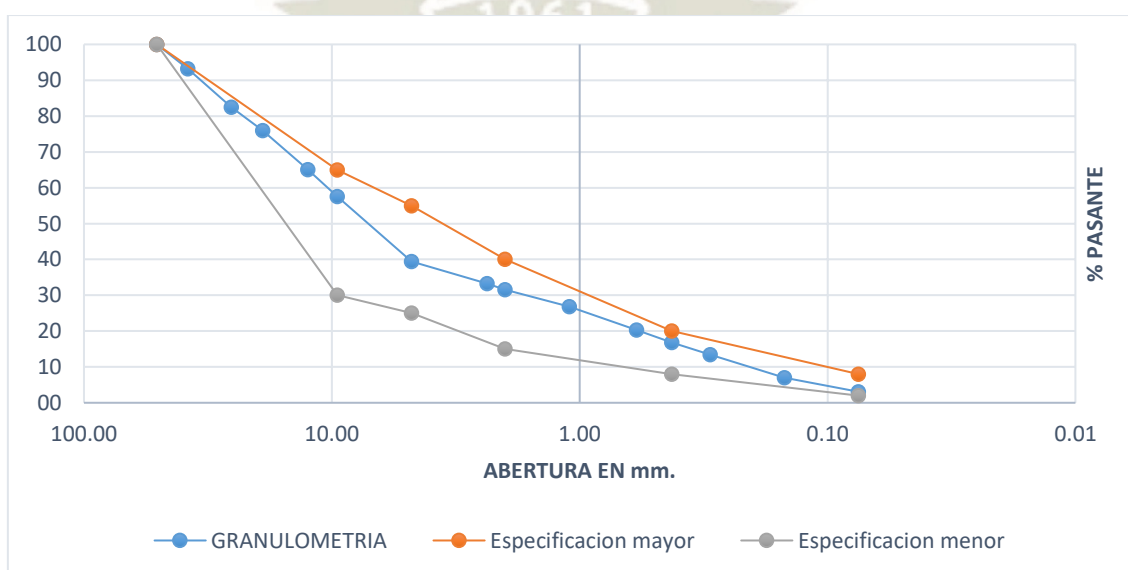
CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL				
SUCS	GP (Grava bien graduada con arena)			
AASHTO	A-1-a (0)			
PORCENTAJE (%)				
>3"	GRAVA		ARENA	LIMO Y ARCILLAS
0	60.6		36.3	3.1
DECILES			COEFICIENTES	
D10	D30	D60	Cu	Cc
0.2	1.70	10.10	50.50	1.43
VARIABLES (AASHTO)				
A	B		C	D
0	0		0	0
INDICE DE GRUPO (IG)				0



Ensayo	: Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ASTM D 422		Peso Retenido (gf)		PORCENTAJE (%)			ESPECIFIC. Tabla 402- 01/A
Tamaño	Abertura (mm)	1	2	Retenido	Acumulado	Pasante	
>3"							
3"	75.000					100.0	
2"	50.800			0.0	0.0	100.0	100
1 1/2"	38.100	2205.0	2567.5	6.8	6.8	93.2	
1"	25.400	3064.0	4602.0	10.8	17.6	82.4	
3/4"	19.000	2170.5	2383.5	6.5	24.0	76.0	
1/2"	12.500	3586.0	4131.0	11.0	35.0	65.0	
3/8"	9.500	2526.5	2748.0	7.5	42.5	57.5	30-65
Nº 4	4.760	6185.0	6536.0	18.1	60.6	39.4	25-55
Nº 8	2.360	263.3	185.2	6.2	66.8	33.2	
Nº 10	2.000	64.3	53.9	1.6	68.4	31.6	15-40
Nº 16	1.100	173.4	170.3	4.8	73.2	26.8	
Nº 30	0.590	231.3	239.9	6.5	79.7	20.3	
Nº 40	0.425	110.9	140.6	3.5	83.2	16.8	8-20
Nº 50	0.297	116.9	125.3	3.4	86.5	13.5	
Nº 100	0.149	226.5	242.7	6.5	93.0	7.0	
Nº 200	0.075	137.8	143.2	3.9	96.9	3.1	2-8
FONDO	-	142.9	80.2	3.1	100.0	0.0	
TOTAL		21204.3	24349.1	100.0			





Ensayo	: Durabilidad al sulfato de Magnesio
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 209
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Arena lavada 1

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
3/8"	n° 4		100					
n° 4	n° 8	15.7	100	107.04	100.91	6.13	5.73	0.90
n° 8	n° 16	16.2	100	101.75	98.21	3.54	3.48	0.56
n° 16	n° 30	16.6	100	112.59	103.95	8.64	7.67	1.27
n° 30	n° 50	17.4	100	101.78	94.81	6.97	6.85	1.19
n° 50	< n°100	34.1	100					
total		100						3.93

Arena lavada 2

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
3/8"	n° 4		100					
n° 4	n° 8	15.7	100	107.04	98.7	8.34	7.79	1.22
n° 8	n° 16	16.2	100	101.75	101.23	0.52	0.51	0.08
n° 16	n° 30	16.6	100	112.59	94.03	18.56	16.48	2.74
n° 30	n° 50	17.4	100	101.78	101.68	0.1	0.10	0.02
n° 50	< n°100	34.1	100					
total		100						4.06

Agregado grueso - cuantitativo

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
2"	1 1/2"	11.2	2000	2003.8	1667.8	336	16.77	1.87
1 1/2"	1"	17.8	1000	1004.52	995.4	9.12	0.91	0.16
1"	3/4"	10.7	500	501.64	483.7	17.94	3.58	0.38
3/4"	1/2"	18.1	670	670.47	611.1	59.37	8.85	1.60
1/2"	3/8"	12.4	300	300.52	272.8	27.72	9.22	1.14
3/8"	n° 4	29.9	300	301.05	272	29.05	9.65	2.89
total		100						8.05

agregado grueso - cualitativo

tamaño del agregado malla retenido		rajadas		desmoronadas		fracturadas		astilladas		n° total de partículas antes del ensayo
malla										
pasante	retiene	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	
2 1/2"	1 1/2"	1.0	3	4	13	1	3	-	-	31
1 1/2"	1"	1.0	5	-	-	-	-	-	-	20
1"	3/4"	-	-	1	3	1	3	-	-	35



Ensayo	: Partículas Chatas y alargadas para agregados gruesos
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 223
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ASTM D 422		Peso Retenido (gf)	PORCENTAJE (%)		
Tamaño	Abertura (mm)		Retenido	Acumulado	Pasante
>3"					
3"	75.000				100.00
2"	50.800		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	2567.5	11.18	11.18	88.82
1"	25.400	4602	20.04	31.22	68.78
3/4"	19.000	2383.5	10.38	41.59	58.41
1/2"	12.500	4131	17.99	59.58	40.42
3/8"	9.500	2748	11.96	71.54	28.46
Nº 4	4.760	6536	28.46	100.00	0.00
TOTAL		22968	100.00		

		Ensayo n° 1							
Tamiz		total		Partículas chatas		Partículas alargadas		Ni chatas ni alargadas	
Pasa	retiene	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"	100	4145.5	0	0	0	0	100	4145.5
1"	3/4"	100	1292.5	1	26.5	1	10.5	98	1255.5
3/4"	1/2"	100	466.5	2	6	0	0	98	460.5
1/2"	3/8"	100	154.78	1	1.15	0	0	99	153.63
3/8"	1/4"								
total		400	6059.28	4	33.65	1	10.5	395	6015.13
Porcentaje de Chatas y alargadas				0.56		0.17		98.75	99.27
Total chatas y alargadas (%)				0.73					

		Ensayo nº 2							
tamiz		Total		Partículas chatas		Partículas alargadas		Ni chatas ni alargadas	
pasa	retiene	nº piezas	peso (gf)	nº piezas	peso (gf)	nº piezas	peso (g)	nº piezas	peso (gf)
2"	1 1/2"					NO PRESENTA			
1 1/2"	1"	100	3688.5	2	54.5			98	3634
1"	3/4"	100	1146	2	11.5			98	1134.5
3/4"	1/2"	100	554	2	8			98	546
1/2"	3/8"	100	169	1	1.38			99	167.62
3/8"	1/4"								
total		400	5557.5	7	75.38			393	5482.12
Porcentaje de chatas y alargadas				1.36		no presenta		98.25	98.64
Total chatas y alargadas (%)				1.36					



Ensayo	: Abrasión los Ángeles al desgaste de los agregados
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 207
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N° ensayo	1
Gradación	tipo A
Malla que retiene	peso retenido (gf)
1"	1254.5
3/4"	1252
1/2"	1251.5
3/8"	1251
total	5009.00
N° de esferas	12
N° de revoluciones	500
Peso retenido en la malla N° 12 sin lavar (gf)	3111.5
Peso retenido en la malla N° 12 lavado (gf)	3105.50
Peso perdido después de 500 revoluciones (gf)	1903.50
Porcentaje perdida (%)	0.19
Desgaste los ángeles (%)	38.00

N° ensayo	2
Gradación	tipo A
Malla que retiene	peso retenido (gf)
1"	1249
3/4"	1249.5
1/2"	1249
3/8"	1251.5
total	4999.00
N° de esferas	12
N° de revoluciones	500
Peso retenido en la malla n° 12 sin lavar (gf)	3109.0
Peso retenido en la malla n° 12 lavado (gf)	3102.70
Peso perdido después de 500 revoluciones (gf)	1896.30
Porcentaje perdida (%)	0.20
Desgaste los ángeles (%)	37.93



Ensayo	: Índice de plasticidad de los suelos
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



LÍMITE LÍQUIDO	
Nº de Golpes	NO PRESENTA
Nº de Tara	
Peso de tara (gf)	
Peso muestra húmeda(gf)	
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	
Peso de tara y muestra seca (gf)	
Peso del agua (gf)	
Peso del suelo seco (gf)	
Cont. Humedad (%)	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NO PRESENTA

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	NO PRESENTA		
Peso muestra húmeda(gf)			
Peso de tara y muestra húmeda (gf)			
Peso de tara y muestra seca (gf)			
Peso del agua (gf)			
Peso del suelo seco (gf)			
Cont. Humedad (%)			
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NO PRESENTA		

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO (Ipc)	N.P.
PASANTE MALLA Nº 40	



Ensayo	: Equivalente de arena en agregado fino
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 114
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº ENSAYO	1		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	23.9	22.4	23.0
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	11:31:00	11:33:00	11:35:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	11:41:00	11:43:00	11:45:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	11:43:00	11:45:00	11:47:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	12:03:00	12:05:00	12:07:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.40	3.20	3.40
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	6.10	6.20	6.10
EQUIVALENTE DE ARENA	56.0	52.0	56.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO - %)	55.0		

Nº ENSAYO	2		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	25.2	24.9	24.7
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	12:17:00	12:19:00	12:21:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	12:27:00	12:29:00	12:31:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	12:29:00	12:31:00	12:33:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	12:49:00	12:51:00	12:53:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.50	3.30	3.40
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	6.00	5.90	5.90
EQUIVALENTE DE ARENA	58.0	56.0	58.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO)	57.0		



Ensayo	: Partículas Fracturadas en el agregado grueso - 1
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 210
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Tamaño del agregado		Con una cara fracturada				
malla		a	b	c	d	e
pasa	retiene	peso retenido (gf)	peso (gf)	(b/a)*100	(%)	(c*d)
2"	1 1/2"	1301.00	1136.20	87.33	6.72	587.11
1 1/2"	1"	1831.50	1503.88	82.11	9.46	777.10
1"	3/4"	1295.00	1176.64	90.86	6.69	608.00
3/4"	1/2"	2122.90	1966.80	92.65	10.97	1016.30
1/2"	3/8"	1004.60	954.70	95.03	5.19	493.32
total		7555.00	6738.22	447.98	39.04	3481.83
total muestra (gf)		19352.50				
Porcentaje con una cara fracturada (%)		89.2				

Tamaño del agregado		Con dos caras fracturadas				
malla		a	b	c	d	e
pasa	retiene	peso retenido (gf)	peso (gf)	(b/a)*100	(%)	(c*d)
2"	1 1/2"	1301.00	816.87	62.79	6.72	422.10
1 1/2"	1"	1831.50	1130.88	61.75	9.46	584.36
1"	3/4"	1295.00	947.23	73.15	6.69	489.46
3/4"	1/2"	2122.90	1472.10	69.34	10.97	760.68
1/2"	3/8"	1004.60	879.20	87.52	5.19	454.31
total		7555.00	5246.28	354.54	39.04	2710.91

total muestra (gf)	19352.50
Porcentaje con dos caras fracturadas (%)	69.4



Ensayo	: Partículas Fracturadas en el agregado grueso - 2
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 210
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Tamaño del agregado malla retenido		Con una cara fracturada				
malla		a peso retenido (gf)	b peso (gf)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
pasa	retiene					
2"	1 1/2"	1310.00	1166.86	89.07	6.57	585.61
1 1/2"	1"	1848.44	1259.83	68.16	9.28	632.27
1"	3/4"	1308.43	1232.51	94.20	6.57	618.56
3/4"	1/2"	2112.30	1950.80	92.35	10.60	979.05
1/2"	3/8"	1011.10	944.80	93.44	5.07	474.17
total		7590.27	6554.80	437.22	38.09	3289.65
total muestra (gf)		19925.5				
Porcentaje con una cara fracturada (%)		86.4				

Tamaño del agregado malla retenido		Con dos caras fracturadas				
malla		a peso retenido (gf)	b peso (gf)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
pasa	retiene					
1 1/2"		1310.00	1000.18	76.35	6.57	501.96
1"		1848.44	958.13	51.83	9.28	480.86
3/4"		1308.43	686.10	52.44	6.57	344.33
1/2"		2112.30	1639.00	77.59	10.60	822.56
3/8"		1011.10	622.90	61.61	5.07	312.61
total		7590.27	4906.31	319.82	38.09	2462.33
total muestra (gf)		19925.5				
Porcentaje con dos caras fracturadas (%)		64.6				



Ensayo	: Sales solubles en agregados 1
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	107.8	107.8	107.8
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	152.19	152.19	152.19
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	649.42	649.42	649.42
Peso agua + sal (B) (gf)	497.23	497.23	497.23
Peso recipiente (alícuota) (gf)	109.85	113.05	157.84
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	70	70	74
Peso recipiente + alícuota (gf)	176.35	179.55	233.16
Peso alícuota (C) (gf)	66.5	66.5	75.32
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	109.92	113.1	157.92
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.07	0.05	0.08
SALES SOLUBLES (%)	0.488	0.348	0.492
Promedio	0.443		

AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1231.5	1231.5	1231.5
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	151.09	151.09	151.09
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	648.51	648.51	648.51
Peso agua + sal (B) (gf)	497.42	497.42	497.42
Peso recipiente (alícuota) (gf)	75.72	108.87	114.71
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	66	70	74
Peso recipiente + alícuota (gf)	137.72	174.13	184.86
Peso alícuota (C) (gf)	62	65.26	70.15
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	75.89	108.9	114.72
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.17	0.03	0.01
SALES SOLUBLES (%)	0.111	0.019	0.006
Promedio	0.045		



Ensayo	: Sales solubles en agregados 2
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	110.4	110.4	110.4
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	150.72	150.72	150.72
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	646.84	646.84	646.84
Peso agua + sal (B) (gf)	496.12	496.12	496.12
Peso recipiente (alícuota) (gf)	106.52	111.12	124.14
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	59	70	70
Peso recipiente + alícuota (gf)	161.38	176.31	189.88
Peso alícuota (C) (gf)	54.86	65.19	65.74
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	106.56	111.19	124.21
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.04	0.07	0.07
SALES SOLUBLES (%)	0.329	0.485	0.481
Promedio	0.431		

AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1107.4	1107.4	1107.4
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	150.87	150.87	150.87
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	646.19	646.19	646.19
Peso agua + sal (B) (gf)	495.32	495.32	495.32
Peso recipiente (alícuota) (gf)	113.05	109.84	157.83
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	60	60	66
Peso recipiente + alícuota (gf)	169.32	166.2	219.48
Peso alícuota (C) (gf)	56.27	56.36	61.65
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	113.06	109.86	157.85
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.01	0.02	0.02
SALES SOLUBLES (%)	0.008	0.016	0.015
Promedio	0.013		

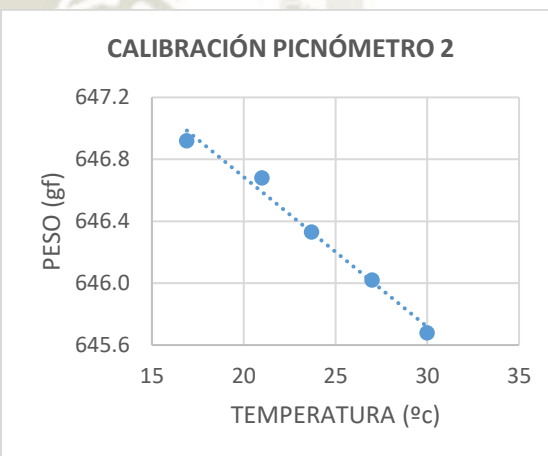
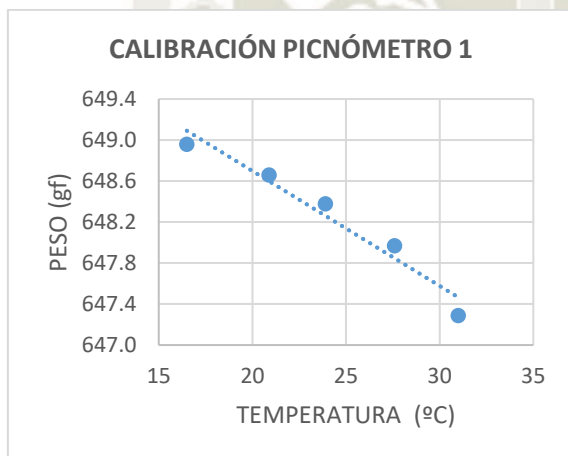


Ensayo	: Gravedad específica y absorción de los Ag Finos
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



CALIBRACIÓN PICNÓMETRO 1		
Peso fiola	151.33	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.5	648.96
2	20.9	648.66
3	23.9	648.38
4	27.6	647.97
5	31	647.29

CALIBRACIÓN PICNÓMETRO 2		
Peso fiola	149.74	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.9	646.92
2	21	646.68
3	23.7	646.33
4	27	646.02
5	30	645.68



DATOS DE CALIBRACIÓN	PIC. 1	PIC. 2
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	151.33	149.74
Temperatura de calibración (°c)	20.00	20.30
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	648.50	646.65
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99821	0.99814
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	498.06	497.84
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 1	PIC. 2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gf)	500.07	500.09
Temperatura de agua en el ensayo (°c)	21.20	21.00
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99795	0.99799
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	648.37	646.58
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	948.26	947.42
Peso de tara (gf)	169.99	176.03
Peso de tara y espécimen seca (gf)	665.64	674
Peso del espécimen seca (gf)	495.65	497.97
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	0.99974	0.99979
Densidad relativa (gravedad específica) de masa (gf/cm ³)	2.48	2.50
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca	2.50	2.51
Densidad relativa (gravedad específica) aparente (gf/cm ³)	2.53	2.53
Absorción (%)	0.9	0.4



Ensayo	: Peso específico y absorción de los Ag Gruesos
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 206
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO N° 1		Und
Peso de la muestra	7500.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	5903.0	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	6160.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	3560.0	gf
Temperatura del agua	17.2	° C
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	1.00054	-
Peso específico aparente (Pea)	2.52	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.37	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.27	gf/cm ³
Absorción (Ab)	4.4	%

ENSAYO N° 2		Und
Peso de la muestra	7500.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	5924.0	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	6195.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	3570.0	gf
Temperatura del agua	19.1	° C
Coeficiente de temperatura de ensayo (K) a 20 °C	1.00018	-
Peso específico aparente (Pea)	2.52	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.36	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.26	gf/cm ³
Absorción (Ab)	4.6	%

PESO ESPECIFICO DEL MATERIAL SUBBASE GRANULAR		Und.
Promedio de Peso Específico de suelos retenido en tamiz 4.75 mm	2.52	gf/cm ³
Promedio de Peso Específico de suelos que pasan el tamiz 4.75 mm	2.53	gf/cm ³
Porcentaje de suelos retenido en tamiz 4.75 mm	60.6	%
Porcentaje de suelos que pasan el tamiz 4.75 mm	39.4	%
Peso específico promedio de la Base granular	2.52	gf/cm ³



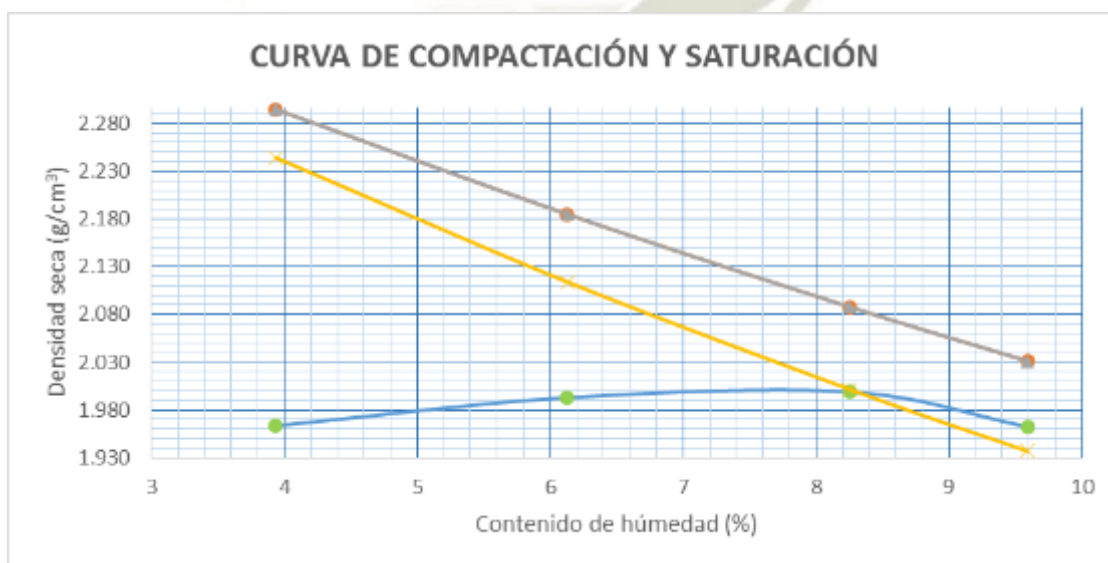
Ensayo	: Compactación de suelos – Proctor modificado - 1
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 - Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO	Und.	1(4%)	2(6%)	3(8%)	4(10%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6722	6722	6722	6722
Peso molde + suelo compactado	gf	10990	11145.5	11247.5	11220
Peso suelo compactado	gf	4268	4423.5	4525.5	4498
Volumen del molde	cm ³	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35
Peso específico húmedo	gf/cm ³	2.041	2.115	2.164	2.151

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	372.36	372.32	374.99	374.88
Peso tara + suelo húmedo	gf	1384.85	1216.82	1091.56	1375.15
Peso tara + suelo seco	gf	1346.52	1168.05	1036.92	1287.59
Peso de suelo húmedo	gf	1012.49	844.5	716.57	1000.27
Peso de suelo seco	gf	974.16	795.73	661.93	912.71
Peso de agua	gf	38.33	48.77	54.64	87.56
Humedad	%	3.93	6.13	8.25	9.59
Contenido de humedad	%	3.93	6.13	8.25	9.59
Peso específico seco	gf/cm ³	1.964	1.993	1.999	1.962
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.295	2.185	2.088	2.031
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.244	2.114	2.002	1.937

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	7.80%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.002 gf/cm ³





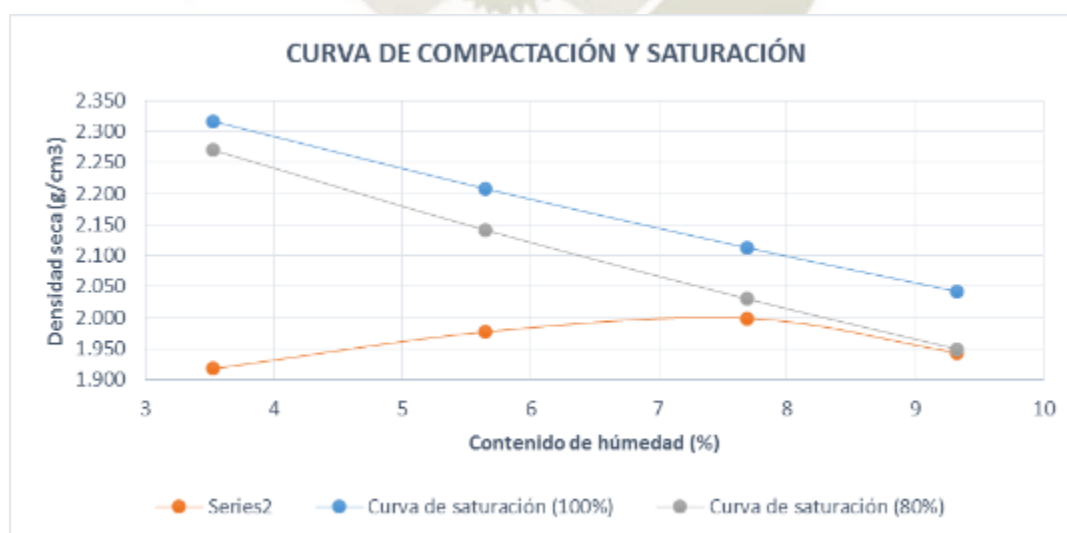
Ensayo	: Compactación de suelos – Proctor modificado - 2
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 - Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO	Und.	1(3%)	2(5%)	3(7%)	4(9%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6652.5	6652.5	6652.5	6652.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10827	11045	11179	11120
Peso suelo compactado	gf	4174.5	4392.5	4526.5	4467.5
Volumen del molde	cm ³	2102.82	2102.82	2102.82	2102.82
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.985	2.089	2.153	2.125

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	334.9	369.1	368.4	342.1
Peso tara + suelo húmedo	gf	989.9	1185.3	1243.5	1058.6
Peso tara + suelo seco	gf	967.58	1141.64	1181.03	997.5
Peso de suelo húmedo	gf	655	816.2	875.1	716.5
Peso de suelo seco	gf	632.68	772.54	812.63	655.4
Peso de agua	gf	22.32	43.66	62.47	61.1
Humedad	%	3.53	5.65	7.69	9.32
Contenido de humedad	%	3.53	5.65	7.69	9.32
Peso específico seco	gf/cm ³	1.918	1.977	1.999	1.943
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.316	2.208	2.113	2.042
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.270	2.141	2.030	1.950

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	7.60%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.00 gf/cm ³





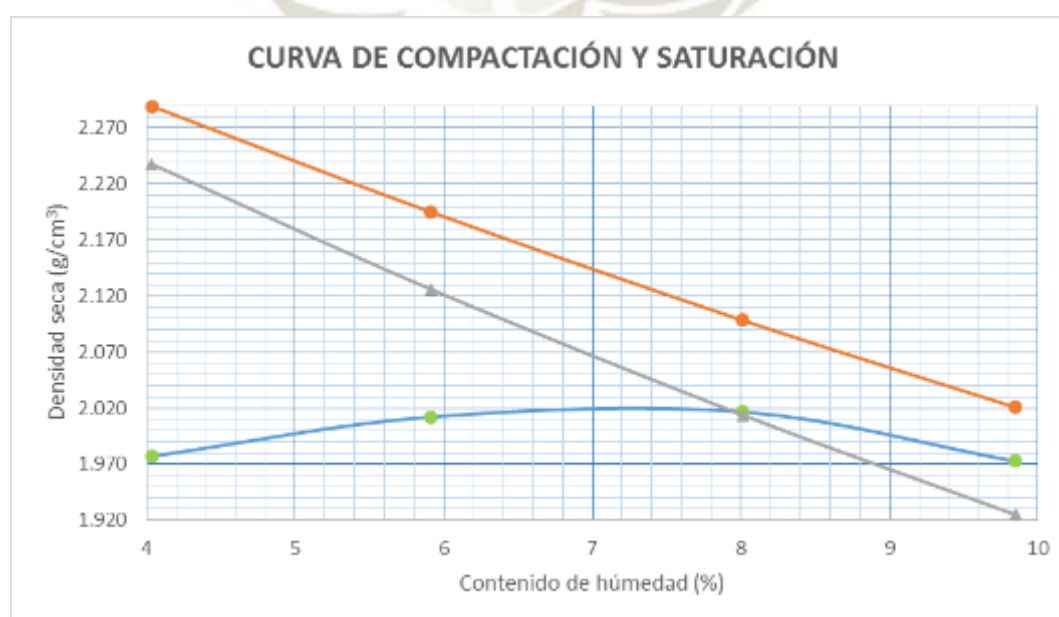
Ensayo	: Compactación de suelos para CBR – Proctor modificado 1
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 - Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO	Und.	1(4%)	2(6%)	3(8%)	4(10%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6723.5	6723.5	6723.5	6723.5
Peso molde + suelo compactado	gf	11025	11180.5	11279	11255
Peso suelo compactado	gf	4301.5	4457	4555.5	4531.5
Volumen del molde	cm ³	2091.35	2091.35	2091.35	2091.35
Peso específico húmedo	g/cm ³	2.057	2.131	2.178	2.167

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	374.22	370.36	478.61	373.53
Peso tara + suelo húmedo	gf	1160.81	957.9	1247.27	1215.74
Peso tara + suelo seco	gf	1130.3	925.1	1190.25	1140.23
Peso de suelo húmedo	gf	786.59	587.54	768.66	842.21
Peso de suelo seco	gf	756.08	554.74	711.64	766.7
Peso de agua	gf	30.51	32.8	57.02	75.51
Humedad	%	4.04	5.91	8.01	9.85
Contenido de humedad	%	4.04	5.91	8.01	9.85
Peso específico seco	gf/cm ³	1.977	2.012	2.017	1.973
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.290	2.195	2.098	2.021
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.238	2.126	2.014	1.925

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	7.30%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.02 gf/cm ³





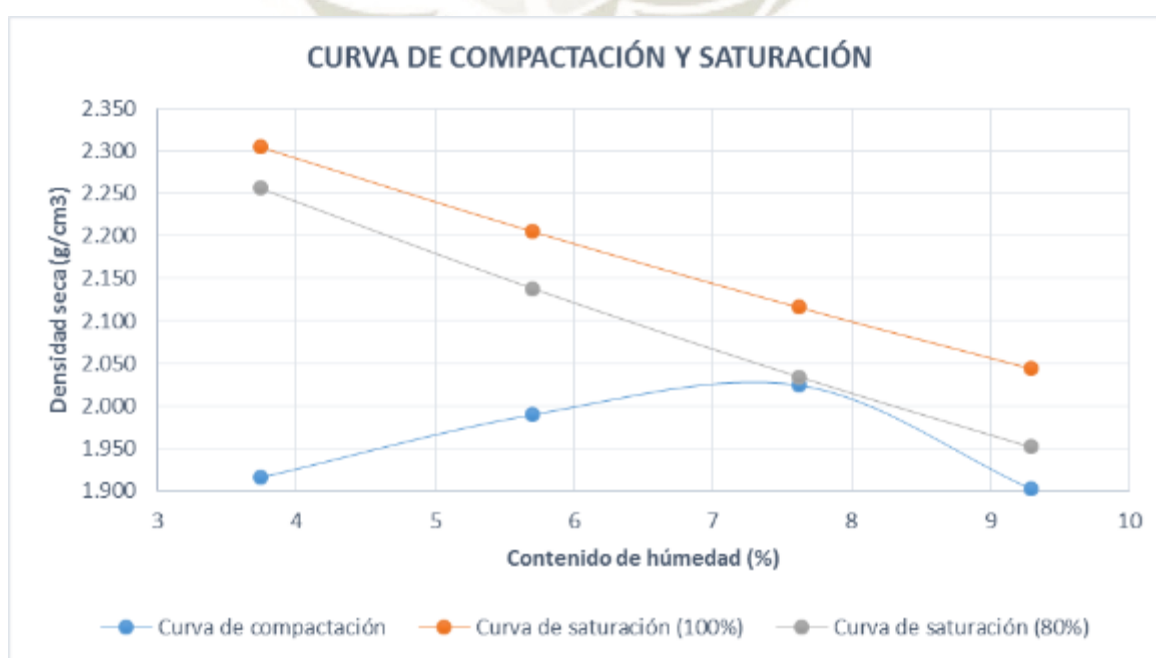
Ensayo	: Compactación de suelos para CBR – Proctor modificado 2
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 115 - Método C
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO	Und.	1(3%)	2(5%)	3(7%)	4(9%)
Molde		A	A	A	A
Peso molde	gf	6661.5	6661.5	6661.5	6661.5
Peso molde + suelo compactado	gf	10839	11083	11242	11032
Peso suelo compactado	gf	4177.5	4421.5	4580.5	4370.5
Volumen del molde	cm ³	2102.82	2102.82	2102.82	2102.82
Peso específico húmedo	gf/cm ³	1.987	2.103	2.178	2.078

HUMEDAD	Und.	1	2	3	4
Peso de tara	gf	373.39	374.7	373.59	338.56
Peso tara + suelo húmedo	gf	1213.85	1019.1	1037.37	1153.35
Peso tara + suelo seco	gf	1191.4	990.2	997.9	1091
Peso de suelo húmedo	gf	840.46	644.4	663.78	814.79
Peso de suelo seco	gf	818.01	615.5	624.31	752.44
Peso de agua	gf	22.45	28.9	39.47	62.35
Humedad	%	2.74	4.70	6.32	8.29
Contenido de humedad	%	3.74	5.70	7.62	9.29
Peso específico seco	gf/cm ³	1.915	1.989	2.024	1.902
Peso específico saturado al 100%	gf/cm ³	2.305	2.206	2.116	2.044
Peso específico saturado al 80%	gf/cm ³	2.257	2.138	2.034	1.951

CONTENIDO HUMEDAD OPTIMO	7.40%	DENSIDAD SECA MÁXIMA	2.03 gf/cm ³





Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 1
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Compactación CBR

Nº golpes	12		26		55	
Condición de muestra	antes	después	antes	después	antes	después
Nº molde	a(cbr-9)		b		c	
Volumen molde	2126.04	2126.04	2121.39	2121.39	2116.04	2116.04
Peso molde	9090.00	9090.00	8062.00	8062.00	9100.00	9100.00
Peso sh + molde	13435.50	13505.50	12512.00	12557.50	13685.00	13700.50
Peso sh	4345.50	4415.50	4450.00	4495.50	4585.00	4600.50
Densidad suelo humedo	2.04	2.08	2.10	2.12	2.17	2.17
Tara	232.98	337.10	261.86	340.10	373.38	374.90
Tara + suelo humedo	893.82	1058.40	974.54	1206.00	1150.55	1353.60
Tara+suelo seco	847.01	998.50	925.12	1141.23	1097.62	1286.00
Peso suelo húmedo	660.84	721.30	712.68	865.90	777.17	978.70
Peso suelo seco	614.03	661.40	663.26	801.13	724.24	911.10
Peso agua	46.81	59.90	49.42	64.77	52.93	67.60
Humedad parcial	7.62	9.06	7.45	8.08	7.31	7.42
Densidad seca	1.899	1.904	1.952	1.961	2.019	2.024

Determinación de expansión

Determinación de expansión

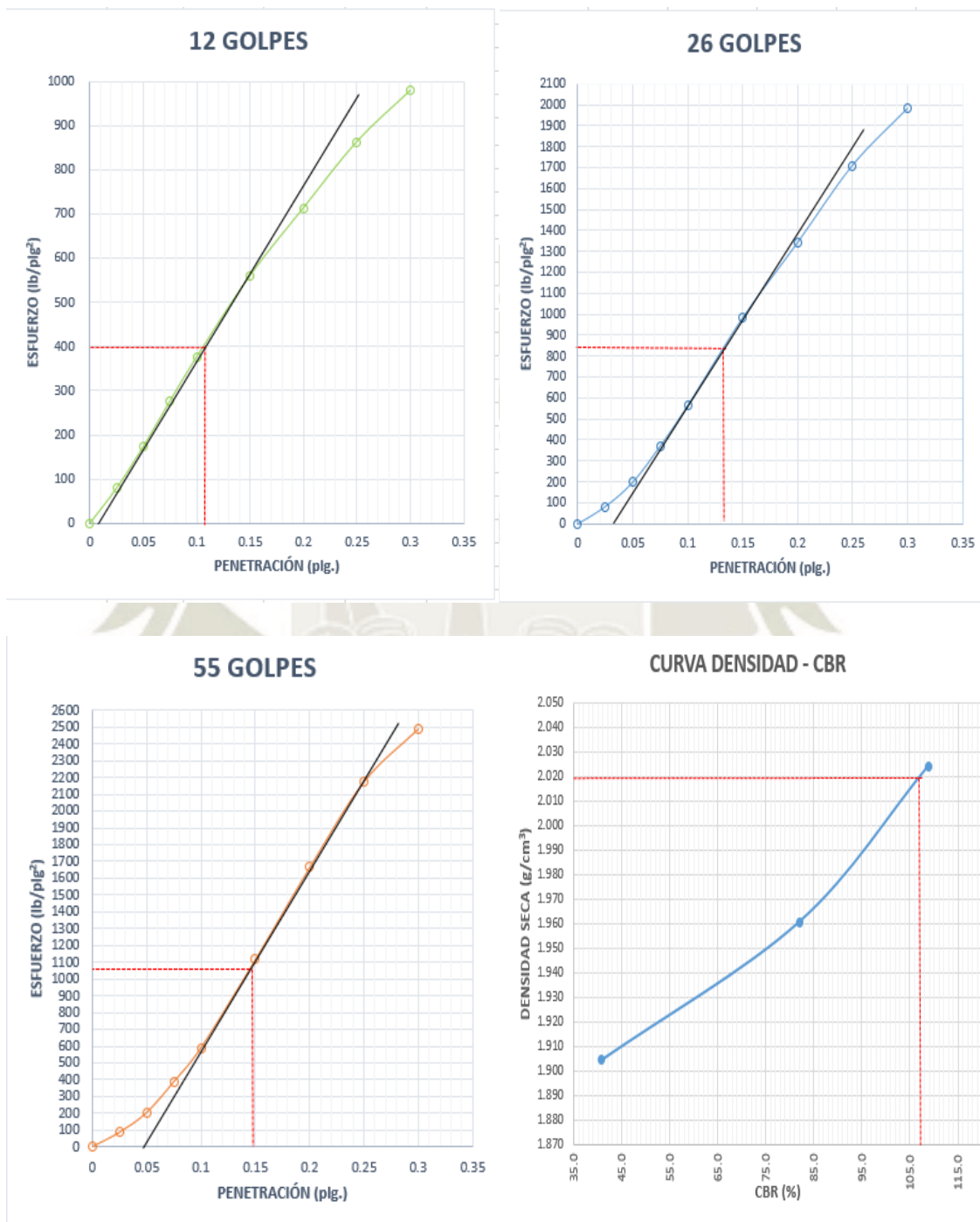
altura muestra (mm)		116.33		116.33		116.17	
		lectura del deformímetro					
lectura deformada 07/01/2020		9.19		3.85		8.22	
lectura deformada 08/01/2020		9.23		3.89		8.24	
lectura deformada 09/01/2020		9.30		3.92		8.27	
lectura deformada 10/01/2020		9.55		3.98		8.28	
lectura deformada 11/01/2020		9.55		3.99		8.28	
tiempo acumulado		a		b		c	
		expansión		expansión		expansión	
(hs)	(días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
24	1	0.040	0.03	0.040	0.03	0.020	0.02
48	2	0.110	0.09	0.070	0.06	0.050	0.04
72	3	0.360	0.31	0.130	0.11	0.060	0.05
96	4	0.360	0.31	0.140	0.12	0.060	0.05

Ensayo carga - penetración

penetración		molde n° 01			molde n° 02			molde n° 03		
(mm)	(pulg)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	17	238	79.20	18	247	82.32	19	256	85.44
1.27	0.050	47	519	172.85	55	593	197.83	57	612	204.07
1.91	0.075	80	828	275.88	110	1109	369.54	116	1165	388.27
2.54	0.100	112	1127	375.78	172	1689	563.10	181	1774	591.20
3.81	0.150	171	1680	559.98	306	2944	981.45	349	3347	1115.70
5.08	0.200	220	2139	712.96	421	4021	1340.48	525	4995	1665.17
6.35	0.250	268	2588	862.81	539	5127	1708.87	689	6532	2177.17
7.62	0.300	305	2935	978.33	626	5941	1980.49	790	7477	2492.49



Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 1
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	2.02	107.00%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	1.92	52.00%

Nota: El valor especificado según norma es para un MDS de 100% y 0.1 plg es decir 107 %



Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 2
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Compactación CBR

Nº golpes	12		26		55	
Condición de muestra	antes	después	antes	después	antes	después
Nº molde	a(cbr-9)		b(cbr-10)		c(cbr-41)	
Volumen molde (cm ³)	2126.04	2126.04	2121.39	2121.39	2116.04	2116.04
Peso molde (gf)	9090.00	9090.00	8062.00	8062.00	9099.50	9099.50
Peso sh + molde (gf)	13487.00	13559.50	12566.00	12661.50	13711.00	13779.00
Peso sh (gf)	4397.00	4469.50	4504.00	4599.50	4611.50	4679.50
Densidad húmeda (gf/cm ³)	2.07	2.10	2.12	2.17	2.18	2.21
Tara (gf)	339.16	479.05	169.88	374.45	171.39	337.49
Tara + suelo húmedo (gf)	832.42	1433.36	744.51	1355.31	649.01	1367.74
Tara+suelo seco (gf)	794.15	1349.36	704.80	1270.95	615.85	1284.36
Peso suelo húmedo (gf)	493.26	954.31	574.63	980.86	477.62	1030.25
Peso suelo seco (gf)	454.99	870.31	534.92	896.50	444.46	946.87
Peso agua (gf)	38.27	84.00	39.71	84.36	33.16	83.38
Humedad parcial (%)	8.41	9.65	7.42	9.41	7.46	8.81
Densidad seca (gf/cm ³)	1.908	1.917	1.976	1.982	2.028	2.032

Determinación de expansión

altura muestra (mm)		116.33		116.33		116.17	
		lectura del deformímetro					
lectura deformada 14/01/2020		2.95		7.42		6.17	
lectura deformada 15/01/2020		2.99		7.57		6.45	
lectura deformada 09/01/2020		2.99		7.57		6.61	
lectura deformada 10/01/2020		2.99		7.57		6.61	
lectura deformada 11/01/2020		2.99		7.57		6.61	
tiempo acumulado		a		b		c	
		expansión		expansión		expansión	
(hs)	(días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
24	1	0.040	0.03	0.150	0.13	0.280	0.24
48	2	0.040	0.03	0.150	0.13	0.440	0.38
72	3	0.040	0.03	0.150	0.13	0.440	0.38
96	4	0.040	0.03	0.150	0.13	0.440	0.38

Ensayo carga - penetración

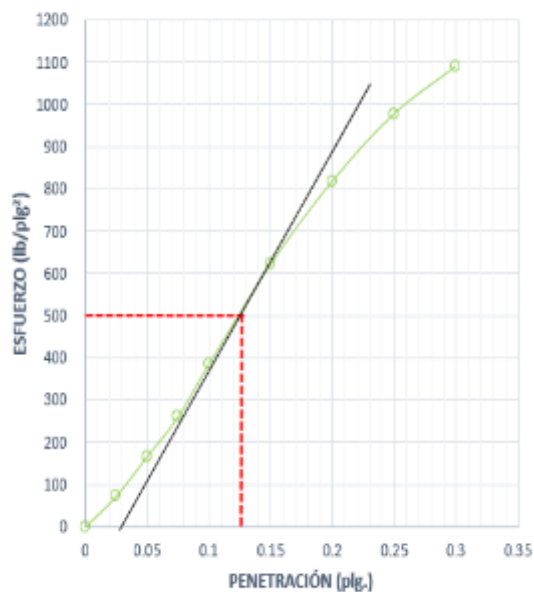
penetración		molde n° 01			molde n° 02			molde n° 03		
(mm)	(pulg)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)	lectura	carga (lbf)	esfuerzo (lbf/plg ²)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.64	0.025	15	219	72.95	19	256	85.44	20	266	88.56
1.27	0.050	45	500	166.61	56	603	200.95	84	865	288.37
1.91	0.075	75	781	260.27	99	1006	335.20	161	1586	528.76
2.54	0.100	115	1155	385.15	165	1624	541.25	248	2401	800.37
3.81	0.150	191	1867	622.42	301	2898	965.84	412	3937	1312.38
5.08	0.200	254	2457	819.11	401	3834	1278.04	570	5417	1805.66
6.35	0.250	305	2935	978.33	487	4640	1546.53	680	6447	2149.07
7.62	0.300	341	3272	1090.72	521	4958	1652.68	725	6869	2289.56



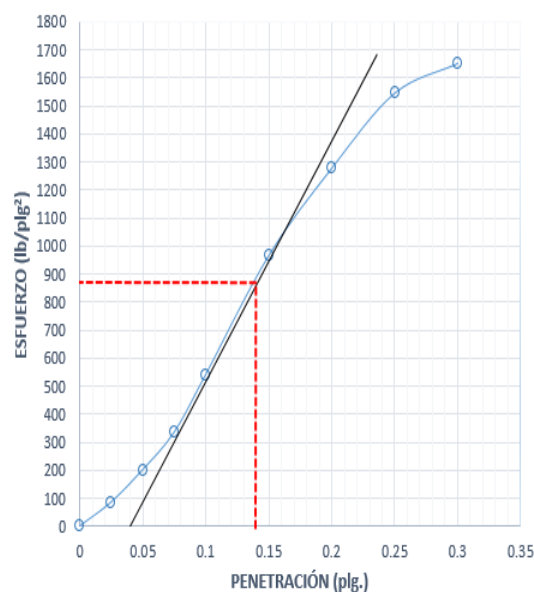
Ensayo	: CBR de suelos en laboratorio - 2
Material	: Base Granular
Cantera	: Chiguata - Arequipa
Norma	: MTC E 132
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



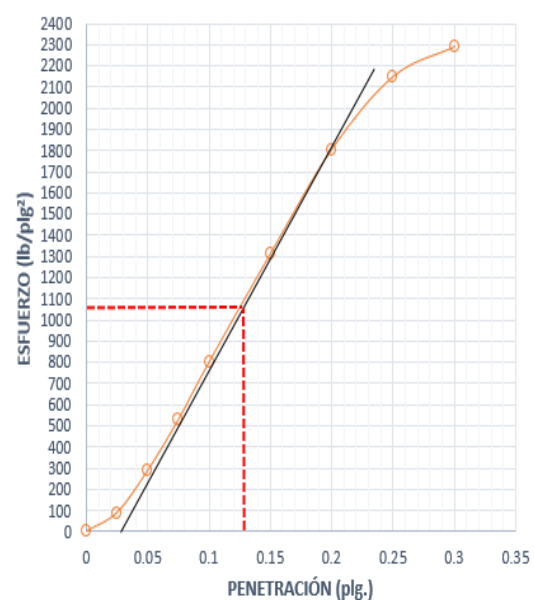
12 GOLPES



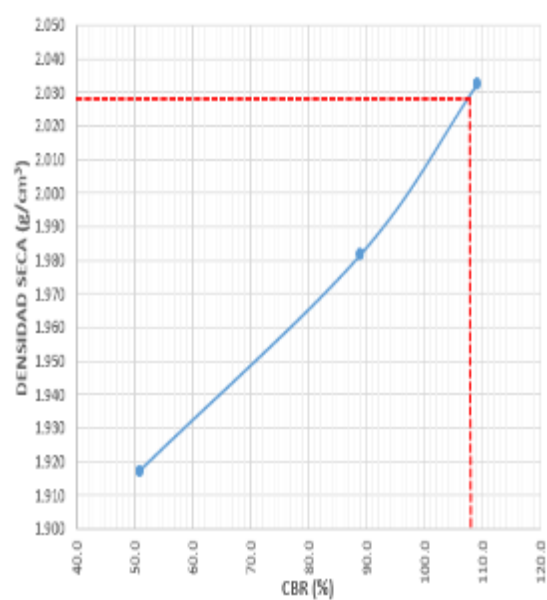
26 GOLPES



55 GOLPES



CURVA DENSIDAD - CBR



	gf/cm ³	CBR
100% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA A 0.1 PLG PEN	2.03	108.00%
95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA 0.1 PLG PEN	1.93	58.00%

Nota: El valor especificado según norma es para un MDS de 100% y 0.1 plg es decir 108%



**ANEXO 7:
GRANULOMETRÍA MAC – 1**

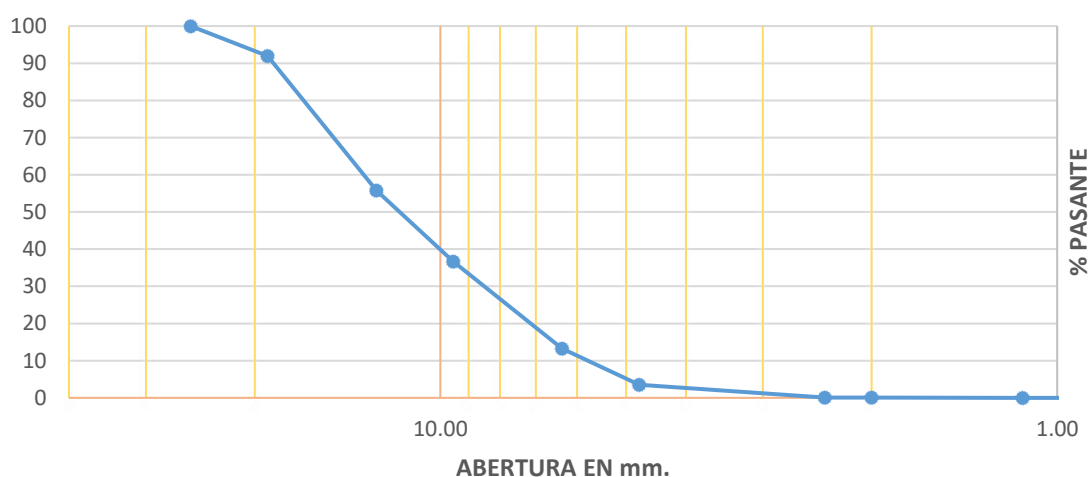


Ensayo	: Análisis granulométrico Agregado Grueso
Material	: Agregado con Normal y Alta Absorción
Cantera	: La Poderosa / Chiguata / Socabaya
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Muestra inicial 1 (gf)				5450					Pérdida (gf)		4.3					Pérdida (%)		0.1	
Muestra inicial 2 (gf)				6795					Pérdida (gf)		10.9					Pérdida (%)		0.2	
piedra chancada										promedio									
malla	peso m-1 (gf)	% ret	% ret acum	% pasante	peso m-2 (gf)	% ret	% ret acum	% pasante	% ret	% ret acum	% pasante								
1"				100				100											
3/4"	397.3	7.3	7.3	92.7	600.3	8.8	8.8	91.2	8.1	8.1	91.9								
1/2"	1753.1	32.2	39.5	60.5	2715.4	40.0	48.9	51.1	36.1	44.2	55.8								
3/8"	1041.6	19.1	58.6	41.4	1297.2	19.1	68.0	32.0	19.1	63.3	36.7								
1/4"	1447.4	26.6	85.2	14.8	1381.4	20.4	88.4	11.6	23.5	86.8	13.2								
n° 4	607.0	11.1	96.3	3.7	566.7	8.4	96.7	3.3	9.7	96.5	3.5								
n° 8	197.2	3.6	100.0	0.0	214.3	3.2	99.9	0.1	3.4	99.9	0.1								
n° 10	1.3	0.0	100.0	0.0	4.6	0.1	99.9	0.1	0.1	100.0	0.0								
n° 16	0.7	0.0	100.0	0.0	3.2	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0								
n° 20	0.1	0.0	100.0	0.0	1.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0								
total	5445.7	100.0			6784.1	100.0			100.0										

CURVA GRANULOMETRICA PIEDRA CHANCADA





Ensayo	: Análisis granulométrico Agregado Fino
Material	: Agregado con Normal y Alta Absorción
Cantera	: La Poderosa / Chiguata / Socabaya
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



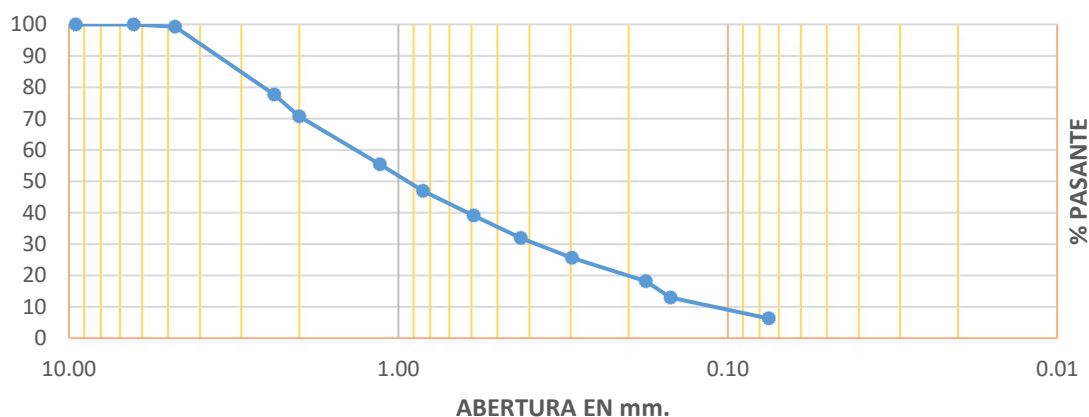
muestra inicial 1 (gf)	1745
muestra inicial 2 (gf)	1750

Pérdida (gf)	3.0
Pérdida (gf)	5.1

Pérdida (%)	0.2
Pérdida (%)	0.3

Arena gruesa									Promedio		
mallá	peso m-1 (gf)	% ret	% ret acum	% pasante	peso m-2 (gf)	% ret	% ret acum	% pasante	% ret	% ret acum	% pasante
				100				100			100
1/4"	1.1	0.1	0.1	99.9	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
n° 4	12.9	0.7	0.8	99.2	11.9	0.7	0.7	99.3	0.7	0.7	99.3
n° 8	359.5	20.6	21.4	78.6	395.0	22.6	23.3	76.7	21.6	22.4	77.6
n° 10	118.8	6.8	28.3	71.7	122.7	7.0	30.4	69.6	6.9	29.3	70.7
n° 16	275.8	15.8	44.1	55.9	259.6	14.9	45.2	54.8	15.4	44.7	55.3
n° 20	149.5	8.6	52.7	47.3	146.1	8.4	53.6	46.4	8.5	53.1	46.9
n° 30	137.1	7.9	60.5	39.5	134.5	7.7	61.3	38.7	7.8	60.9	39.1
n° 40	126.4	7.3	67.8	32.2	122.3	7.0	68.3	31.7	7.1	68.1	31.9
n° 50	112.0	6.4	74.2	25.8	109.0	6.2	74.6	25.4	6.3	74.4	25.6
n° 80	130.8	7.5	81.7	18.3	130.4	7.5	82.0	18.0	7.5	81.9	18.1
n° 100	84.1	4.8	86.6	13.4	96.9	5.6	87.6	12.4	5.2	87.1	12.9
n° 200	121.6	7.0	93.5	6.5	110.5	6.3	93.9	6.1	6.7	93.7	6.3
fondo	112.4	6.5	100.0	0.0	106.0	6.1	100.0	0.0	6.3	100.0	0.0
total	1742.0	100.0			1744.9	100.0			100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA ARENA GRUESA

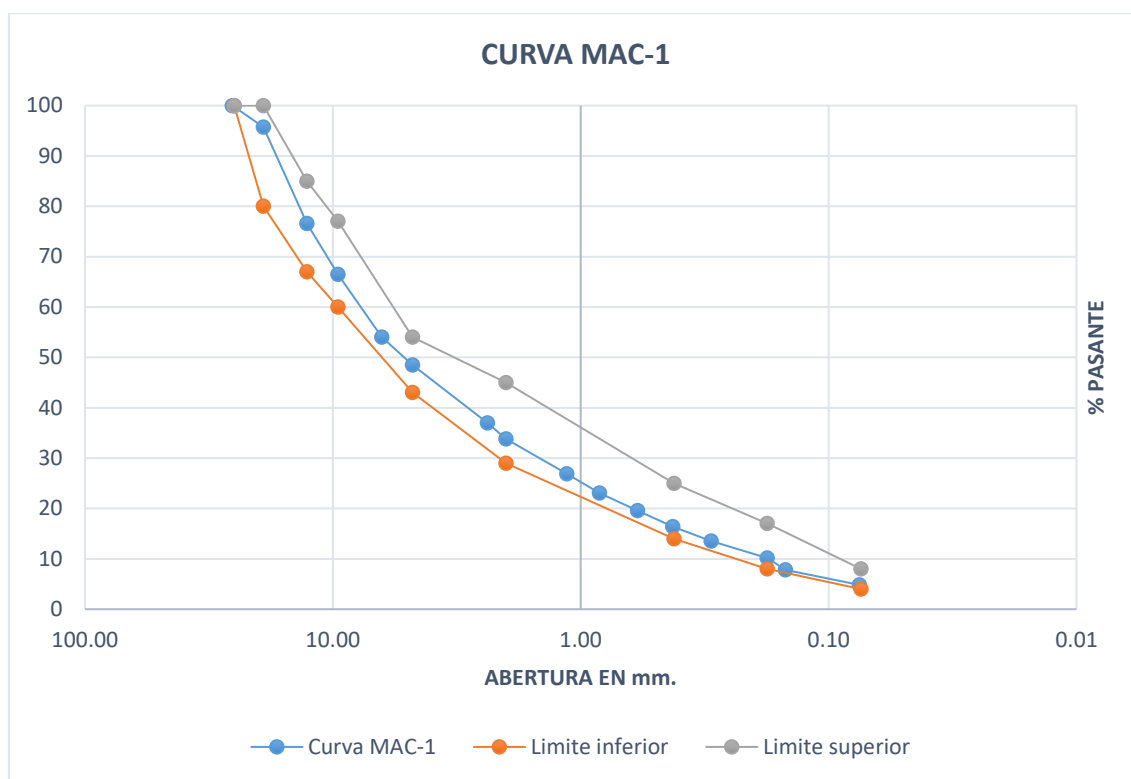




Ensayo	: Análisis granulométrico MAC - 1
Material	: Agregado con Normal y Alta Absorción
Cantera	: La Poderosa / Chiguata / Socabaya
Norma	: MTC E 204
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Tamíz	Abertura (mm.)	Grava % pasante	Arena % pasante	Roca Tr. % pasante	MAC 1 % pasante	Tanteo MAC-1
1"	25.400	100.00	100.00	100.00	100	100
3/4"	19.050	91.93	100.00	100.00	80-100	95.7
1/2"	12.700	55.82	100.00	100.00	67-85	76.6
3/8"	9.525	36.69	100.00	100.00	60-77	66.4
1/4"	6.350	13.22	99.97	100.00		54.0
Nº 4	4.760	3.47	99.26	100.00	43-54	48.5
Nº 8	2.380	0.08	77.62	100.00		37.0
Nº 10	2.000	0.03	70.69	100.00	29-45	33.8
Nº 16	1.138	0.00	55.34	100.00		26.9
Nº 20	0.840		46.86	100.00		23.1
Nº 30	0.590		39.07	100.00		19.6
Nº 40	0.425		31.94	100.00	14-25	16.4
Nº 50	0.297		25.60	100.00		13.5
Nº 80	0.177		18.11	100.00	8-17	10.1
Nº 100	0.149		12.92	100.00		7.8
Nº 200	0.075		6.26	100.00	4-8	4.8
Fondo			0.00	0.00		0
Tanteo MAC 1		0.53	0.45	0.02		



ANEXO 8:
ENSAYOS AGREGADOS PÉTREOS NORMAL ABSORCIÓN – CANTERA LA
PODEROSA



Ensayo	: Índice de plasticidad (Malla N° 40) de los suelos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



LÍMITE LÍQUIDO	
N° de Golpes	NO PRESENTA
N° de Tara	
Peso de tara (gf)	
Peso muestra húmeda(gf)	
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	
Peso de tara y muestra seca (gf)	
Peso del agua (gf)	
Peso del suelo seco (gf)	
Cont. Humedad (%)	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NO PRESENTA

LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	NO PRESENTA		
Peso muestra húmeda(gf)			
Peso de tara y muestra húmeda (gf)			
Peso de tara y muestra seca (gf)			
Peso del agua (gf)			
Peso del suelo seco (gf)			
Cont. Humedad (%)			
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NO PRESENTA		

INDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO (Ipc)	N.P.
PASANTE MALLA N° 40	



Ensayo	: Índice de plasticidad (Malla N° 200) de los suelos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



LÍMITE LÍQUIDO	
N° de Golpes	NO PRESENTA
N° de Tara	
Peso de tara (gf)	
Peso muestra húmeda(gf)	
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	
Peso de tara y muestra seca (gf)	
Peso del agua (gf)	
Peso del suelo seco (gf)	
Cont. Humedad (%)	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NO PRESENTA

LÍMITE PLÁSTICO			
Nº de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	NO PRESENTA		
Peso muestra húmeda(gf)			
Peso de tara y muestra húmeda (gf)			
Peso de tara y muestra seca (gf)			
Peso del agua (gf)			
Peso del suelo seco (gf)			
Cont. Humedad (%)			
LIMITE PLASTICO (%)		NO PRESENTA	

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO (Ipc)	N.P.
PASANTE MALLA N° 200	



Ensayo	: Equivalente de arena en agregado fino
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 114
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N° ENSAYO	1		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	18.6	18.6	18.8
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	14:13:00	14:15:00	14:17:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	14:23:00	14:25:00	14:27:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	14:25:00	14:27:00	14:29:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	14:45:00	14:47:00	14:49:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.80	3.70	3.60
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	4.95	5.20	4.90
EQUIVALENTE DE ARENA	77.0	71.0	73.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO - %)	74.0		

N° ENSAYO	2		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	19.0	19.3	19.2
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	15:07:00	15:09:00	15:11:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	15:17:00	15:19:00	15:21:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	15:19:00	15:21:00	15:23:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	15:39:00	15:41:00	15:43:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.70	3.70	3.60
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	4.80	4.65	4.60
EQUIVALENTE DE ARENA	77.0	80.0	78.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO)	78.0		



Ensayo	: Sales solubles para agregados finos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	182.18	182.18	182.18
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	151.34	151.34	151.34
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	648.62	648.62	648.62
Peso agua + sal (B) (gf)	497.28	497.28	497.28
Peso recipiente (alícuota) (gf)	106.97	124.04	124.57
Volumen de alícuota (50 - 100 mL)	80	75	80
Peso recipiente + alícuota (gf)	184.32	196.65	201.29
Peso alícuota (C) (gf)	77.35	72.61	76.72
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	107.11	124.15	124.68
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.14	0.11	0.11
SALES SOLUBLES (%)	0.496	0.415	0.393

AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	222.01	222.01	222.01
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	155.91	155.91	155.91
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	653.36	653.36	653.36
Peso agua + sal (B) (gf)	497.45	497.45	497.45
Peso recipiente (alícuota) (gf)	113.38	118.19	111.6
Volumen de alícuota (50 - 100 mL)	75	80	85
Peso recipiente + alícuota (gf)	180.39	195.58	193.86
Peso alícuota (C) (gf)	67.01	77.39	82.26
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	113.48	118.3	111.73
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.10	0.11	0.13
SALES SOLUBLES (%)	0.335	0.319	0.355



Ensayo	: Sales solubles para agregados Gruesos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1129.27	1129.27	1129.27
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	155.9	155.9	155.9
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	652.56	652.56	652.56
Peso agua + sal (B) (gf)	496.66	496.66	496.66
Peso recipiente (alícuota) (gf)	118.21	106.99	124.05
Volumen de alícuota (50 - 100 mL)	70	75	80
Peso recipiente + alícuota (gf)	186.12	179.14	201.77
Peso alícuota (C) (gf)	67.91	72.15	77.72
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	118.24	107.01	124.07
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.03	0.02	0.02
SALES SOLUBLES (%)	0.019	0.012	0.011

AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1169.33	1169.33	1169.33
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	156.06	156.06	156.06
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	652.83	652.83	652.83
Peso agua + sal (B) (gf)	496.77	496.77	496.77
Peso recipiente (alícuota) (gf)	106.98	113.37	118.19
Volumen de alícuota (50 - 100 mL)	70	80	95
Peso recipiente + alícuota (gf)	175.16	191.11	210.93
Peso alícuota (C) (gf)	68.18	77.74	92.74
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	106.99	113.38	118.2
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.01	0.01	0.01
SALES SOLUBLES (%)	0.006	0.005	0.005



Ensayo	: Partículas chatas y alargadas en agregados gruesos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 223
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ASTM D 422		granulometría 1				granulometría 2			
tamaño	abertura (mm)	peso retenido (gf)	Porcentaje (%)			peso retenido (gf)	Porcentaje (%)		
			retenido	Acum.	pasante		retenido	Acum.	pasante
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00		0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	890.1	36.14	36.14	63.86	1250.8	45.16	45.16	54.84
3/8"	9.500	530.3	21.53	57.68	42.32	603.1	21.77	66.93	33.07
1/4"	6.400	736.8	29.92	87.60	12.40	651.3	23.51	90.44	9.56
n° 4	4.760	305.4	12.40	100.00	0.00	264.7	9.56	100.00	0.00
Total		2462.6	100.00			2769.9	100.00		

		Ensayo n° 1							
tamiz		total		partículas chatas		partículas alargadas		ni chatas ni alargadas	
pasa	retiene	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)
1"	3/4"	0	0	0	0	0	0	0	0
3/4"	1/2"	100	576	15	50.3	0	0	85	525.7
1/2"	3/8"	100	201.7	12	19.6	1	1.6	87	180.5
3/8"	1/4"	100	110.8	11	11.1	2	3.2	87	96.5
total		300	888.5	38	81	3	4.8	259	802.7
porcentaje de chatas y alargadas				9.1		0.5		90.3	
Total chatas y alargadas (%)				9.7					

		Ensayo n° 2							
tamiz		total		partículas chatas		partículas alargadas		ni chatas ni alargadas	
pasa	retiene	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)	n° piezas	peso (gf)
1"	3/4"	0	0	0	0	0	0	0	0
3/4"	1/2"	100	584.7	12	44	0	0	88	540.7
1/2"	3/8"	100	240.9	14	22.3	2	10.9	84	207.7
3/8"	1/4"	100	86.3	9	6.2	1	1.6	90	78.5
total		300	911.9	35	72.5	3	12.5	262	826.9
porcentaje de chatas y alargadas				8.0		1.4		90.7	
Total chatas y alargadas (%)				9.3					



Ensayo	: Abrasión Los Ángeles al desgaste de agregados gruesos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 207
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N° ENSAYO	1
GRADACIÓN	Tipo B
MALLA QUE RETIENE	PESO RETENIDO (g)
1/2"	2499.9
3/8"	2506.9
TOTAL	5006.80
N° DE ESFERAS	11
N° DE REVOLUCIONES	500
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 SIN LAVAR (g)	4262.4
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 LAVADO (g)	4255.00
PESO PERDIDO DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (g)	751.80
Porcentaje perdida (%)	0.17
DESGASTE LOS ÁNGELES (%)	15

N° ENSAYO	2
GRADACIÓN	Tipo B
MALLA QUE RETIENE	PESO RETENIDO (g)
1/2"	2505.4
3/8"	2500.7
TOTAL	5006.10
N° DE ESFERAS	11
N° DE REVOLUCIONES	500
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 SIN LAVAR (g)	4169.5
PESO RETENIDO EN LA MALLA N° 12 LAVADO (g)	4162.50
PESO PERDIDO DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (g)	843.60
Porcentaje perdida (%)	0.17
DESGASTE LOS ÁNGELES (%)	17



Ensayo	: Porcentaje con una y dos caras fracturadas
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 210
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Tamaño del agregado		Con una cara fracturada				
malla		a peso retenido (gf)	b peso (gf)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
pasa	retiene					
1"	3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	1060.90	1014.60	95.64	42.38	4052.73
1/2"	3/8"	511.10	471.90	92.33	20.42	1884.96
total		1572.00	1486.50	187.97	62.79	5937.69
total muestra (g)		2503.50				
Porcentaje con una cara fracturada (%)		95				

Tamaño del agregado		Con dos caras fracturadas				
malla		a peso retenido (g)	b peso (g)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
pasa	retiene					
1"	3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	1060.90	877.90	82.75	42.38	3506.69
1/2"	3/8"	511.10	397.50	77.77	20.42	1587.78
total		1572.00	1275.40	160.52	62.79	5094.47
total muestra (g)		2503.50				
Porcentaje con dos caras fracturadas (%)		81				

tamaño del agregado		con una cara fracturada				
malla		a peso retenido (gf)	b peso (gf)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
pasa	retiene					
1"	3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	570.50	482.10	84.50	40.04	3383.16
1/2"	3/8"	275.30	330.80	120.16	19.32	2321.40
total		845.80	812.90	204.66	59.35	5704.56
total muestra (g)		1425.0				
Porcentaje con una cara fracturada (%)		96				

tamaño del agregado		con dos caras fracturadas				
malla		a peso retenido (gf)	b peso (gf)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
pasa	retiene					
	3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	1/2"	585.50	385.80	65.89	41.09	2707.37
	3/8"	290.90	255.30	87.76	20.41	1791.58
total		876.40	641.10	153.65	61.50	4498.95
total muestra (g)		1425.0				
Porcentaje con dos caras fracturadas (%)		73				



Ensayo	: Peso específico y absorción de los agregados gruesos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 206
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO N° 1		Und
Peso de la muestra	3500.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	3268.0	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	3298.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	2090.0	gf
Peso específico aparente (Pea)	2.77	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.73	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.71	gf/cm ³
Absorción (Ab)	0.9	%

ENSAYO N° 2		Und
Peso de la muestra	3500.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	3263.5	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	3294.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	2085.0	gf
Peso específico aparente (Pea)	2.77	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.72	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.70	gf/cm ³
Absorción (Ab)	0.9	%

ENSAYO N° 3		Und
Peso de la muestra	3500.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	3273.3	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	3300.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	2090.0	gf
Peso específico aparente (Pea)	2.77	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.73	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.71	gf/cm ³
Absorción (Ab)	0.8	%

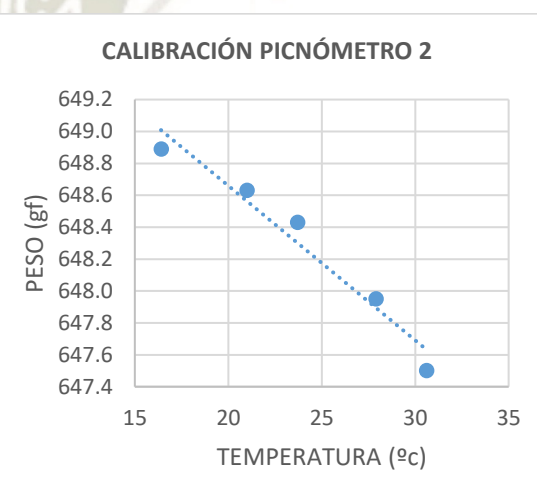
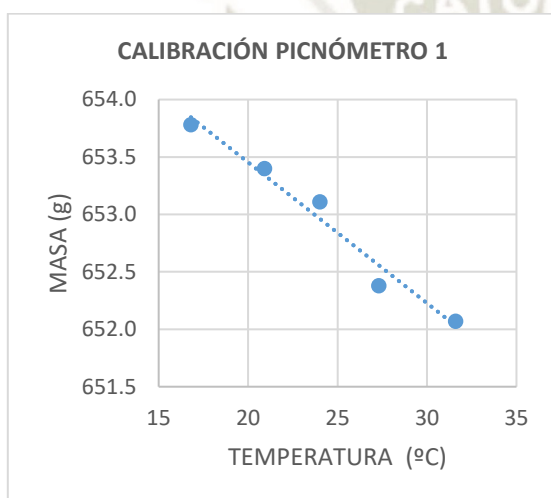


Ensayo	: Gravedad específica y absorción de los agregados finos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



CALIBRACIÓN PICNOMETRO 1		
Peso fiola	155.9	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.8	653.78
2	20.9	653.4
3	24	653.11
4	27.3	652.38
5	31.6	652.07

CALIBRACIÓN PICNOMETRO 2		
Peso fiola	151.58	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.4	648.89
2	21	648.63
3	23.7	648.43
4	27.9	647.95
5	30.6	647.5



DATOS DE CALIBRACIÓN	PIC. 1	PIC. 2
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	155.90	151.58
Temperatura de calibración (°c)	21.00	21.00
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	653.33	648.57
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99799	0.99799
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	498.43	497.99

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 1	PIC. 2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gf)	500.05	500.10
Temperatura de agua en el ensayo (°c)	21.40	21.80
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99791	0.99782
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	653.29	648.48
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	959.39	955.49
Peso de tara (gf)	261.1	234.94
Peso de tara y espécimen seca (gf)	757.69	732.20
Peso del espécimen seca (gf)	496.59	497.26
Coefficiente de temperatura de ensayo (K)	0.9997	0.99961
Densidad relativa (gravedad específica) de masa	2.56	2.57
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca	2.58	2.59
Densidad relativa (gravedad específica) aparente	2.61	2.61
Absorción (%)	0.7	0.6

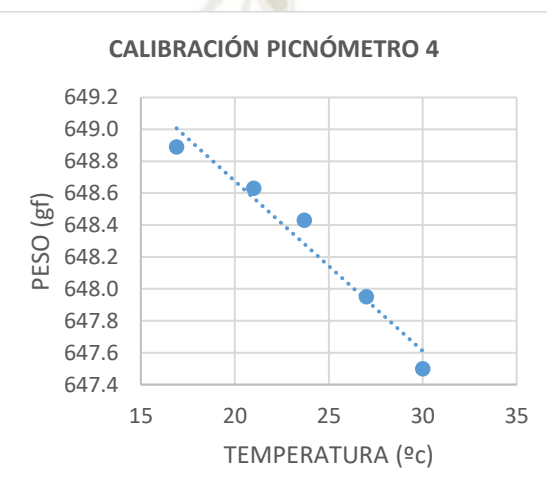
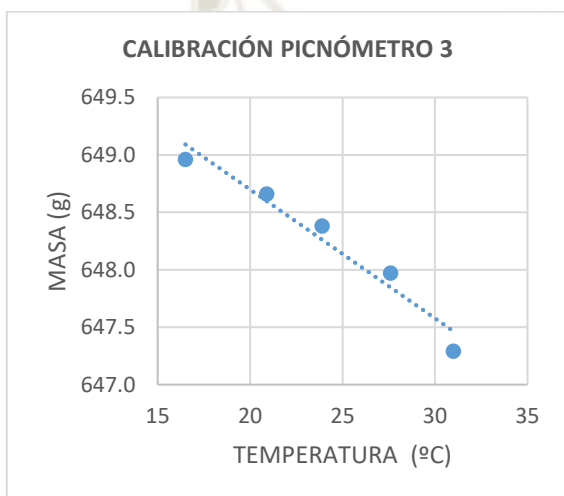


Ensayo	: Gravedad específica y absorción de los agregados finos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



CALIBRACIÓN PICNOMETRO 3		
Peso fiola	151.33	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.5	648.96
2	20.9	648.66
3	23.9	648.38
4	27.6	647.97
5	31	647.29

CALIBRACIÓN PICNOMETRO 4		
Peso fiola	149.74	
#	Temperatura(°C)	Peso (gf)
1	16.9	646.92
2	21	646.68
3	23.7	646.33
4	27	646.02
5	30	645.68



DATOS DE CALIBRACIÓN	PIC. 3	PIC. 4
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	151.33	149.74
Temperatura de calibración (°c)	21.30	21.10
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	648.55	648.56
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99793	0.99797
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	498.25	499.84

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 3	PIC. 4
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gf)	500.03	500.04
Temperatura de agua en el ensayo (°c)	21.50	21.00
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99789	0.99799
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	648.53	648.57
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	954.76	955.21
Peso de tara (gf)	232.02	233.22
Peso de tara y espécimen seca (gf)	727.8	729.59
Peso del espécimen seca (gf)	495.78	496.37
Coefficiente de temperatura de ensayo (K)	0.9997	0.99979
Densidad relativa (gravedad específica) de masa	2.56	2.57
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca	2.58	2.58
Densidad relativa (gravedad específica) aparente	2.61	2.62
Absorción (%)	0.8	0.7



Ensayo	: Durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



arena lavada

tamaño del agregado		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
3/8"	nº 4	0.74	-	-	-	-	-	-
nº 4	nº 8	21.64	100	100.1	99.3	0.8	0.80	0.17
nº 8	nº 16	22.28	100	100.32	96.9	3.42	3.41	0.76
nº 16	nº 30	16.27	100	100.56	95.6	4.96	4.93	0.80
nº 30	nº 50	13.47	100	100.52	92.2	8.32	8.28	1.11
nº 50	< nº100	25.60	100	-				
total		100.0						2.8

agregado grueso - cuantitativo

tamaño del agregado		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
1"	3/4"	8.1	-	-	-	-	-	-
3/4"	1/2"	36.1	670	670.5	670.1	0.4	0.06	0.02
1/2"	3/8"	19.1	300	300.93	299	1.93	0.64	0.12
3/8"	1/4"	23.5	300	300.22	299.6	0.62	0.21	0.05
1/4"	n° 4	9.7	300	300.35	298.9	1.45	0.48	0.05
menos de n°4		3.5	-	-	-	-	-	-
total		100.0						0.2

agregado grueso - cualitativo

tamaño del agregado		rajadas		desmoronadas		fracturadas		astilladas		n° total de partículas antes del ensayo
malla										
pasante	retiene	n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	
2 1/2"	1 1/2"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	3/4"	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ensayo	: Durabilidad al sulfato de magnesio de los agregados
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Arena lavada

Tamaño del agregado		Gradación original de la muestra	Peso requerido (gf)	Peso inicial de las fracciones (gf)	Peso final de las fracciones (gf)	Pérdida		Pérdida corregida (%)
Malla						Peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
3/8"	nº 4	0.74	-	-	-	-	-	-
nº 4	nº 8	21.64	100	100.58	95.5	5.08	5.05	1.09
nº 8	nº 16	22.28	100	100.21	94.3	5.91	5.90	1.31
nº 16	nº 30	16.27	100	100.34	90.7	9.64	9.61	1.56
nº 30	nº 50	13.47	100	100.66	88.4	12.26	12.18	1.64
nº 50	< de nº100	25.60	100	-				
total		100.0						5.6

Agregado grueso - cuantitativo

tamaño del agregado		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
1"	3/4"	8.1	-	-	-	-	-	-
3/4"	1/2"	36.1	670	671.2	669.5	1.7	0.25	0.09
1/2"	3/8"	19.1	300	301.56	295.3	6.26	2.08	0.40
3/8"	1/4"	23.5	300	300.02	298.5	1.52	0.51	0.12
1/4"	n° 4	9.7	300	300.11	297.3	2.81	0.94	0.09
menos de n°4		3.5	-	-	-	-	-	-
total		100.0						0.7

agregado grueso - cualitativo

tamaño del agregado		rajadas		desmoronadas		fracturadas		astilladas		Nº total de partículas antes del ensayo
malla										
pasante	retiene	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	
2 1/2"	1 1/2"	-	-	-	-	-	-	-	-	
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	3/4"	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ensayo	: Determinación del índice de durabilidad del agregado fino
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO

Gradación Arena Gruesa		
Tamiz	Peso (gf)	% Retenido
Nº 8	111.90	22.38
Nº 10	34.63	6.93
Nº 16	76.77	15.35
Nº 20	42.39	8.48
Nº 30	38.95	7.79
Nº 40	35.66	7.13
Nº 50	31.69	6.34
Nº 80	37.46	7.49
Nº 100	25.95	5.19
Nº 200	33.28	6.66
Fondo	31.32	6.26
TOTAL	500.00	100.00

Peso de muestra (gf)	500.0
Peso muestra lavado(gf)	484.0
Procedimiento de ensayo	B
Agua de lavado	Agua Destilada

Nº ensayo	1	2
Método	b	
Temperatura de solución (°c)	23.90	24.10
Probeta	a	b
Hora de entrada de saturación	11:35:00	11:57:00
Hora de salida de saturación	11:45:00	12:07:00
Hora de entrada de decantación	11:55:00	12:17:00
Hora de salida de decantación	12:15:00	12:37:00
Lectura de arena (h1) (mm.)	86	79
Lectura de arcilla (h2) (mm.)	114	114
df	76	69
Indice de durabilidad (promedio) (%)	72	



Ensayo	: Determinación del índice de durabilidad del agregado grueso
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 214
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



PIEDRA CHANCADA

Gradación Piedra chancada		
Tamiz	Peso (gf)	% Retenido
1/2	2234.25	41.3
3/8	1169.4	21.6
4	2001.25	37.0
TOTAL	5404.9	100

Tamiz	PESO MUESTRA (gf)	
	A	B
1/2"	1070.50	1070.00
3/8"	570.50	570.00
Nº4	910.00	910.00

Procedimiento de ensayo	A
Agua de lavado	Agua Destilada

Nº DE ENSAYO	1	2
PROBETA	A	B
PESO MUESTRA (gf)	2551.00	2550.00
PESO MUESTRA LAVADO(gf)	2538.5	2537.5
PÉRDIDA DE PESO (gf)	12.500	12.500
ALTURA DE SEDIMENTACIÓN (plg)	0.200	0.150
PROMEDIO ALTURA DE SEDIMENTACIÓN (plg)	0.175	
ÍNDICE DE DURABILIDAD (%)	93	



Ensayo	: Azul de metilenos en agregados finos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: AASHTO TP 57
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO N° 1	
Concentración de solución de Azul de Metileno (mg de azul por ml de solución)	10
Volumen total añadido de la solución colorante (ml)	12
Peso de muestra seca utilizada en el ensayo (gf)	30
Valor de azul de metileno (mg/g)	4.0

ENSAYO N° 2	
Concentración de solución de Azul de Metileno (mg de azul por ml de solución)	10
Volumen total añadido de la solución colorante (ml)	10
Peso de muestra seca utilizada en el ensayo (gf)	30
Valor de azul de metileno (mg/g)	3.3



Ensayo	: Angularidad en agregados finos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 222
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Ensayo N° 1	
Peso de molde (gf)	90.52
Peso de molde + muestra (gf)	225.81
Peso de muestra (gf)	135.29
Volumen de molde (cm ³)	97.7
Gravedad específica bruta del agregado fino	2.56
Contenido de vacíos (cm ³)	44.94
Angularidad de Agregado fino (%)	46.0

Ensayo N° 2	
Peso de molde (gf)	90.52
Peso de molde + muestra (gf)	228.17
Peso de muestra (gf)	137.65
Volumen de molde (cm ³)	97.7
Gravedad específica bruta del agregado fino	2.56
Contenido de vacíos (cm ³)	44.02
Angularidad de Agregado fino (%)	45.1



Ensayo	: Adherencia en agregados Grueso
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 517
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Ensayo N° 1 (Cemento PEN 120/150)	
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	99
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	99
Promedio de estimación visual de la superficie	99

Ensayo N° 2 (Cemento modificado con polímero SBS 1B)	
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	99
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	96
Promedio de estimación visual de la superficie	98



Ensayo	: Peso unitario y vacío de los agregados Gruesos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 203
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



PESO UNITARIO SUELTO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	5200.00	5200.00
Peso del agua (gf)	9475.00	9475.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.009494273	0.009494273
Peso del recipiente y muestra (gf)	19580.00	19720.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1514.60	1529.34
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1521.97	

PESO UNITARIO COMPACTADO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	5200.00	5200.00
Peso del agua (gf)	9475.00	9475.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.009494273	0.009494273
Peso del recipiente y muestra (gf)	21240.00	21170.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1689.44	1682.07
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1685.75	



Ensayo	: Peso unitario y vacío de los agregados Finos
Material	: Agregado con Normal Absorción
Cantera	: La Poderosa
Norma	: MTC E 203
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



PESO UNITARIO SUELTO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	1650.00	1650.00
Peso del agua (gf)	2840.00	2840.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.002845777	0.002845777
Peso del recipiente y muestra (gf)	5950.00	5860.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1511.01	1479.39
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1495.20	

PESO UNITARIO COMPACTADO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	1650.00	1650.00
Peso del agua (gf)	2840.00	2840.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.002845777	0.002845777
Peso del recipiente y muestra (gf)	6720.00	6780.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1781.59	1802.67
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1792.13	

ANEXO 9:
ENSAYOS AGREGADOS PÉTREOS ALTA ABSORCIÓN – CANTERA
SOCABAYA COMO AGREGADO GRUESO Y CANTERA CHIGUATA COMO
AGREGADO FINO.



Ensayo	: Índice de plasticidad de los suelos (Malla N° 40)
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



LÍMITE LÍQUIDO	
N° de Golpes	NO PRESENTA
N° de Tara	
Peso de tara (gf)	
Peso muestra húmeda(gf)	
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	
Peso de tara y muestra seca (gf)	
Peso del agua (gf)	
Peso del suelo seco (gf)	
Cont. Humedad (%)	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NO PRESENTA

LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	NO PRESENTA		
Peso muestra húmeda(gf)			
Peso de tara y muestra húmeda (gf)			
Peso de tara y muestra seca (gf)			
Peso del agua (gf)			
Peso del suelo seco (gf)			
Cont. Humedad (%)			
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NO PRESENTA		

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO (Ipc)	N.P.
PASANTE MALLA N° 40	



Ensayo	: Índice de plasticidad de los suelos (Malla N° 200)
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 110 – MTC E 111
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



LÍMITE LÍQUIDO	
N° de Golpes	NO PRESENTA
N° de Tara	
Peso de tara (gf)	
Peso muestra húmeda(gf)	
Peso de tara y muestra húmeda (gf)	
Peso de tara y muestra seca (gf)	
Peso del agua (gf)	
Peso del suelo seco (gf)	
Cont. Humedad (%)	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NO PRESENTA

LÍMITE PLÁSTICO			
N° de Tara	A	B	C
Peso de tara (gf)	NO PRESENTA		
Peso muestra húmeda(gf)			
Peso de tara y muestra húmeda (gf)			
Peso de tara y muestra seca (gf)			
Peso del agua (gf)			
Peso del suelo seco (gf)			
Cont. Humedad (%)			
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NO PRESENTA		

INDICE DE PLASTICIDAD (Ip)	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD CRÍTICO (Ipc)	N.P.
PASANTE MALLA N° 200	



Ensayo	: Equivalente de arena agregado fino
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 114
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº ENSAYO	1		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	23.0	22.6	22.6
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	14:42:00	14:44:00	14:46:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	14:52:00	14:54:00	14:56:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	14:54:00	14:56:00	14:58:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	15:14:00	15:16:00	15:18:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	4.10	3.75	3.60
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	4.75	4.70	4.85
EQUIVALENTE DE ARENA	86.0	80.0	74.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO - %)	80.0		

Nº ENSAYO	2		
MÉTODO	A		
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)	22.3	22.0	22.2
PROBETA	1	2	3
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN	12:17:00	12:19:00	12:21:00
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN	12:27:00	12:29:00	12:31:00
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN	12:29:00	12:31:00	12:33:00
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN	12:49:00	12:51:00	12:53:00
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)	3.80	3.90	3.60
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)	4.65	4.80	4.50
EQUIVALENTE DE ARENA	82.0	81.0	80.0
EQUIVALENTE DE ARENA (PROMEDIO)	81.0		



Ensayo	: Sales solubles en agregados finos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	121.85	121.85	121.85
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	153.14	153.14	153.14
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	649.91	649.91	649.91
Peso agua + sal (B) (gf)	496.77	496.77	496.77
Peso recipiente (alícuota) (gf)	113.38	124.58	111.61
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	75	70	75
Peso recipiente + alícuota (gf)	185.86	191.87	183.89
Peso alícuota (C) (gf)	72.48	67.29	72.28
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	113.4	124.59	111.63
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.02	0.01	0.02
SALES SOLUBLES (%)	0.113	0.061	0.113

AGREGADO FINO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	112.34	112.34	112.34
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	151.43	151.43	151.43
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	648.8	648.8	648.8
Peso agua + sal (B) (gf)	497.37	497.37	497.37
Peso recipiente (alícuota) (gf)	111.6	124.58	124.05
Volumen de alícuota(50 - 100 mL)	80	80	80
Peso recipiente + alícuota (gf)	189.16	202.75	202.1
Peso alícuota (C) (gf)	77.56	78.17	78.05
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	111.61	124.59	124.07
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.01	0.01	0.02
SALES SOLUBLES (%)	0.057	0.057	0.114



Ensayo	: Sales solubles en agregados Gruesos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 219
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1022.34	1022.34	1022.34
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	155.53	155.53	155.53
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	651.03	651.03	651.03
Peso agua + sal (B) (gf)	495.5	495.5	495.5
Peso recipiente (alícuota) (gf)	113.05	123.69	111.29
Volumen de alícuota (50 - 100 mL)	80	75	80
Peso recipiente + alícuota (gf)	190.57	196.61	188.67
Peso alícuota (C) (gf)	77.52	72.92	77.38
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	113.07	123.7	111.3
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.02	0.01	0.01
SALES SOLUBLES (%)	0.013	0.007	0.006

AGREGADO GRUESO			
Determinación N°	1	2	3
Peso de la muestra (A) (gf)	1155	1155	1155
Peso del Recipiente (Vaso Precipitado) (gf)	155.75	155.75	155.75
Peso del Recipiente + agua + sal (gf)	651.9	651.9	651.9
Peso agua + sal (B) (gf)	496.15	496.15	496.15
Peso recipiente (alícuota) (gf)	114.05	123.95	107.01
Volumen de alícuota (50 - 100 mL)	80	75	85
Peso recipiente + alícuota (gf)	192.13	198.75	190.02
Peso alícuota (C) (gf)	78.08	74.8	83.01
Peso recipiente + Alícuota cristalizada (gf)	114.06	123.96	107.03
Alícuota Cristalizada (D) (gf)	0.01	0.01	0.02
SALES SOLUBLES (%)	0.006	0.006	0.010



Ensayo	: Partículas chatas y alargadas en agregados gruesos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 223
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ASTM D 422		granulometría 1				granulometría 2			
tamaño	abertura (mm)	peso retenido (g)	Porcentaje (%)			Peso reten. (g)	Porcentaje (%)		
			Reten.	Acum.	Pasan.		Reten.	Acum.	Pasa.
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.00	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	876.8	36.61	36.61	63.39	1055.5	40.27	40.27	59.73
3/8"	9.500	521.3	21.77	58.38	41.62	520.3	19.85	60.12	39.88
1/4"	6.400	721.5	30.13	88.51	11.49	745.1	28.43	88.55	11.45
n° 4	4.760	275.1	11.49	100.00	0.00	300	11.45	100.00	0.00
total		2394.7	100.00			2620.9	100.00		

tamiz		ensayo n° 1							
pasa	retiene	total		partículas chatas		partículas alargadas		ni chatas ni alargadas	
		n° piezas	peso (g)	n° piezas	peso (g)	n° piezas	peso (g)	n° piezas	peso (g)
1"	3/4"	0	0	0	0	0	0	0	0
3/4"	1/2"	100	602.9	6	14.5	1	5.6	93	582.8
1/2"	3/8"	100	191.2	7	9.5	4	9	89	172.7
3/8"	1/4"	100	83.9	6	3.4	2	2	92	78.5
total		300	878	19	27.4	7	16.6	274	834
Porcentaje de chatas y alargadas				3.12		1.89		91.33	94.99
Total chatas y alargadas (%)				5.01					

Tamiz		Ensayo n° 2							
Pasa	Retiene	Total		Partículas chatas		Partículas alargadas		Ni chatas ni alargadas	
		n° piezas	peso (g)	n° piezas	peso (g)	n° piezas	peso (g)	n° piezas	peso (g)
1"	3/4"	0	0	0	0	0	0	0	0
3/4"	1/2"	100	422	10	22.5	0	0	90	399.5
1/2"	3/8"	100	201.9	8	7.9	1	2	91	192
3/8"	1/4"	100	75.7	6	2.5	1	0.6	93	72.6
Total		300	699.6	24	32.9	2	2.6	274	664.1
Porcentaje de chatas y alargadas				4.70		0.37		91.33	94.93
Total chatas y alargadas (%)				5.07					



Ensayo	: Abrasión Los Ángeles al desgaste de los agregados
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 207
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº ENSAYO	1
GRADACIÓN	Tipo B
MALLA QUE RETIENE	PESO RETENIDO (g)
1/2"	2500.8
3/8"	2500.4
TOTAL	5001.20
Nº DE ESFERAS	11
Nº DE REVOLUCIONES	500
PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 12 SIN LAVAR (g)	3268.0
PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 12 LAVADO (g)	3262.80
PESO PERDIDO DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (g)	1738.40
Porcentaje perdida (%)	0.16
DESGASTE LOS ÁNGELES (%)	34.76

Nº ENSAYO	2
GRADACIÓN	Tipo B
MALLA QUE RETIENE	PESO RETENIDO (g)
1/2"	2500.24
3/8"	2500.7
TOTAL	5000.94
Nº DE ESFERAS	11
Nº DE REVOLUCIONES	500
PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 12 SIN LAVAR (g)	3258.3
PESO RETENIDO EN LA MALLA Nº 12 LAVADO (g)	3253.60
PESO PERDIDO DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (g)	1747.34
Porcentaje perdida (%)	0.14
DESGASTE LOS ÁNGELES (%)	34.94



Ensayo	: Porcentaje de las caras fracturadas de agregados
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 210
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Tamaño del agregado malla retenido	
malla	
pasa	retiene
3/4"	1/2"
1/2"	3/8"
total	
total muestra (g)	
Porcentaje con una cara fracturada (%)	
Tamaño del agregado malla retenido	
malla	
pasa	retiene
3/4"	1/2"
1/2"	3/8"
total	
total muestra (g)	
Porcentaje con dos caras fracturadas (%)	

Con una cara fracturada				
a peso retenido (g)	b peso (g)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
750.60	700.50	93.33	31.94	2980.85
495.30	465.30	93.94	21.08	1980.00
1245.90	1165.80	187.27	53.02	4960.85
2350.00				
94				
Con dos caras fracturadas				
a peso retenido (g)	b peso (g)	c (b/a)*100	d (%)	e (c*d)
750.60	545.80	72.72	31.94	2322.55
495.30	345.30	69.72	21.08	1469.36
1245.90	891.10	142.43	53.02	3791.91
2350.00				
72				

tamaño del agregado malla retenido		con una cara fracturada				
malla		a	b	c	d	e
pasa	retiene	peso retenido (g)	peso (g)	(b/a)*100	(%)	(c*d)
1"	3/4"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	1/2"	549.00	492.10	89.64	30.50	2733.89
1/2"	3/8"	364.00	330.80	90.88	20.22	1837.78
total		913.00	822.90	180.51	50.72	4571.67
total muestra (g)		1800.0				
Porcentaje con una cara fracturada (%)		90				
tamaño del agregado malla retenido		con dos caras fracturadas				
malla		a	b	c	d	e
pasa	retiene	peso retenido (g)	peso (g)	(b/a)*100	(%)	(c*d)
3/4"		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1/2"		549.00	385.80	70.27	30.50	2143.33
3/8"		364.00	255.30	70.14	20.22	1418.33
total		913.00	641.10	140.41	50.72	3561.67
total muestra (g)		1800.0				
Porcentaje con dos caras fracturadas (%)		70				



Ensayo	: Peso específico y absorción de agregados gruesos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 207
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO N° 1		Und
Peso de la muestra	4000.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	3863.1	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	3976.2	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	2345.8	gf
Peso específico aparente (Pea)	2.55	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.44	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.37	gf/cm ³
Absorción (Ab)	2.9	%

ENSAYO N° 2		Und
Peso de la muestra	3800.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	3625.1	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	3730.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	2181.3	gf
Peso específico aparente (Pea)	2.51	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.41	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.34	gf/cm ³
Absorción (Ab)	2.9	%

ENSAYO N° 3		Und
Peso de la muestra	3650.0	gf
Peso de la muestra seca en el aire (A)	3610.0	gf
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (B)	3720.0	gf
Peso en el agua de la muestra saturada (C)	2166.3	gf
Peso específico aparente (Pea)	2.50	gf/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)	2.39	gf/cm ³
Peso específico de masa (Pem)	2.32	gf/cm ³
Absorción (Ab)	3.0	%

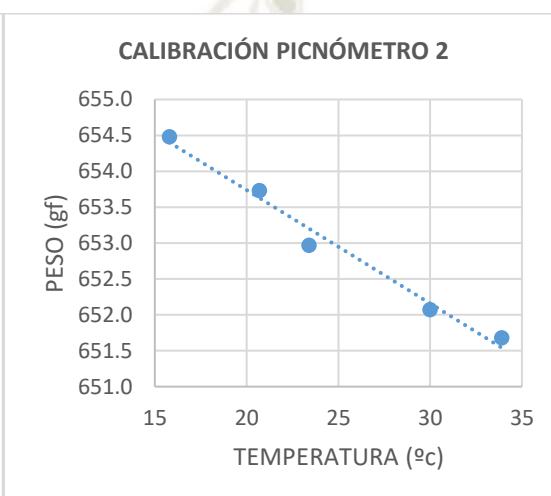
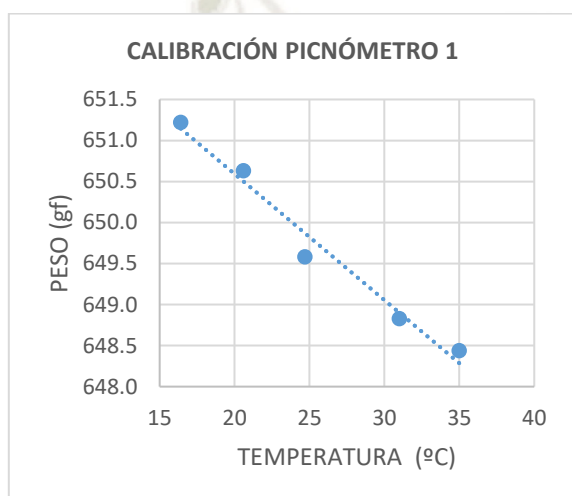


Ensayo	: Gravedad específica y absorción de agregados finos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



CALIBRACIÓN PICNOMETRO 1		
Masa fiola	153.17	
#	Temperatura(°C)	Masa(g)
1	16.4	651.22
2	20.6	650.63
3	24.7	649.58
4	31	648.83
5	35	648.44

CALIBRACIÓN PICNOMETRO 2		
Masa fiola	156.08	
#	Temperatura(°C)	Masa(g)
1	15.8	654.48
2	20.7	653.73
3	23.4	652.97
4	30	652.07
5	33.9	651.68



DATOS DE CALIBRACIÓN	PIC. 1	PIC. 2
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	153.17	156.08
Temperatura de calibración (°c)	20.40	21.00
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	650.53	653.58
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99812	0.99799
Volumen promedio calibrado del picnómetro (ml)	498.30	498.50

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 1	PIC. 2
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gf)	500.28	500.22
Temperatura de agua en el ensayo (°c)	23.10	23.40
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.99752	0.99745
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	650.23	653.31
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	953.38	956.48
Peso de tara (gf)	169.32	176.32
Peso de tara y espécimen seca (gf)	658.46	667.66
Peso del espécimen seca (gf)	489.14	491.34
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	0.99931	0.99924
Densidad relativa (gravedad específica) de masa	2.48	2.49
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca	2.54	2.54
Densidad relativa (gravedad específica) aparente	2.63	2.61
Absorción (%)	2.2	1.8

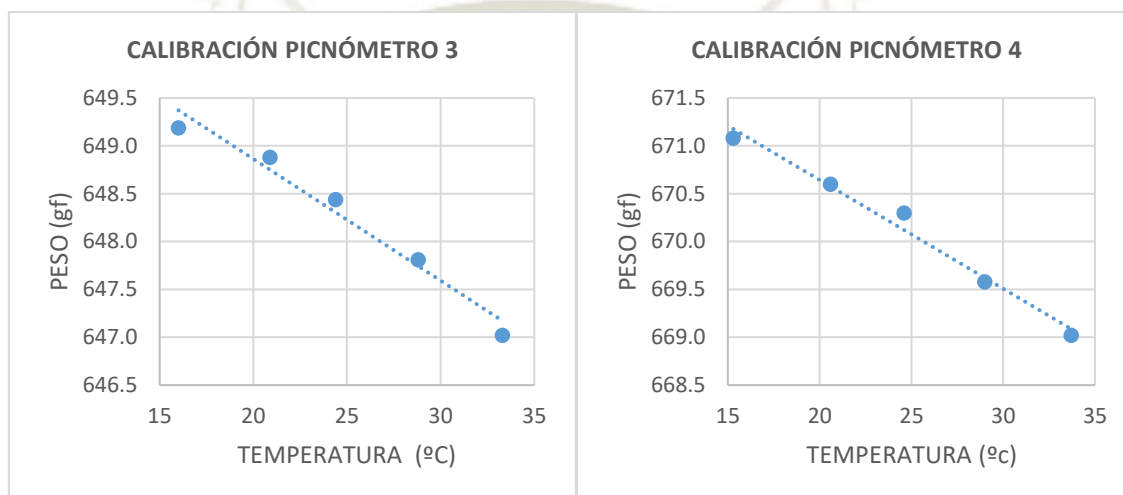


Ensayo	: Gravedad específica y absorción de agregados finos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



CALIBRACIÓN PICNOMETRO 3		
Masa fiola	151.44	
#	Temperatura(°C)	Masa(g)
1	16	649.19
2	20.9	648.88
3	24.4	648.44
4	28.8	647.81
5	33.3	647.02

CALIBRACIÓN PICNOMETRO 4		
Masa fiola	173.53	
#	Temperatura(°C)	Masa(g)
1	15.3	671.08
2	20.6	670.6
3	24.6	670.3
4	29	669.58
5	33.7	669.02



DATOS DE CALIBRACIÓN	PIC. 3	PIC. 4
Peso promedio calibrada del picnómetro seco (gf)	151.44	173.53
Temperatura de calibración (°c)	21.00	21.00
Peso del picnómetro y agua a temperatura de calibración (gf)	648.74	670.53
Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/ml)	0.99799	0.99799
Volumen promedio calibrado del picnometro (ml)	498.30	498.00

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 3	PIC. 4
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gf)	500.13	500.02
Temperatura de agua en el ensayo (°c)	24.40	23.70
Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/ml)	0.9972	0.99737
Peso del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo (gf)	648.35	670.22
Peso del picnómetro, agua y espécimen a temperatura de ensayo (gf)	953.02	974.73
Peso de tara (gf)	235.54	169.91
Peso de tara y espécimen seca (gf)	726.02	660.30
Peso del espécimen seca (gf)	490.48	490.39
Coefficiente de temperatura de ensayo (K)	0.99899	0.99917
Densidad relativa (gravedad específica) de masa	2.51	2.51
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca	2.56	2.56
Densidad relativa (gravedad específica) aparente	2.64	2.64
Absorción (%)	1.9	1.9



Ensayo	: Durabilidad al sulfato de Magnesio de agregados
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 209
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Arena lavada

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
3/8"	nº 4	0.70	-	-	-	-	-	-
nº 4	nº 8	22.01	100	100.05	93.9	6.15	6.15	1.35
nº 8	nº 16	21.95	100	100.04	97.5	2.54	2.54	0.56
nº 16	nº 30	17.05	100	100.01	93	7.01	7.01	1.20
nº 30	nº 50	14.10	100	100.15	95.5	4.65	4.64	0.65
nº 50	< nº100	24.20	100	-				
total		100.0						3.8

Agregado grueso - cuantitativo

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
1"	3/4"	7.9	-	-	-	-	-	-
3/4"	1/2"	37.1	670	670.1	665	5.1	0.76	0.28
1/2"	3/8"	19.6	300	300.38	299	1.38	0.46	0.09
3/8"	1/4"	24.1	300	300.87	298.5	2.37	0.79	0.19
1/4"	nº 4	9.1	300	300.61	298.7	1.91	0.64	0.06
menos de nº4		2.2	-	-	-	-	-	-
total		100						0.6

Agregado grueso - cualitativo

tamaño del agregado malla retenido		rajadas		desmoronadas		fracturadas		astilladas		n° total de partículas antes del ensayo
malla		n°	%	n°	%	n°	%	n°	%	
pasante	retiene									
2 1/2"	1 1/2"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	3/4"	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ensayo	: Durabilidad al sulfato de Magnesio de agregados
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 209
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Arena lavada

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
3/8"	nº 4	0.70	-	-	-	-	-	-
nº 4	nº 8	22.01	100	100.58	91.1	9.48	9.43	2.07
nº 8	nº 16	21.95	100	100.09	94.8	5.29	5.29	1.16
nº 16	nº 30	17.05	100	100.43	90.4	10.03	9.99	1.70
nº 30	nº 50	14.10	100	100.26	90.8	9.46	9.44	1.33
nº 50	< nº100	24.20	100	-				
total		100.0						6.3

Agregado grueso - cuantitativo

tamaño del agregado malla retenido		gradación original de la muestra	peso requerido (gf)	peso inicial de las fracciones (gf)	peso final de las fracciones (gf)	pérdida		Pérdida corregida (%)
malla						peso (gf)	Porcentaje (%)	
pasante	retiene							
1"	3/4"	7.9	-	-	-	-	-	-
3/4"	1/2"	37.1	670	670.31	650.5	19.81	2.96	1.10
1/2"	3/8"	19.6	300	300.27	297.3	2.97	0.99	0.19
3/8"	1/4"	24.1	300	300.56	293.4	7.16	2.38	0.57
1/4"	n° 4	9.1	300	300.14	294.3	5.84	1.95	0.18
menos de n°4		2.2	-	-	-	-	-	-
total		100						2.0

Agregado grueso - cualitativo

tamaño del agregado malla retenido		rajadas		desmoronadas		fracturadas		astilladas		nº total de partículas antes del ensayo
malla		nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	
pasante	retiene									
2 1/2"	1 1/2"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2"	1"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1"	3/4"	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Ensayo	: Índice de durabilidad para el agregado fino
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 214
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



AGREGADO FINO

Gradación Arena Gruesa		
Tamiz	Peso (gf)	% Retenido
Nº 8	103.50	20.70
Nº 10	34.65	6.93
Nº 16	79.35	15.87
Nº 20	42.99	8.60
Nº 30	39.60	7.92
Nº 40	36.34	7.27
Nº 50	32.19	6.44
Nº 80	37.52	7.50
Nº 100	24.18	4.84
Nº 200	35.59	7.12
Fondo	34.09	6.82
TOTAL	500.00	100.00

Peso de muestra (gf)	500.0
Peso muestra lavado(gf)	475.0
Procedimiento de ensayo	B
Agua de lavado	Agua Destilada

Nº ENSAYO
MÉTODO
TEMPERATURA DE SOLUCIÓN (°C)
PROBETA
HORA DE ENTRADA DE SATURACIÓN
HORA DE SALIDA DE SATURACIÓN
HORA DE ENTRADA DE DECANTACIÓN
HORA DE SALIDA DE DECANTACIÓN
LECTURA DE ARENA (h1) (mm.)
LECTURA DE ARCILLA (h2) (mm.)
Df
ÍNDICE DE DURABILIDAD (PROMEDIO) (%)

1	2
B	
22.50	22.90
A	B
13:45:00	14:00:00
13:55:00	14:10:00
14:05:00	14:20:00
14:25:00	14:40:00
99	94
145	140
68	67
68	



Ensayo	: Índice de durabilidad para el agregado grueso
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 214
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



PIEDRA CHANCADA

Gradación Piedra chancada		
Tamiz	Peso (gf)	% Retenido
1/2	2250	41.4
3/8	1185	21.8
4	1995.6	36.7
TOTAL	5430.6	100

Tamiz	PESO MUESTRA (gf)	
	A	B
1/2"	1070.80	1071.00
3/8"	570.90	570.50
Nº4	910.20	910.90

Procedimiento de ensayo	A
Agua de lavado	Agua Destilada

Nº DE ENSAYO	1	2
PROBETA	A	B
PESO MUESTRA (gf)	2551.90	2552.40
PESO MUESTRA LAVADO(gf)	2533.4	2534
PÉRDIDA DE PESO (gf)	18.500	18.400
ALTURA DE SEDIMENTACIÓN (plg)	0.300	0.350
PROMEDIO ALTURA DE SEDIMENTACIÓN (plg)	0.325	
ÍNDICE DE DURABILIDAD (%)	89.25	



Ensayo	: Azul de metileno en agregado fino
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: AASHTO TP 57
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



ENSAYO N° 1	
Concentración de solución de Azul de Metileno (mg de azul por ml de solución)	10
Volumen total añadido de la solución colorante (ml)	15
Peso de muestra seca utilizada en el ensayo (gf)	30
Valor de azul de metileno (mg/g)	5.0

ENSAYO N° 2	
Concentración de solución de Azul de Metileno (mg de azul por ml de solución)	10
Volumen total añadido de la solución colorante (ml)	10
Peso de muestra seca utilizada en el ensayo (gf)	30
Valor de azul de metileno (mg/g)	3.3



Ensayo	: Angularidad del agregado fino
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 222
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Ensayo N° 1	
Peso de molde (gf)	91.05
Peso de molde + muestra (gf)	223.17
Peso de muestra (gf)	132.12
Volumen de molde (cm ³)	98.1
Gravedad específica bruta del agregado fino	2.49
Contenido de vacíos (cm ³)	45.09
Angularidad de Agregado fino (%)	46.0

Ensayo N° 2	
Peso de molde (gf)	91.05
Peso de molde + muestra (gf)	221.25
Peso de muestra (gf)	130.20
Volumen de molde (cm ³)	98.1
Gravedad específica bruta del agregado fino	2.49
Contenido de vacíos (cm ³)	45.86
Angularidad de Agregado fino (%)	46.8



Ensayo	: Adherencia del agregado
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 222
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Ensayo N° 1 (Cemento PEN 120/150)	
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	96
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	99
Promedio de estimación visual de la superficie	98

Ensayo N° 2 (Cemento modificado con polimero SBS 1B)	
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	95
Estimación visual de la superficie del agregado cubierto	96
Promedio de estimación visual de la superficie	96



Ensayo	: Peso unitario de los agregados gruesos y finos
Material	: Agregado con Alta Absorción
Cantera	: Socabaya / Chiguata
Norma	: MTC E 203
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Agregado Grueso

PESO UNITARIO SUELTO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	5200.00	5200.00
Peso del agua (gf)	9475.00	9475.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.009494273	0.009494273
Peso del recipiente y muestra (gf)	18850.00	18620.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1437.71	1413.48
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1425.60	

PESO UNITARIO COMPACTADO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	5200.00	5200.00
Peso del agua (gf)	9475.00	9475.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.009494273	0.009494273
Peso del recipiente y muestra (gf)	19960.00	20030.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1554.62	1561.99
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1558.31	

Agregado Fino

PESO UNITARIO SUELTO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	1650.00	1650.00
Peso del agua (gf)	2840.00	2840.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.002845777	0.002845777
Peso del recipiente y muestra (gf)	5570.00	5470.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1377.48	1342.34
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1359.91	

PESO UNITARIO COMPACTADO	ENSAYO 1	ENSAYO 2
Peso del recipiente (gf)	1650.00	1650.00
Peso del agua (gf)	2840.00	2840.00
Volumen del recipiente (m ³)	0.002845777	0.002845777
Peso del recipiente y muestra (gf)	6310.00	6460.00
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1637.51	1690.22
Peso unitario promedio (kg/m ³)	1663.87	

ANEXO 10:
CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL FILLER – ROCA SILICE CARPETEK



Ensayo	: Gravedad específica de suelos y Filler
Material	: Rocatek
Empresa	: CARPETEK
Norma	: MTC E 205
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS SÓLIDOS	PIC. 1	PIC. 2
Peso de los sólidos (gf)	295.53	291.30
Peso del picnómetro (gf)	150.87	150.81
Peso del picnómetro y agua (gf)	647.64	646.11
Peso del picnómetro y muestra (gf)	446.40	442.11
Peso del picnómetro, agua y muestra (gf)	824.94	820.36
Volumen desplazado	118.23	117.05
Gravedad específica	2.50	2.49
Temperatura (° C)	21.1	22.3
Coeficiente de temperatura de ensayo (K)	0.9998	0.9995
Gravedad específica a 20° C	2.50	2.49





Filler Sílico

Datos Técnicos:	Especificaciones:	Resultados:
Densidad aparente (g/cm ³)	NTNLT-176	0.5 - 1.1
Coefficiente de emulsividad	NTNLT-180	0.1 - 0.6
Retenido en tamiz M-200 (%)	ASTM D-422	1.8 - 2.7
Retenido en tamiz M-325 (%)	ASTM D-422	12.0 - 15.0
Peso específico (g/cm ³)	ASTM D-854	2.0 - 2.5
Humedad (%)		0.2 - 1.0



INFORMES Y PEDIDOS:
 Variante de Uchmayo Km 6 Sachaca - Arequipa
 RPC: 986878807 - RPM: #0178700 - 966540700 - Nextel: 129*1265
 E-mail: ventas2@rocattech.com.pe
www.rocattech.com.pe

ANEXO 11:
ESPECIFICACIÓN CEMENTO ASFALTICO CONVENCIONAL PEN 120/150

PETROLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.

09-01-2020
dc-10010686
245-831 / 801-999

INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 120/150 PEN)

N° SRCO-LAB-3936-2019

FECHA DE REPORTE: 23.12.2019	FECHA DE RECEPCIÓN: 20.12.2019	CÓDIGO DE MUESTRA: 21282
HORA DE RECEPCIÓN: 10:30 HORAS	PROCEDENCIA: JEFATURA OPERACIONES	BUQUE/TANQUE: ---
TANQUE DE MUESTREO: 3A	VOLUMEN DE PRODUCTO: MB	DESTINO: "PLANTA CONCHÁN"

ENSAYOS	MÉTODO ASTM ¹⁴	OTRO MÉTODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				MIN.	MAX.
PENETRACIÓN:					
a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-13		132	20	150
DUCTILIDAD:					
a 25°C, 5 cm/min. cm	D 113-07		>150	100	
FLUIDEZ:					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-19		1670		Reportar
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-19		233.0		140
SOLUBILIDAD:					
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15		99.7		99
VOLATILIDAD:					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-16b		270		218
DENSIDAD:					
Gravedad API a 60°F, °API	D 70-39 ¹		7.9		Reportar
Gravedad Específica a 50/60°F	D 70-39 ¹		1.015		Reportar
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA:					
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-14e1		43.0		Reportar
Índice de Penetración			-0.5	-1	1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina):	D 1754-09(2014)				
- Pérdida por calentamiento, % masa			0.20		1.3
- Penetración Retenida, % del Original	D 5-13		61		42
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		>150		100
ADHERENCIA:					
Revestimiento y Desprendimiento, %	D 3825-12		> 95		Reportar

OBSERVACIONES:

- Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.
- La muestra fue proporcionada por el cliente.
La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 130 y 145°C.
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.
- (A) American Society for Testing and Materials

ORIGINAL: CLIENTE	ELABORADO POR: SERGIO CLEMENTE RIQUELME CHUMACERO Ficha N° 56851	APROBADO POR: VIRGILIO PUMAPILLO GUTIÉRREZ FICHA: 54377

SRCOLAB-PT-010 F-06, Rev. 5

FIN DE INFORME

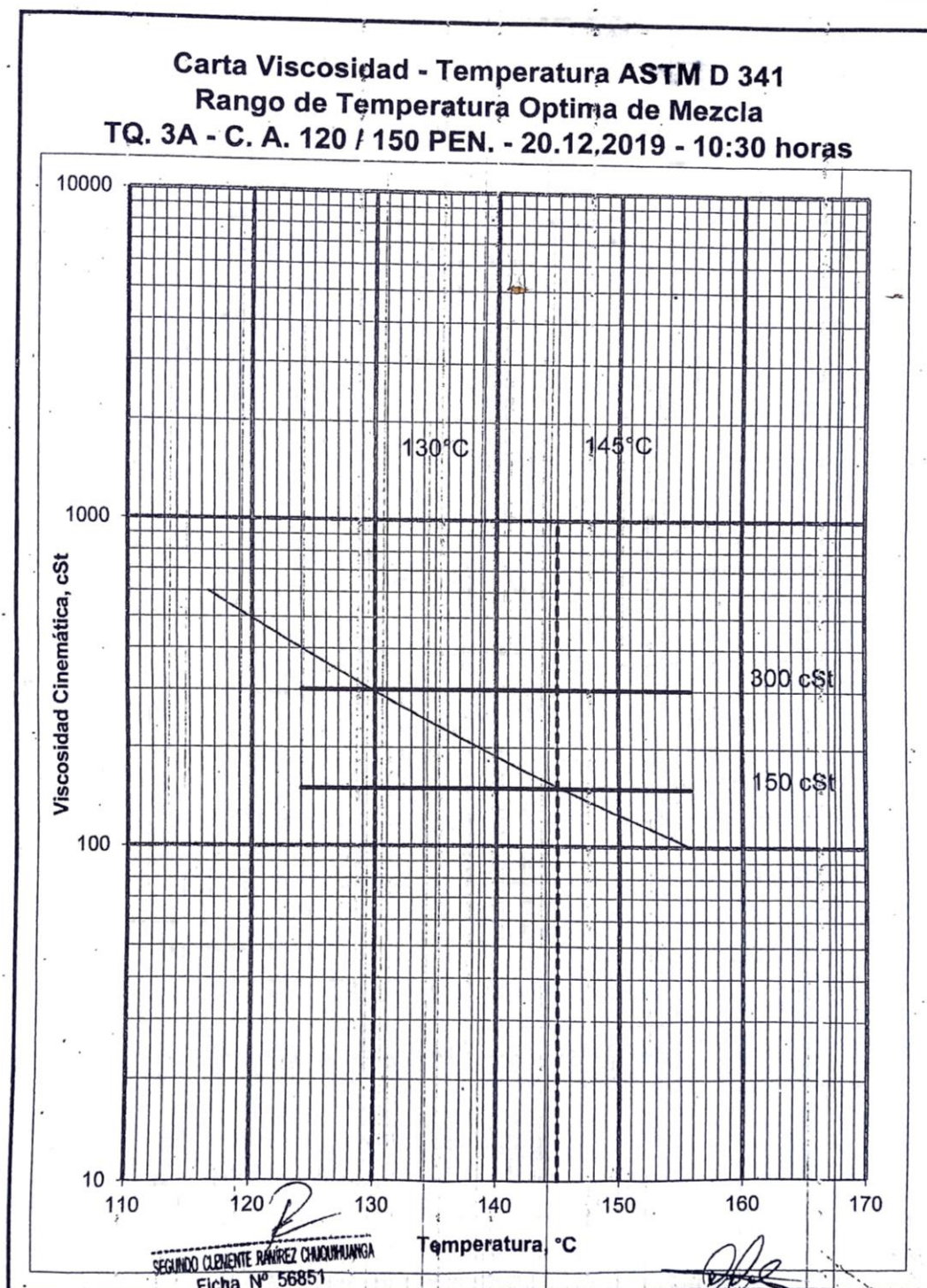
Pag 1 de 2

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ



Relojería Principal: Sr. Enrique Góngora, Moyleys 130, Lima 27, Perú.
Relojería Conchán: Km 22.5, Av. Jorge Paredón 1313, Surco, Lima, Perú.
Tel: 051 1 318 8320.
Pág. Web: www.petroperu.com.pe
Sociedad inscrita en la Partida N° 11314754 del Registro de Personas Jurídicas.

PETROLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.



VIRGILIO PUMAPILLO GUTIÉRREZ
FICHA: 54377



Oficina Principal: Av. Enrique Canaval Moreyra 150 Lima 27 - Perú
 Refinería Conchan - Km 26.5, Antigua Panamericana Sur - Lima - Perú
 Tel.: (511) 315-6330
 Portal Empresarial: <http://www.petroperu.com.pe>
 Sociedad inscrita en la Partida N° 11014754 del Registro de Personas Jurídicas

PROHIBIDA SU REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACION DE PETROPERU





CONTRATISTAS GENERALES S.A.



49 AÑOS DE EXPERIENCIA

ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACIÓN, ASFALTOS EMULSIONADOS, MODIFICADOS CON POLÍMEROS Y OBRAS EN GENERAL

CERTIFICADO DE CALIDAD DE ASFALTO MODIFICADO CON POLÍMERO SBS

DATOS GENERALES		
CLIENTE :	ALDO JAVIER LLAVE TORRES	FECHA DE FABRICACIÓN : 10-01-2020
		FECHA DE EMBARQUE : 15-01-2020
		LOTE : MUESTRA

ENSAYO	METODO ASTM	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS
		MINIMO	MAXIMO	
Punto de ablandamiento, °C	D 36	60	----	74.8
Penetración, 25°C, 5 s, dmm	D 5	55	70	60
Punto de inflamación, °C	D 92	230	----	284
Recuperación elástica torsional, 25°C, %	NLT 329*	60	----	72
Recuperación elástica lineal, 25°C, %, método A, 10 cm	D 6084	85	----	91
Recuperación elástica lineal, 5°C, %, método A, 10 cm	D 6084	60	----	82
Ductilidad, 5°C, 5 cm/min, cm	D 113	15	----	40
Viscosidad Brookfield, 135°C, cP	D 4402	----	----	1430
Viscosidad Brookfield, 145°C, cP	D 4402	----	1000	950
Viscosidad Brookfield, 175°C, cP	D 4402	----	----	310
<i>Estabilidad al almacenamiento, 163°C, 48 horas</i>	<i>D 5976</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Diferencia en Punto de ablandamiento, °C	D 36	----	5	0.3
Diferencia en Penetración, dmm	D 5	----	10	2
<i>Sobre el residuo después de Película Fina</i>	<i>D 1754</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	
Variación de masa, %	D 1754	----	1	0.785
Penetración, 25°C, 5 s, % del original	D 5	65	----	75
Ductilidad, 5°C, 5 cm/min, cm	D 113	8	----	15
Punto de ablandamiento, diferencia del original, °C	D 36	-5	10	2.5
Recuperación elástica lineal, 5°C, %, método A, 10 cm	D 6084	65	----	82

HECHO POR : Tec. M. C. D.
REVISADO POR : M.C.L.
FECHA DE ENSAYO : 11-01-2020

CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.
Manuel Coronado Lopez
Jefe de Laboratorio

OBSERVACIÓN

EDICIÓN : FEBRERO 2020, VERSIÓN 03

El presente documento concierne única y exclusivamente a la muestra sometida a ensayo y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Queda terminantemente prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización expresa por escrito por CAH Contratistas Generales S.A, asimismo la empresa no se responsabiliza por los daños o pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado del producto.

Planta de Emulsiones Asfálticas y Asfaltos Modificados con Polímeros

Callao: Calle 4-5, Urb. Grimaneza Mz C, Lt 5 ----Telfs: 5722457-- 572-3447-- 717-7388 Anexo Lab. 108-106

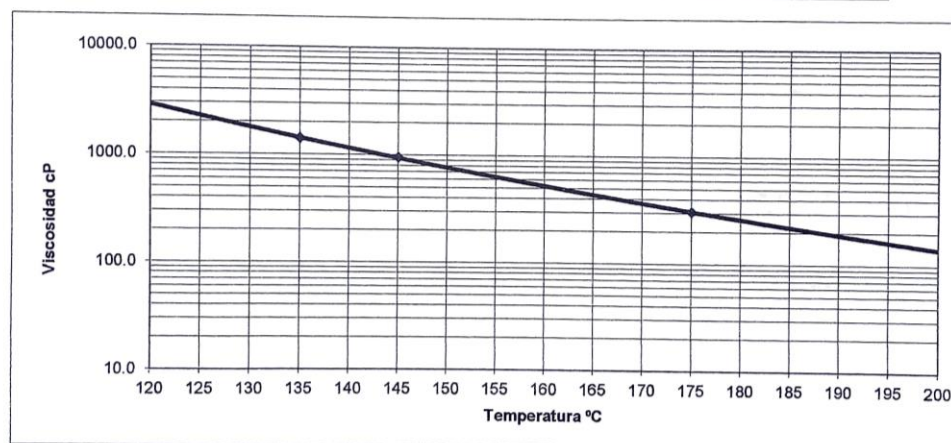
Av. República de Colombia 671 Of. 603 (Ex Av Central) - San Isidro - Lima - Perú Telf.: 4406239 - 4417577 - 4400064 - 4220440 - 4225221
CENTRAL TELEFÓNICA DIGITAL: 204-5100 Fax: Anexo (150)
E-mail: camohesa@camohesa.com.pe www.camohesa.com.pe

49 AÑOS DE EXPERIENCIA
ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACIÓN, ASFALTOS EMULSIONADOS, MODIFICADOS CON POLÍMEROS Y OBRAS EN GENERAL

CARTA DE VISCOSIDAD

DATOS GENERALES		
ALDO JAVIER LLAVE TORRES		FECHA DE FABRICACIÓN : 10-01-2020
		FECHA DE EMBARQUE : 15-01-2020
		LOTE : MUESTRA

Ensayo de Viscosidad Viscosímetro Rotacional Brookfield (norma ASTM 4402)		
Ensayo sobre el AMP	Unidad	Valor
Viscosidad a 135 °C	cP	1430.0
Viscosidad a 145 °C	cP	950.0
Viscosidad a 175 °C	cP	310.0



Carta de viscosidad:

300 - 400 cP : 160 - 165 °C

400 - 600 cP : 160 - 155 °C

Temperatura aproximada de mezcla

Temperatura aproximada de compactación

CAH CONTRATISTAS GENERALES S.A.
Manuel Coronado Lopez
Jefe de Laboratorio

* El presente documento concierne única y exclusivamente a la muestra sometida a ensayo y al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

* Queda terminantemente prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización expresa por escrito por CAH Contratistas Generales S.A, asimismo la empresa no se responsabiliza por los daños ó pérdidas ocasionadas por el uso inadecuado del producto

Planta de Emulsiones Asfálticas y Asfaltos Modificados con Polímeros
Callao: Calle 4-5, Urb. Grimaneza Mz C, Lt 5 ----Telfs: 5722457-- 572-3447-- 717-7388 Anexo Lab. 108-106 Nextel: 401*6906

Av. República de Colombia 671 Of. 603 (Ex Av Central) - San Isidro - Lima - Perú Telf.: 4406239 - 4417577 - 4400064 - 4220440 - 4225221
CENTRAL TELEFÓNICA DIGITAL: 204-5100 Fax: Anexo (150)
E-mail: camohesa@camohesa.com.pe www.camohesa.com.pe

ANEXO 13:
DOSIFICACIÓN DE MATERIAL PETREO, FILLER Y CEMENTO
ASFALTICO PARA DISEÑO MARSHALL EN PESO CONSTANTE DE 1200 G



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 4.0 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cemento Asfáltico		4.00
% Restante		96.00
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	50.88
% Arena	45.00%	43.20
% Filler	2.00%	1.92
		100.00

Pesos para:	4.00	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	4.00	48
1"	25.400								
3/4"	19.050	4.11	49.3						
1/2"	12.700	18.37	220.5						
3/8"	9.525	9.73	116.8						
1/4"	6.350	11.94	143.3	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.96	59.5	0.31	3.7				
Nº 8	2.380	1.72	20.7	9.35	112.2				
Nº 10	2.000	0.03	0.3	2.99	35.9				
Nº 16	1.138	0.02	0.2	6.63	79.6				
Nº 20	0.840	0.01	0.06	3.66	43.9				
Nº 30	0.590			3.36	40.4				
Nº 40	0.426			3.08	37.0				
Nº 50	0.297			2.74	32.9				
Nº 80	0.177			3.24	38.8	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.24	26.9	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.88	34.5	0.00	0.0		
Fondo				2.71	32.5	1.92	23.0		
		50.88	610.60	43.20	518.40	1.92	23.04	4.00	48.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 4.5 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		4.50
% Restante		95.50
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	50.62
% Arena	45.00%	42.98
% Filler	2.00%	1.91
		100.00

Pesos para:	4.50	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	4.50	54
1"	25.400								
3/4"	19.050	4.09	49.0						
1/2"	12.700	18.28	219.3						
3/8"	9.525	9.68	116.2						
1/4"	6.350	11.88	142.6	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.93	59.2	0.31	3.7				
Nº 8	2.380	1.72	20.6	9.30	111.6				
Nº 10	2.000	0.03	0.3	2.98	35.7				
Nº 16	1.138	0.02	0.2	6.60	79.2				
Nº 20	0.840	0.01	0.06	3.64	43.7				
Nº 30	0.590			3.35	40.2				
Nº 40	0.426			3.07	36.8				
Nº 50	0.297			2.72	32.7				
Nº 80	0.177			3.22	38.6	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.23	26.8	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.86	34.3	0.00	0.0		
Fondo				2.69	32.3	1.91	22.9		
		50.62	607.42	42.97	515.70	1.91	22.92	4.50	54.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							



Informe	: Dosificación para una MAC al 5.0 % de cemento asfáltico
Material	: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		5.00
% Restante		95.00
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	50.35
% Arena	45.00%	42.75
% Filler	2.00%	1.90
		100.00

Pesos para:	5.00	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	5.00	60
1"	25.400								
3/4"	19.050	4.06	48.8						
1/2"	12.700	18.18	218.2						
3/8"	9.525	9.63	115.5						
1/4"	6.350	11.82	141.8	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.91	58.9	0.30	3.7				
Nº 8	2.380	1.71	20.5	9.25	111.0				
Nº 10	2.000	0.03	0.3	2.96	35.5				
Nº 16	1.138	0.02	0.2	6.56	78.8				
Nº 20	0.840	0.01	0.06	3.62	43.5				
Nº 30	0.590			3.33	40.0				
Nº 40	0.426			3.05	36.6				
Nº 50	0.297			2.71	32.5				
Nº 80	0.177			3.20	38.4	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.22	26.6	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.85	34.1	0.00	0.0		
Fondo				2.68	32.1	1.90	22.8		
		50.35	604.24	42.75	513.00	1.90	22.80	5.00	60.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 5.5 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		5.50
% Restante		94.50
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	50.09
% Arena	45.00%	42.53
% Filler	2.00%	1.89
		100.00

Pesos para:	5.50	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	5.50	66
1"	25.400								
3/4"	19.050	4.04	48.5						
1/2"	12.700	18.09	217.0						
3/8"	9.525	9.58	114.9						
1/4"	6.350	11.76	141.1	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.88	58.6	0.30	3.6				
Nº 8	2.380	1.70	20.4	9.20	110.4				
Nº 10	2.000	0.03	0.3	2.95	35.3				
Nº 16	1.138	0.02	0.2	6.53	78.4				
Nº 20	0.840	0.01	0.06	3.61	43.3				
Nº 30	0.590			3.31	39.7				
Nº 40	0.426			3.03	36.4				
Nº 50	0.297			2.70	32.3				
Nº 80	0.177			3.19	38.2	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.21	26.5	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.83	34.0	0.00	0.0		
Fondo				2.66	32.0	1.89	22.7		
		50.09	601.06	42.52	510.30	1.89	22.68	5.50	66.00
% Total	100.00								
Peso Total	1200.0								



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 6.0 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		6.00
% Restante		94.00
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	49.82
% Arena	45.00%	42.30
% Filler	2.00%	1.88
		100.00

	6.00	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	6.00	72
1"	25.400								
3/4"	19.050	4.02	48.3						
1/2"	12.700	17.99	215.9						
3/8"	9.525	9.53	114.3						
1/4"	6.350	11.69	140.3	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.86	58.3	0.30	3.6				
Nº 8	2.380	1.69	20.3	9.15	109.8				
Nº 10	2.000	0.02	0.3	2.93	35.2				
Nº 16	1.138	0.01	0.2	6.50	77.9				
Nº 20	0.840	0.01	0.06	3.59	43.0				
Nº 30	0.590			3.29	39.5				
Nº 40	0.426			3.02	36.2				
Nº 50	0.297			2.68	32.2				
Nº 80	0.177			3.17	38.0	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.20	26.3	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.82	33.8	0.00	0.0		
Fondo				2.65	31.8	1.88	22.6		
		49.82	597.88	42.30	507.60	1.88	22.56	6.00	72.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 6.5 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		6.50
% Restante		93.50
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	49.56
% Arena	45.00%	42.08
% Filler	2.00%	1.87
		100.00

Pesos para:	6.50	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	6.50	78
1"	25.400								
3/4"	19.050	4.00	48.0						
1/2"	12.700	17.89	214.7						
3/8"	9.525	9.48	113.7						
1/4"	6.350	11.63	139.6	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.83	58.0	0.30	3.6				
Nº 8	2.380	1.68	20.2	9.10	109.2				
Nº 10	2.000	0.02	0.3	2.91	35.0				
Nº 16	1.138	0.01	0.2	6.46	77.5				
Nº 20	0.840	0.01	0.06	3.57	42.8				
Nº 30	0.590			3.28	39.3				
Nº 40	0.426			3.00	36.0				
Nº 50	0.297			2.67	32.0				
Nº 80	0.177			3.15	37.8	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.18	26.2	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.80	33.6	0.00	0.0		
Fondo				2.64	31.6	1.87	22.4		
		49.56	594.70	42.08	504.90	1.87	22.44	6.50	78.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 7.0 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		7.00
% Restante		93.00
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	49.29
% Arena	45.00%	41.85
% Filler	2.00%	1.86
		100.00

Pesos para:	7.00	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	7.00	84
1"	25.400								
3/4"	19.050	3.98	47.7						
1/2"	12.700	17.80	213.6						
3/8"	9.525	9.43	113.1						
1/4"	6.350	11.57	138.8	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.81	57.7	0.30	3.6				
Nº 8	2.380	1.67	20.1	9.06	108.7				
Nº 10	2.000	0.02	0.3	2.90	34.8				
Nº 16	1.138	0.01	0.2	6.43	77.1				
Nº 20	0.840	0.00	0.06	3.55	42.6				
Nº 30	0.590			3.26	39.1				
Nº 40	0.426			2.99	35.8				
Nº 50	0.297			2.65	31.8				
Nº 80	0.177			3.14	37.6	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.17	26.1	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.79	33.4	0.00	0.0		
Fondo				2.62	31.5	1.86	22.3		
		49.29	591.52	41.85	502.20	1.86	22.32	7.00	84.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							



Informe
Material
Norma
Laboratorio

: Dosificación para una MAC al 7.5 % de cemento asfáltico
: Agregados pétreos, Filler y Cemento Asfáltico
: MTC E 504
: Universidad Católica de Santa María



% Cem. Asf.		7.50
% Restante		92.50
% Grava 3/4	0.00%	0.00
% Grava 1/2	53.00%	49.03
% Arena	45.00%	41.63
% Filler	2.00%	1.85
		100.00

Pesos para:	7.50	Piedra chancada 1/2"		Arena gruesa		Roca pulverizada		Asfalto %	Asfalto (gf)
Tamiz	Abertura (mm.)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	% Ret prom.	Peso (gf)	7.50	90
1"	25.400								
3/4"	19.050	3.96	47.5						
1/2"	12.700	17.70	212.4						
3/8"	9.525	9.38	112.5						
1/4"	6.350	11.51	138.1	0.01	0.2				
Nº 4	4.760	4.78	57.4	0.30	3.6				
Nº 8	2.380	1.66	19.9	9.01	108.1				
Nº 10	2.000	0.02	0.3	2.88	34.6				
Nº 16	1.138	0.01	0.2	6.39	76.7				
Nº 20	0.840	0.00	0.06	3.53	42.3				
Nº 30	0.590			3.24	38.9				
Nº 40	0.426			2.97	35.6				
Nº 50	0.297			2.64	31.7				
Nº 80	0.177			3.12	37.4	0.00	0.0		
Nº 100	0.149			2.16	25.9	0.00	0.0		
Nº 200	0.074			2.77	33.2	0.00	0.0		
Fondo				2.61	31.3	1.85	22.2		
		49.03	588.34	41.62	499.50	1.85	22.20	7.50	90.00
% Total		100.00							
Peso Total		1200.0							

ANEXO 14:
DISEÑO MARSHALL Y COMPROBACIÓN PARA UNA MAC CON
AGREGADO NORMAL ABSORCIÓN Y ASFALTO CONVENCIONAL PEN
120/150



Ensayo	: Diseño tentativo de mezcla mac-1 – Marshall – 4.0% y 4.5%
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto Convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	Ensayo N°	Unid.	1			2		
			A	B	C	A	B	C
--	N° De Briqueta							
2	% De cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0			4.5		
3	% De piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.880			50.615		
4	% De arena gruesa en peso de la mezcla	%	43.200			42.975		
5	% De roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.920			1.910		
6	Peso específico del cemento asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso específico agregado grueso – bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso específico agregado grueso – aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso específico agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso específico agregado fino – aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso específico filler – aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del espécimen 01	(mm)	63.56	62.30	64.19	62.67	63.11	63.02
12b	Altura del espécimen 02	(mm)	62.95	62.93	64.60	62.37	64.16	63.06
12c	Altura del espécimen 03	(mm)	63.13	62.93	64.67	63.06	62.72	62.58
12d	Altura del espécimen 04	(mm)	63.76	62.23	64.20	62.52	63.40	63.13
12	Altura promedio (mtc 507 - 2000)	(mm)	63.35	62.60	64.42	62.66	63.35	62.95
13	Peso del espécimen en el aire	(gf)	1187.3	1179.3	1186.3	1187.4	1191.9	1186.1
14	Peso del espécimen saturado superficialmente seca en aire	(gf)	1190.4	1181.2	1189.5	1188.6	1192.4	1187.5
15	Peso de la espécimen en agua	(gf)	692.0	686.5	686.4	688.5	691.0	690.3
	Agua Absorbida	%	0.6	0.4	0.6	0.2	0.1	0.3
16a	Volumen del espécimen por desplazamiento	(cm ³)	498.4	494.7	503.1	500.1	501.4	497.2
16b	Volumen Geométrico	(cm ³)	513.58	507.48	522.21	507.94	513.56	510.32
16c	Volumen Adoptado	(cm ³)	498.4	494.7	503.1	500.1	501.4	497.2
17	Peso específico bulk del espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.382	2.384	2.358	2.374	2.377	2.386
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.375	2.377	2.351	2.367	2.370	2.378
19	Peso específico máximo teórico	(gf/cm ³)	2.500			2.481		
20	Porcentaje de vacíos	%	4.703	4.637	5.673	4.291	4.178	3.839
21	Peso específico bulk del agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.A absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% Del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	86.80	86.86	85.92	86.060	86.163	86.468
26	% Del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	8.498	8.504	8.412	9.648	9.660	9.694
27	% Vacíos del agregado mineral (vma)	%	13.20	13.141	14.085	13.940	13.837	13.532
28	C.A. efectivo/peso de la mezcla	%	3.610			4.112		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	64.376	64.714	59.725	69.214	69.807	71.634
30	Lectura del anillo de carga		996.8	921.3	978.8	1016.3	1079.0	1100.6
31	Estabilidad sin corregir	kgf	996.8	921.3	978.8	1016.3	1079.0	1100.6
32	Factor de estabilidad (en función del volumen)		1.040	1.090	1.040	1.090	1.040	1.090
33	Estabilidad corregida	kgf	1036.7	1004.2	1018.0	1107.8	1122.2	1199.7
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	220	230	260	250	270	230
35	Fluencia	0.25mm	8.800	9.200	10.400	10.000	10.800	9.200
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4712.1	4366.2	3915.2	4431.1	4156.1	5215.9
37	Relación polvo-asfalto		1.335			1.172		



Ensayo	: Diseño tentativo de mezcla mac-1 – Marshall – 5.0% y 5.5%
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto Convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	3			4		
--	N° DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0			5.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.350			50.085		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.750			42.525		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.900			1.890		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12 ^a	Altura del Espécimen 01	(mm)	61.86	61.96	61.77	61.67	62.53	61.78
12 ^b	Altura del Espécimen 02	(mm)	61.13	61.28	62.43	62.76	62.80	61.88
12 ^c	Altura del Espécimen 03	(mm)	61.23	62.96	62.03	61.05	61.94	61.64
12 ^d	Altura del Espécimen 04	(mm)	62.43	61.92	61.93	61.66	63.10	61.61
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.66	62.03	62.04	61.79	62.59	61.73
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1183.4	1186.6	1185.2	1180.1	1190.1	1178.7
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1183.8	1187.0	1185.5	1180.3	1190.2	1179.0
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	685.1	689.7	689.6	685.9	691.4	686.3
	Agua absorbida	%	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	498.7	497.3	495.9	494.4	498.8	492.7
16 ^b	Volumen geométrico	(cm ³)	499.90	502.88	502.96	500.89	507.44	500.42
16 ^c	Volumen adoptado	(cm ³)	498.7	497.3	495.9	494.4	498.8	492.7
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.373	2.386	2.390	2.387	2.386	2.392
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.366	2.379	2.383	2.380	2.379	2.385
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.462			2.444		
20	Porcentaje de Vacíos	%	3.619	3.087	2.928	2.321	2.362	2.100
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.56	86.03	86.17	85.612	85.575	85.805
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	10.820	10.880	10.897	12.068	12.062	12.095
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.44	13.966	13.825	14.388	14.425	14.195
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	4.614			5.116		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	74.934	77.899	78.824	83.869	83.624	85.204
30	Lectura del anillo de carga		1209.5	1234.9	1204.1	1215.0	1236.4	1273.1
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1209.5	1234.9	1204.1	1215.0	1236.4	1273.1
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.090	1.090	1.090	1.090	1.090	1.090
33	Estabilidad corregida	kgf	1318.4	1346.0	1312.5	1324.4	1347.7	1387.7
34	Lectura del fluxómetro	0.01mm	290	250	300	320	360	320
35	Fluencia	0.25mm	11.600	10.000	12.000	12.800	14.400	12.800
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4546.1	5384.2	4374.9	4138.6	3743.5	4336.5
37	Relación polvo-asfalto		1.044			0.942		



Ensayo	: Diseño tentativo de mezcla mac-1 – Marshall – 6.0% y 6.5%
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto Convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	UNIDA DES	5			6		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%		6.0			6.5	
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%		49.820			49.555	
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%		42.300			42.075	
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%		1.880			1.870	
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³		1.012			1.012	
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³		2.703			2.703	
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³		2.770			2.770	
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³		2.564			2.564	
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³		2.612			2.612	
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³		2.500			2.500	
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	61.48	61.88	61.85	60.76	62.02	62.52
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	61.76	61.31	61.12	60.94	61.76	61.1
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	61.5	62.4	61.65	61.84	61.8	61.34
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	62.48	62.08	62	60.94	62.09	62.44
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.81	61.92	61.66	61.12	61.92	61.85
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1179.3	1175.4	1176.0	1163.9	1165.3	1160.4
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1179.8	1175.7	1176.5	1164.2	1166.2	1160.8
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	685.6	682.4	684.8	675.7	676.4	676.0
	Agua absorbida	%	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	494.2	493.3	491.7	488.5	489.8	484.8
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	501.05	501.97	499.84	495.50	501.97	501.42
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	494.2	493.3	491.7	488.5	489.8	484.8
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.386	2.383	2.392	2.383	2.379	2.394
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.379	2.376	2.385	2.375	2.372	2.386
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)		2.425			2.408	
20	Porcentaje de Vacíos	%	1.617	1.763	1.393	1.039	1.183	0.583
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)		2.635			2.635	
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)		2.691			2.691	
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)		2.663			2.663	
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%		0.41			0.41	
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.14	85.01	85.33	84.552	84.429	84.941
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	13.248	13.228	13.278	14.410	14.389	14.476
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.86	14.991	14.671	15.448	15.571	15.059
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%		5.618			6.120	
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	89.124	88.239	90.504	93.276	92.405	96.127
30	Lectura del anillo de carga		1277.7	1020.5	1209.5	925.8	952.9	1080.7
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1277.7	1020.5	1209.5	925.8	952.9	1080.7
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.090	1.090	1.090	1.090	1.090	1.090
33	Estabilidad corregida	kgf	1392.7	1112.3	1318.4	1009.1	1038.7	1178.0
34	Lectura del fluxómetro	0.01mm	400	370	360	420	450	410
35	Fluencia	0.25mm	16.000	14.800	14.400	16.800	18.000	16.400
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	3481.7	3006.3	3662.1	2402.7	2308.1	2873.1
37	Relación polvo-asfalto			0.858			0.787	



Ensayo	: Diseño tentativo de mezcla MAC-1 – Marshall – 7.0% y 7.5%
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto Convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	7			8		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0			7.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.290			49.025		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.850			41.625		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.860			1.850		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	61.24	61.58	61.3	61.08	60.93	61.48
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	61.08	61.74	61.58	62.34	61.89	60.6
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	60.77	62.12	62.34	60.21	61.24	60.29
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	62.16	60.43	61.89	60.39	60.51	61.56
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.31	61.47	61.78	61.01	61.14	60.98
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1157.3	1155.1	1151.8	1150.1	1148.3	1142.9
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1157.6	1155.4	1152.4	1150.4	1148.6	1143.2
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	670.1	668.4	668.4	664.3	661.5	659.3
	Agua absorbida	%	0.062	0.062	0.124	0.062	0.062	0.062
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	487.5	487	484	486.1	487.1	483.9
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	497.06	498.32	500.83	494.57	495.68	494.39
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	487.5	487.0	484.0	486.1	487.1	483.9
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.374	2.372	2.380	2.366	2.357	2.362
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.367	2.365	2.373	2.359	2.350	2.355
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.390			2.373		
20	Porcentaje de Vacíos	%	0.671	0.758	0.428	0.280	0.640	0.454
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	83.79	83.72	84.00	83.064	82.764	82.919
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	15.535	15.521	15.573	16.656	16.596	16.627
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	16.21	16.279	16.001	16.936	17.236	17.081
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	6.622			7.124		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	95.860	95.344	97.325	98.348	96.285	97.344
30	Lectura del anillo de carga		748.5	868.2	792.4	657	723.9	769.2
31	Estabilidad sin corregir	Kgf	748.5	868.2	792.4	657	723.9	769.2
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.090	1.090	1.090	1.090	1.090	1.090
33	Estabilidad corregida	Kgf	815.9	946.3	863.7	716.1	789.1	838.4
34	Lectura del fluxómetro	0.01mm	470	450	440	510	500	480
35	Fluencia	0.25mm	18.800	18.000	17.600	20.400	20.000	19.200
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	1735.9	2103.0	1963.0	1404.2	1578.1	1746.7
37	Relación polvo-asfalto		0.728			0.676		



Ensayo	: Comprobación MAC-1 – Marshall – 5.5 %
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto Convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	UNIDADES	1		
			A	B	C
--	N° DE BRIQUETA				
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.085	50.085	50.085
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.525	42.525	42.525
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.890	1.890	1.890
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	(gf/cm ³)	1.012	1.012	1.012
7	Peso Específico Agregado Grueso – bulk	(gf/cm ³)	2.703	2.703	2.703
8	Peso Específico Agregado Grueso – aparente	(gf/cm ³)	2.770	2.770	2.770
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	(gf/cm ³)	2.564	2.564	2.564
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	(gf/cm ³)	2.612	2.612	2.612
11	Peso Específico Filler – aparente	(gf/cm ³)	2.500	2.500	2.500
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	62.05	61.88	62.74
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	61.57	62.38	62.59
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	61.34	62.65	62.42
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	62.48	62.45	62.08
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.86	62.34	62.46
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1191.0	1175.1	1183.5
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1191.2	1175.6	1183.8
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	692.0	682.3	685.4
	Agua absorbida	%	0.0	0.1	0.1
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	499.2	493.3	498.4
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	501.50	505.39	506.34
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	499.2	493.3	498.4
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.386	2.382	2.375
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.379	2.375	2.367
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.444	2.444	2.444
20	Porcentaje de Vacíos	%	2.367	2.518	2.826
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635	2.635	2.635
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691	2.691	2.691
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663	2.663	2.663
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41	0.41	0.41
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.57	85.44	85.169
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	12.062	12.043	12.005
27	% vacíos del agregado mineral(VMA)	%	14.43	14.56	14.83
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.116	5.116	5.116
29	Relación asfalto – vacíos	%	83.597	82.708	80.947
30	Lectura del anillo de carga		1193.7	1102.5	1229.1
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1193.7	1102.5	1229.1
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.040	1.040	1.040
33	Estabilidad corregida	kgf	1241.4	1146.6	1278.3
34	Lectura del fluxómetro	0.01mm	320	360	330
35	Fluencia	0.25mm	12.800	14.400	13.200
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	3879.5	3185.0	3873.5
37	Relación polvo-asfalto		0.942		

ANEXO 15:
DISEÑO MARSHALL Y COMPROBACIÓN PARA UNA MAC CON
AGREGADO NORMAL ABSORCIÓN Y ASFALTO CON POLÍMERO SBS IC



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 4.0 % y 4.5 % de C.A.
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto con Polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	1			2		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0			4.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.880			50.615		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	43.200			42.975		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.920			1.910		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	63.34	64.67	64.64	63.00	61.72	63.51
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	63.24	64.13	65.24	62.98	61.98	64.30
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	62.62	64.19	64.05	62.67	62.42	63.92
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	62.70	64.61	63.62	62.98	62.55	63.31
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	62.98	64.40	64.39	62.91	62.17	63.76
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1171.4	1189.0	1181.5	1186.7	1190.6	1181.8
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1176.6	1194.0	1187.4	1188.9	1191.8	1186.8
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	665.5	675.1	670.0	679.0	685.8	676.2
	Agua absorbida	%	1.0	1.0	1.1	0.4	0.2	1.0
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	511.1	518.9	517.4	509.9	506	510.6
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	510.54	522.09	521.99	509.99	503.99	516.90
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	510.5	518.9	517.4	509.9	504.0	510.6
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.292	2.291	2.284	2.327	2.353	2.315
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.285	2.285	2.277	2.320	2.346	2.308
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.502			2.483		
20	Porcentaje de Vacíos	%	8.386	8.408	8.722	6.267	5.235	6.782
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	83.51	83.49	83.20	84.357	85.286	83.893
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	8.105	8.103	8.076	9.376	9.479	9.324
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	16.49	16.511	16.797	15.643	14.714	16.107
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	3.607			4.109		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	49.148	49.078	48.077	59.935	64.424	57.891
30	Lectura del anillo de carga		1649.1	1857.2	1707.7	1705.5	1972.0	1774.2
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1649.1	1857.2	1707.7	1705.5	1972.0	1774.2
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.000	1.000	1.000	1.000	1.040	1.000
33	Estabilidad corregida	kgf	1649.1	1857.2	1707.7	1705.5	2050.9	1774.2
34	Lectura del fluxómetro	0.01mm	300	320	300	350	330	320
35	Fluencia	0.25mm	12.000	12.800	12.000	14.000	13.200	12.800
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	5497.0	5803.8	5692.3	4872.9	6214.8	5544.4
37	Relación polvo-asfalto		1.336			1.173		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 5.0 % y 5.5 % de C.A.
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto con Polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	3			4		
--	N° DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0			5.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.350			50.085		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.750			42.525		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.900			1.890		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	61.66	62.72	63.25	62.52	60.82	62.53
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	62.13	62.32	62.32	62.45	61.17	62.22
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	62.58	62.81	62.68	63.46	61.60	62.33
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	61.46	63.00	62.54	62.62	60.92	61.89
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.96	62.71	62.70	62.76	61.13	62.24
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1186.5	1186.8	1157.9	1182.7	1174.8	1190.5
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1187.6	1188.6	1162.0	1184.3	1175.7	1191.5
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	685.8	694.5	669.9	688.6	686.0	694.5
	Agua absorbida	%	0.2	0.4	0.8	0.3	0.2	0.2
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	501.8	494.1	492.1	495.7	489.7	497
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	502.29	508.41	508.29	508.82	495.56	504.60
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	501.8	494.1	492.1	495.7	489.7	497.0
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.364	2.402	2.353	2.386	2.399	2.395
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.357	2.395	2.346	2.379	2.392	2.388
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.464			2.446		
20	Porcentaje de Vacíos	%	4.055	2.536	4.522	2.464	1.929	2.078
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.26	86.61	84.84	85.575	86.045	85.914
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	10.689	10.859	10.637	11.961	12.026	12.008
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.74	13.394	15.160	14.425	13.955	14.086
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	4.611			5.113		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	72.496	81.070	70.168	82.917	86.180	85.249
30	Lectura del anillo de carga		1802.5	1970.5	1574.9	1677.6	1599.8	1809.8
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1802.5	1970.5	1574.9	1677.6	1599.8	1809.8
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.040	1.040	1.090	1.040	1.090	1.040
33	Estabilidad corregida	kgf	1874.6	2049.3	1716.6	1744.7	1743.8	1882.2
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	340	370	350	370	370	390
35	Fluencia	0.25mm	13.600	14.800	14.000	14.800	14.800	15.600
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	5513.5	5538.7	4904.7	4715.4	4712.9	4826.1
37	Relación polvo-asfalto		1.045			0.942		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 6.0 % y 6.5 % de C.A.
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto con Polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	5			6		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.0			6.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.820			49.555		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.300			42.075		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.880			1.870		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	61.05	61.27	60.54	61.05	62.27	62.63
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	61.00	61.35	60.66	61.06	62.37	61.82
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	61.27	61.21	60.76	60.95	62.08	62.23
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	61.80	61.35	61.17	60.96	62.16	62.94
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.28	61.30	60.78	61.01	62.22	62.41
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1172.8	1178.3	1166.2	1165.3	1184.4	1179.9
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1173.6	1178.7	1166.7	1165.8	1184.9	1180.6
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	683.1	683.2	681.6	679.9	688.7	684.8
	Agua absorbida	%	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	490.5	495.5	485.1	485.9	496.2	495.8
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	496.80	496.92	492.76	494.57	504.42	505.92
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	490.5	495.5	485.1	485.9	496.2	495.8
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.391	2.378	2.404	2.398	2.387	2.380
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.384	2.371	2.397	2.391	2.380	2.373
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.428			2.411		
20	Porcentaje de Vacíos	%	1.532	2.069	0.996	0.510	0.979	1.275
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.30	84.84	85.77	85.106	84.706	84.452
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	13.163	13.091	13.235	14.383	14.316	14.273
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.70	15.160	14.231	14.894	15.294	15.548
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.615			6.117		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	89.574	86.355	92.999	96.573	93.601	91.798
30	Lectura del anillo de carga		1640.9	1515.1	1671.1	1396.3	1610.9	1566.3
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1640.9	1515.1	1671.1	1396.3	1610.9	1566.3
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.090	1.040	1.090	1.090	1.040	1.040
33	Estabilidad corregida	kgf	1788.6	1575.7	1821.5	1522.0	1675.3	1629.0
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	410	430	400	440	460	460
35	Fluencia	0.25mm	16.400	17.200	16.000	17.600	18.400	18.400
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4362.4	3664.4	4553.7	3459.0	3642.0	3541.2
37	Relación polvo-asfalto		0.858			0.788		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 7.0 % y 7.5 % de C.A.
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto con Polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	7			8		
--	N° DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0			7.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.290			49.025		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.850			41.625		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.860			1.850		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.703			2.703		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770			2.770		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.564			2.564		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612			2.612		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12 ^a	Altura del Espécimen 01	(mm)	62.36	61.3	62.38	61.77	61.54	62.46
12 ^b	Altura del Espécimen 02	(mm)	61.53	61.66	62.21	62.03	61.3	61.24
12 ^c	Altura del Espécimen 03	(mm)	61.09	62.02	61.44	61.29	60.79	61.86
12 ^d	Altura del Espécimen 04	(mm)	62.98	61.57	61.86	61.34	61.35	61.37
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	61.99	61.64	61.97	61.61	61.25	61.73
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1162.6	1175.8	1173.5	1160.3	1172.3	1168.9
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1163.0	1176.3	1174.1	1160.8	1172.7	1169.4
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	675.2	682.4	677.8	670.1	676.3	674.6
	Agua absorbida	%	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	487.8	493.9	496.3	490.7	496.4	494.8
16 ^b	Volumen geométrico	(cm ³)	502.55	499.70	502.41	499.45	496.51	500.47
16 ^c	Volumen adoptado	(cm ³)	487.8	493.9	496.3	490.7	496.4	494.8
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.383	2.381	2.364	2.365	2.362	2.362
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.376	2.374	2.357	2.357	2.355	2.355
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.393			2.376		
20	Porcentaje de Vacíos	%	0.407	0.520	1.195	0.476	0.601	0.569
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635			2.635		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691			2.691		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663			2.663		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41			0.41		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	84.13	84.03	83.46	83.015	82.910	82.937
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	15.467	15.450	15.345	16.509	16.488	16.494
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	15.87	15.969	16.539	16.985	17.090	17.063
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	6.619			7.121		
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	97.438	96.744	92.777	97.198	96.481	96.665
30	Lectura del anillo de carga		1402.8	1521.5	1320.3	1224.9	1289	1380.7
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1402.8	1521.5	1320.3	1224.9	1289	1380.7
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.090	1.090	1.040	1.090	1.040	1.090
33	Estabilidad corregida	kgf	1529.1	1658.4	1373.1	1335.1	1340.6	1505.0
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	480	510	550	540	600	560
35	Fluencia	0.25mm	19.200	20.400	22.000	21.600	24.000	22.400
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	3185.5	3251.8	2496.6	2472.5	2234.2	2687.4
37	Relación polvo-asfalto		0.728			0.677		



Ensayo	: Comprobación Marshall para una MAC – 5.6 % de C.A.
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto con Polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	UNIDAD	5		
--	Nº DE BRIQUETA	ES	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.6	5.6	5.6
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.032	50.032	50.032
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.480	42.480	42.480
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.888	1.888	1.888
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Agregado Grueso – bulk	gf/cm ³	2.703	2.703	2.703
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.770	2.770	2.770
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.564	2.564	2.564
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.612	2.612	2.612
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	62.94	63.59	61.85
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	62.51	63.22	62.43
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	63.08	62.98	63.75
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	63.10	62.2	63.12
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	62.91	63.00	62.79
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1186.2	1175.3	1195.6
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1186.9	1175.6	1195.9
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	689.3	679.6	695.4
	Agua absorbida	%	0.1	0.1	0.1
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	497.6	496	500.5
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	509.99	510.72	509.02
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	497.6	496.0	500.5
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.384	2.370	2.389
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.377	2.362	2.382
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.443	2.443	2.443
20	Porcentaje de Vacíos	%	2.405	2.990	2.201
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.635	2.635	2.635
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.691	2.691	2.691
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.663	2.663	2.663
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41	0.41	0.41
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.41	84.90	85.588
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	12.185	12.112	12.210
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.59	15.102	14.412
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.214	5.214	5.214
29	Relación asfalto – vacíos	%	83.517	80.202	84.724
30	Lectura del anillo de carga		1670.1	1613.4	1697.9
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1670.1	1613.4	1697.9
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		1.040	1.040	1.040
33	Estabilidad corregida	kgf	1736.9	1677.9	1765.8
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	360	410	370
35	Fluencia	0.25mm	14.400	16.400	14.800
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4824.7	4092.5	4772.5
37	Relación polvo-asfalto		0.924		

ANEXO 16:
DISEÑO MARSHALL Y COMPROBACIÓN PARA UNA MAC CON
AGREGADO ALTA ABSORCIÓN Y ASFALTO CONVENCIONAL PEN
120/150



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 4.0 % y 4.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	1			2		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0			4.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.88			50.62		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	43.20			42.98		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.92			1.91		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.36			2.36		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.53			2.53		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.50			2.50		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.62			2.62		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.50			2.50		
12 ^a	Altura del Espécimen 01	(mm)	68.65	73.17	68.91	69.72	68.54	68.80
12 ^b	Altura del Espécimen 02	(mm)	68.78	72.90	69.50	69.68	68.33	68.81
12 ^c	Altura del Espécimen 03	(mm)	68.40	73.33	68.90	69.52	68.86	68.67
12 ^d	Altura del Espécimen 04	(mm)	68.60	72.66	68.92	70.15	69.06	69.05
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	68.61	73.02	69.06	69.77	68.70	68.83
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1187.0	1182.4	1189.6	1184.6	1186.4	1174.2
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1189.4	1185.0	1191.3	1186.7	1188.7	1176.4
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	634.0	631.2	635.9	637.4	637.4	629.4
	Agua absorbida	%	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	555.4	553.8	555.4	549.3	551.3	547
16 ^b	Volumen geométrico	(cm ³)	556.20	591.93	559.85	565.61	556.93	558.03
16 ^c	Volumen adoptado	(cm ³)	555.4	553.8	555.4	549.3	551.3	547.0
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.137	2.135	2.142	2.157	2.152	2.147
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.131	2.129	2.135	2.150	2.146	2.140
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.356			2.340		
20	Porcentaje de Vacíos	%	9.295	9.385	9.096	7.840	8.035	8.265
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.26			1.26		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	84.81	84.73	85.00	85.138	84.958	84.745
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	5.890	5.884	5.903	7.023	7.008	6.990
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	15.19	15.270	14.999	14.862	15.042	15.255
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	2.789			3.295		
29	Relación asfalto - vacíos	%	38.790	38.536	39.356	47.251	46.587	45.822
30	Lectura del anillo de carga		1385.6	1158.7	1360.9	1274.9	1401.5	1713.9
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1385.6	1158.7	1360.9	1274.9	1401.5	1713.9
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.930	0.890	0.890	0.890	0.930	0.890
33	Estabilidad corregida	kgf	1288.6	1031.2	1211.2	1134.7	1303.4	1525.4
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	260	250	270	225	250	310
35	Fluencia	0.25mm	10.400	10.000	10.800	9.000	10.000	12.400
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4956.2	4125.0	4485.9	5042.9	5213.6	4920.6
37	Relación polvo-asfalto		1.728			1.462		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 5.0 % y 5.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	3			4		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0			5.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.35			50.09		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.75			42.53		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.90			1.89		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.36			2.36		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.53			2.53		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.50			2.50		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.62			2.62		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.50			2.50		
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	67.16	67.64	68.87	67.35	68.24	68.19
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	67.02	67.53	69.70	67.55	67.88	68.33
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	67.06	67.70	68.46	67.77	67.73	68.61
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	67.08	68.30	68.36	67.68	67.93	68.44
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	67.08	67.79	68.85	67.59	67.95	68.39
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1180.0	1182.0	1194.3	1184.2	1191.0	1190.4
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1182.1	1183.4	1195.9	1186.1	1192.9	1191.7
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	641.0	640.2	644.0	646.2	646.7	646.9
	Agua absorbida	%	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	541.1	543.2	551.9	539.9	546.2	544.8
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	543.82	549.59	558.15	547.93	550.83	554.46
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	541.1	543.2	551.9	539.9	546.2	544.8
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.181	2.176	2.164	2.193	2.181	2.185
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.174	2.169	2.157	2.187	2.174	2.178
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.324			2.308		
20	Porcentaje de Vacíos	%	6.166	6.371	6.888	4.979	5.536	5.341
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.26			1.26		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.64	85.45	84.98	85.684	85.182	85.358
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	8.192	8.174	8.129	9.337	9.282	9.302
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.36	14.545	15.017	14.316	14.818	14.642
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	3.802			4.308		
29	Relación asfalto - vacíos	%	57.055	56.201	54.135	65.221	62.643	63.526
30	Lectura del anillo de carga		1488.4	1476.6	1376.7	1416.2	1510.5	1514.2
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1488.4	1476.6	1376.7	1416.2	1510.5	1514.2
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.930	0.930	0.960	0.930	0.930
33	Estabilidad corregida	kgf	1428.9	1373.2	1280.3	1359.6	1404.8	1408.2
34	Lectura del fluxómetro	0.01mm	250	260	290	280	290	270
35	Fluencia	0.25mm	10.000	10.400	11.600	11.200	11.600	10.800
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	5715.5	5281.7	4414.9	4855.5	4844.0	5215.6
37	Relación polvo-asfalto		1.268			1.119		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 6.0 % y 6.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	5			6		
--	N° DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.0			6.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.82			49.56		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.30			42.08		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.88			1.87		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.36			2.36		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.53			2.53		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.50			2.50		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.62			2.62		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.50			2.50		
12 ^a	Altura del Espécimen 01	(mm)	67.49	66.86	66.49	66.83	67.17	65.76
12 ^b	Altura del Espécimen 02	(mm)	68.13	66.94	66.88	66.7	66.03	66.04
12 ^c	Altura del Espécimen 03	(mm)	66.91	68.07	67.1	66.59	65.96	66.69
12 ^d	Altura del Espécimen 04	(mm)	67.15	66.89	67.75	67.01	65.9	65.75
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	67.42	67.19	67.06	66.78	66.27	66.06
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1180.1	1188.8	1185.7	1185.5	1178.9	1181.1
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1182.0	1189.9	1186.8	1186.9	1179.8	1182.6
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	644.6	650.3	648.5	649.9	648.2	647.8
	Agua absorbida	%	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	537.4	539.6	538.3	537	531.6	534.8
16 ^b	Volumen geométrico	(cm ³)	546.57	544.71	543.61	541.41	537.21	535.55
16 ^c	Volumen adoptado	(cm ³)	537.4	539.6	538.3	537.0	531.6	534.8
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.196	2.203	2.203	2.208	2.218	2.208
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.189	2.197	2.196	2.201	2.211	2.202
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.293			2.277		
20	Porcentaje de Vacíos	%	4.223	3.910	3.929	3.065	2.625	3.027
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.26			1.26		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.33	85.61	85.59	85.329	85.716	85.362
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	10.447	10.481	10.479	11.607	11.659	11.611
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.67	14.391	14.408	14.671	14.284	14.638
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	4.814			5.321		
29	Relación asfalto - vacío	%	71.214	72.830	72.730	79.112	81.623	79.321
30	Lectura del anillo de carga		1450.9	1515.4	1218.6	1242.9	1057.9	1504.2
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1450.9	1515.4	1218.6	1242.9	1057.9	1504.2
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960
33	Estabilidad corregida	kgf	1392.9	1454.8	1169.9	1193.2	1015.6	1444.0
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	310	280	300	310	330	300
35	Fluencia	0.25mm	12.400	11.200	12.000	12.400	13.200	12.000
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4493.1	5195.7	3899.5	3849.0	3077.5	4813.4
37	Relación polvo-asfalto		1.001			0.906		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 7.0 % y 7.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	7			8		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	7.0			7.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.29			49.03		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.85			41.63		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.86			1.85		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.012			1.012		
7	Peso Específico Agregado Grueso – bulk	gf/cm ³	2.36			2.36		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.53			2.53		
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.50			2.50		
10	Peso Específico Agregado fino – aparente	gf/cm ³	2.62			2.62		
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.50			2.50		
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	66.59	65.9	65.87	65.95	65.85	66.12
12b	Altura del Espécimen 02	(mm)	66.54	66.32	66.15	65.75	65.98	65.98
12c	Altura del Espécimen 03	(mm)	66.13	66.94	65.95	66.58	65.87	65.58
12d	Altura del Espécimen 04	(mm)	66.84	66.02	66.04	65.45	65.74	65.92
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	66.53	66.30	66.00	65.93	65.86	65.90
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1179.3	1182.4	1180.6	1184.9	1178.9	1181.2
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1180.9	1182.7	1181.1	1185.0	1179.1	1181.6
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	650.9	649.8	651.2	653.1	652.3	653.4
	Agua absorbida	%	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	530.0	532.9	529.9	531.9	526.8	528.2
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	539.32	537.45	535.08	534.51	533.93	534.25
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	530.0	532.9	529.9	531.9	526.8	528.2
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.225	2.219	2.228	2.228	2.238	2.236
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.218	2.212	2.221	2.221	2.231	2.230
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.262			2.247		
20	Porcentaje de Vacíos	%	1.645	1.923	1.518	0.876	0.424	0.494
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.26			1.26		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briketa	%	85.54	85.30	85.65	85.182	85.571	85.511
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briketa	%	12.812	12.776	12.828	13.941	14.005	13.995
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.46	14.698	14.346	14.818	14.429	14.489
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.827			6.333		
29	Relación asfalto – vacíos	%	88.624	86.919	89.421	94.085	97.064	96.592
30	Lectura del anillo de carga		1023.5	1095.59	970.9	925.6	872	792
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1023.5	1095.6	970.9	925.6	872.0	792.0
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960
33	Estabilidad corregida	kgf	982.6	1051.8	932.1	888.6	837.1	760.3
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	380	360	310	410	370	420
35	Fluencia	0.25mm	15.200	14.400	12.400	16.400	14.800	16.800
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	2585.7	2921.6	3006.7	2167.3	2262.5	1810.3
37	Relación polvo-asfalto		0.827			0.761		



Ensayo	: Comprobación Marshall para una MAC – 6.7% de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	UNIDADES	5		
			A	B	C
--	N° DE BRIQUETA				
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.7	6.7	6.7
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.449	49.449	49.449
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.985	41.985	41.985
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.866	1.866	1.866
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	(gf/cm ³)	1.012	1.012	1.012
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	(gf/cm ³)	2.355	2.355	2.355
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	(gf/cm ³)	2.528	2.528	2.528
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	(gf/cm ³)	2.495	2.495	2.495
10	Peso Específico Agregado fino – aparente	(gf/cm ³)	2.622	2.622	2.622
11	Peso Específico Filler – aparente	(gf/cm ³)	2.500	2.500	2.500
12a	Altura del Espécimen 01	(mm)	67.49	66.86	66.49
12b	Altura del espécimen 02	(mm)	68.13	66.94	66.88
12c	Altura del espécimen 03	(mm)	66.91	68.07	67.1
12d	Altura del espécimen 04	(mm)	67.15	66.89	67.75
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	67.42	67.19	67.06
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1185.9	1179.5	1195.3
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1186.3	1181.9	1195.8
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	651.3	649.6	657.0
	Agua absorbida	%	0.1	0.5	0.1
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	535.0	532.3	538.8
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	546.57	544.71	543.61
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	535.0	532.3	538.8
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.217	2.216	2.218
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.210	2.209	2.212
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
20	Porcentaje de Vacíos	%	2.409	2.443	2.329
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419	2.419	2.419
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569	2.569	2.569
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494	2.494	2.494
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.26	1.26	1.26
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briketa	%	85.49	85.46	85.563
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briketa	%	12.098	12.093	12.108
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.51	14.537	14.437
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.523	5.523	5.523
29	Relación asfalto – vacíos	%	83.394	83.192	83.866
30	Lectura del anillo de carga		1279.6	1175.3	1210.5
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1279.6	1175.3	1210.5
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.960	0.960
33	Estabilidad corregida	kgf	1228.4	1128.3	1162.1
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	335	365	330
35	Fluencia	0.25mm	13.400	14.600	13.200
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	3666.9	3091.2	3521.5
37	Relación polvo-asfalto			0.872	

ANEXO 17:
DISEÑO MARSHALL Y COMPROBACIÓN PARA UNA MAC CON
AGREGADO ALTA ABSORCIÓN Y ASFALTO CON POLÍMERO SBS IC



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 4.0 % y 4.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	Und.	1			2		
--	Nº DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.0			4.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.880			50.615		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	43.200			42.975		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.920			1.910		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355			2.355		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528			2.528		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495			2.495		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622			2.622		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del espécimen 01	(mm)	70.10	70.23	72.39	70.94	70.31	70.10
12b	Altura del espécimen 02	(mm)	71.13	70.13	71.69	71.04	69.99	70.75
12c	Altura del espécimen 03	(mm)	71.14	70.48	71.60	72.28	70.60	70.58
12d	Altura del espécimen 04	(mm)	70.28	70.78	72.67	70.90	70.62	69.85
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	70.66	70.41	72.09	71.29	70.38	70.32
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1187.0	1187.1	1185.9	1184.1	1185.6	1186.2
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1196.4	1196.7	1202.8	1191.6	1194.9	1195.0
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	636.2	637.4	636.8	637.0	639.6	641.6
	Agua absorbida	%	1.7	1.7	3.0	1.4	1.7	1.6
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	560.2	559.3	566	554.6	555.3	553.4
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	572.86	570.77	584.41	577.95	570.57	570.08
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	560.2	559.3	566.0	554.6	555.3	553.4
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.119	2.122	2.095	2.135	2.135	2.143
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.113	2.116	2.089	2.129	2.129	2.137
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.358			2.342		
20	Porcentaje de Vacíos	%	10.138	9.986	11.141	8.834	8.833	8.474
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.27			1.27		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briketa	%	84.09	84.23	83.15	84.288	84.289	84.621
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briketa	%	5.774	5.784	5.710	6.878	6.878	6.905
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	15.91	15.769	16.851	15.712	15.711	15.379
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	2.780			3.286		
29	Relación asfalto - vacíos	%	36.288	36.678	33.884	43.777	43.778	44.900
30	Lectura del anillo de carga		2105.6	2125.3	2162.7	1803.0	2363.6	2517.5
31	Estabilidad sin corregir	kgf	2105.6	2125.3	2162.7	1803.0	2363.6	2517.5
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.860	0.890	0.860	0.890	0.890	0.890
33	Estabilidad corregida	kgf	1760.8	1841.5	1819.9	1554.7	1957.3	2190.6
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	150	210	190	230	220	200
35	Fluencia	0.25mm	6.000	8.400	7.600	9.200	8.800	8.000
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	11738.7	8769.0	9578.4	6759.6	8896.8	10953.0
37	Relación polvo-asfalto		1.734			1.466		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 5.0 % y 5.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	Unid.	3			4		
--	Nº DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.0			5.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.350			50.085		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.750			42.525		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.900			1.890		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355			2.355		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528			2.528		
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.495			2.495		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622			2.622		
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12a	Altura del espécimen 01	(mm)	69.41	68.91	69.81	67.44	69.74	68.19
12b	Altura del espécimen 02	(mm)	69.31	68.92	69.61	68.29	69.88	68.43
12c	Altura del espécimen 03	(mm)	69.46	68.84	70.19	68.31	70.33	68.27
12d	Altura del espécimen 04	(mm)	69.78	68.50	69.68	68.12	69.77	68.07
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	69.49	68.79	69.82	68.04	69.93	68.24
13	Peso del Espécimen en el aire	(gf)	1190.8	1189.5	1186.5	1177.9	1190.7	1181.1
14	Peso del Espécimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1197.0	1195.3	1196.7	1185.6	1195.8	1187.5
15	Peso de la Espécimen en agua	(gf)	645.7	646.9	645.1	644.9	650.4	644.9
	Agua absorbida	%	1.1	1.1	1.8	1.4	0.9	1.2
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	551.3	548.4	551.6	540.7	545.4	542.6
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	563.36	557.70	566.05	551.60	566.92	553.22
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	551.3	548.4	551.6	540.7	545.4	542.6
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.160	2.169	2.151	2.178	2.183	2.177
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.154	2.163	2.145	2.172	2.177	2.170
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.326			2.311		
20	Porcentaje de Vacíos	%	7.143	6.754	7.529	5.717	5.514	5.792
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.27			1.27		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	84.83	85.18	84.47	85.102	85.285	85.034
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	8.031	8.064	7.997	9.181	9.201	9.174
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	15.17	14.818	15.526	14.898	14.715	14.966
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	3.792			4.299		
29	Relación asfalto – vacíos	%	52.925	54.421	51.509	61.625	62.527	61.298
30	Lectura del anillo de carga		2198.7	2301.8	2312.6	2146.0	2344.2	2300.4
31	Estabilidad sin corregir	kgf	2198.7	2301.8	2312.6	2146.0	2344.2	2300.4
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.890	0.930	0.890	0.930	0.890	0.930
33	Estabilidad corregida	kgf	1906.6	2090.7	2008.2	1945.2	2026.3	2086.4
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	270	220	250	310	290	260
35	Fluencia	0.25mm	10.800	8.800	10.000	12.400	11.600	10.400
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	7061.5	9503.2	8032.8	6274.8	6987.2	8024.6
37	Relación polvo-asfalto		1.271			1.121		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 6.0 % y 6.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	Unid.	5			6		
--	N° DE BRIQUETA		A	B	C	A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.0			6.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.820			49.555		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.300			42.075		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.880			1.870		
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355			2.355		
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528			2.528		
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.495			2.495		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622			2.622		
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12 ^a	Altura del espécimen 01	(mm)	67.48	68.22	67.82	68.03	66.49	66.9
12 ^b	Altura del Especímen 02	(mm)	68.31	69.46	67.85	68.71	66.5	66.59
12 ^c	Altura del Especímen 03	(mm)	67.97	67.96	67.19	68.46	66.94	68.05
12 ^d	Altura del Especímen 04	(mm)	68.00	68.2	67.63	68.68	67.26	67.77
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	67.94	68.46	67.62	68.47	66.80	67.33
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1191.1	1190.5	1183.0	1184.1	1178.8	1180.7
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1191.6	1192.6	1183.9	1186.2	1179.7	1182.9
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	648.1	651.7	644.2	650.2	647.9	649.4
	Agua absorbida	%	0.1	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
16 ^a	Volumen del Especímen por desplazamiento	(cm ³)	543.5	540.9	539.7	536	531.8	533.5
16 ^b	Volumen geométrico	(cm ³)	550.79	555.01	548.22	555.09	541.53	545.82
16 ^c	Volumen adoptado	(cm ³)	543.5	540.9	539.7	536.0	531.8	533.5
17	Peso Específico bulk del Especímen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.192	2.201	2.192	2.209	2.217	2.213
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.185	2.194	2.185	2.203	2.210	2.206
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.295			2.280		
20	Porcentaje de Vacíos	%	4.517	4.106	4.498	3.110	2.782	2.935
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Especifico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Especifico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.27			1.27		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.16	85.53	85.18	85.387	85.676	85.541
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	10.324	10.368	10.326	11.503	11.542	11.524
27	% vacíos del agregado mineral(VMA)	%	14.84	14.474	14.824	14.613	14.324	14.459
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	4.805			5.311		
29	Relación asfalto - vacíos	%	69.565	71.632	69.655	78.720	80.581	79.701
30	Lectura del anillo de carga		2143.9	2106.8	2145.5	2007.8	2030.7	2021.7
31	Estabilidad sin corregir	kgf	2143.9	2106.8	2145.5	2007.8	2030.7	2021.7
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.930	0.960	0.930	0.960	0.960
33	Estabilidad corregida	kgf	2008.4	1909.3	2009.7	1817.2	1940.5	1890.5
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	330	340	300	370	360	340
35	Fluencia	0.25mm	13.200	13.600	12.000	14.800	14.400	13.600
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	6086.1	5615.6	6699.0	4911.4	5390.3	5560.3
37	Relación polvo-asfalto		1.003			0.907		



Ensayo	: Diseño tentativo Marshall para una MAC – 7.0 % y 7.5 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	UNIDA DES	7			8		
			A	B	C	A	B	C
--	N° DE BRIQUETA							
2	% de Cemento Asfaltico en peso de la mezcla	%	7.0			7.5		
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.290			49.025		
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.850			41.625		
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.860			1.850		
6	Peso Específico del Cemento Asfaltico - aparente	gf/cm ³	1.020			1.020		
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355			2.355		
8	Peso Especifico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528			2.528		
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.495			2.495		
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.622			2.622		
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500			2.500		
12 ^a	Altura del Especímen 01	(mm)	67.25	66.8	66.9	65.98	66.05	66.9
12 ^b	Altura del Especímen 02	(mm)	66.85	66.15	67.1	65.21	65.85	65.9
12 ^c	Altura del Especímen 03	(mm)	66.35	65.95	66.12	66.89	66.12	65.74
12 ^d	Altura del Especímen 04	(mm)	66.01	66.9	65.8	66.12	66.02	65.8
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	66.62	66.45	66.48	66.05	66.01	66.09
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1184.6	1181.1	1180.3	1181.2	1176.5	1183.9
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1184.9	1182.1	1182.0	1182.0	1176.9	1183.9
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	652.8	650.1	653.0	651.2	650.4	653.5
	Agua absorbida	%	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.0
16 ^a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	532.1	532	529	530.8	526.5	530.4
16 ^b	Volumen geométrico	(cm ³)	540.05	538.71	538.95	535.47	535.14	535.75
16 ^c	Volumen adoptado	(cm ³)	532.1	532.0	529.0	530.8	526.5	530.4
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.226	2.220	2.231	2.225	2.235	2.232
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.220	2.213	2.224	2.219	2.228	2.225
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.265			2.250		
20	Porcentaje de Vacíos	%	1.713	1.985	1.496	1.111	0.700	0.810
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419			2.419		
22	Peso Especifico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569			2.569		
23	Peso Especifico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494			2.494		
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.27			1.27		
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.59	85.35	85.78	85.092	85.446	85.351
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	12.698	12.663	12.726	13.797	13.854	13.839
27	% vacíos del agregado mineral(VMA)	%	14.41	14.648	14.222	14.908	14.554	14.649
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.818			6.324		
29	Relación asfalto – vacíos	%	88.111	86.447	89.480	92.550	95.193	94.472
30	Lectura del anillo de carga		1839.2	1800.1	1800.6	1550	1555.7	1660.6
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1839.2	1800.1	1800.6	1550.0	1555.7	1660.6
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.960	0.960	0.960	0.960	0.960
33	Estabilidad corregida	kgf	1715.0	1675.1	1678.1	1438.0	1443.1	1544.2
34	Lectura del fleximetro	0.01mm	390	350	420	430	460	420
35	Fluencia	0.25mm	15.600	14.000	16.800	17.200	18.400	16.800
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4397.4	4786.0	3995.5	3344.2	3137.2	3676.7
37	Relación polvo-asfalto		0.828			0.762		



Ensayo	: Comprobación Marshall para una MAC – 6.7 % de C.A.
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



N°	ENSAYO N°	UNIDADES	5		
--	N° DE BRIQUETA		A	B	C
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.8	6.8	6.8
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.396	49.396	49.396
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.940	41.940	41.940
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.864	1.864	1.864
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020	1.020	1.020
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.355	2.355	2.355
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.528	2.528	2.528
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.495	2.495	2.495
10	Peso Específico Agregado fino – aparente	gf/cm ³	2.622	2.622	2.622
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500	2.500	2.500
12a	Altura del Especímen 01	(mm)	67.48	68.22	67.82
12b	Altura del Especímen 02	(mm)	68.31	69.46	67.85
12c	Altura del Especímen 03	(mm)	67.97	67.96	67.19
12d	Altura del Especímen 04	(mm)	68.00	68.2	67.63
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	67.94	68.46	67.62
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1191.6	1185.6	1179.5
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1192.1	1186.4	1180.9
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	654.1	651.9	649.3
	Agua absorbida	%	0.1	0.1	0.3
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	538.0	534.5	531.6
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	550.79	555.01	548.22
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	538.0	534.5	531.6
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.215	2.218	2.219
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.208	2.211	2.212
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271	2.271	2.271
20	Porcentaje de Vacíos	%	2.473	2.329	2.302
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419	2.419	2.419
22	Peso Especifico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569	2.569	2.569
23	Peso Especifico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494	2.494	2.494
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.27	1.27	1.27
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	85.33	85.46	85.484
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	12.193	12.211	12.214
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	14.67	14.540	14.516
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.615	5.615	5.615
29	Relación asfalto – vacíos	%	83.136	83.982	84.145
30	Lectura del anillo de carga		1805.6	1699.4	2100.6
31	Estabilidad sin corregir	kgf	1805.6	1699.4	2100.6
32	Factor de Estabilidad (en función del volumen)		0.960	0.930	0.960
33	Estabilidad corregida	kgf	1733.4	1580.4	2016.6
34	Lectura del flexímetro	0.01mm	400	360	380
35	Fluencia	0.25mm	16.000	14.400	15.200
36	Relación estabilidad/fluencia	kgf/cm	4333.4	4390.1	5306.8
37	Relación polvo-asfalto		0.858		

ANEXO 18:
DISEÑO MARSHALL PARA OBTENCIÓN DE 7% DE VACÍOS EN TSR –
PARA LOS CUATRO DISEÑOS DESARROLLADOS



Ensayo	: Marshall para obtención 7 % de Vacíos
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	Unid.	1		2		3		4	
--	Nº DE BRIQUETA		A	B	A	B	A	B	A	B
1	Nº DE GOLPES		20		30		40		50	
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.5		5.5		5.5		5.5	
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.085		50.085		50.085		50.085	
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.525		42.525		42.525		42.525	
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.890		1.89		1.89		1.89	
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.012		1.012		1.012		1.012	
7	Peso Específico Agregado Grueso – bulk	gf/cm ³	2.703		2.703		2.703		2.703	
8	Peso Específico Agregado Grueso – aparente	gf/cm ³	2.770		2.770		2.770		2.770	
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.564		2.564		2.564		2.564	
10	Peso Específico Agregado fino – aparente	gf/cm ³	2.612		2.612		2.612		2.612	
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500		2.500		2.500		2.500	
12a	Altura del Especímen 01	(mm)	65.00	67.50	65.00	64.00	62.00	65.00	61.00	63.00
12b	Altura del Especímen 02	(mm)	66.00	65.00	63.00	63.00	64.00	63.00	62.00	62.00
12c	Altura del Especímen 03	(mm)	66.00	65.00	64.50	64.00	63.00	62.00	63.00	62.00
12d	Altura del Especímen 04	(mm)	67.00	67.00	64.50	65.50	62.00	64.00	61.00	63.00
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	66.00	66.13	64.25	64.13	62.75	63.50	61.75	62.50
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1168	1179	1173	1170	1167	1164	1186	1181
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1178	1186	1177	1176	1172	1173	1190	1184
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	655.0	664.0	663.0	655.0	667.0	658.0	686.0	674.0
	Agua absorbida	%	1.8	1.4	0.8	1.1	1.0	1.8	0.9	0.6
16a	Volumen del Especímen por desplazamiento	(cm ³)	523.0	522.0	514.0	521.0	505.0	515.0	504.0	510.0
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	535.1	536.1	520.9	519.9	508.7	514.8	500.6	506.7
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	523.0	522.0	514.0	519.9	505.0	514.8	500.6	506.7
17	Peso Específico bulk del Especímen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.23	2.26	2.28	2.25	2.31	2.26	2.35	2.32
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.23	2.25	2.27	2.24	2.30	2.25	2.35	2.31
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.44		2.44		2.44		2.44	
20	Porcentaje de Vacíos	%	8.55	7.61	6.63	8.09	5.46	7.52	3.74	5.26
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.63		2.63		2.63		2.63	
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.69		2.69		2.69		2.69	
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.66		2.66		2.66		2.66	
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41		0.41		0.41		0.41	
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	80.15	80.97	81.83	80.56	82.86	81.06	84.37	83.04
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	11.30	11.41	11.53	11.36	11.68	11.43	11.89	11.70
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	19.85	19.03	18.17	19.44	17.14	18.94	15.63	16.96
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.12		5.12		5.12		5.12	
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	56.93	59.99	63.48	58.41	68.16	60.32	76.06	68.99



Ensayo	: Marshall para obtención 7 % de Vacíos
Material	: Agregado Normal Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	Unid.	1		2		3		4	
--	Nº DE BRIQUETA		A	B	A	B	A	B	A	B
1	Nº DE GOLPES		30.00		40.00		50.00		60.00	
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.60		5.60		5.60		5.60	
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	50.03		50.03		50.03		50.03	
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.48		42.48		42.48		42.48	
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.89		1.89		1.89		1.89	
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico - aparente	gf/cm ³	1.02		1.02		1.02		1.02	
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.70		2.70		2.70		2.70	
8	Peso Específico Agregado Grueso - aparente	gf/cm ³	2.77		2.77		2.77		2.77	
9	Peso Específico Agregado fino - bulk	gf/cm ³	2.56		2.56		2.56		2.56	
10	Peso Específico Agregado fino - aparente	gf/cm ³	2.61		2.61		2.61		2.61	
11	Peso Específico Filler - aparente	gf/cm ³	2.50		2.50		2.50		2.50	
12a	Altura del Especímen 01	(mm)	66.0	67.0	65.0	64.5	63.0	64.0	62.5	63.0
12b	Altura del Especímen 02	(mm)	65.0	66.0	66.0	65.0	62.0	61.0	63.5	62.0
12c	Altura del Especímen 03	(mm)	65.5	67.5	65.0	64.0	63.5	62.5	61.0	62.0
12d	Altura del Especímen 04	(mm)	64.0	65.0	65.5	65.5	64.0	63.5	62.0	61.5
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	65.1	66.4	65.4	64.8	63.1	62.8	62.3	62.1
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1165	1180	1166	1179	1176	1173	1180	1188
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1174	1184	1173	1186	1179	1174	1184	1189
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	655	660	659	665	665	663	675	677
	Agua absorbida	%	1.83	0.71	1.40	1.32	0.53	0.23	0.75	0.29
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	519	524	514	521	514	511	509	512
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	528	538	530	525	512	509	505	504
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	519	524	514	521	512	509	505	504
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.24	2.25	2.27	2.26	2.29	2.30	2.32	2.32
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.24	2.25	2.26	2.26	2.28	2.29	2.31	2.31
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.44		2.44		2.44		2.44	
20	Porcentaje de Vacíos	%	8.1	7.8	7.1	7.3	6.3	6.0	5.1	5.0
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.63		2.63		2.63		2.63	
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.69		2.69		2.69		2.69	
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.66		2.66		2.66		2.66	
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	0.41		0.41		0.41		0.41	
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	80.4	80.7	81.3	81.1	82.0	82.2	83.1	83.1
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	11.5	11.5	11.6	11.6	11.7	11.7	11.9	11.9
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	19.6	19.3	18.7	18.9	18.0	17.8	16.9	16.9
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.21		5.21		5.21		5.21	
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	58.5	59.7	61.9	61.2	65.0	66.0	70.0	70.1



Ensayo	: Marshall para obtención 7 % de Vacíos
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto convencional PEN 120/150
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	Unid,	1		2		3		4	
--	Nº DE BRIQUETA		A	B	A	B	A	B	A	B
1	Nº DE GOLPES		20		30		40		50	
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.7		6.7		6.7		6.7	
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.4		49.4		49.4		49.4	
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	42.0		42.0		42.0		42.0	
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.9		1.9		1.9		1.9	
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.0		1.0		1.0		1.0	
7	Peso Específico Agregado Grueso - bulk	gf/cm ³	2.4		2.4		2.4		2.4	
8	Peso Específico Agregado Grueso – aparente	gf/cm ³	2.5		2.5		2.5		2.5	
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.5		2.5		2.5		2.5	
10	Peso Específico Agregado fino – aparente	gf/cm ³	2.6		2.6		2.6		2.6	
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.5		2.5		2.5		2.5	
12a	Altura del Especímen 01	(mm)		70.0	70.0	68.0	67.0	71.0	71.0	68.0
12b	Altura del Especímen 02	(mm)	72.0	72.0	69.0	70.0	67.5	70.0	69.0	69.0
12c	Altura del Especímen 03	(mm)	70.0	71.0	69.5	69.0	68.0	71.0	68.0	70.3
12d	Altura del Especímen 04	(mm)	69.0	70.0	71.0	69.0	68.0	70.5	67.0	69.5
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	70.3	70.8	69.9	69.0	67.6	70.6	68.8	69.2
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1173	1182	1149	1171	1160	1111	1162	1184
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1179	1191	1153	1177	1162	1119	1165	1187
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	612	619	601	619	616	590	625	635
	Agua absorbida	%	1.1	1.7	0.7	1.0	0.4	1.5	0.5	0.6
16a	Volumen del Espécimen por desplazamiento	(cm ³)	567	572	552	558	546	529	540	552
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	570	574	566	559	548	573	557	561
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	567	572	552	558	546	529	540	552
17	Peso Específico bulk del Espécimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.07	2.07	2.08	2.10	2.12	2.10	2.15	2.14
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.06	2.06	2.08	2.09	2.12	2.09	2.15	2.14
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.27		2.27		2.27		2.27	
20	Porcentaje de Vacíos	%	8.92	9.06	8.34	7.58	6.50	7.52	5.23	5.62
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.42		2.42		2.42		2.42	
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.57		2.57		2.57		2.57	
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.49		2.49		2.49		2.49	
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.26		1.26		1.26		1.26	
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briketa	%	79.8	79.7	80.3	81.0	81.9	81.0	83.0	82.7
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briketa	%	11.3	11.3	11.4	11.5	11.6	11.5	11.7	11.7
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	20.2	20.3	19.7	19.0	18.1	19.0	17.0	17.3
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.52		5.52		5.52		5.52	
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	55.9	55.4	57.7	60.2	64.1	60.4	69.2	67.6



Ensayo	: Marshall para obtención 7 % de Vacíos
Material	: Agregado Alta Absorción – Asfalto con polímero SBS IC
Norma	: MTC E 504
Laboratorio	: Universidad Católica de Santa María



Nº	ENSAYO Nº	UNIDAD	1		2		3		4	
--	Nº DE BRIQUETA	ES	A	B	A	B	A	B	A	B
1	Nº DE GOLPES		30		40		50		60	
2	% de Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.8		6.8		6.8		6.8	
3	% de Piedra chancada en peso de la mezcla	%	49.40		49.40		49.40		49.40	
4	% de Arena gruesa en peso de la mezcla	%	41.94		41.94		41.94		41.94	
5	% de Roca pulverizada en peso de la mezcla	%	1.86		1.86		1.86		1.86	
6	Peso Específico del Cemento Asfáltico – aparente	gf/cm ³	1.020		1.02		1.02		1.02	
7	Peso Específico Agregado Grueso – bulk	gf/cm ³	2.355		2.355		2.355		2.355	
8	Peso Específico Agregado Grueso – aparente	gf/cm ³	2.528		2.528		2.528		2.528	
9	Peso Específico Agregado fino – bulk	gf/cm ³	2.495		2.495		2.495		2.495	
10	Peso Específico Agregado fino – aparente	gf/cm ³	2.622		2.622		2.622		2.622	
11	Peso Específico Filler – aparente	gf/cm ³	2.500		2.500		2.500		2.500	
12a	Altura del Especímen 01	(mm)	68.0	66.0	69.0	67.0	65.0	70.0	70.0	68.0
12b	Altura del Especímen 02	(mm)	69.0	68.0	68.0	68.0	68.0	68.0	66.0	69.0
12c	Altura del Especímen 03	(mm)	70.0	69.0	66.0	68.0	66.0	69.0	68.0	65.0
12d	Altura del Especímen 04	(mm)	68.0	68.0	66.7	69.0	69.0	68.0	67.0	66.0
12	Altura promedio (MTC 507 - 2000)	(mm)	68.8	67.8	67.4	68.0	67.0	68.8	67.8	67.0
13	Peso del Especimen en el aire	(gf)	1169	1186	1174	1165	1170	1164	1169	1175
14	Peso del Especimen Saturado Superficialmente Seca en aire	(gf)	1179	1196	1180	1173	1178	1172	1175	1179
15	Peso de la Especimen en agua	(gf)	612	613	615	620	624	627	634	633
	Agua absorbida	%	1.7	1.7	1.2	1.4	1.4	1.4	1.1	0.7
16a	Volumen del Especimen por desplazamiento	(cm ³)	567	583	565	553	554	545	541	546
16b	Volumen geométrico	(cm ³)	557	549	547	551	543	557	549	543
16c	Volumen adoptado	(cm ³)	557	549	547	551	543	545	541	543
17	Peso Específico bulk del Especimen (MTC E 514 - 2000)	(gf/cm ³)	2.06	2.03	2.08	2.11	2.11	2.14	2.16	2.15
18	Peso unitario del espécimen a 25°C	(gf/cm ³)	2.06	2.03	2.07	2.10	2.10	2.13	2.15	2.15
19	Peso Específico Máximo teórico	(gf/cm ³)	2.271		2.271		2.271		2.271	
20	Porcentaje de Vacíos	%	9.18	10.4	8.57	7.25	7.04	5.86	4.85	5.24
21	Peso Específico Bulk del Agregado total	(gf/cm ³)	2.419		2.419		2.419		2.419	
22	Peso Específico aparente del agregado total	(gf/cm ³)	2.569		2.569		2.569		2.569	
23	Peso Específico efectivo del agregado total	(gf/cm ³)	2.494		2.494		2.494		2.494	
24	C.a absorbido por el peso del agregado seco	%	1.27		1.27		1.27		1.27	
25	% del volumen del agregado/volumen bruto de briqueta	%	79.5	78.3	80.0	81.2	81.3	82.4	83.3	82.9
26	% del volumen del c.a efectivo/volumen de briqueta	%	11.4	11.2	11.4	11.6	11.6	11.8	11.9	11.8
27	% vacíos del agregado mineral (VMA)	%	20.5	21.7	20.0	18.8	18.7	17.6	16.7	17.1
28	C.a. efectivo/peso de la mezcla	%	5.615		5.615		5.615		5.615	
29	Relación asfalto - vacíos (VFA)	%	55.3	51.7	57.2	61.5	62.3	66.8	71.0	69.3

ANEXO 19:
METRADOS DE PAVIMENTO FLEXIBLE TRAMO KM 141 + 180 AL KM 141
+ 400 DE LA CARRETERA INTEROCEÁNICA SUR

Informe || **Metrado para diseño de pavimento flexible**
01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Ítem	Descripción	unidad	Área (m2)	Longitud (m)	Volumen (m3)	Total
01.01	Excavación de material suelto c/equipo	m3	14.70	220.00	3234.59	3234.59

Ítem	Descripción	unidad	Volumen	Factor de esponjamiento	total
01.02	Eliminación de material excedente c/equipo	m3	3234.59	1.2	3881.51

Ítem	Descripción	unidad	Longitud	Ancho	Área	Total
01.03	Perfilado y compactado	m2	220	13.65	3003	3003

02 PAVIMENTO

Ítem	Descripción	unidad	Longitud	Ancho	Altura	Total
02.01	Sub base granular e=0.35m	m3	220	13.65	0.35	1051.05

Ítem	Descripción	unidad	Longitud	Ancho	Altura	Total
02.02	Base granular e=0.40m	m3	220	13.14	0.4	1156.32

Ítem	Descripción	unidad	Longitud	Ancho	Área	Total
02.03	Imprimación	m2	220	10.56	2323.2	2323.2

Ítem	Descripción	unidad	Longitud	Ancho	Altura	Total
02.04	Carpeta asfáltica en caliente e=0.18m	m3	220	10.56	0.18	418.18

03 FLETE TERRESTRE PARA MAC DE NORMAL ABSORCIÓN Y ALTA ABSORCIÓN

CALCULO DE FLETE DE MATERIALES PARA MAC						
PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE NORMAL ABSORCIÓN						
1.-Costo total de flete=					S/. 117,457.63	
1.-CALCULO DE FLETE TERRESTRE DE MATERIALES - MAC				S/.	117,457.63	
Codigo	Materiales	und	CANTIDAD	P.U(Kg)	V.U (m3)	Peso Total (Kg ¹)
02 07638	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	326.18	1,685.75		549,858.61
02 00123	ARENA GRUESA	m3	284.36	1,792.13		509,614.39
02 04961	PETROLEO D-2	gal	1,626.72	3.79		6,157.14
02 06823	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	m3	54.36	1,012.00		55,015.76
02 02069	FILLER	m3	8.36	2,500.00		20,909.00
					Cantidad total(kg,m3)	1,141,554.89
Cálculo flete según ministerio de transporte y Comunicaciones:					Costo unitario por flete(S/./KG)	0.095
					Costo Total Movilización de Transporte	S/. 108,447.71
				Según Cotización	COSTO CON IGV	
				Camión de 18TN, VOL=45M3 DE	S/. 2,200.00	
Calculo de flete por tipo de camión a Transportar materiales.				TIPO DE CAMION TRANSPORTE CANTER FUSO- PESO MAXIMO 18 TN-VOL		
				DISTANCIA DE VIAJE(Km)		
				Vel. prom de viaje Ida (km/h)		
				Tiempo de viaje ida (horas)		
				Vel. prom de viaje Regreso(km/h)		
				Tiempo de viaje Regreso(hora)		
				Tiempo total camión(Horas)+2 horas(carga-descarga)		
				Costo por HM de transporte(S/.)		
				Cantidad de kg transportar(Factor Eficiencia Carga=1.00)		
				# Viajes a Realizar		
				Costo total=		
				S/. 117,457.63		

CALCULO DE FLETE DE MATERIALES PARA MAC						
PAVIMENTO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON AGREGADO DE ALTA ABSORCIÓN						
1.-Costo total de flete=					S/. 119,322.03	
1.-CALCULO DE FLETE TERRESTRE DE MATERIALES - MAC				S/. 119,322.03		
Codigo	Materiales	und	CANTIDAD	P.U(Kg)	V.U (m3)	Peso Total (Kg)
02 07638	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	347.09	1,558.31		540,872.88
02 00123	ARENA GRUESA	m3	309.45	1,663.87		514,889.90
02 04961	PETROLEO D-2	gal	1,626.72	3.79		6,157.14
02 06823	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	m3	66.91	1,020.00		68,246.98
02 02069	FILLER	m3	8.36	2,500.00		20,909.00
					Cantidad total(kg,m3)	1,151,075.89
Cálculo flete según ministerio de transporte y Comunicaciones:					Costo unitario por flete(S/./KG)	0.095
					Costo Total Movilización de Transporte	S/. 109,352.21
			Según Cotización	COSTO CON IGV		
			Camión de 18TN, VOL=45M3 DE	S/. 2,200.00		
Calculo de flete por tipo de camión a Transportar materiales.	TIPO DE CAMION TRANSPORTE CANTER FUSO- PESO MAXIMO 18 TN-VOL					
	DISTANCIA DE VIAJE(Km)					115.00
	Vel. prom de viaje Ida (km/h)					50
	Tiempo de viaje ida (horas)					2.30
	Vel. prom de viaje Regreso(km/h)					60
	Tiempo de viaje Regreso(hora)					1.92
	Tiempo total camión(Horas)+2 horas(carga-descarga)					6.22
	Costo por HM de transporte(S/.)					S/. 299.90
	Cantidad de kg transportar(Factor Eficiencia Carga=1.00)					18000
	# Viajes a Realizar					64
Costo total=					S/. 119,322.03	

ANEXO 20:
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA PRESUPUESTO DE DISEÑO
PAVIMENTO FLEXIBLE

Informe	:	Análisis de Precios Unitarios – Costo enero 2021

Partida	01.01	Excavación de material suelto c/equipo		Rend:	320.0000 m3/dia		
Código	descripción insumo		unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
mano de obra							
47010001	Capataz		Hh	0.200	0.0050	28.19	0.14
47010003	Oficial		Hh	1.000	0.0250	18.56	0.46
47010004	Peon		Hh	2.000	0.05	16.78	0.84
							1.44
Equipos							
37010001	herramientas manuales		%mo		3.0000	1.44	0.04
49040034	tractor de orugas de 190-240 hp		Hm	1.000	0.0250	383.66	9.59
							9.63
costo unitario por m3 :							11.08

partida	01.02	Eliminación de material excedente c/equipo			Rend: 435.0000 m3/dia	
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
	mano de obra					
47010001	capataz	hh	0.100	0.0018	28.19	0.05
47010004	Peon	hh	2.000	0.0368	16.78	0.62
						0.67
	equipos					
37010001	herramientas manuales	%mo		3.0000	0.67	0.02
49040007	cargador s/llantas 80-95 hp 1.5-1.75 yd3	hm	1.000	0.0184	150.64	2.77
49920001	camión volquete 6x4 330 hp 10m3	hm	3.000	0.0552	256.55	14.16
						16.95

Informe	:	Análisis de Precios Unitarios – Costo enero 2021

partida	01.03	Perfilado y compactado			Rend: 1700.0000 m2/dia	
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
	mano de obra					
47010001	capataz	hh	1.000	0.0047	28.19	0.13
47010004	peón	hh	4.000	0.0188	16.78	0.32
						0.45
	materiales					
39050000	agua	m3		0.0300	6.00	0.18
						0.18
	equipos					
37010001	herramientas manuales	%mo		3.0000	0.45	0.01
48120003	Camión cisterna 4x2 agua 122 hp 1500 gal.	hm	1.000	0.0047	133.86	0.63
49090000	motoniveladora de 125 hp	hm	1.000	0.0047	178.65	0.84
49090001	rodillo vibratorio 10t	hm	2.000	0.0094	150.00	1.41
						2.89
costo unitario por m2 :						3.52

partida	02.01	Sub base granular e=0.35m			rend: 300.0000 m3/dia	
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
	mano de obra					
47010001	capataz	hh	1.000	0.0267	28.19	0.75
47010003	oficial	hh	1.000	0.0267	18.56	0.50
47010004	peon	hh	6.000	0.1600	16.78	2.68
						3.93
	materiales					
04000004	material seleccionado para sub base granular	m3		1.2500	62.50	78.13
39050000	agua	m3		0.3000	6.00	1.80
						79.93
	equipos					
37010001	herramientas manuales	%mo		3.0000	3.93	0.12
48120003	Camión cisterna 4x2 agua 122 hp 1500 gal.	hm	0.500	0.0133	133.86	1.78
49030013	rodillo liso vibr autop 70-100 hp 7-9 t.	hm	1.000	0.0267	108.62	2.90
49090000	motoniveladora de 125 hp	hm	1.000	0.0267	178.65	4.77
						9.57
costo unitario por m3 :						93.43

Informe	:	Análisis de Precios Unitarios – Costo enero 2021

partida	02.02	Base granular e=0.40m			Rend: 280.0000 m3/dia	
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
	mano de obra					
47010001	capataz	Hh	1.000	0.0286	28.19	0.81
47010003	oficial	Hh	1.000	0.0286	18.56	0.53
47010004	Peón	Hh	6.000	0.1714	16.78	2.88
						4.21
	materiales					
04000001	material para base granular	m3		1.3000	75.00	97.50
39050000	agua	m3		0.3000	6.00	1.80
						99.30
	equipos					
37010001	herramientas manuales	%mo		3.0000	4.21	0.13
48120003	Camión cisterna 4x2 agua 122 hp 1500 gal.	hm	0.500	0.0143	133.86	1.91
49030013	rodillo liso vibr autop 70-100 hp 7-9 t.	hm	2.000	0.0571	108.62	6.20
49090000	motoniveladora de 125 hp	hm	1.000	0.0286	178.65	5.11
						13.35
costo unitario por m3 :						116.87

partida	02.03	Imprimación			Rend: 4000.0000 m2/dia	
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
	mano de obra					
47010001	capataz	hh	1.000	0.0020	28.19	0.06
47010003	oficial	hh	1.000	0.0020	18.56	0.04
47010004	Peón	hh	6.000	0.0120	16.78	0.20
						0.29
	materiales					
13010010	emulsión para imprimación primitec	gln		0.3500	9.85	3.45
						3.45
	equipos					
37010001	herramientas manuales	%mo		3.0000	0.29	0.01
49030031	barredora mecánica	hm	1.000	0.0020	55.84	0.11
49910028	camión imprimador	hm	1.000	0.0020	164.84	0.33
						0.45
costo unitario por m2 :						4.19

Informe	:	Análisis de Precios Unitarios – Costo enero 2021

partida	03.01	Flete terrestre MAC			Rend:	1.0000 glb/día
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial
Equipos						
37010001	Flete terrestre materiales MAC	Glb		1.000	Variable*	Variable*
costo unitario por m3 :Variable*						

*los valores de precio, varía según el tipo de MAC diseñado. Para mayor detalle revisar ANEXO “METRADOS”

partida	04.01	Lavado de agregado			Rend:	254.0000	m3/dia
código	descripción insumo	unidad	cuadrilla	cantidad	precio	parcial	
mano de obra							
47010001	capataz	hh	0.100	0.0031	28.19	0.09	
47010003	oficial	hh	1.000	0.0315	18.56	0.58	
47010004	Peón	hh	2.000	0.0120	16.78	1.06	
						1.73	
equipos							
37010001	herramientas manuales	%mo		5.0000	1.73	0.09	
49040034	Cargador S/llantas 125-155 HP	hm	1.000	0.0250	160.62	4.02	
39180056	Lavadora de agregado	hm	1.000	0.0315	75.00	2.36	
34972024	Grupo electrógeno 140 HP 90KW	hm	1.000	0.0315	155.29	4.89	
						11.36	
Subpartidas							
45825482	Agua para lavado	m3		1.300	1.65	2.14	
						2.14	
				costo unitario por m3 :15.23			

Subpartida	04.01.01	Agua para lavado			Rend:	300.0000	m3/dia
<i>código</i>	<i>descripción insumo</i>	<i>unidad</i>	<i>cuadrilla</i>	<i>cantidad</i>	<i>precio</i>	<i>parcial</i>	
	mano de obra						
47010003	oficial	hh	1.000	0.0270	18.56	0.50	
						0.50	
	equipos						
37010001	herramientas manuales	%mo		5.0000	0.50	0.03	
49040034	Motobomba diam 4"	hm	2.000	0.0533	21.06	1.12	
						1.15	
						costo unitario por m3 :1.65	