REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Arquitectura e Ingenierías Civil y del Ambiente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

"EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUÍA DE LA AASHTO 93 Y LA GUÍA DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) APLICADO A LA AV. LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, EN EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO – CUSCO".

Tesis presentada por el Bachiller:
Acuña Alarcon, Jersen Rodrigo
Acuña Alarcon, Brayam Rodney

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:
Ing. Gamarra Tuco, Ruben Francisco

Arequipa- Perú

2019

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

☎ (51 54) 382038 Fax:(51 54) 251213 ✉ ucsm@ucsm.edu.pe 🌐 http://www.ucsm.edu.pe Apartado:1350

AREQUIPA - PERÚ

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

El BORRADOR DE TESIS Titulado:

Evaluación, comparación y diseño de pavimento rígido convencional con la adición de fibra de acero mediante la guía AASHTO 93 y la guía de la Portland Cement Association (PCA) aplicado a la Av. la Florida y pasajes aledaños, en el distrito de San Jerónimo - Cusco.

Presentado por el (la) (los) Bachiller (es):

Acuña Alarcón, Jersen Rodrigo

Acuña Alarcón, Brayan Rodney.

Nuestro DICTAMEN es:

Aprobado sin observaciones

OBSERVACIONES:

Arequipa, 29 de Abril del 2019.

Cod. 3044

Cod 2530

Cod 2778

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

“Aquél que consigue ver la inacción en la acción, y la acción en la inacción, es un sabio entre los hombres, y en todos sus actos encuentra la paz”.

BHAGAVAT GITA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A nuestros padres amados, Luis Acuña Vargas. e Hilda Alarcón Bayona y a nuestro adorado hermano Luis G. Acuña Alarcon, junto con nuestros demás familiares y amigos, quienes siempre estuvieron apoyándonos, y que son una inspiración para nosotros.

A nuestros docentes del programa de Ing. Civil, al Ing. Ruben Gamarra Tuco y a la Ing. Patricia Carpio, quienes nos transmitieron y enseñaron todo lo aprendido a lo largo de su vida profesional.

A nuestras enamoradas Cynthia Torres G. y Carmen Queque P. por apoyarnos incondicionalmente en el desarrollo de la tesis. Y a N.A. por impartir siempre valores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

En la actualidad, cada vez es más necesario el uso de vías de comunicación que permitan hacer más sencillo el trabajo de las personas, poder transportar a través de vehículos de un lugar de inicio hacia un destino. También porque parte del mejoramiento de la economía y del PBI de un país se refleja a través del crecimiento de la red vial de una ciudad, y por lo tanto de un país.

Para el diseño del pavimento rígido. Se deben realizar estudios previos, los cuales nos permitieron tener una mejor apreciación de la elección del tipo de pavimento. Estudios como: Topografía, geotecnia, análisis del concreto, análisis de tráfico, análisis hidrológico, etc. Todos esto estudios demarcaran una serie de variables que nos sirvieron para diseñar un correcto pavimento.

Es por eso que optamos hacer una comparación entre un pavimento rígido con un diseño de mezclas convencional económico f´c = 210 kg/cm^2 y un diseño de mezclas f´c = 210 kg/cm^2 adicionando las fibras de acero, porque nos permitirá tener un mejor concepto de cuál puede ser el más adecuado para la zona de estudio. En la presente tesis optamos por utilizar dosificaciones de fibras de 15 kg/m^3, 25 kg/m^3, 35 kg/m^3 y 45 kg/m^3. Evaluando todas las variables necesarias para su diseño, así como analizando sus propiedades.

Por lo tanto las fibras de acero tienen un buen desempeño en el pavimento rígido, evaluado desde diferentes perspectivas, como económicas, de funcionamiento estructural y de mantenimiento, como lo detallamos en la presente tesis aplicada en la Av. La Florida y calles aledañas – San Jerónimo - Cusco.

Palabras claves: PAVIMENTO RÍGIDO, FIBRA DE ACERO, AASHTO 93, PCA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

Currently, it is increasingly necessary to use communication channels that make it easier for people to work, to be able to transport vehicles from a starting point to a destination. Also because part of the improvement of the economy and the GDP of a country is reflected through the growth of the road network of a city, and therefore of a country.

In order for a pavement to be designed, previous studies must be carried out, which will allow us to have a better appreciation of the choice of the type of pavement. Studies such as: Topography, geology, traffic analysis, hydrological analysis, etc. All these studies are an important series of variables that will serve us to design a correct project.

That is why we chose to make a comparison between a rigid floor with an economical conventional mix design f'c = 210 kg/cm^2 and a mix design f'c = 210 kg/cm^2 adding steel fibers, because it will allow us to have a better concept of which one may be the most suitable for the study area. In the present thesis we chose to use fiber dosages of 15 kg/cm^3, 25 kg/cm^3, 35 kg/cm^3 and 45 kg/cm^3. Evaluating all the variables necessary for its design, as well as analyzing its properties.

Therefore the steel fibers have a better performance in the rigid pavement, evaluated from different perspectives, as economic, structural and maintenance, as we detail in this thesis than is applicate in Av. La Florida and Streets surrounding – San Jerónimo - Cusco.

Keywords: RIGID PAVEMENT, STEEL FIBER, AASHTO 93, PCA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE GENERAL

RESUMEN ..... *V*

ABSTRACT ..... *VI*

INDICE DE FIGURAS ..... *XII*

INDICE DE CUADROS ..... *XVI*

INTRODUCCIÓN ..... *XXV*

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA *1*

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA **1**

1.2. OBJETIVOS **3**

1.2.1. OBJETIVO GENERAL 3

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

1.3. HIPÓTESIS **4**

1.4. JUSTIFICACIÓN **4**

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN **5**

CAPITULO II MARCO TEÓRICO *5*

2.1. DEFINICIÓN DEL PAVIMENTO **5**

2.1.1. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS 6

2.2. MÉTODO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS **8**

2.2.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE AASHTO 93 PAVIMENTOS RÍGIDOS. 8

2.2.2. MÉTODO DEL PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS 19

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3. COMPARACIÓN ENTRE LA METODOLOGÍA AASTHO 93 Y PCA, PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. 23

2.3.1 EQUIVALENCIAS DE LAS VARIABLES DE DISEÑO UTILIZADAS POR LAS METODOLOGIAS PCA Y AASHTO 93 24

2.4. CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRAS 24

2.4.1 RESEÑA HISTORICA DE LA TECNOLOGÍA DE INCORPORACIÓN DE FIBRAS AL CONCRETO. 24

2.4.2 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DEFINICIÓN. 25

2.4.3 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA 26

2.4.4. FIBRAS DE ACERO 27

2.4.5. DISEÑO DE JUNTAS DE CONCRETO. 29

2.5. ESTUDIOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO. 40

2.5.1. ESTUDIO DE TRÁFICO. 40

2.5.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS. 45

2.6. DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO 70

2.6.1. INTRODUCCIÓN. 70

2.6.3. ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA. 74

2.6.4. PROCESO DEL DISEÑO DE MEZCLA 75

2.7. ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO. 77

2.7.1. DEFINICIÓN 77

2.7.2. CARACTERISTICAS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO 77

2.7.3. TIPOS DE RESISTENCIA 77

2.7.4. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO 78

2.7.5. ENSAYOS DEL CONCRETO EN LABORATORIO. 79

CAPITULO III ESTUDIOS DE INGENIERIA 109

3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO 109

3.1.1. TOPOGRAFÍA 109

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.2. PLANOS Y ESCALAS 111

3.1.3. PROCEDIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 111

3.1.4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 112

3.1.5. DATOS PARA LA POLIGONAL 122

3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO 138

3.2.1. TRÁFICO VEHICULAR 138

3.2.2. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS 140

3.2.3. PESO VEHICULAR 143

3.2.4. TIPOLOGÍA VEHICULAR 151

3.2.5. AFORO DE TRÁNSITO 153

3.2.6. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO DE DISEÑO 154

3.2.7. TRÁNSITO DE DISEÑO 162

3.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO 166

3.3.1. SUBRASANTE 166

3.3.2. BASE GRANULAR 185

3.3.3. ENSAYO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTO RÍGIDO 195

3.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO 210

3.4.1. GENERALIDADES 210

3.4.2. GENERACION DE CAUDALES 211

3.4.3. PRECIPITACIONES 215

3.4.4. CÁLCULO DE INTENSIDAD (I) 225

3.4.5. CAUDALES MÁXIMOS 230

CAPITULO IV INGENIERIA DEL PROYECTO 232

4.1. DISEÑO DE MEZCLAS 232

4.1.1. GENERALIDADES 232

4.1.2. ELEMENTOS QUE FORMAN EL CONCRETO 233

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3. MÉTODO DE DISEÑO 233

4.1.4. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO 233

4.1.5. RESISTENCIA DE DISEÑO 234

4.1.6. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO 235

4.1.7. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS 241

4.2. ENSAYOS DEL CONCRETO 244

4.2.1. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO. 244

4.2.2 ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO 251

4.3. ELECCIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO 260

4.3.1. GENERALIDADES 260

4.3.2. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTOS FACTIBLES 260

4.3.3. RESISTENCIA DEL SUELO 262

4.3.4. FUNDAMENTOS Y ELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO 264

4.3.5. CONCLUSIÓN: ELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO. 266

4.4. DISEÑO DE PAVIMENTO 267

4.4.1. DISEÑO DE PAVIMENTO 267

4.4.2. MÉTODO DE DISEÑO 268

4.4.3. JUNTAS EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO. 269

4.4.4. TIPOS DE JUNTAS A UTILIZAR EN LA PAVIMENTACIÓN 269

4.4.5. RECOMENDACIONES DE LA P.C.A. Y OTRAS NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS 271

4.4.6. RECOMENDACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS 271

4.4.7. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO CON EL MÉTODO DEL P.C.A. 273

4.4.8. MÉTODO DE LA AASHTO 93 288

4.4.9. RESUMEN DE ESPESORES POR LA METODOLOGÍA AASHTO 93 Y PCA 306

4.4.10. DISEÑO DE JUNTAS PARA PAVIMENTOS CONVECIONALES POR LA GUÍA AASHTO 93 Y PCA. 306

4.4.11. DISEÑO DE JUNTAS PARA PAVIMENTOS CON FIBRA DE ACERO DE 30 kg/m^3 POR LA GUÍA AASHTO 93 Y PCA 309

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.12. DISEÑO DE JUNTAS PARA PAVIMENTOS CON FIBRA DE ACERO DE 30 kg/m^3 POR LA GUÍA PCA 311

4.4.13. RESUMEN DE JUNTAS 313

4.4.14. DISEÑO DE SELLOS 313

CAPITULO V PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO 316

5.1. METRADOS 316

5.1.1. COMPARACIÓN DE METRADOS 316

5.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS 318

5.2.1. COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS 318

5.3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO 334

5.3.1. COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS DEL PROYECTO 334

5.4. RELACIÓN DE INSUMOS 338

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 344

BIBLIOGRAFÍA 349

ANEXOS 351

PLANOS DEL PROYECTO 419

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Ubicación del lugar de aplicación 2

Figura N° 2. Estructura del pavimento flexible 6

Figura N° 3. Estructura del pavimento semi – rígido 7

Figura N° 4. Estructura de pavimento rígido 7

Figura N° 5.Vida útil de pavimento a partir del Índice de serviciabilidad 10

Figura N° 6. Relación de valores de CBR y k de la Sub rasante 15

Figura N° 7. Nivel óptimo de confiabilidad 17

Figura N° 8. Fórmula para el diseño de pavimento 18

Figura N° 9. Relación entre la resistencia y edad de diseño 20

Figura N° 10. Tipos de fibra 27

Figura N° 11. Densidad de la fibra de acero 28

Figura N° 12. Dimensiones de un vehículo ligero 42

Figura N° 13. Dimensiones de un vehículo ligero 43

Figura N° 14. Signos convencionales para perfil de calicatas – Clasificación AASHTO 93. 48

Figura N° 15. Signos convencionales para perfil de calicatas - Clasifiación SUCS 48

Figura N° 16. Cuarteo sobre lona 53

Figura N° 17. Curva para el cálculo de índice de CBR 64

Figura N° 18. Proceso del diseño de mezclas 75

Figura N° 19. Secuencia del diseño de mezclas 76

Figura N° 20. Moldes utilizados para los ensayos 81

Figura N° 21. Varilla de 5/8” utilizada para chusear 82

Figura N° 22. Martillo de goma usado en los esnayos 82

Figura N° 23. Carretilla usada para sostener la mezcla 83

Figura N° 24. Mezcladora utilizada en los ensayos 83

Figura N° 25. Termómetro usado en los ensayos 84

Figura N° 26. Tipos de falla de las muestras 96

Figura N° 27. Equipo adecuado para el ensayo 99

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 28. Detalle de la planta del equipo para el ensayo 100

Figura N° 29. Cilindro colocado para el ensayo de tensión indirecta 100

Figura N° 30. Esquema del equipo para el ensayo por flexión. 103

Figura N° 31. Reconocimiento de la máquina 103

Figura N° 32. Delimitación de los ejes 104

Figura N° 33. Colocado de la muestra 104

Figura N° 34. Medición de distancias 105

Figura N° 35. Colocación de las barras de presión 105

Figura N° 36. Colocación de las barras intermedia para sujetar los sensores. 106

Figura N° 37. Configuración en la computadora 107

Figura N° 38. Inicio de la rotura a flexión 107

Figura N° 39. Nivelación diferencial 113

Figura N° 40. Nivelación de perfil 114

Figura N° 41. Vehículo de diseño "C2" 152

Figura N° 42. Curva de Fatiga del concreto sometido por flexión 159

Figura N° 43. Localización de las calicatas 166

Figura N° 44. Delimitación de la cuenca en estudio 211

Figura N° 45. Precipitaciones mensuales prom. - distrito de San Jerónimo 1972-2016 220

Figura N° 46. Precipitaciones totales anuales para el distrito de San Jerónimo (1972-2016) 222

Figura N° 47. Ecuación de regresión 226

Figura N° 48. Slump para concreto convencional 244

Figura N° 49. Slump para concreto con adición de fibra de 15 kg/m^3 245

Figura N° 50. Slump para concreto con adición de fibra de 25 kg/m^3 246

Figura N° 51. Slump para concreto con adición de fibra de 35 kg/m^3 247

Figura N° 52. Slump para concreto con adición de fibra de 45 kg/m^3 248

Figura N° 53. Pérdida de consistencia de la mezcla de concreto 249

Figura N° 54. Pérdida de consistencia de la mezcla de concreto 250

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 55. Comparación de la evolución de resistencia a la compresión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero. 253

Figura N° 56. Comparación de la evolución de resistencia a la compresión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero. 253

Figura N° 57. Comparación de la evolución de resistencia a la tracción indirecta del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero. 256

Figura N° 58. Comparación de la evolución de resistencia a la tracción indirecta del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero. 256

Figura N° 59. Comparación de la evolución de resistencia a la flexión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero. 259

Figura N° 60. Comparación de la evolución de resistencia a la flexión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero. 259

Figura N° 61. Desplazamientos producidos por las cargas 263

Figura N° 62. Estructura del pavimento rígido a utilizar 268

Figura N° 63. Tipos de juntas 270

Figura N° 64. Recomendaciones sobre longitudes máximas de losas de pavimento rígido 271

Figura N° 65. Dimensionamiento del pavimento 273

Figura N° 66. Prueba de placa (Norma ASTM D1195 y D1196) 276

Figura N° 67. Módulo de reacción de la sub rasante 277

Figura N° 68. Análisis de fatiga – Repetición de carga admisible con base en factor de relación de esfuerzo. 280

Figura N° 69. Análisis de erosión – Repetición de carga admisible con base en factor de relación de esfuerzos 282

Figura N° 70. Análisis de fatiga – Repetición de carga admisible con base en factor de relación de esfuerzo. 285

Figura N° 71. Repetición de carga admisible con base en el factor de erosión sin berma de concreto 287

Figura N° 72. Junta 0% efectiva. La carga la soporta una sola losa 295

Figura N° 73. Junta 100% efectiva. La carga la soporta ambas losas 295

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura N° 74. Estructura del pavimento rígido 295

Figura N° 75. Percentil para el CBR óptimo 296

Figura N° 76. Abaco para hallar el coeficiente estructural a2 297

Figura N° 77. Abaco utilizado para hallar el k_c óptimo 298

Figura N° 78. Abaco de corrección de kc por incidencia de pérdida de soporte 299

Figura N° 79. Abaco utilizado para el espesor del pavimento por el AASHTO 93 301

Figura N° 80. Abaco utilizado para el espesor del pavimento por el AASHTO 93 304

Figura N° 81. Croquis de los tipos de juntas en un pavimento de concreto 306

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INDICE DE CUADROS

Tabla N° 1. Índice de serviciabilidad final 10

Tabla N° 2. Coeficiente de transferencia de carga (J) 13

Tabla N° 3. Valores de Cd (coeficiente de Drenaje) para diseño de pavimento 16

Tabla N° 4. Niveles de Confiabilidad 17

Tabla N° 5. Equivalencias de las variables de diseño de los métodos AASHTO93 y PCA 24

Tabla N° 6. Especificaciones de la fibra de acero 28

Tabla N° 7. Dimensiones de la losa 30

Tabla N° 8. Diámetros y longitudes recomendados en pasadores 35

Tabla N° 9. Diámetros y longitudes recomendados en pasadores 35

Tabla N° 10. Valores referenciales de coeficiente de expansión 38

Tabla N° 11. Valores referenciales de coeficiente de contracción. 38

Tabla N° 12. Número de calicatas para exploración de suelos 46

Tabla N° 13. Número de calicatas para exploración de suelos 47

Tabla N° 14. Correlación de tipos de suelos, AASHTO - SUCS 49

Tabla N° 15. Requerimientos granulométricos para base granular 50

Tabla N° 16. Valor relativos de CBR para base granular 50

Tabla N° 17. Normas para ensayos de laboratorio RNE – CE 010 52

Tabla N° 18. Normas MTC – Ensayo de materiales 52

Tabla N° 19. Factores de Límite líquido por número de golpes 57

Tabla N° 20. Dimensiones de la penetración 63

Tabla N° 21. Categoría de la sub rasante 65

Tabla N° 22. Valor relativo de soporte, CBR en base granular (*) (MTC E132, NTP 339.145 1999) 65

Tabla N° 23. Gradación de la máquina de los ángeles 66

Tabla N° 24. Gradación de las muestras de ensayo 67

Tabla N° 25. Simbología utilizada para la clasificación SUCS 68

Tabla N° 26. Clasificación SUCS 68

Tabla N° 27. Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 – ASTM D 3282 69

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 28. Cantidad mínima de nuestra de agregado grueso 71

Tabla N° 29. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico 73

Tabla N° 30. Granulometría del agregado grueso para concreto Portland 74

Tabla N° 31 Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras 90

Tabla N° 32. Diámetro de varilla y número de golpes por capa 90

Tabla N° 33. Especificaciones de diámetro de la cara de carga 95

Tabla N° 34.Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes 96

Tabla N° 35. Parámetros para la poligonal 110

Tabla N° 36. Tolerancias en poligonales 112

Tabla N° 37. Clasificación de la nivelación 115

Tabla N° 38. Nivelación de la Av. La Florida 117

Tabla N° 39. Nivelación de la Av. Begonias 119

Tabla N° 40. Nivelación de la Calle Dalias 120

Tabla N° 41. Nivelación de la Calle Los Jardines 120

Tabla N° 42. Nivelación de Pasaje Mollecito 121

Tabla N° 43. Nivelación del Pasaje Amapolas 121

Tabla N° 44. Puntos para la planimetría 122

Tabla N° 45. Atributos y restricciones de las vías locales 141

Tabla N° 46. Clasificación vehicular 142

Tabla N° 47. Pesos y medidas máximas permitidas 144

Tabla N° 48. Pesos y medidas máximas permitidas 145

Tabla N° 49. Pesos y medidas máximas permitidas 146

Tabla N° 50. Pesos y medidas máximas permitidas 147

Tabla N° 51. Pesos y medidas máximas permitidas 148

Tabla N° 52. Peso máximo por eje 148

Tabla N° 53. La tolerancia de peso permitida por ejes 149

Tabla N° 54. Conteo de vehículos por tipo 154

Tabla N° 55. TPDS en el carril de diseño 154

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 56. Tráfico promedio diario semanal 156

Tabla N° 57. Tráfico promedio diario anual (TPDA) 158

Tabla N° 58. Parque automotor de Cusco por vehículos 2016 161

Tabla N° 59. Proyección del parque automotor Cusco 2017 161

Tabla N° 60. Número de vehículos según tipo 163

Tabla N° 61. Factores de equivalencia de carga 164

Tabla N° 62. Cálculo del factor camión para cada tipo de vehículo 165

Tabla N° 63. Cálculo del EAL y el ESAL 165

Tabla N° 64. Clasificación del perfil estratigráfico 168

Tabla N° 65. Análisis granulométrico de las calicatas 169

Tabla N° 66. Contenido de humedad de las calicatas. 170

Tabla N° 67. Límites de ATTEMBERG para las calicatas. 172

Tabla N° 68. Límites de ATTEMBERG para calicatas. 173

Tabla N° 69. Resultados del ensayo de gravedad específica 173

Tabla N° 70. Contenido de humedad y peso específico calicata 01 174

Tabla N° 71. Contenido de humedad y peso específico calicata 02 175

Tabla N° 72. Contenido de humedad y peso específico calicata 03 175

Tabla N° 73. Contenido de humedad y peso específico calicata 04 176

Tabla N° 74. CBR para calicata N° 01 177

Tabla N° 75. CBR para calicata N° 02 177

Tabla N° 76. CBR para calicata N° 03 178

Tabla N° 77. CBR para Calicata N° 04 178

Tabla N° 78. Clasificación SUCS – calicata N° 01 179

Tabla N° 79. Clasificación SUCS – calicata N° 02 180

Tabla N° 80. Clasificación SUCS – calicata N°03 180

Tabla N° 81. Clasificación SUCS – calicata N° 04 181

Tabla N° 82. Límites para la clasificación SUCS 182

Tabla N° 83. Clasificación AASHTO – calicata N° 01, estrato 02 182

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 84. Clasificación AASHTO – calicata N° 02, estrato 02 182

Tabla N° 85. Clasificación AASHTO – calicata N° 03, estrato 02 183

Tabla N° 86. Clasificación AASHTO – calicata N° 04, estrato 02 183

Tabla N° 87. Clasificación resumen calicata N° 01 184

Tabla N° 88. Clasificación resumen calicata N° 02 184

Tabla N° 89. Clasificación resumen calicata N° 03 185

Tabla N° 90. Clasificación resumen calicata N° 04 185

Tabla N° 91. Análisis granulométrico de la cantera para base granular. 186

Tabla N° 92. Contenido de Humedad de cantera para base granular. 187

Tabla N° 93. Límites de ATTEMBERG cantera para base granular 188

Tabla N° 94. Límites de ATTEMBERG cantera para base granular 189

Tabla N° 95. Resultados del ensayo de gravedad específica de la cantera para base 189

Tabla N° 96.Contenido de humedad y peso específico cantera para base granular 190

Tabla N° 97. CBR de cantera para base granular 191

Tabla N° 98. Resultado de la máquina de los Angeles 192

Tabla N° 99. Clasificación SUCS – Cantera para base granular. 193

Tabla N° 100. Clasificación AASHTO. 194

Tabla N° 101. Clasificación AASHTO – Cantera para base granular 194

Tabla N° 102. Clasificación resumen de la cantera 194

Tabla N° 103. Granulometría del agregado grueso 195

Tabla N° 104. Granulometría agregado fino 195

Tabla N° 105. Capacidad de los tamices 203

Tabla N° 106. Gradación de la máquina de los ángeles 208

Tabla N° 107. Gradación de las muestras de ensayo 208

Tabla N° 108. Resultados de la máquina de los ángeles 209

Tabla N° 109. Área de la cuenca 211

Tabla N° 110. Perímetro de la cuenca 212

Tabla N° 111. Datos generales de la cuenca 213

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 112. Resumen de resultados de la cuenca 215

Tabla N° 113. Precipitaciones pluviales de la estación de Kayra (mm/mes) 216

Tabla N° 114. Resumen de precipitación de la Granja Kayra 217

Tabla N° 115. Precipitación Media anual para el distrito de San Jerónimo 217

Tabla N° 116. Relación de latitud y longitud de la estación de Kayra con la Av. San Jerónimo 218

Tabla N° 117. Precipitaciones para el área de estudio (mm/mes) 219

Tabla N° 118. Precipitación promedio mensual 220

Tabla N° 119. Precipitaciones totales anuales 221

Tabla N° 120. Coeficiente de escorrentía según Kulhing 222

Tabla N° 121. Según la naturaleza de la superficie y la topografía 222

Tabla N° 122. Modelo de Mac Math 223

Tabla N° 123. Método de Burkly - Zieger 223

Tabla N° 124. Área de los elementos que conforma la cuenca 223

Tabla N° 125. Características fisiográficas de la cuenca 224

Tabla N° 126. Datos de las estaciones 225

Tabla N° 127. Datos para la regionalización 226

Tabla N° 128. Intensidades máximas y de la zona del proyecto 227

Tabla N° 129. Datos para el periodo de retorno 228

Tabla N° 130. Duración para un periodo de retorno dado 229

Tabla N° 131. Datos de caudal, intensidad y área 231

Tabla N° 132. Proporciones en volúmenes de los elementos del concreto 233

Tabla N° 133. Resistencia de diseño 235

Tabla N° 134. Asentamiento recomendado para estructuras 235

Tabla N° 135. Volumen unitario del agua 236

Tabla N° 136. Contenido de aire atrapado 236

Tabla N° 137. Relación agua/cemento por resistencia, para f'cr 237

Tabla N° 138. Relación a/c por durabilidad 237

Tabla N° 139. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto b/b0 238

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 140. Relación de volúmenes de los materiales....239

Tabla N° 141. Resumen de los Pesos....240

Tabla N° 142. Estimación del peso del concreto con el TMN....240

Tabla N° 143. Dosificación de la mezcla con 15 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero)....241

Tabla N° 144. Dosificación de la mezcla con 25 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero)....242

Tabla N° 145. Dosificación de la mezcla con 35 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero)....242

Tabla N° 146. Dosificación de la mezcla con 45 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero)....242

Tabla N° 147. Dosificación de la mezcla convencional....242

Tabla N° 148. Dosificación de la mezcla convencional (a/c = 0.5)....243

Tabla N° 149. Dosificación de la mezcla con 30 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero) (a/c =0.5)....243

Tabla N° 150. Resultados de slump para concreto convencional....244

Tabla N° 151. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 15 kg/m^3....245

Tabla N° 152. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 25 kg/m^3....246

Tabla N° 153. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 35 kg/m^3....247

Tabla N° 154. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 45 kg/m^3....248

Tabla N° 155. Resultados de control de slump para 30 minutos....250

Tabla N° 156. Temperatura del concreto....250

Tabla N° 157. Resultado de los ensayos a compresión f´c = 210 kg/cm^2 a 7,14 y 28 días del concreto convencional....251

Tabla N° 158. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm^2 con fibras de acero de 15 kg/m^3....251

Tabla N° 159. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm^2 con fibras de acero de 25 kg/m^3....252

Tabla N° 160. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg /cm^2 con fibras de acero de 35 kg/m^3....252

Tabla N° 161. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm^2 con fibras de acero de 45 kg/m^3....252

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 162. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto convencional f´c = 210 kg/cm² 254

Tabla N° 163. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con fibra de acero de 15 kg/m³ 254

Tabla N° 164. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 25 kg/m³ 255

Tabla N° 165. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con Fibra de Acero de 35 kg/m³ 255

Tabla N° 166. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 45 kg/m³ 255

Tabla N° 167. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del Concreto f´c = 210 kg/cm² Convencional 257

Tabla N° 168. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 15 kg/m³ 257

Tabla N° 169. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 25 kg/m³ 258

Tabla N° 170. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 35 kg/m³ 258

Tabla N° 171. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 45 kg/m³ 258

Tabla N° 172. Comparación de ventajas y desventajas del pavimento rígido VS pavimento flexible. 264

Tabla N° 173. Comparación de materiales, equipo, estructura y mantenimiento entre el pavimento rígido y el pavimento flexible 265

Tabla N° 174. Requisitos mínimos para diferentes tipos de pavimentos 272

Tabla N° 175. Condiciones de falla 274

Tabla N° 176. Percentil para hallar el CBR óptimo 276

Tabla N° 177. Datos para el CBR al 75% 276

Tabla N° 178. Influencia de la base granular en valores de "k" 278

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 179. Tabla de esfuerzo equivalente con berma de concreto (eje simple/eje tándem) 279

Tabla N° 180. Tabla para la comprobación por erosión con berma (eje simple/ eje tándem 281

Tabla N° 181. Cálculo de los análisis por fatiga y erosión para pavimento convencional.....283

Tabla N° 182. Tabla de Esfuerzo equivalente con berma de concreto (eje simple/eje tándem).....284

Tabla N° 183. Tabla de erosión – juntas con pasadores - sin berma de concreto (eje simple/eje tándem) ...286

Tabla N° 184. Cálculo del análisis por fatiga y erosión para el pavimento con fibra de 30 kg/m^3 288

Tabla N° 185. Valores de confiabilidad de acuerdo al tipo de camino 289

Tabla N° 186. Valores de la desviación estándar normal (Zr) 290

Tabla N° 187. Índice de serviciabilidad inicial.....290

Tabla N° 188. Índice de Serviciabilidad final.....291

Tabla N° 189. Valores de desviación estándar combinado (So) 291

Tabla N° 190. Valores del Módulo de Rotura por tipo de pavimento 292

Tabla N° 191. Módulo de elasticidad del agregado 292

Tabla N° 192. Calidad de drenaje 293

Tabla N° 193. Exposición a la saturación 293

Tabla N° 194. Valores de transmisión de carga (J).....294

Tabla N° 195. Percentil para hallar el CBR óptimo.....296

Tabla N° 196. Datos para el CBR al 75%.....296

Tabla N° 197. Comparación de espesores haciendo uso de las guías AASHTO 93 y PCA, para pavimentos convencionales y con la adición de fibra 30 kg/m^3.....306

Tabla N° 198. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas longitudinales.....308

Tabla N° 199. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas transversales 309

Tabla N° 200. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas longitudinales.....310

Tabla N° 201. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas transversales 311

Tabla N° 202. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas longitudinales.....312

Tabla N° 203. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas transversales 313

Tabla N° 204. Resumen de juntas de acuerdo a las guías PCA y AASHTO 93.....313

Tabla N° 205. Metrados del pavimento rígido convencional con la guía AASHTO 93 Y PCA.....316

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 206. Metrados del pavimento rígido con fibra de 30 kg/m³ por la guía AASHTO 93 Y PCA 316

Tabla N° 207. Metrados del pavimento rígido con fibra de 30 kg/m³ por la guía AASHTO 93 317

Tabla N° 208. Costos unitarios de transporte de materiales 318

Tabla N° 209. Costos unitarios de pavimento rígido convencional 319

Tabla N° 210. Costos unitarios de pavimento rígido con fibra de acero de 30 kg/m³ guía PCA e = 17.5 cm .. 322

Tabla N° 211. Costos unitarios de pavimento rígido con fibra de acero de 30 kg/m³ guía AASHTO e = 15 cm 325

Tabla N° 212. Costos unitarios de pavimento rígido más económico propuesto con fibra de acero de 15 kg/m³ guía PCA e = 17.5 cm 328

Tabla N° 213. Costos unitarios de pavimento rígido convencional con una relación a/c = 0.5 331

Tabla N° 214. Presupuesto de transporte de agregado de la cantera de Chiguata a la zona de proyecto 334

Tabla N° 215. Presupuesto de transporte de agregado de la cantera de Vicho a la zona de proyecto 334

Tabla N° 216. Presupuesto de pavimento rígido convencional por las guías AASHTO 93 y PCA 335

Tabla N° 217. Presupuesto de pavimento rígido con la adición fibra de acero 30 kg/m³ por la guía PCA 335

Tabla N° 218. Presupuesto de pavimento rígido con la adición de fibra de acero 30 kg/m³ por la guía AASHTO 93 336

Tabla N° 219. Presupuesto de pavimento rígido más económico con fibra de acero 15 kg/m³ por la guía PCA 336

Tabla N° 220. Presupuesto de pavimento rígido vonvencional con una relación a/c = 0.5 337

Tabla N° 221. Relación de insumos para el pavimento rígido convencional por las guías PCA y AASHTO 93 338

Tabla N° 222. Relación de insumos para el pavimento rígido con la adición de fibra de acero de 30 kg/m³ por la guía PCA 339

Tabla N° 223. Relación de insumos para el pavimento rígido con la adición de fibra de acero 30 kg/m³ por la guía de AASHTO 93 340

Tabla N° 224. Relación de insumos para el pavimento rígido más económico con fibra de acero de 15 kg/m³ por la guía PCA 341

Tabla N° 225. Relación de insumos para el pavimento rígido convencional con una relación a/c =0.5 342

Tabla N° 226. Resumen de presupuesto de acuerdo a la metodología AASHTO 93 y PCA 343

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

En esta tesis, nos orientaremos al Diseño de Pavimentos Rígidos incorporados con fibras de acero, el cual es una decisión para aplicar en el proyecto "Camino vecinal en la principal Calle La Florida principal y Calles aledañas – San Jerónimo – Cusco", en el cual se proyecta un Pavimento Rígido Económico y logrando obtener un Mr > 3,4 MPa de acuerdo a la normativa de Pavimentos Urbanos CE 010 proponiendo un Pavimento Rígido con Concreto f'c = 210 kg/cm^2 añadido con fibra de acero, buscaremos resultados óptimos para encontrar una satisfacción tanto social como económica a la población de la zona.

El concreto es uno de los materiales más utilizados por el hombre en la industria de la construcción, en esta oportunidad enfocado a pavimentos. Esto se debe a su gran versatilidad, durabilidad, trabajabilidad y resistencia que proporciona en sus diferentes estados físicos.

El presente estudio se enfocará en la fibra de acero aplicado a pavimentos rígidos, las cuales han venido ganando popularidad por su gran desempeño, En el Perú, muchos proyectos asociados con pavimentos rígidos se vienen desarrollando gracias al aporte de nuevas tecnologías, las cuales optimizan los procesos de producción y/o construcción. Muchos de estos proyectos están aplicados a vías urbanas, estacionamientos de centros comerciales, pisos para almacenes industriales, entre otros.

Así también, se expondrá los cambios que se generan en las mezclas de concreto al utilizar fibras de acero presentes en el mercado peruano y así desarrollar una comparación entre los diseños convencionales y el diseño con adición de fibra de acero actualmente en los pavimentos rígidos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

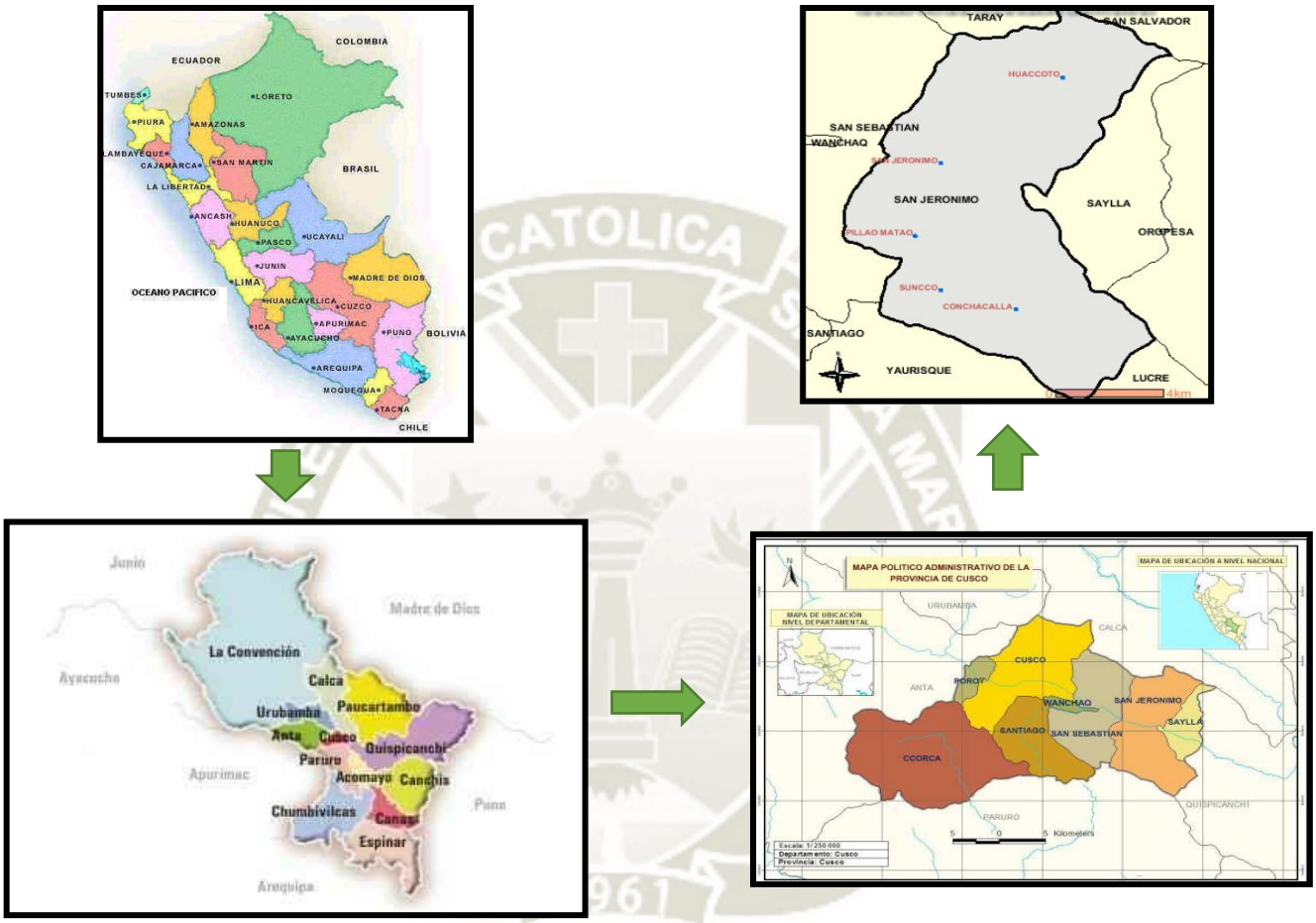
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente las vías en las avenidas aledañas se encuentran desgastadas y con fisuras pronunciadas, las cuales son devastadas por la presencia de lluvia puesto de la ubicación geográfica de la zona tratar, esto ha generado incertidumbre en la población; ya que el pavimento no cumple su ciclo de vida programado lo cual hace que la vía sea intransitable, pues la presencia de altas cargas de vehículos, lodo, barro y la escorrentía de aguas pluviales perjudica el tránsito de personas y vehículos, por otra parte la inexistencia de veredas y drenaje pluvial hace de que debilite las paredes y cimentaciones de las viviendas a causa de las lluvias. Por lo cual optar por alternativas que brinden mayor seguridad y durabilidad a los concretos aplicados en vías de tránsito es incorporando aditivos que alarguen su durabilidad y rendimiento por eso planteamos la experimentación del pavimento rígido con fibras de acero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 1. Ubicación del lugar de aplicación



Fuente y elaboración: propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

"Comparación entre el diseño de pavimento rígido convencional y el pavimento rígido con la adición de fibra de acero aplicado al "CAMINO VECINAL; AV. PRINCIPAL LA FLORIDA Y CALLES ALEDAÑAS, SAN JERÓNIMO– CUSCO".

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para la presente tesis tenemos los siguientes objetivos específicos:

a) Establecer como norma específica para el diseño de pavimentos urbanos la NORMA RNE CE 010 PAVIMENTOS URBANOS, y norma general "MANUAL DE CARRETERAS (SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS) DEL MTC; MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES DEL MTC, ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCION DEL MTC)"

b) Realizar estudios de ingeniería y ensayos de laboratorio de acuerdo a las normativas establecidas, comprendidos para Pavimentos Rígidos.

c) Establecer comparación de las propiedades mecánicas (Compresión, Tracción y Flexión del Concreto) entre el pavimento rígido convencional y el pavimento rígido con fibra de acero.

d) Diseñar la estructura de Pavimento Rígido Convencional económico propuesto para la zona y otro diseño de pavimento rígido con la adición de fibra acero y que cumpla con la normativa para Pavimentos Urbanos CE 010 obteniendo un módulo de rotura (Mr > 3.4 MPa), con la utilización de un concreto f´c = 210 kg/cm^2 convencional y con fibra

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de acero considerando la guía AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) 1993 y la guía de la PCA (Portland Cement Association).

e) Realizar un comparativo respecto al procedimiento constructivo del Pavimento rígido convencional y el pavimento rígido con adición de fibra de acero.

f) Realizar un comparativo respecto a la diferencia de costos del Pavimento rígido convencional y el pavimento rígido con adición de fibra de acero.

1.3. HIPÓTESIS

Con la comparación entre el diseño de pavimento rígido convencional y el pavimento rígido con fibra de acero con las guías PCA y AASHTO 93, se demostrara una variación es su parte estructural, en las propiedades del pavimento, en el procedimiento constructivo y en sus costos.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación permitirá que las personas que habitan en la Av. La Florida y calles aledañas del Distrito de San Jerónimo, mejore su nivel de vida a través de la elección de mejor pavimento que permita, que las personas vecinas se trasladen de forma más inmediata a sus destinos.

Económicamente la pavimentación de vías es una variable que indica el crecimiento de PBI de un país, debido a la facilidad que produce las vías para transportar a las personas para que concreten sus negocios.

A nivel social, la pavimentación de las vías permitirá crear un ambiente más saludable para la población, ya que parte de un vecindario estable es que sus servicios básicos sean abastecidos, entre ellos el transporte urbano.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación está limitada al estudio de Ingeniería Civil, en la rama de Pavimentos, específicamente en el estudio de toda la estructura del Pavimento Rígido aplicado en la Av. La Florida y calles aledañas distrito de San Jerónimo – Cusco.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIÓN DEL PAVIMENTO

Un pavimento es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. (Ramos Marquez, 2011)

Esta estructura es construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. (MTC, 2014)

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- 2014 del MTC menciona que los pavimentos están conformados por las siguientes capas:

- **Capa de rodadura:** Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito.
- **Base:** Es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como función principal de sostener, distribuir y transmitir cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR > 80% de acuerdo a normativa) o será tratada con asfalto, cal o cemento.
- **Sub-base**: Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. Esta capa puede ser de material granular (CBR > 40% de acuerdo a normativa) o tratado con cal, asfalto o cemento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

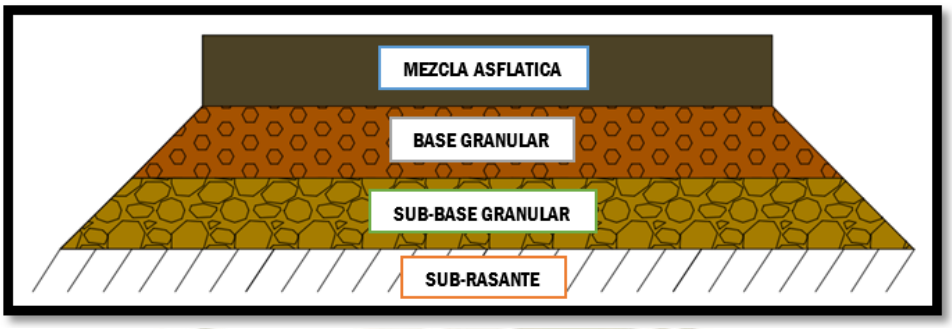
2.1.1. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

La clasificación que se presenta a continuación es una de las más utilizadas, de esta manera se tiene:

2.1.1.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES

Es el pavimento que tienen en su parte superior una capa de rodadura o carpeta bituminosa, apoyada sobre dos capas granulares, denominadas base y sub base. (Armijos Salinas, 2009) Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente. (MTC, 2014). En la siguiente figura se presenta un corte de la sección típica de un pavimento flexible.

Figura N° 2. Estructura del pavimento flexible



Fuente y elaboración: Propia.

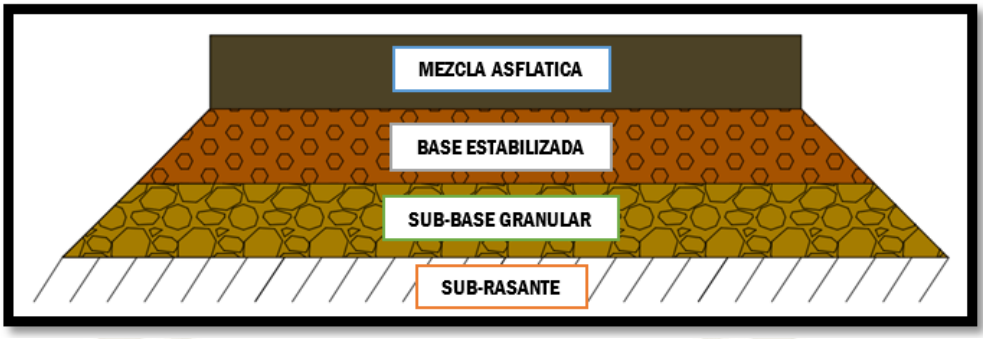
2.1.1.2. PAVIMENTO SEMI – RÍGIDO

Contiene la misma estructura de un pavimento flexible, con la variación que una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con algún aditivo que puede ser: asfalto, cal, cemento, emulsión o químicos; los cuales permitan incrementar la capacidad portante del suelo (Armijos Salinas, 2009).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 3. Estructura del pavimento semi – rígido



Fuente y elaboración: Propia

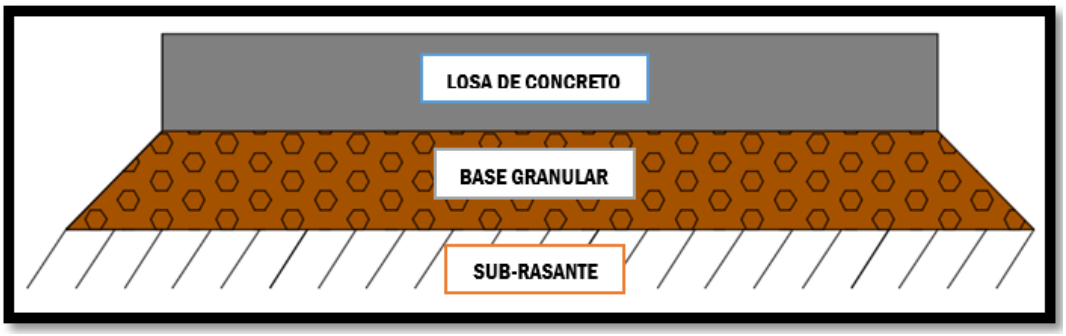
2.1.1.3. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Son pavimentos en los cuales su capa superior está compuesta por una losa de concreto, la cual se encuentra apoyada sobre una capa de material denominada base o sobre la subrasante. En este tipo de pavimentos se pueden distinguir algunos tipos que son: concreto simple con juntas con o sin barras de transferencia de carga, concreto reforzado con juntas y barras de traspaso de cargas y concreto continuamente reforzado. (Armijos Salinas, 2009)

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- 2014 existen tres categorías dentro de los pavimentos rígidos:

- Pavimento de concreto simple con juntas
- Pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas.
- Pavimento de concreto con refuerzo continuo

Figura N° 4. Estructura de pavimento rígido



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2. MÉTODO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

Se tomó como una de las referencias, el método AASHTO 1993, porque a diferencia de otros métodos, éste método introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario, (Fuente: Moncayo V. J. (1985): "Manual de pavimentos". México, Editorial Continental).

2.2.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE AASHTO 93 PAVIMENTOS RÍGIDOS.

El método de diseño AASHTO (Asociación Americana de oficiales de carreteras estatales y transporte, American Association of State Highway and Transportation Officials), ha sido desarrollado en la década de los 60, (1958-1960) en los Estadios Unidos. Es un método empírico que está basado en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones entre las cargas de tránsito pesado aplicadas, estructura del pavimento y pérdida de Serviciabilidad.

A partir de la versión del año 1986, y su correspondiente versión mejorada de 1993, el método AASHTO comenzó a introducir conceptos mecanicistas para adecuar algunos parámetros a condiciones diferentes a las que imperaron en el lugar del ensayo original. La primer guía de diseño de pavimentos de la AASHTO fue editada en 1961 y 1962, en donde se incorporó experiencias obtenidas desde 1962 hasta 1972, año en que fue evaluada, en 1981 se revisó parte de la guía correspondiente al diseño de pavimentos rígidos y en 1993 se publicó una nueva versión de la guía AASHTO, la cual incorpora la revisión del diseño de sobrecapas, diseño de subbases delgadas, erosión de la subbase y confinamiento lateral, así como también se extendieron las extrapolaciones de las cargas de tráfico de ejes simples hasta 50,000 lb y en ejes tándem y tridem hasta 90,000 lb, también a la ecuación general de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

diseño de la guía se le agregaron algunos factores tales como: el error estándar combinado, la diferencia de serviciabilidad y el coeficiente de drenaje.

La publicación de la AASHTO edición 1998 es una guía suplementaria de la guía para diseño de pavimentos proporcionado por la AASHTO de la edición 1993, contiene un procedimiento alternativo para diseño de pavimentos rígidos y diseño de juntas, correspondientes a la edición 1993, en esta edición de la guía se incorporan factores como la relación de Poisson, características de la subbase, condiciones climáticas de la zona y cambios en la determinación del módulo de reacción de la subrasante, (k), así como también un procedimiento para verificar la aparición de fallas en las juntas, como el escalonamiento de las losas del pavimento.

En el año 2004 la AASHTO publicó la guía Mecanística-Empírica edición 2002, que incluye mejoras en cuanto a las características de materiales, trafico, clima entre otras; sin embargo y a pesar de contar con estas actualizaciones más recientes, en nuestro país se utiliza principalmente la guía AASHTO 1993, por tanto esta será la guía objeto de nuestro estudio.

2.2.1.1. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA METODOLOGÍA AASHTO 93

El diseño del pavimento rígido mediante la AASHTO 1993 involucra diversos factores, todos estos necesarios para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar así que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio.

a) SERVICIABILIDAD

Se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 a 5 en donde 0 (cero) significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco) para un pavimento excelente.

La serviciabilidad es una medida subjetiva de la calificación del pavimento, sin embargo la tendencia es poder definirla con parámetros medibles La AASHTO determina la

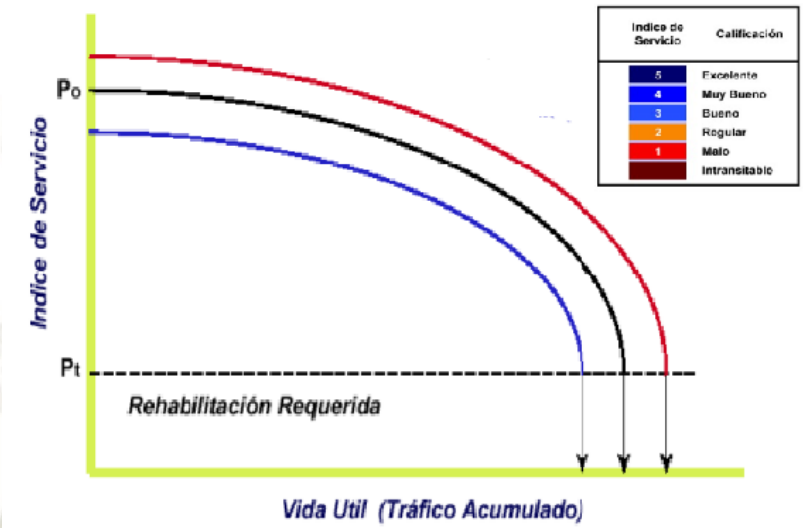
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Serviciabilidad del pavimento a partir del índice de Serviciabilidad, a mayor índice de servicio la vía podrá soportar más repeticiones y por tanto su vida útil será mayor, tal como se muestra en la siguiente gráfica.

Figura N° 5.Vida útil de pavimento a partir del Índice de serviciabilidad



Fuente y elaboración: Christian Armijos Salinas, "Evaluación Superficial de algunas calles de la ciudad de Loja", 2009

Un pavimento rígido cuenta con una Serviciabilidad inicial que se da desde el momento en que se termina su construcción, 4.5 es el valor recomendado por la guía para pavimento rígido y una serviciabilidad final que corresponde al esperado al final del periodo de diseño del mismo y cuyo valor estimado es de 2 o 3, dependiendo de la importancia de la vía a diseñar, tal como se muestra a continuación.

Tabla N° 1. Índice de serviciabilidad final

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente y elaboración: Guía AASHTO 93 Pavimento rígido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) TRÁFICO

Es una de las variables más importantes que se debe considerar en el diseño del pavimento, ya que brinda una información acerca del tráfico al que estará sometido la vía. Será importante también contar el número de repeticiones de la carga a la que se someterá la vía, porque esto nos permitirá estimar la vida útil del pavimento hasta que llegue a las condiciones del servicio final.

El método AASHTO nos permitirá diseñar el pavimento en base al número de repeticiones esperadas de carga de Ejes Equivalentes, por eso es importante trabajar con el vehículo elegido para el diseño, ya que la carga sobre cada eje servirá para el diseño del pavimento.

En Ejes Sencillos Equivalentes de 8.2 Ton el factor de crecimiento anual se puede determinar la cantidad de ejes que pasaran por el carril de diseño de la vía en el tiempo estimado de vida útil.

El tráfico se debe de convertir a ESAL's por medio de la multiplicación den varios factores, tal como lo define la guía AASHTO 93

$$ESAL's = (\sum P * (TPD) * FC * F * F_c * 365) \quad \text{--------- (Ec. 1)}$$

Donde:

P = Promedio de ejes por vehículo

FC = Factor de carril

F_c = Factor de crecimiento

F_d = Factor de eje equivalente.

TPD = Tránsito promedio diario

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

c) TRANSFERENCIA DE CARGA (J)

Otros de los parámetros a considerarse es la transferencia de carga que es la capacidad de la estructura de concreto de transmitir de forma correcta las cargas generadas por el tránsito de vehículos, a través de las juntas que se diseñas para el pavimento.

Sus valores dependen de la losa de concreto que se va a colocar, la existencia o no de una berma lateral, y de los dispositivos de carga que se puedan utilizar.

La transferencia de carga en la junta transversal entre losa y losa se lleva a efecto de las siguientes maneras:

- Juntas con dispositivos de transferencia de carga (pasadores de varilla lisa de acero) con o sin malla de refuerzo por temperatura
- Losa vaciada monolíticamente con refuerzo continuo, (acero de refuerzo de varilla corrugada armada en ambas direcciones) no se establece virtualmente la junta transversal, tomándose en cuenta para el cálculo del acero estructural la remota aparición de grietas transversales.
- Junta transversal provocada por aserrado cuya transferencia de carga se lleva a efecto a través de la trabazón entre los agregados.

Cuando a través de las juntas existen buena trasferencia de carga, ambas losas experimentan la misma deflexión, mientras que cuando existe mala transferencia de carga la losa no cargada no experimenta ninguna deflexión.

El valor de J es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Es decir, a menor valor de J, menor espesor de concreto requerido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 2. Coeficiente de transferencia de carga (J)

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
ESALs en millones	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 – 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 – 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 – 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 – 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC

d) MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO (S'c)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es que se introduce este parámetro en la ecuación AASHTO 93. Este parámetro permite controlar el agrietamiento por fatiga originado por las cargas repetitivas.

El módulo de rotura es el que mide esta característica de flexión del concreto y esta normalizado en la ASTM C- 78. En este ensayo el concreto es muestreado y ensayado en vigas. A los 28 días las vigas deberán ser ensayadas aplicando cargas en los tercios y forzando la falla en el tercio centro de la viga.

Los valores del módulo de rotura pueden variar entre 2.8 MPa (400 psi) y 4.8 MPa (700 psi), llegando incluso a valores de 8.2 MPa (1200 psi), en concretos con alta resistencia inicial. (AASHTO, 1993).

e) MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO

El módulo de elasticidad del concreto es un parámetro particularmente importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado, ya que este determina la rigidez y capacidad que tiene la losa de concreto de distribuir las cargas recibidas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La predicción del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión o flexo-tracción, a través de correlaciones establecidas.

En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura. Para concreto de peso normal, el Instituto del Concreto Americano sugirió:

$$E_c = 57000\ (f´c)^{0.5} \quad \text{--------- (Ec. 2)}$$

Donde:

E_c = Modulo de Elasticidad del Concreto en Psi.

$f´c$ = Modulo Compresión del Concreto en Psi.

f) RESISTENCIA DE LA SUB RASANTE (k)

Es el parámetro que determina las condiciones del suelo y las condiciones de soporte del mismo para colocar las capas adicionales de la estructura del pavimento. Adicionalmente de este parámetro depende que el espesor del pavimento sea menor o no. Generalmente este valor está determinado por ensayos de CBR realizados a la subrasante o pruebas de placa que determinan el valor de la presión que se debe ejercer para producir una deformación, sin embargo, este último resulta muy costoso por lo que al utilizar los valores de CBR se cuenta con correlaciones k-CBR.

También se introduce con el módulo de reacción combinado (kc) subrasante subbase.

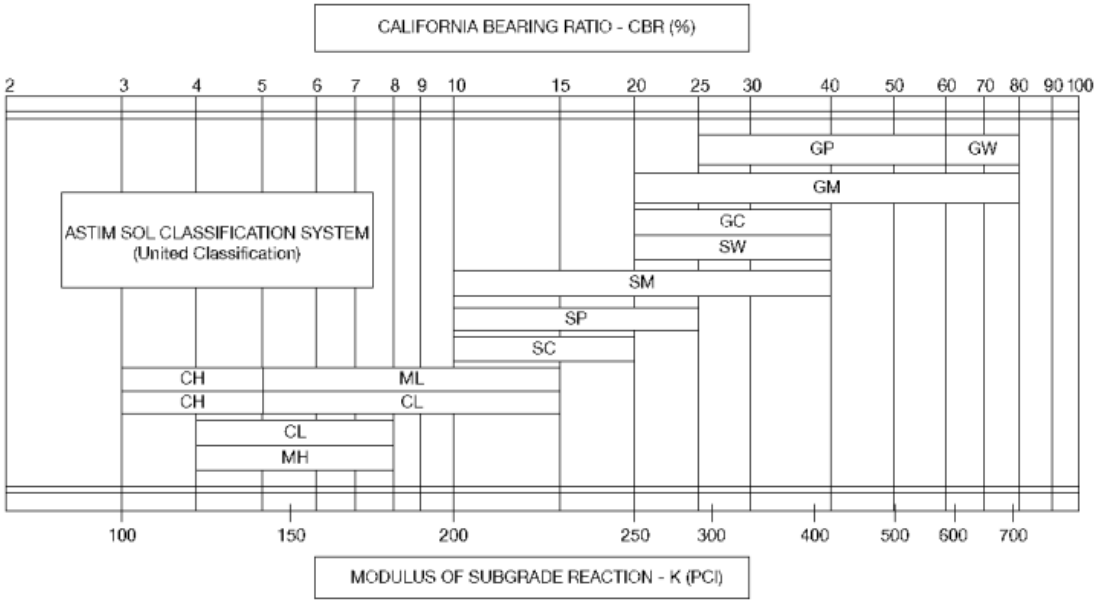
El valor kc se calcula tomando en consideración las propiedades de la subrasante y el efecto beneficioso de la capa intermedia, granular o tratada, afectadas por las variaciones estacionales durante el año, así como la presencia, también beneficiosa, de base rocosa bajo la subrasante, y el efecto perjudicial de una pérdida de soporte por erosión de las capas inferiores.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 6. Relación de valores de CBR y k de la Sub rasante



Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

g) DRENAJE

Esta metodología incluye el coeficiente de drenaje (Cd) dentro de los parámetros de diseño de la estructura del pavimento y cómo es posible que la estructura no entre en contacto con el agua se busca disminuir los efectos de este en el comportamiento del pavimento. Las condiciones de drenaje representan la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un cierto tiempo.

En general, el nivel d drenaje de las capas intermedias depende de los tipos de drenaje diseñados, el tipo de las capas de subbase, subrasante, condiciones climáticas, y grado de precipitaciones, entre otras.

El coeficiente de drenaje Cd varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones antes mencionadas. Un Cd alto implica un buen drenaje y esto favorece a la estructura, reduciendo el espesor de concreto a calcular.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La guía AASHTO 93 proporciona valores para el coeficiente de drenaje Cd, de acuerdo a la tabla que se muestra a continuación: (AASHTO, 1993)

Tabla N° 3. Valores de Cd (coeficiente de Drenaje) para diseño de pavimento

C_d	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
Calificación		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

h) CONFIABILIDAD

El concepto de confiabilidad R tiene como propósito de cuantificar la variación en las características propias de los materiales, variación en los procesos constructivos y de supervisión que algunas veces generan comportamientos distintos en pavimentos construidos de manera similar.

Este criterio puede considerarse un factor de seguridad, que permite incrementar el transito previsto a lo largo del periodo de diseño, a través de modelos estadísticos que consideran una distribución normal de las variables involucradas.

El rango típico sugerido por AASHTO para la desviación estándar (DS) está comprendido entre 0.30 < So < 0.40. Para construcciones de pavimentos de concreto nuevos se puede asumir So = 0.35, si las proyecciones de transito futuras son precisas; y So = 0.40 si la precisión es baja.

La guía AASHTO 1993 sugiere valores de confiabilidad como los indicados en la siguiente tabla: (AASHTO, 1993)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 4. Niveles de Confiabilidad

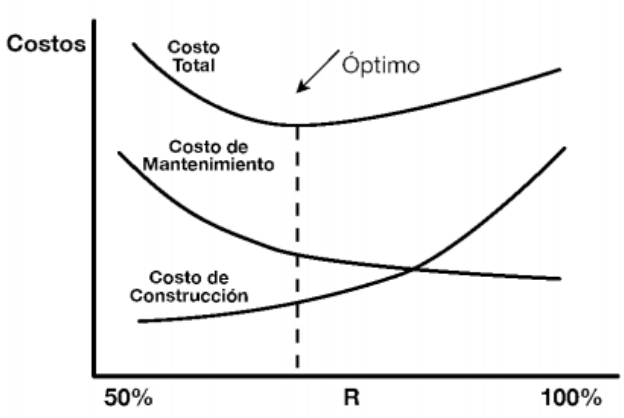
Tipo de Vía	Confiabilidad Recomendada "R"	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas y Autopistas	85-99.9	85 -99.9
Arterias Principales	80 - 99	75 - 99
Colectoras	80 - 85	75 - 95
Locales	50 -80	50 - 80

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

El valor de R está relacionado al concepto de optimización del costo total del pavimento. Con valores de R cercanos a 50% se obtienen menores espesores de pavimento y por lo tanto los costos de construcción (en el inicio) serán menores. Sin embargo, esto implica que el deterioro será mayor y los costos asociados al mantenimiento del pavimento a lo largo de su vida útil serán altos.

Con valores de R cercanos a 100% se obtienen mayores espesores de pavimento y por lo tanto los costos de construcción aumentan. Esta vez los costos de mantenimiento asociados a su vida útil serán mucho menores.

Figura N° 7. Nivel óptimo de confiabilidad



Fuente y elaboración: Guía AASHTO 93 Pavimento rígido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

i) FORMULA DE DISEÑO

Complementando cada uno de los parámetros descritos, anteriormente la AASHTO establece la siguiente ecuación de diseño para predecir un comportamiento confiable de la estructura del pavimento rígido y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida de servicio. (AASHTO, 1993)

Figura N° 8. Fórmula para el diseño de pavimento

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[\frac{S_c' C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

Fuente y elaboración: Guía AASHTO 93 Pavimento rígido

Dónde:

W18 = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

Z_R = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

So = Desviación estándar de todas las variables.

D = Espesor de la losa del pavimento en plg.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

P_t = Serviciabilidad final.'

S´c = Módulo de rotura del concreto en psi.

J = Coeficiente de transferencia de carga.

Cd = Coeficiente de drenaje.

Ec = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

k = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/plg).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2.2. MÉTODO DEL PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

El método de diseño de la Portland Cement Association (PCA), es exclusivamente un método de diseño desarrollado para pavimentos de concreto hidráulico (rígido), (Fuente: Diseño de espesores para Pavimentos de concreto en carreteras y calles PAC, 2005)

El propósito de este método es obtener el espesor mínimo de una losa de concreto que permita soportar las cargas que recibirá durante el periodo de diseño. Es necesario garantizar el buen funcionamiento del pavimento aunque la inversión inicial sea alta, ya que si se coloca un espesor menor al requerido se tendrán costos a largo plazo que aumentarán la inversión del mismo; por tanto, una correcta ingeniería requiere que los diseños de espesores balanceen apropiadamente el costo inicial y los costos de mantenimiento.

Los criterios de diseño de espesores de este método están basados en la experiencia del comportamiento general de pavimentos. Si se dispone de experiencia del comportamiento específico regional o local en condiciones más favorables o adversas, los criterios de diseño pueden ser apropiadamente modificados. Estas condiciones particulares pueden ser de clima, suelos, drenaje e innovaciones futuras en los diseños.

En general, el método de diseño de la PCA está basado en:

- Análisis compresivo de esfuerzos en el concreto y deflexiones en las juntas del pavimento, esquinas y bordes, por un programa de computadora de elemento finito.
- Modelos y pruebas a escala verdadera como la Arlington Test varios proyectos de investigación dirigidos por la PCA y otras agencias acerca de sub-bases, juntas y hombros de concreto.
- Pavimentos experimentales sujetos a pruebas de trafico controlado, tales como la Bates Test Road, the Pittsburg Test Highway, the Maryland Road Test, the

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

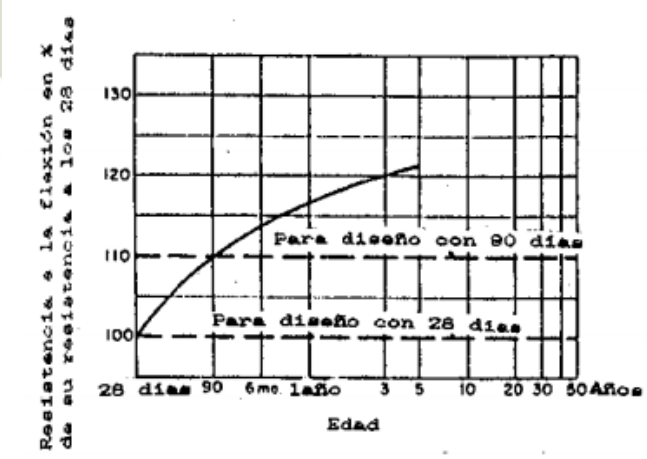
AASHTO Road Test, y estudios de pavimentos de autopistas en servicio realizado por varios departamentos de estado de transporte.

- El desempeño de pavimentos construidos normalmente sujetos a tráfico normal.

2.2.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DEL PCA

1. **Módulo de Rotura del Concreto (Mr):** La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto por flexión con carga en los tercios medios o punto medio, tal como lo muestra la figura 9. Los valores obtenidos casi siempre corresponden entre un 10% o 20% de la resistencia a la compresión del concreto, ya el criterio del diseñador determinará el valor a utilizar de acuerdo al uso del pavimento. Se utiliza una resistencia de diseño a 28 días de curado de la mezcla, ya que el concreto al pasar del tiempo sigue ganando resistencia. Ver figura

Figura N° 9. Relación entre la resistencia y edad de diseño



Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Association.

2. **Resistencia de la Subrasante (k) o de la combinación subrasante – subbase (kc):** El soporte de la subbase y de la subrasante se define en términos del módulo de reacción de la subrasante (k), el cual corresponde a la carga aplicada en un área cargada dividida por la deflexión producida ante dicha carga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuando se utiliza una subbase se tiene un incremento en el valor k, el cual debe ser usado en el diseño del espesor. Este parámetro de diseño es determinado mediante el ensayo de CBR (Relación de Soporte de California o California Bering Ratio).

3. **Cargas del tránsito:** Se debe conocer el espectro de cargas por eje y proyectarlo durante el periodo de diseño del pavimento. Las cargas incluyen un factor de seguridad según la intensidad del tránsito. La información referente al tráfico es empleada para determinar el número de repeticiones esperadas de cada tipo de eje durante todo el periodo de diseño.

   El transito es evaluado mediante el Índice medio diario anual (IMDA), porcentaje de vehículos pesados y carga por eje de vehículos pesados. El tránsito tendrá una variación en el 2% y 6% debido al tránsito generado y atraído por las nuevas condiciones de la vía.

4. **Periodo de Diseño:** Es usado en lugar del término vida del pavimento. El término periodo de diseño es algunas veces considerado como sinónimo del término periodo de análisis de tráfico. El periodo de diseño seleccionado interviene en el diseño del espesor, ya que determina la cantidad de años que el pavimento debe funcionar desempeñándose adecuadamente, y por lo tanto determina también, la cantidad de tráfico pesado que debe soportar el pavimento.

2.2.2.2. CRITERIOS DE DISEÑO POR EL MÉTODO DEL PCA

El método de diseño de la PCA considera dos criterios de falla: el criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas y el criterio del esfuerzo de fatiga.

a) El criterio de erosión de la sub-base por debajo de las losas, el cual reconoce que el pavimento puede fallar por un excesivo bombeo (erosión del terreno de soporte de la losa de concreto) y diferencias de elevaciones en las juntas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) El criterio del esfuerzo de fatiga, el cual reconoce que el pavimento puede fallar debido a excesivas repeticiones de carga.

A continuación se indican los principales aspectos relacionados con cada uno de los criterios de falla antes referidos:

1. Erosión.

El criterio de erosión es utilizado para limitar la deflexión que se produce en los bordes de las losas de concreto, juntas y esquinas del pavimento por efecto del bombeo.

El bombeo es definido por la University of Washington of Civil and Environmental Engineering, (WSDOT Pavement Design), como "el movimiento de material por debajo de la losa de concreto o eyección de material desde abajo de la losa, como resultado de la presión del agua. El agua acumulada por debajo de la losa será presurizada cuando la losa flexione debido a carga".

El bombeo ocurre debido a muchas repeticiones de cargas de ejes pesados en las esquinas de la losa de concreto y bordes, erosión de subrasante, subbase, y materiales del hombro; lo cual genera huecos bajo y junto a la losa.

La erosión se cuantifica en términos de porcentaje del daño total por erosión, se recomienda optimizar el diseño obteniendo un valor cercano al 100%, ya que si se tienen valores menores a dicho porcentaje, se estaría determinando una estructura sobre-diseñada.

2. Fatiga.

El análisis del criterio de fatiga es utilizado para evaluar los esfuerzos producidos en las losas del pavimento, ante la aplicación de cargas sobre las losas, lo cual puede producir esfuerzos excesivos, que generan agrietamientos. El objetivo es mantener los esfuerzos en el concreto, que constituye la losa, dentro de los límites de seguridad, basándose en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

el factor de relación de esfuerzos, el cual corresponde al esfuerzo de flexión dividido entre el módulo de ruptura del concreto a los 28 días.

La fatiga se cuantifica en términos de porcentaje de absorción de la fatiga, se recomienda optimizar el diseño obteniendo un valor cercano al 100%, ya que si se tienen valores menores a dicho porcentaje, se estaría determinando una estructura sobre-diseñada.

2.3. COMPARACIÓN ENTRE LA METODOLOGÍA AASTHO 93 Y PCA, PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.

En términos generales se puede determinar que la principal diferencia que tiene la metodología PCA de la AASHTO 93 radica en los espesores resultantes a la aplicación de cada una de ellas, este valor generalmente es menor en la aplicación de la metodología de la PCA, sin embargo, investigaciones realizadas por Huang Y.H. en su publicación "Pavement Analysis and Design" ha descubierto que en el caso de losas gruesas (espesor más de 200 mm), el método PCA está dando espesores de losa más delgados que el método AASHTO 93, pero que era a la inversa para losas delgadas (espesor menos de 200 mm). Se deduce que básicamente las diferencias entre los dos métodos no son tan grandes. (Huang, 2004)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.3.1 EQUIVALENCIAS DE LAS VARIABLES DE DISEÑO UTILIZADAS POR LAS METODOLOGIAS PCA Y AASHTO 93

Tabla N° 5. Equivalencias de las variables de diseño de los métodos AASHTO93 y PCA

VARIABLE DE DISEÑO	METODOLOGÍA PCA	METODOLOGÍA AASHTO 93
Módulo de Rotura del Concreto (Mr)	Modulo Rotura a Flexión (28 días) **(Mr)**	Modulo Rotura a Flexión (28 días) **($S´_c$)**
Resistencia de la Subrasante (k)	Resistencia de la subrasante **(k)** o Resistencia de la subbase subrasante **(k_c)**	Resistencia de la subrasante **(k)**
Cargas de Transito	Cargas generadas solo por vehículos pesados **(Re)**	Cargas generadas solo por vehículos pesados pasados a ejes equivalentes **(ESAL´s)**
Periodo de Diseño	Años estimados de vida útil del Pavimento. **(n)**	Años estimados de vida útil del Pavimento. **(n)**
Transferencia de Carga (J)	NA	Depende del tipo de junta **(J)**
Módulo de Elasticidad del Concreto (E)	Valor constante E = 4000000 psi	Módulo de Elasticidad **(E)**
Serviciabilidad (P)	NA	Perdida de Serviciabilidad **Po-Pt**
Coeficiente de Drenaje (Cd)	NA	Coeficiente de drenaje **(Cd)**
Confiabilidad (R)	NA	% Confiabilidad **(R)**
Factor de Seguridad (Fs)	Asociado al Factor de seguridad de carga.	Asociado a la Confiabilidad.

Fuente y elaboración: Propia

2.4. CONCRETOS REFORZADOS CON FIBRAS

2.4.1 RESEÑA HISTORICA DE LA TECNOLOGÍA DE INCORPORACIÓN DE FIBRAS AL CONCRETO.

La idea de reforzar con materiales fibrosos manufacturas resistentes pero de elevada fragilidad se remonta a muchos años atrás, en el antiguo Egipto se introducía paja al macizo arcilloso con el cual confeccionaban ladrillos para conferirle una mayor resistencia y por lo tanto una buena manejabilidad después de la cocción al sol.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A lo largo del tiempo, el hombre ha ido perfeccionando los materiales de construcción para mejorar su condición de vida en la sociedad. Así fue como empezó a añadir paja a los bloques de adobe, pelos de caballo a la mampostería de mortero, entre otras técnicas de construcción que se remontan a tiempos memorables.

La utilización de fibras en el interior de la matriz del concreto tiene como finalidad la formación de un material diverso en el cual el conglomerado, que ya puede ser considerado un material diferente constituido por un esqueleto lítico dispersado en una matriz de pasta de cemento hidratada, está unido a un agente reforzante formado por un material fibroso de distinta naturaleza.

En la actualidad, las fibras de acero son usadas como el principal refuerzo para losas de piso industriales, segmentos de túneles, dovelas prefabricadas y cada día se revela como el mejor producto para carreteras que soportan tráfico pesado.

2.4.2 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DEFINICIÓN.

El concreto reforzado con fibras (FRC) se define como aquellos concretos que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa. El concreto reforzado con fibras. Según la definición del ACI (American Concrete Institute), no es más que concreto hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo agregados finos y gruesos, y fibras discretas discontinuas.

Las fibras son empleadas en aplicaciones estructurales en busca de beneficios adicionales en cuanto a reducción de mano de obra, incremento de la durabilidad y reducción o eliminación del refuerzo tradicional. El concreto soporta refuerzos a tracción que son transmitidos por adherencia a las fibras una vez se ha producido micro-fisura, controlan la fisuración y reducen la intensidad de la misma a la vez que mejoran la tenacidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Esencialmente, la naturaleza y el tipo de fibras determinan la efectividad de la acción reforzante y la eficacia de la transmisión. En la actualidad se utilizan diversos tipos de fibras.

2.4.3 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA

Las fibras como refuerzo secundario para concreto, en general pueden clasificarse según diferentes consideraciones, (ASTM 1116, EN 14889-2) hoy en día se emplean principalmente dos tipos de clasificación, así:

2.4.3.1. POR EL MATERIAL

- **Fibras Metálicas.-** Secciones discretas de metal tienen una relación de aspecto (relación entre la longitud y el diámetro) que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero (en general de bajo contenido de carbón).
- **Fibras Sintéticas.-** Secciones discretas que se distribuyen aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Aramid, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliester etc.
- **Fibras de Vidrio.-** Secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.
- **Fibras Naturales.-** Secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Cuyos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12%.

2.4.3.2. POR FUNCIONALIDAD, GEOMETRIA Y DOSIFICACIÓN

- **Microfibras.-** Son fibras que están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 h. Se dosifican en el concreto para volúmenes de entre 0.03% a 0.15% del mismo.
- **Macrofibras.-** Son fibras que están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura si esta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las microfibras

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

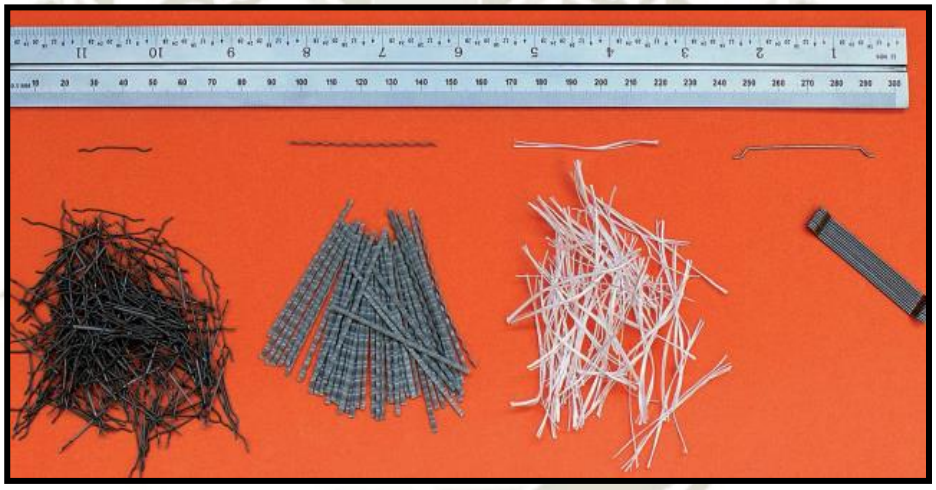
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las microfibras varía entre 20 a 100.

Las macrofibras se incluyen y mezclan en el concreto como si fuesen un agregado más, normalmente exigen un tiempo de mezclado adicional de entre 3 a 5 minutos para garantizar su completa dispersión. Para las dosificaciones y volúmenes antes mencionados, las macro fibras metálicas o sintéticas no alteran la resistencia a la compresión y lo hacen de una manera muy leve (o despreciable) sobre las resistencias a la tensión y flexión.

Figura N° 10. Tipos de fibra



Fuente y elaboración: Manual Concreto Premezclado - SIKA

2.4.4. FIBRAS DE ACERO

La fibra de acero es un producto caracterizado geométricamente por una dimensión predominante respecto a las demás, con superficie pareja o trabajada, empleada como refuerzo en el conglomerado del concreto, de forma rectilínea o doblada, para poder ser dispersada de forma homogénea en la masa, manteniendo inalterada las características geométricas. La fibra está caracterizada geométricamente por la longitud L, por la forma y por el diámetro equivalente D_0.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

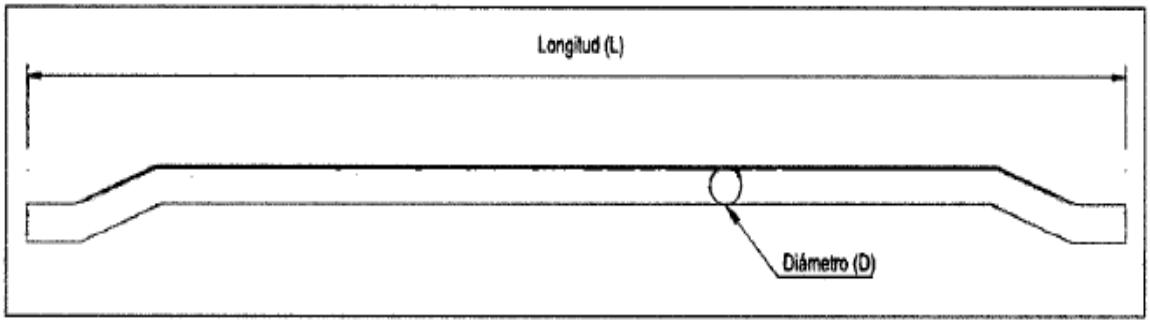
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

De la relación entre longitud L y el diámetro equivalente D_0 se obtiene la relación de aspecto:

$$\lambda = L/D_0 \quad \text{---------- (Ec. 3)}$$

Figura N° 11. Densidad de la fibra de acero



Fuente y elaboración: Manual de SIKA para

Las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al concreto con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco empleando metodologías de mezclado tradicionales.

Tabla N° 6. Especificaciones de la fibra de acero

Fibras	Diámetro (µm)	Densidad(10^2 kg/m^3)	Módulo Elástico (kN/mm^2)	Resistencia a Tracción (kN/mm^2)	Elongación a Ruptura
Acero	5-500	7.84	200	0.5 - 2	0.5 – 3.5

Fuente: Manual de SIKA, elaboración: Propia

2.4.4.1. APORTE DE FIBRAS

La adición de fibras de acero al concreto proporciona las siguientes características:

- Las fibras de acero cosen las fisuras del concreto formando un "puente" entre los áridos gruesos, permitiendo una formación controlada de las fisuras, y llevando al

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

concreto a un comportamiento dúctil después de la fisuración inicial, evitando así la fractura frágil.

- Incremento de la resistencia a la abrasión debido a una reducción de la fisuración.
- Provee a la solera de una excelente resistencia a la corrosión, ya que controla la abertura de las fisuras y por consiguiente la entrada de agua.
- Mejora la resistencia a tracción, flexión y corte, produciendo un aumento de la capacidad portante.
- Proporciona una capacidad adicional de resistencia, debido a la redistribución del momento plástico en caso de solicitaciones localizadas.
- Logra alta resiliencia (capacidad de absorción de energía en el impacto) y resistencia al impacto para solicitaciones dinámicas.
- Provee un refuerzo uniforme en las tres direcciones, convirtiéndolo en un material isótropo y homogéneo, con igual rendimiento en todas las direcciones.
- Debido a las características isotrópicas y a la repartición uniforme de fibras en toda la estructura, es ideal para cargas sin punto de aplicación definida.
- Permite ahorros de material ya que por ejemplo para pavimentos con concreto reforzado con fibras, los espesores pueden disminuirse conservando las mismas propiedades.

2.4.5. DISEÑO DE JUNTAS DE CONCRETO.

De acuerdo al Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos que describe.

El objetivo de las juntas es controlar la fisuración y agrietamiento que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por perdida de humedad, así como a las variaciones de temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Las juntas tienen las siguientes funciones:

- Controlar el agrietamiento transversal y longitudinal
- Dividir el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo y acorde con las direcciones de tránsito.
- Permitir el movimiento y alabeo de las losas.
- Proveer la caja para el material de sello
- Permitir la trasferencia de carga entre las losas

Los diferentes tipos de juntas pueden agruparse en:

- ✓ Juntas longitudinales.- Son las que delimitan los carriles que serán por donde transitaran los vehículos.
- ✓ Juntas transversales.- Están dispuestas en sentido perpendicular a las longitudinales.

El tamaño de las losas determina en cierta forma la disposición de las juntas transversales y las juntas longitudinales. La longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50 m. En zonas de altura mayores a 3000 m.s.n.m. se recomienda que las losas sean cuadradas o en todo caso, losas cortas conservando el espesor definido según AASHTO 93 y el Manual Geométrico de Carreteras del MTC.

Tabla N° 7. Dimensiones de la losa

Ancho del Carril (m)	Longitud de Losa (m)
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: Norma RNE CE 0.10 Pavimentos Urbanos Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Una construcción adecuada y oportuna; acompañada de un concreto bien diseño, son claves para que las juntas tengan un buen desempeño. El sellado de las juntas debe ser eficiente para mantener al sistema en funcionamiento.

2.4.5.1. CONSIDERACIONES PARA UN CORRECTO DISEÑO DE JUNTAS PARA TENER EN CUENTA.

- Condiciones ambientales, los cambios de temperatura y humedad inducen el movimiento entre las losas, generando concentraciones de esfuerzos y alabeos.
- Espesor de la losa, influye en los esfuerzos que generan alabeo y deflexiones.
- Sistema de transferencia de cargas, es necesaria en toda junta de concreto.
- Nivel de tránsito, el tipo y volumen de vehículos pesados influye notablemente en las exigencias de los mecanismos de transferencia de carga a optar.
- Características de los materiales, los insumos del concreto afectan su resistencia y el dimensionamiento de las juntas. Los insumos determinan el movimiento entre las losas.
- Tipo de subbabse, el valor soporte afecta la estructura del pavimento, y la fricción de la interfase afectan el movimiento y soporte de las losas.
- Materiales sellantes, la longitud de las losas afecta el sellador a elegir.
- Diseño de la berma, el tipo de berma, la presencia de sobre anchos, afectan el soporte lateral y la capacidad de las juntas para la transferencia de cargas.
- Debe prepararse un plano de distribución de juntas, identificando las juntas longitudinales, las juntas transversales de contracción y de dilatación; en este plano se identificaran las losas irregulares que requieran refuerzo y/o las losas donde se ubican tapas de buzón o de cajas de paso y que también requieren refuerzo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.5.2. TIPOS DE JUNTAS.

Los tipos de juntas en los pavimentos de concreto son los siguientes:

a. Juntas Longitudinales

- **Juntas longitudinales de Contracción.-** Dividen los carriles de tránsito y controlan el agrietamiento y fisuracion cuando se construyen en simultáneo dos o más carriles. En este caso, se logran mediante el corte a la tercera parte del espesor de la losa de concreto, con un disco de 3 mm. La transferencia de carga en las juntas longitudinales se logra mediante la trabazón de los agregados, y se mantiene con el empleo de barras de amarre, que son de acero y corrugadas.
- **Juntas longitudinales de Construcción.-** Se constituyen de acuerdo al encofrado utilizado o a las pasadas de la pavimentadora de encofrado deslizante. La transferencia de carga se puede lograr mediante el empleo de juntas tipo llave o machihembradas. No se recomienda el empleo de juntas tipo llave en pavimentos con espesores de losa menores a 25 cm. Las juntas tipo llave requieren necesariamente el empleo de barras de amarre para asegurar que los carriles permanezcan lo suficientemente juntos para que la llave funcione. Cuando no se emplean juntas tipo llave, la barra de amarre puede ser capaz de aportar la totalidad de la transferencia de carga, debido a que el transito es canalizado al carril del pavimento.

b. Juntas Transversales

- **Juntas transversales de Contracción.-** Se construyen transversalmente a la línea central del pavimento y están espaciadas para controlar la fisuracion y el agrietamiento provocados por la retracción del concreto, y por los cambios de humedad y temperatura. De ser posible se harán coincidir las juntas transversales de contracción con las de construcción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El espaciamiento recomendado entre juntas no debe exceder los 4.50 metros.

Se realizan cortando el concreto hasta la tercera parte del espesor de la losa, con un disco de corte de 3 mm, que logra la abertura suficiente para inducir la fisura. La transferencia de carga se puede dar mediante la trabazón de los agregados o mediante el empleo de pasadores.

- **Juntas transversales de Construcción.-** Son las juntas generadas al final de la jornada de trabajo. Estas juntas se deben localizar y construir en el lugar planeado siempre que sea necesario. En estas juntas se requiere el empleo de pasadores para la transmisión de carga.
- **Juntas transversales de Dilatación.-** Los pavimentos de concreto normalmente no requieren este tipo de juntas. Anteriormente se empleaban este tipo de juntas para reducir los esfuerzos de compresión, sin embargo, esto ocasionaba que las juntas de contracción se abrieran más de lo necesario deteriorando la trabazón de los agregados y por lo tanto afectando la transferencia de carga.

  El propósito de una junta de dilatación es el de aislar una estructura sobre carril del pavimento. En algunos casos no es recomendable el empleo de pasadores, por ejemplo en intersecciones en que los movimientos de las losas, si están unidas, podrían dañar al concreto adyacente. Por lo general tienen anchos de 18 a 25 mm, en donde coloca un material compresible que llene el espacio entre las caras de las losas.

  A todas las juntas de contracción que estén al menos a 30 metros se les deben colocar pasadores para garantizar la transmisión de carga, dado que se ha reducido la eficiencia de la trabazón de agregados por la presencia de la junta de dilatación. Cuando no presentan pasadores, las juntas de dilatación se diseñan con un sobre espesor en los bordes adyacentes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CARGA.

Es la capacidad que tiene una junta de transferir algo de la carga de un suelo de la junta a otro, es decir de un paño al paño adyacente.

Un adecuado mecanismo de transferencia se requiere para asegurar un buen desempeño del pavimento dado que disminuye las deflexiones, reduce el escalonamiento, el despostillamiento de las juntas y las fisuras en las esquinas.

Los mecanismos que contribuyen a la transferencia de cargas entre losas adyacentes son:

- **Trabazón de agregados:** Es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de ambas caras de las losas adyacentes. Depende de la resistencia al corte de las partículas de los agregados, del espaciamiento entre las juntas transversales, del tipo de base, y del tránsito.

  Por lo general el comportamiento de los agregados triturados es mejor que el de los zarandeados.

- **Pasadores o Dowells:** Incrementan mecánicamente la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados

  Son barras de acero lisas (cuyo diámetro aproximado es 1/8 del espesor de la losa), insertadas en la mitad de las juntas con el propósito de transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitiendo el alineamiento horizontal y vertical.

  El empleo de los pasadores disminuye las deflexiones y los esfuerzos del concreto, reduciendo el escalonamiento, bombeo y fallas en las esquinas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 8. Diámetros y longitudes recomendados en pasadores

RANGO DE ESPESOR DE LOSA (mm)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (mm)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (mm)
	mm	plg		
150 – 200	25	1"	410	300
200 – 300	32	1 1/4"	460	300
300 – 400	38	1 1/2"	510	380

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

d. BARRAS DE AMARRE

Son aceros corrugados colocados en la parte central de la junta longitudinal con el propósito de anclar carriles adyacentes, mejorando la trabazón de los agregados y contribuyendo a la integridad del sello empleado. Como ya se ha mencionado, pueden servir como mecanismos de transferencia de carga.

Tabla N° 9. Diámetros y longitudes recomendados en pasadores

ESPESOR DE LOSA (MM)	TAMAÑO DE VARILLA (CM) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 M	3.60 M
150	1.27 x 66	@ 76 cm	@ 76 cm
160	1.27 x 69	@ 76 cm	@ 76 cm
170	1.27 x 70	@ 76 cm	@ 76 cm
180	1.27 x 71	@ 76 cm	@ 76 cm
190	1.27 x 74	@ 76 cm	@ 76 cm
200	1.27 x 76	@ 76 cm	@ 76 cm
210	1.27 x 78	@ 76 cm	@ 76 cm
220	1.27 x 79	@ 76 cm	@ 76 cm
230	1.59 x 76	@ 91 cm	@ 91 cm
240	1.59 x 79	@ 91 cm	@ 91 cm
250	1.59 x 81	@ 91 cm	@ 91 cm
260	1.59 x 82	@ 91 cm	@ 91 cm
270	1.59 x 84	@ 91 cm	@ 91 cm
280	1.59 x 86	@ 91 cm	@ 91 cm
290	1.59 x 89	@ 91 cm	@ 91 cm
300	1.59 x 91	@ 91 cm	@ 91 cm

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

e. SELLADO DE JUNTAS.

La función principal de sellar las juntas en los pavimentos rígidos es la de minimizar la infiltración de agua y el ingreso de partículas incomprensibles dentro de la junta.

El ingreso de agua contribuye al deterioro de las capas de soporte, sub rasante o subbase, causando la pérdida de apoyo, asentamientos diferenciales y escalonamiento. Se debe a que el agua toma los finos de las capas y los elimina por el fenómeno de bombeo causado por el paso de las cargas de tránsito. La pérdida de los finos constituye la erosión de las capas de apoyo y acelera el deterioro del pavimento.

El ingreso de materiales incomprensibles restringe el movimiento permitido por las juntas, y además contribuyen al despostillamiento y pueden producir roturas en el concreto.

En la elección de los materiales selladores se debe tener en cuenta el espaciamiento entre juntas, los tipos de juntas, la exposición a medios agresivos.

Los movimientos longitudinales (en dirección del carril de transito) inducen mayores tensiones y deformaciones en el sellador de las juntas transversales que los de los selladores en las juntas longitudinales.

El sellador debe ser capaz de soportar los esfuerzos producidos por los movimientos de las losas adyacentes. Pueden ser líquidos y preformados.

Un aspecto importante en el comportamiento de los selladores es la preparación de las cajas de sello

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DISEÑO DE LAS CAJA DE SELLO PARA SELLADORES LIQUIDOS:

Es necesario calcular primero el movimiento de las juntas transversales para obtener un diseño adecuado. El movimiento se logra con la siguiente ecuación.

$$\% \, Elongación = \frac{\Delta L}{Sc} \text{ ----- (Ec. 4)}$$

$$\Delta L = CL \; x \; (a\Delta T + \epsilon) \text{ --------(Ec. 5)}$$

Donde:

- ΔL = movimiento de las losas.
- L = longitud de la losa
- a = Coeficiente de expansión térmica del concreto
- ΔT = Gradiente térmico (máxima temperatura que alcanza el concreto en su colocación y temperatura más baja del año)
- ϵ = Coeficiente de contracción del concreto.

Una vez obtenido el movimiento entre losas (ΔL), y eligiendo el ancho de la caga de sello, podemos elegir el tipo de sellador a utilizar teniendo en consideración el % de elongación que debe cumplir.

A continuación se muestran los valores referenciales del Coeficiente de expansión térmica del concreto dependiendo de la naturaleza de su agregado:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 10. Valores referenciales de coeficiente de expansión

Tipos de Agregados	Coeficiente de Expansión Térmica 10^-6 / °C
Cuarzo	3.7
Arenisca	3.6
Grava	3.3
Granito	2.9
Basalto	2.7
Caliza	2.1

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

Así mismo se adjunta valores referenciales de Coeficiente de contracción del concreto.

Tabla N° 11. Valores referenciales de coeficiente de contracción.

Resistencia a la tracción indirecta, Mpa	Coeficiente de Contracción, mm / mm
< 2.1	0.0008
2.8	0.0006
3.5	0.00045
4.2	0.0003
> 4.9	0.0002

Fuente y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

FACTOR DE FORMA.

El factor de forma es la relación entre la profundidad y ancho de un sellador líquido vertido en una junta. El ancho del corte y la profundidad de inserción del cordón de respaldo determinan la forma del sellador

Los distintos selladores líquidos soportan diferentes niveles de deformación que dependen de la elongación propia del sellador y del factor de forma. La mayoría de los selladores líquidos de vertido en caliente puede soportar un 20% de elongación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

respecto a su ancho final y las siliconas y otros materiales pueden soportar hasta un 100%.

Se aconseja dimensionar las cajas de manera que la elongación total no supere el 50%.

Al momento de colocación se debe garantizar que el sellador quede entre 6 y 10 mm por debajo de la superficie del pavimento para evitar su extrusión y posterior desprendimiento producto del paso de los neumáticos.

Los cordones de respaldo se comprimen 25% por lo que hay que considerar esto al momento de colocarlos.

DISEÑO DE CAJA DE SELLO PARA SELLADORES PREFORMADOS.

Al igual que en los líquidos, se deben conocer los rangos de movimiento entre las losas, y la temperatura del pavimento en su colocación. El sello preformado trabaja entre los rangos de 20 – 50% de elongación.

El ancho de corte se calcula mediante:

$$Sc = (1 - Pc)x\ W \text{ ------ (Ec. 6)}$$

Donde:

- *Sc* = ancho de corte en la junta.
- *W* = ancho de sello sin comprimir.
- *Pc* = % de compresión del sello en el momento de la instalación (decimal).

$$Pc = C\ \min + (\frac{temp.de\ inst. - temp.\min.}{(temp.max. - temp.min.}) \text{ x } (Cmax\ \ Cmin) \text{ ------- (Ec. 7)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

- *Cmin* = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.2)
- *Cmax* = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.5)

2.5. ESTUDIOS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

Se consideran estudios técnicos que son necesarios para realizar el diseño, construcción y el desempeño de toda la estructura del pavimento rígido, los estudios a realizar son los siguientes:

2.5.1. ESTUDIO DE TRÁFICO.

2.5.5.1. INTRODUCCIÓN

Para el trabajo se tomo en consideración las normas del Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Geotecnia y Pavimentos, el Reglamento Nacional de Vehículos y la Guía de pavimentos rígidos, por el método AASHTO 93.

Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas para determinar la carga total sobre la superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura (Manual Completo de diseño de pavimentos)

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones en el campo a través de aforos. El número y composición de los ejes se determina a partir de la siguiente información:

- Periodo de diseño
- Distribución de ejes solicitantes en cada rango de cargas
- Tránsito medio diario anual de todos los vehículos TMDA o TPDA
- Tasas de crecimiento anuales de cada tipo de vehículo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Sentido de tráfico
- Número de carriles por sentido de tráfico
- Porcentaje del tránsito sobre el carril solicitado.
- Índice de serviciabilidad
- Factores de equivalencia de carga.

a) TRÁNSITO MEDIO DIARIO ANUAL (TPDA)

El tránsito medio diario anual (TPDA) representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito aforados durante un año, en forma diferenciada para cada tipo de vehículo.

Transito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.)

$$T.P.D.A. = \frac{TA}{365}\ (Veh./día) \quad \text{------ (Ec. 8)}$$

T.A. = Tráfico anual

b) CLASIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

- Vehículos ligeros

  La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto de carreteras. A modo de referencia, se citan las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano, en general mayores que las del resto de los fabricantes de automóviles:

  - Ancho: 2.10 m.
  - Largo: 5.80 m.

  Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

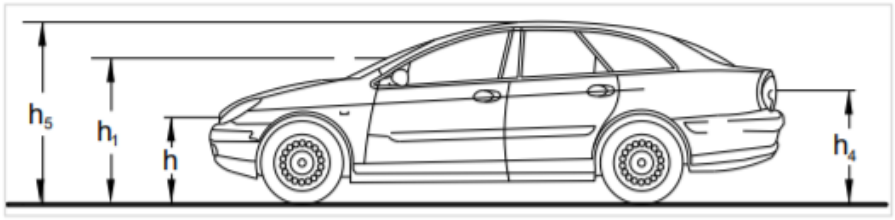
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- h1: altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- h2: altura de un *obstáculo* fijo en la carretera: 0.15 m.
- h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- h5: altura del techo de un automóvil: 1.30 m

Figura N° 12. Dimensiones de un vehículo ligero



Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso.

- Vehículos pesados

Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.

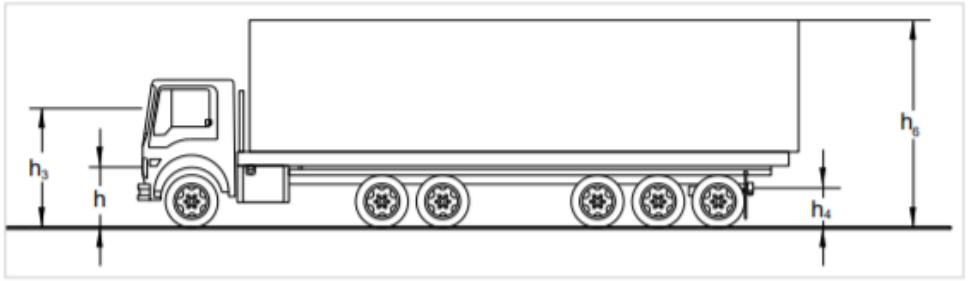
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.
- h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- h6: altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m

Figura N° 13. Dimensiones de un vehículo ligero



Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobreanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso.

c) TASA DE CRECIMIENTO

Representa el crecimiento promedio anual del TPDA. Generalmente las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) FACTOR DE CRECIMIENTO

Una forma sencilla de encontrar el factor de crecimiento es adoptar una tasa de crecimiento anual y utilizar el promedio del tráfico al principio y al final del periodo de diseño.

$$FC = \frac{(1-r)^P - 1}{r} \quad \text{--------- (Ec. 9)}$$

Donde:

P = Periodo de diseño

r = Tasa de crecimiento calculada.

e) DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL

A menos que existan consideraciones especiales, se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección. En algunos casos puede variar de 0.3 a 0.7 dependiendo de la dirección que acumula mayor porcentaje de vehículos cargados.

f) FACTOR CARRIL

En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto el factor de distribución por carril en 100%. Para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista.

g) FACTOR CAMIÓN

Para expresar el daño que produce el tráfico, en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo. De este criterio nace el concepto de Factor de Camión, que se deifen como el número ESAL's por número de vehículo. Este factor puede ser calculado para cada tipo de camiones, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico.

$$Factor\ Camión = \frac{\sum(N°\ de\ ejes\ x\ Factor\ de\ equivalencia\ de\ carga)}{N°\ de\ vehículos} \quad \text{------- (Ec. 10)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

h) NÚMERO TOTAL DE EJES SIMPLES EQUIVALENTES (ESAL's)

Se calcula para el carril de diseño utilizando la siguiente ecuación:

$$ESAL's = (\sum P * (TPD) * FC * F_d * F_c * 365) \text{ ------- (Ec. 1)}$$

Donde:

P = Promedio de ejes por vehículo

FC = Factor de carril

F_c = Factor de crecimiento

F_d = Factor de eje equivalente.

TPD = Tránsito promedio diario

2.5.2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.

Los estudios Geotécnicos o de Mecánica de suelos, nos permitirán determinar las propiedades de los materiales a ensayar, para la subrasante se analizaran mediante muestras obtenidas a través de calicatas realizadas en el lugar propuesto, y para la capa de base granular, se escogerá una Cantera de material para base y se determinaran sus propiedades y características para su desempeño en la estructura de pavimento rígido.

Para realizar los estudios se tomó como referencia "El Manual De Ensayos De Materiales Para Carreteras (EM2016)", documento adoptado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del país con Resolución Directoral N° 028-2001-MTC-15.17, así mismo se tomó en consideración "Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma CE.010 Pavimentos Urbanos" como norma Específica, "Manual de Carreteras MTC (Ensayos de Materiales 2016, Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas)" y la "Norma ASTM" de referencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.2.1. SUB-RASANTE.

Es la carpeta de material en la cual se apoya la estructura del pavimento, constituida por suelos en estado natural o modificado por algún mejoramiento tal como la estabilización mecánica.

1) MUESTREO DE SUELOS

En la presente tesis el muestreo representativo se realizó a través de calicatas que son aplicables para todos los estudios de mecánica de suelos.

El objetivo es evaluar y determinar sus propiedades del suelo en su forma particular, la investigación de la zona de estudio permite identificar y localizar, horizontalmente y verticalmente los principales tipos de suelos y rocas que se encuentren en un sitio determinado en cada una de las calicatas realizadas.

Los tipos de muestras que deben obtenerse, en función de las exigencias que deben atenerse respecto al terreno que representan; se especifica en las tablas adjuntas.

El número de puntos de investigación de acuerdo al "RNE CE.010 Pavimentos Urbanos" será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la siguiente tabla, con un mínimo de 03.

Tabla N° 12. Número de calicatas para exploración de suelos

TIPO DE VÍA	NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m^2)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Notas:

a) Cuando no existan los proyectos de lotización y trazado y solamente se ejecutara el proyecto de habilitación urbana, se requiere de 1 punto de investigación por hectárea, con un mínimo de 4.

b) Cuando no existan los proyectos de lotización y trazado y se ejecute el proyecto de habilitación urbana y la construcción simultanea de viviendas, se requiere de un punto de investigación adicional por hectárea, a los requeridos en la Tabla N° 6 de la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Edificaciones, CE 010 Pavimentos Urbanos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 13. Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	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 sub rasante 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 sub rasante 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	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 1 calicata x km	

Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

2) ESTRATIGRAFIA.

La Estratigrafía es una rama de la Geología encargada del estudio de rocas y suelos, considerando la secuencia temporal y los materiales que lo constituyen.

a. PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

Es la clasificación de los datos de perforación (calicatas), datos de prospección geofísica, o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conformaría la columna estratigráfica (sucesión de capas de suelo), mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo y de acuerdo a la profundidad hecha.

DESCRIPCION DE LOS SUELOS.

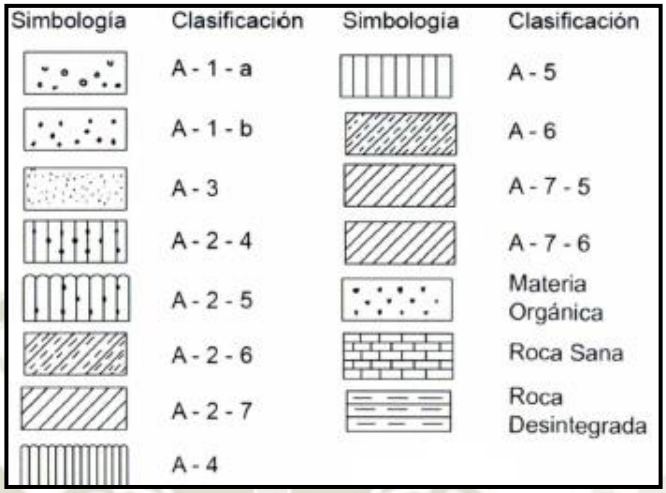
Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a la metodología para la construcción de las vías, la clasificación se efectuara obligatoriamente por AASHTO y SUCCS, se utilizaran los signos convencionales como se muestra en los siguientes cuadros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

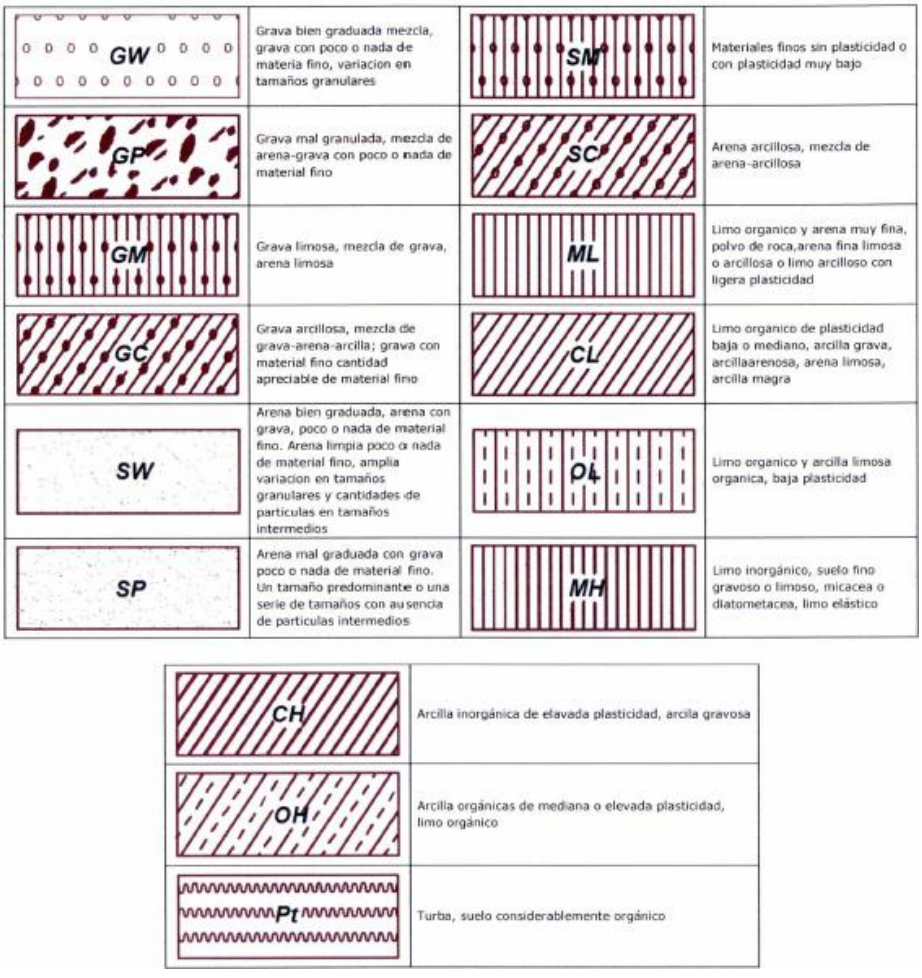
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 14. Signos convencionales para perfil de calicatas – Clasificación AASHTO 93.



Fuente: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

Figura N° 15. Signos convencionales para perfil de calicatas - Clasifiación SUCS



Fuente y Elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A continuación se presenta una correlación del los sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla N° 14. Correlación de tipos de suelos, AASHTO - SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente y Elaboracion: Manual de Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos MTC

ENSAYOS REQUERIDOS PARA EL ESTUDIO DE LA SUBRASANTE.

- GRANULOMETRIA
- LIMITES DE CONSISTENCIA.
- HUMEDAD NATURAL
- CLASIFICACION DE LOS SUELOS
- PROCTOR MODIFICADO
- CBR

Dichos ensayos serán descritos en el ítem, “ENSAYOS DE LABORATORIO”.

2.5.2.2. BASE GRANULAR.

Esta estructura consta en la construcción de una o más capas de materiales granulares, que pueden ser obtenidos de forma natural o procesados, con inclusión o no de algún tipo de estabilizador o ligante, debidamente aprobados, que se colocan sobre una subbase, afirmado o subrasante. Incluye el suministro, transporte colocación y compactación de material de conformidad con los alineamientos pendientes y dimensiones indicados en los planos.

Debiendo ajustarse a las siguientes especificaciones de calidad:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **GRANULOMETRIA.**

  La composición final de los materiales presentara una granulometría continua, bien graduada según los requerimientos de una de las franjas granulométricas que se indican en la siguiente tabla:

Tabla N° 15. Requerimientos granulométricos para base granular

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100		
25 mm. (1")		75-95	100	100
9,5 mm.($^3/_8$")	30-65	40-75	50-85	60-100
4,75 mm. (N.º 4)	25-55	30-60	35-65	50-85
2,0 mm. (N.º 10)	15-40	20-45	25-50	40-70
425 µm. (N.º 40)	8-20	15-30	15-30	25-45
75 µm. (N.º 200)	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente y Elaboración: Especificaciones técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Además El material de Base granular deberá cumplir además con las siguientes características.

Tabla N° 16. Valor relativos de 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 y Elaboración: Especificaciones técnicas Generales para Construcción EG-2013.

AGREGADO GRUESO.

Se denominara así a los materiales retenidos en la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales, procesados o combinación de ambos.

AGREGADO FINO.

Se denominara así a los materiales que pasan la malla N° 4, que podrán provenir de fuentes naturales procesados o combinación de ambos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ENSAYOS DE LABORATORIO REQUERIDOS PARA EL ESTUDIO DE LA SUBRASANTE.

- GRANULOMETRIA
- LIMITES DE CONSISTENCIA.
- HUMEDAD NATURAL
- CLASIFICACION DE LOS SUELOS
- PROCTOR MODIFICADO
- CBR
- ABRASION LOS ANGELES.

Dichos ensayos serán descritos en el ítem, "ENSAYOS DE LABORATORIO".

2.5.2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Para comenzar se tendrá en cuenta el material obtenido en la extracción de muestras a través de las calicatas realizadas, con los cuales se realizaran los ensayos de laboratorio. Los cuales se desarrollaran de acuerdo al RNE CE 010 Pavimentos Urbanos como norma Específica y del MTC - Manual de ensayo de Materiales como norma General.

Para el estudio de suelos correspondiente de cada calicata se extrajo aproximadamente 50 kg, y muestras de 5 kg en bolsas herméticas para el contenido de humedad natural.

Para usar las muestras, ya que se hizo un traslado del lugar natural de la muestra, es necesario para ensayarlas desmoronar los grumos formados con un martillo de goma.

Para fines de clasificación de los suelos y posterior diseño de la estructura del pavimento que se desarrollaran de acuerdo a normativa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 17. Normas para ensayos de laboratorio RNE – CE 010

NORMA	DENOMINACION
NTP 339.089:1998	SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo).
NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NTP 339.129:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos.
NTP 339.131:1999	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de solidos de un suelo.
NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (SUCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).
NTP 339.135:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos par uso en vías de transporte.
NTP 339.141:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando Proctor Modificado.
NTP 339.145:1999	SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de los suelos compactados en el laboratorio.

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Tabla N° 18. Normas MTC – Ensayo de materiales

METODO DE ENSAYO	DENOMINACION
MTC E 101	MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS
MTC E 105	OBTENCION EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO)
MTC E 107	ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
MTC E 108	DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
MTC E 110	DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111	DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (L.P.)
MTC E 113	METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE SOLIDOS DE SUELO MEDIANTE PICNOMETRO DE AGUA
MTC E 115	COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)
MTC E 132	CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

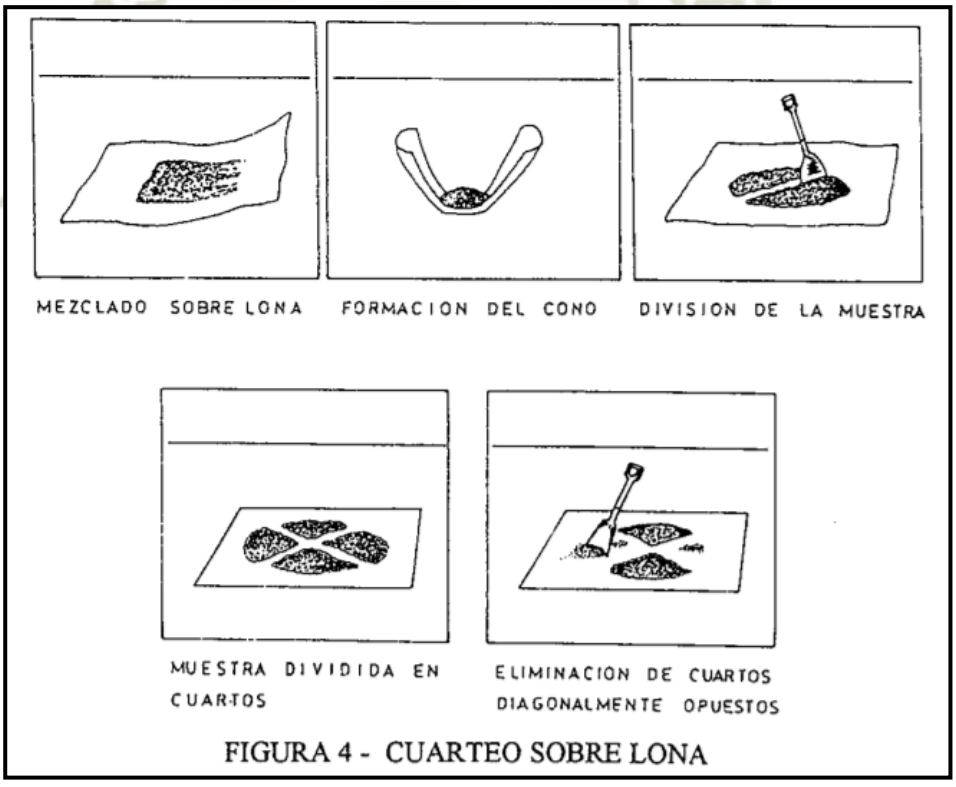
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1) OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO MTC E 105) (LABORATORIO UCSM)

Para el desarrollo de los ensayos de laboratorio es necesario tener, muestras representativas las cual obtenemos a través del método de cuarteo de muestra. El cual se hizo secar al aire a temperatura ambiente. De acuerdo a la norma del Manual de ensayos de laboratorio MTC E – 105 y a su vez por la NTP 339.089.1998.

Se realizó los muestreos por cuarteo manual (Método B), se usó una lona para realizar el ensayo ya que la superficie no era uniforme. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura N° 16. Cuarteo sobre lona



Fuente: NTP 339.089.1998 CUARTEO SOBRE LONA.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2) ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (NTP 339.128.1999, MTC E 107)

Para el ensayo de granulometría, hicimos uso de todos los equipos estipulados de acuerdo a la normatividad seguida (NTP. 339.128.1999, MTC E 107).

Dicho análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar los tamaños de los granos que lo componen. A partir de la distribución de los tamaños de los granos en un suelo, es posible tener idea aproximada de las propiedades del mismo.

La granulometría se determinó por medio del análisis mecánico, segregando la muestra integra por una seria de mallas, que definen el tamaño de las partículas.

Para el ensayo se usaron muestras representativas a partir del método de ensayo por cuarteo manual y las consideraciones de cantidad de muestra representativa que se estipula.

Con el registro de datos del material analizado, se procede a realizar el grafico semi-logarítmico de la curva granulométrica, luego se puede determinar los porcentajes de arena, limo y arcilla, su diámetro efectivo (D_{10}, D_{30}, D_{60}), coeficiente de uniformidad (Cu) y su coeficiente de Curvatura (Cc). Utilizando las siguientes formulas.

$$\%RETENIDO = \frac{Pr}{Pi} x\ 100 \text{ ------- (Ec. 11)}$$

$$\%PASANTE = 100 - \%\ RETENIDO \text{ ------ (Ec. 12)}$$

Donde:

- Pr = Peso Retenido.
- Pi = Peso inicial.

$$Coeficiente\ de\ Uniformidad -\ (Cu) = \frac{D_{60}}{D_{10}} x\ 100 \text{ ------ (Ec. 13)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Coeficiente\ de\ Curvatura - (Cc) = \frac{D_{30}{}^2}{D_{10}\ x\ D_{60}} x\ 100 \quad \text{----- (Ec. 14)}$$

Donde:

- D_{10} = Abertura de la malla que dejara pasar el 10% del material
- D_{30} = Abertura de la malla que dejara pasar el 30% del material
- D_{60} = Abertura de la malla que dejara pasar el 60% del material

3) DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127:1998, MTC E 108)

El ensayo de contenido de humedad nos permite determinar el contenido de agua que tiene determinada muestra de suelo al ser extraída en su estado natural.

Primeramente para obtener el contenido de humedad natural, la extracción de las muestras se hizo en bolsas herméticas para mantener la humedad del suelo y no se pierda.

Para determinar el contenido de humedad se tuvo que someter a secado la muestra en el horno a 110° C, poniendo las muestras en capsulas para identificar correctamente los pesos y seguidamente el contenido de agua de la muestra.

4) ANÁLISIS DE CONSISTENCIA, DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (NTP 339.129:1999, MTC E110) (LABORATORIO UCSM).

El límite líquido de los suelos es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 plg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

EQUIPOS Y MATERIALES.

- Recipiente
- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Calibrador
- Recipientes
- Balanza
- Espátula.

MUESTRA.

Se tendrá una muestra representativa para realizar el ensayo la cual debe ser de 150 g a 200 g de material pasante el tamiz N° 40.

La muestra cohesiva debe ser mezclada totalmente en un recipiente con la espátula obteniendo la muestra representativa la cual será usada dos veces con la cuchara por cada muestra.

CÁLCULOS.

$$\mathrm{LL} = W^n \; x \; \frac{N}{25}^{0.131} \quad \text{------ (Ec. 15)}$$

$$\mathrm{LL} = kW^n \quad \text{------ (Ec. 16)}$$

Donde:

- N=Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.
- W^n = Contenido de humedad del suelo.
- k = Factor dado en la tabla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 19. Factores de Límite líquido por número de golpes

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente y elaboración: Manual Ensayo de Materiales del MTC

5) ANÁLISIS DE CONSISTENCIA, DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD. (NTP 339.129:1999, MTC E111)

LÍMITE PLÁSTICO.

Para poder desarrollar el ensayo se utilizara el material pasante la malla #40 al igual que en el ensayo de límite líquido

El límite plástico es el contenido de agua en el material en el límite inferior de su estado plástico. Se usan para este ensayo muestras con las cuales tenemos que formar rollos de aproximadamente unos 3.2 mm de diámetro, hechos en una superficie lisa de vidrio de preferencia sin que dichos rollitos se deshagan o desmoronen.

Este ensayo nos permitirá clasificar las muestras de suelo mediante la guía SUCS y AASTHO y para especificar la fracción del grano de materiales de construcción, estos ensayos a su vez nos permiten ver el comportamiento de la muestra tanto en la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

Es la diferencia en porcentaje, que hay entre el límite líquido y el límite plástico determinado por:

$$IP = LL - LP \text{ ------ (Ec. 17)}$$

Donde:

- I.P. = Índice de Plasticidad
- L.L. = Limite Liquido
- L.P. = Limite Plástico

Cuando el límite liquido o limite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informara con la abreviatura NP (No Plástico)

Así mismo cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informara como NP (No Plástico).

Un IP igual a 5, indica que un pequeño cambio en el contenido de humedad, cambiara el suelo de una condición semisólida a una liquida. Un suelo así es muy sensible a los cambios de humedad, a menos que se le puede añadir una considerable cantidad de humedad antes de que cambie de la condición semisólida a la liquida.

6) GRAVEDAD ESPECÍFICA (NTP 339.131:1999, MTC E 113) (LABORATORIO UCSM)

La gravedad específica de los sólidos es la relación entre el peso en aire del volumen de un material, a una temperatura indicada y el peso en aire de idéntico volumen de agua destilada a la misma temperatura. Determinar esta propiedad nos permitirá realizar cálculos matemáticos posteriores

$$Gs = \frac{W_s}{W_i + W_s - W_f} \text{ ------- (Ec. 18)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

- Gs : Gravedad Específica de los solidos
- W_s : Peso del Suelo
- W_i : Peso del Picnómetro + Agua (500 cm^3)
- W_f : Peso del Picnómetro + Agua + Suelo

El valor del peso específico de las partículas sólidas a 4 °C.

La variación entre los valores obtenidos no debe tener de diferencia de más de 0.03 de lo contrario el ensayo deberá repetirse hasta que se encuentre en este rango.

7) ENSAYO DEL PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999, MTC E 115)

Se establece el ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m^3 (56000 pie-lb/pie^3))

Este ensayo determina el procedimiento de compactación del suelo en laboratorio, el cual nos permite obtener las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario de los suelos, donde podemos graficar la curva de compactación.

En Dicho procedimiento haremos uso de los moldes de diámetro 101.6 o 152.4 mm (4 o 6 plg.) con un pistón de 44.5 N (10 lb) que cae a una altura de 457 mm (18 plg) obteniendo así un esfuerzo de compactación de (2700 kN-m/m^3 (56000 pie-lb/pie^3). Para dicho uso se tendrá en cuenta los tres procedimientos de acuerdo a norma.

Cumpliendo lo siguiente:

PROCEDIMIENTO A:

- Si la malla N° 4 retiene 20% o menos del material.
- Molde de 4” Diámetro.
- Cinco capas.
- 25 Golpes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PROCEDIMIENTO B:

- Si la malla N° 4 retiene más del 20% y el tamiz 3/8" retiene 20% o menos del material
- Molde de 4" Diámetro.
- Cinco capas.
- 25 Golpes.

PROCEDIMIENTO C:

- Si el tamiz 3/8" retiene más del 20% y el tamiz 3/4" retiene 30% o menos del material.
- Molde de 4" Diámetro.
- Cinco capas.
- 56 Golpes.

Se tiene como objetivo determinar el peso unitario seco y el contenido de agua de cada espécimen compactado, una vez graficada la curva de compactación se determinara el contenido de agua lo más cerca al 0.1%. Se determinara el contenido de agua con el peso unitario seco máximo.

$$\rho_m = \frac{1000(W_{m+mol}+W_{mol})}{V} \text{ ------ (Ec. 19)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho_m}$: Densidad húmeda del espécimen compactado, kg/m^3

$\boldsymbol{W_{m+mol}}$: Masa del espécimen húmedo y molde, kg

$\boldsymbol{W_{mol}}$: Masa molde compactado, kg

$\boldsymbol{V}$ **:** Volumen del molde de compactación, m^3

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\rho_d = \rho_m \left(1 + \frac{w}{100}\right) \text{ ------- (Ec. 20)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\rho_d}$: Densidad seca del espécimen compactado, kg/m^3

$\boldsymbol{w}$ **:** Contenido de agua, %

$$\gamma_d = 9.807 \; x \; \rho_d \; en \; kN/m^3 \text{ ------- (Ec. 21)}$$

Donde:

$\boldsymbol{\gamma_d}$: Peso unitario seco del espécimen compactado.

Para el cálculo de los puntos de la gráfica de la curva de compactación del 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, se calcula los valores de contenido de agua a la condición del 100% de saturación, con la siguiente formula:

$$w_{sat} = \frac{(\gamma_w \; x \; G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d \; x \; G_s)} \; x \; 10 \text{ ------ (Ec. 22)}$$

Donde:

$\boldsymbol{w_{sat}}$: contenido de agua para una completa saturación, %

$\boldsymbol{\gamma_w}$: Peso unitario del agua, (9.807 kN/m^3)

$\boldsymbol{\gamma_d}$: Peso unitario seco del suelo

$\boldsymbol{G_s}$ **:** Gravedad especifica del suelo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

8) ENSAYO DE CBR – 4 PUNTOS (NTP 339.145:1999, MTC E 132) (LABORATORIO UCSM)

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio) indica el índice de resistencia de los suelos dado como el valor de relación de soporte.

El ensayo se desarrollara sobre una muestra preparada en laboratorio con determinado contenido de humedad y densidad optimas, también se puede realizar con muestras inalteradas tomadas en el terreno.

Dicho ensayo nos permite evaluar la resistencia potencial de las carpetas de subrasante, sub-base y base, así mismo para determinar el diseño del pavimento.

La muestra preparada y los materiales de compactación deberán prepararse de acuerdo a los procedimientos dados por los métodos de las normas NTP 339.141 o NTP 339.142 para el uso del molde de 6”, considerando lo siguiente:

- Si el material ensayado pasa el tamiz ¾”, toda la muestra deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación.
- Si existe material retenido en el tamiz ¾”, este material retenido deberá ser remplazado por una cantidad igual que pase el tamiz ¾” y sea retenido en el tamiz N° 4.

Para motivos del ensayo se busca tener la condición de humedad critica (más desfavorable), se tiene cuando el material está saturado, por esta razón el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua durante 4 días, confinados en el molde con una sobre carga igual al peso del pavimento.

Seguidamente se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el mecanismo correspondiente de prensa, con una velocidad de penetración de uniforme de 1.25 mm (0.05”) por minuto. En el caso de las prensas manuales se controlara mediante el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

deformimetro de penetración y un cronometro, anotándose las lecturas de carga para las siguientes penetraciones:

Tabla N° 20. Dimensiones de la penetración

MILIMETROS (mm)	PULGADAS (plg)
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

- Estas lecturas es hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Fuente: Manual Ensayo de Materiales del MTC, . Elaboración Propia

NOTA: Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

El número de CBR usualmente se basa en la relación de carga para una penetración de 2.54 mm (0.1”), sin embargo, si el valor del CBR para una penetración de 5.08 mm (0.2”) es mayor, dicho valor debe aceptarse como valor final de CBR.

Se toma una muestra representativa del molde para determinar su contenido de humedad.

Para los cálculos se considera lo siguiente humedad de compactación.

$$\%\ de\ agua\ a\ añadir = \frac{H-h}{100+h}\ x\ 100 \text{ ----- (Ec. 23)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

H = Humedad Prefijada.

h = Humedad natural.

Expansión.

$$\% \, Expansión = \frac{L2-L1}{127} \, x \, 100 \text{ ----- (Ec. 24)}$$

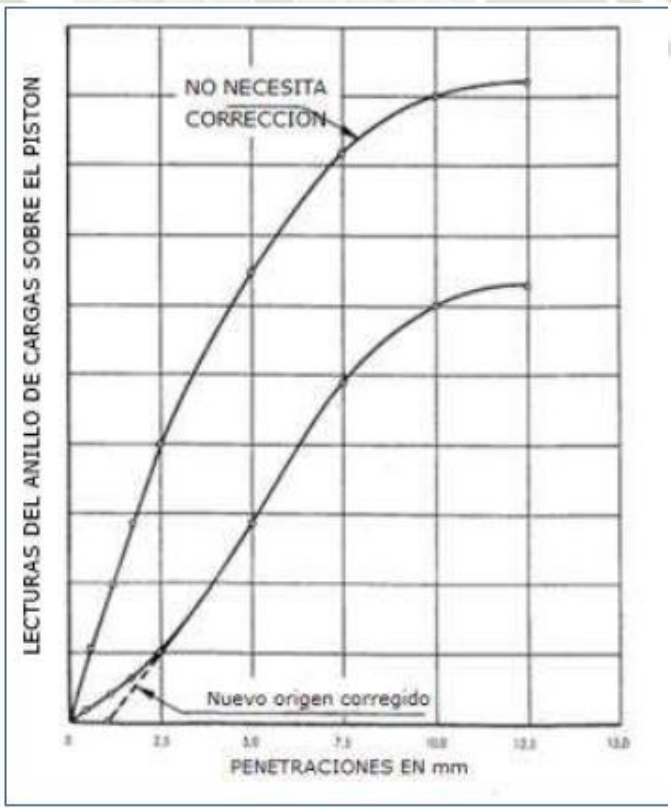
Donde:

$L1$ = Lectura inicial en mm.

$L2$ = Lectura final en mm.

En la gráfica de esfuerzo penetración (MPa o lb/plg^2), en algunos casos la curva puede ser cóncava hacia arriba, debido a las irregularidades de la superficie u otras causas, y dichos puntos debe ser modificado de acuerdo a la tangente de la curva.

Figura N° 17. Curva para el cálculo de índice de CBR



Fuente y elaboración: Manual Ensayo de Materiales del MTC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 21. Categoría de la 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 y elaboración: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Tabla N° 22. Valor relativo de soporte, CBR en base granular (*) (MTC E132, NTP 339.145 1999)

Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes ≤ 10 x 10^6	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes > 10 x 10^6)	Mínimo 100%

Fuente: Elaboración Propia en base a la Sección 403 de las EG-Vigente del MTC y al Tipo de Carretera especificada en la RD 037-2008-MTC/14
(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5 mm)

Fuente y elaboración: MTC, Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

9) ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (LABORATORIO UCSM)

El ensayo de abrasión de los ángeles nos permite ensayar agregados gruesos de tamaños menores de 1 ½” para determinar la resistencia al impacto, degradación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El ensayo nos permite determinar la degradación de los agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de la combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero trasportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor creando en el movimiento la trituración por impacto, Luego de un numero de revoluciones durante un tiempo considerado de acuerdo a normativa, luego es retirado el agregado triturado, tamizado para poder determinar su porcentaje de desgaste.

La carga, dependiendo de la gradación de la muestra a ensayar será como se describe en la siguiente tabla:

Tabla N° 23. Gradación de la máquina de los ángeles

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

La muestra será lavada y secada al horno a 110 ± 5 °C, se tomara la masa representativa de acuerdo al cuadro de gradación, la cual se considera el Peso inicial. Seguidamente se separa la fracción y recombinar a la gradación de acuerdo a la tabla de “Gradación de las muestras de ensayo”, considerando los rangos de medidas de agregado para trabajarlas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 24. Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ±10	2 500 ±10	-.-	-.-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ±10	2 500 ±10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2 500 ±10	-.-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ±10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ±10	5 000 ±10	5 000 ± 10	5 000 ±10

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Luego de realizado el ensayo se procederá a pesar la muestra que se retenga en el tamiz n° 12 la cual se denominara como el peso final.

Determinaremos el porcentaje de desgaste de acuerdo a la siguiente formula:

$$\%\ Desgaste = \frac{Pinicial - Pfinal}{Pinicial}\ x\ 100\% \text{ ----- (Ec. 25)}$$

Donde:

- *Pinicial* = Peso de la muestra inicial antes de someter al ensayo.
- *Pfinal* = Peso de la muestra retenida en el tamiz N° 12 después del ensayo.

10) CLASIFICACIÓN SUCS (LABORATORIO UCSM)

La clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), es un sistema usado en Ingeniería y geología para describir una muestra de suelo, determinando su textura y tamaño de partículas de suelo. Puede ser aplicado a la mayoría de materiales sin consolidar y se representa mediante símbolos con dos letras (excepto Pt).

Para realizar la clasificación de la muestra de suelo previamente se realiza el ensayo de granulometría mediante tamizado, así mismo los límites de consistencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 25. Simbología utilizada para la clasificación SUCS

SIMBOLO	DEFINICION
G	GRAVA
S	ARENA
M	LIMO
C	ARCILLA
O	ORGANICO
P	POBREMENTE GRADADO(TAMAÑO DE PARTICULA UNIFORME
W	BIEN GRADADA (TAMAÑO DE PARTICULAS DIVERSOS)
H	ALTA PLASTICIDAD
L	BAJA PLASTICIDAD

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Tabla N° 26. Clasificación SUCS

Divisiones mayores[1]			Símbolo del grupo	Nombre del grupo
Suelos granulares gruesos más del 50% retenido en el tamiz nº200 (0.075 mm)	**Grava** > 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz nº4 (4.75 mm)	grava limpia menos del 5% pasa el tamiz nº200	**GW**	grava bien graduada, grava fina a gruesa
			GP	grava pobremente graduada
		grava con más de 12% de finos pasantes del tamiz nº 200	**GM**	grava limosa
			GC	grava arcillosa
	Arena ≥ 50% de fracción gruesa que pasa el tamiz nº4	Arena limpia	**SW**	Arena bien graduada, arena fina a gruesa.
			SP	Arena pobremente graduada
		Arena con más de 12% de finos pasantes del tamiz nº 200	**SM**	Arena limosa
			SC	Arena arcillosa
Suelos de grano fino más del 50% pasa el tamiz No.200	**Limos** y **arcillas** límite líquido < 50	inorgánico	**ML**	limo
			CL	arcilla
		orgánico	**OL**	Limo orgánico, arcilla orgánica
	Limos y **arcillas** límite líquido ≥ 50	inorgánico	**MH**	limo de alta plasticidad, limo elástico
			CH	Arcilla de alta plasticidad
		orgánico	**OH**	Arcilla orgánica, Limo orgánico
Suelos altamente orgánicos			**Pt**	turba

Fuente y elaboración: Sistema Clasificado de Suelos - SUCS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

11) CLASIFIACIÓN AASHTO

La clasificación AASHTO, referida a la denominación al sistema de clasificación de suelos determinado y confeccionado por el Departamento de Caminos Públicos de USA. Este sistema es básicamente un sistema de clasificación de los diferentes tipos de suelos en 7 grupos, cada uno de estos grupos está determinado por ensayos de laboratorio, granulometría, límite líquido y limite plástico e índice de plasticidad. Dichos ensayos permitirán determinar el "Índice de Grupo", para poder clasificar dicha muestra de suelo.

Tabla N° 27. Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 – ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
Grupo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50											
0.5 mm	máx. 30	máx. 50	mín. 50									
0.08 mm	máx. 15	máx. 25	máx.10	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg												
límite de líquido				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín.40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10 IP<LL-30	mín. 10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno					De pasable a malo						

Fuente y elaboración: Sistema Clasificado de Suelos - SUCS

$$IG = 0.2\,(a) + 0.005\,(a)(c) + 0.01\,(b)(d) \text{ ----- (Ec. 26)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- *a* **:** Porcentaje en exceso sobre 35, de suelo que pasa Tamiz N° 200, sin pasar de 75, se expresa como un numero entero de valor entre 0 y 40
- *b* **:** Porcentaje en exceso sobre 15, de suelo que pasa Tamiz N° 200, sin pasar de 55, se expresa como un numero entero de valor entre 0 y 40.
- *c* **:** Porcentaje de Limite Líquido (LL), sobre 40, pero nunca superior a 60, se expresa como un numero entero entre 0 y 20.
- ***d*** **:** Porcentaje en exceso de Índice de Plasticidad (IP) sobre 10, pero nunca superior a 30, se expresa como numero entero de valor entre 0 y 20.

2.6. DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO

2.6.1. INTRODUCCIÓN.

Se puede decir que las propiedades del concreto se estudian principalmente con el propósito de diseñar mezclas, y es desde ese punto de vista que estudiaremos las diversas propiedades principales del concreto.

Las propiedades que se requieren en el concreto endurecido las especifica el diseñador de la estructura, y las propiedades del concreto fresco se rigen por el tipo de construcción y por las técnicas de colocado y trasportación. Estos dos grupos de requisitos permiten al Ingeniero determinar la composición de la mezcla, teniendo presente el grado de control que se ejercerá en la obra. Así pues, el diseño de mezclas puede definirse como el proceso para seleccionar los componentes adecuados del concreto y determinar sus cantidades relativas, con el fin de producir, con el mayor ahorro posible, concreto con un mínimo de ciertas características, principalmente consistencia, resistencia y durabilidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.6.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (NTP 400.012. MTC 204)

El ensayo de Análisis Granulométrico nos permitirá determinar la gradación del material propuesto para uso como agregados, los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de una correcta distribución de los tamaños de partículas, con los requisitos exigidos en las especificaciones técnicas, y tener datos para una correcta producción del concreto.

Tabla N° 28. Cantidad mínima de nuestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Fuente y elaboración: Manual de ensayos de Materiales del MTC

En este caso nosotros optamos por usar el agregado de ¾” como tamaño máximo nominal, por lo tanto se ensayaron 5 kg de agregado.

Para realizar el ensayo la muestra de agregado grueso a temperatura de 110 °C, seguidamente se seleccionaron los tamices normados para proceder con el zarandeado mecánico durante un periodo de tiempo determinado.

Se procede con la toma de datos con una balanza de precisión, y sin embargo hay que tener en consideración que la cantidad inicial no difiera el 0.3%, con el peso final acumulado de todos los pesos en los tamices utilizados.

Seguidamente se hace el cálculo de los porcentajes que pasan los tamices, porcentajes retenidos y porcentaje retenido acumulado, con una aproximación de 0.1%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se determinara el tamaño máximo nominal de la muestra ensayada, así mismo el tamaño máximo y el módulo de fineza de acuerdo a la NTP 400.037 (Especificaciones para Agregados en Concretos)

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: Es el primer tamiz donde se retienen del 5% al 10% las primeras partículas durante la granulometría.

TAMAÑO MAXIMO: Es el tamiz superior seguido del tamiz donde se retiene la primera parte de la muestra ensayada.

MODULO DE FINEZA: Se determina mediante una formula, sumando los porcentajes retenidos acumulados de cada uno de los siguientes tamices y dividiendo la suma entre 100, como se muestra en la siguiente formula.

El módulo de fineza del agregado fino se mantendrá dentro del límite de ± 0.2 del valor sumido para la selección de las proporciones del concreto, siendo recomendable que el valor este entre 2.30 y 3.10.

$$MF = \frac{N°100+N°50+N°30+N°16+N°8+N°4+\frac{3}{8}"+3/4"\ \ 1\ 1/2"\ y\ superiores}{100} \text{ ------ (Ec. 27)}$$

AGREGADO FINO.

Se considera a la fracción que pasa el tamiz N° 4, Conteniendo arenas naturales o rocas y gravas trituradas, cuyo porcentaje no podrá constituir más del 30% de la masa del agregado fino. Debiendo cumplir los siguientes parámetros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 29. Granulometría para el agregado fino para pavimentos de concreto hidráulico

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alterno	
9,5 mm	3/8"	100
4,75 mm	N.º 4	95-100
2,36 mm	N.º 8	80-100
1,18 mm	N.º 16	50-85
600 µm	N.º 30	25-60
300 µm	N.º 50	10-30
150 µm	N.º 100	2-10

Fuente y elaboración: Manual de carreteras Especificaciones Técnicas EG- 2013 del MTC

AGREGADO GRUESO.

Es considerada la porción de agregado retenida en el tamiz N° 4, El cual proviene de roca o grava triturada o por la combinación de ambas, los fragmentos de agregado deberán estar limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas y des integrables.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teorías obtenidas al aplicar fórmulas de Fuller o Balomey.

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio del espesor de diseño del pavimento.

Nosotros tuvimos la consideración de mezclar los agregados ¾" y 1/2" para tener una mejor granulometría.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 30. Granulometría del agregado grueso para concreto Portland

HUSO	Tamaño Nominal (tamices con aberturas cuadrada)	% Porcentaje que pasa													
		100 mm (4 plg)	90 mm (3 ½ plg)	75 mm (3 plg)	63 mm (2½ plg)	50 mm (2 plg')	37,5 mm (1½ plg)	25,0 mm (1 plg)	19,0 mm (¾ plg)	12,5 mm (½ plg)	9,5 mm (3/8 plg)	4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (Nº 16)	300 µm (Nº 50)
1	90 a 37,5 mm (3 ½ a 1½ plg)	100	90 a100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 a 37,5 mm (2½– 1½ plg)	-	-	100	90 a 100	35 a70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 a 25 mm (2 a 1 plg)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 a 4,75 mm (2 plg a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37,5 a 19,0 mm (1½ a ¾ plg)	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37,5 a 4,75 mm (1½ plg a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 a 12,5 mm (1 a ½ plg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 a 9,5 mm (1 a 3/8 plg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 a 4,75 mm (1 plg a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 a 9,5 mm (¾ plg a 3/8 plg)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 a 4,75 mm (¾ plg a N° 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12,5 a 4,75 mm (½ plg a N° 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9,5 a 2,36 mm (3/8 plg a N° 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9,5 a 1,18 mm (3/8 plg a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	4,75 a 1,18 mm (N° 4 a N° 16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente y elaboración: Manual de carreteras Especificaciones Técnicas EG- 2013 del MTC

2.6.3. ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA.

Este tema es extenso; por lo que se le considera solo en la medida en que el tipo de especificación afecta al diseño de la mezcla.

Las especificaciones más usuales en el diseño son los siguientes:

- Resistencia mínima a la compresión necesaria por consideraciones estructurales.
- Relación máxima de agua/cemento y de contenido máximo de cemento y, en ciertas condiciones de exposición, un contenido mínimo de aire incluido para proporcionar la durabilidad adecuada.
- Contenido máximo de cemento para evitar agrietamiento debido a ciclos de temperatura en concreto masivo.
- Contenido máximo de cemento para evitar agrietamiento por contracción en condiciones de exposición de muy poca humedad.
- Densidad mínima para presas de gravedad y estructuras similares.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

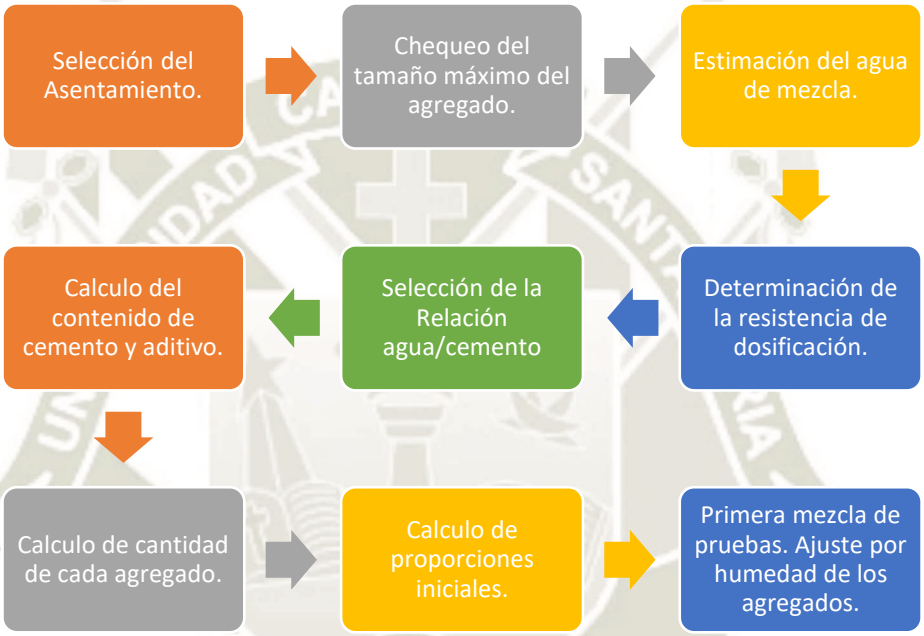
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Estos requisitos seleccionados deben satisfacer en los cálculos de diseño de mezcla y es así que forman la base para la selección y dosificación de los componentes de la mezcla.

2.6.4. PROCESO DEL DISEÑO DE MEZCLA

Los factores básicos que deben considerarse al determinar las proporciones de la mezcla se representan esquemáticamente en la figura.

Figura N° 18. Proceso del diseño de mezclas



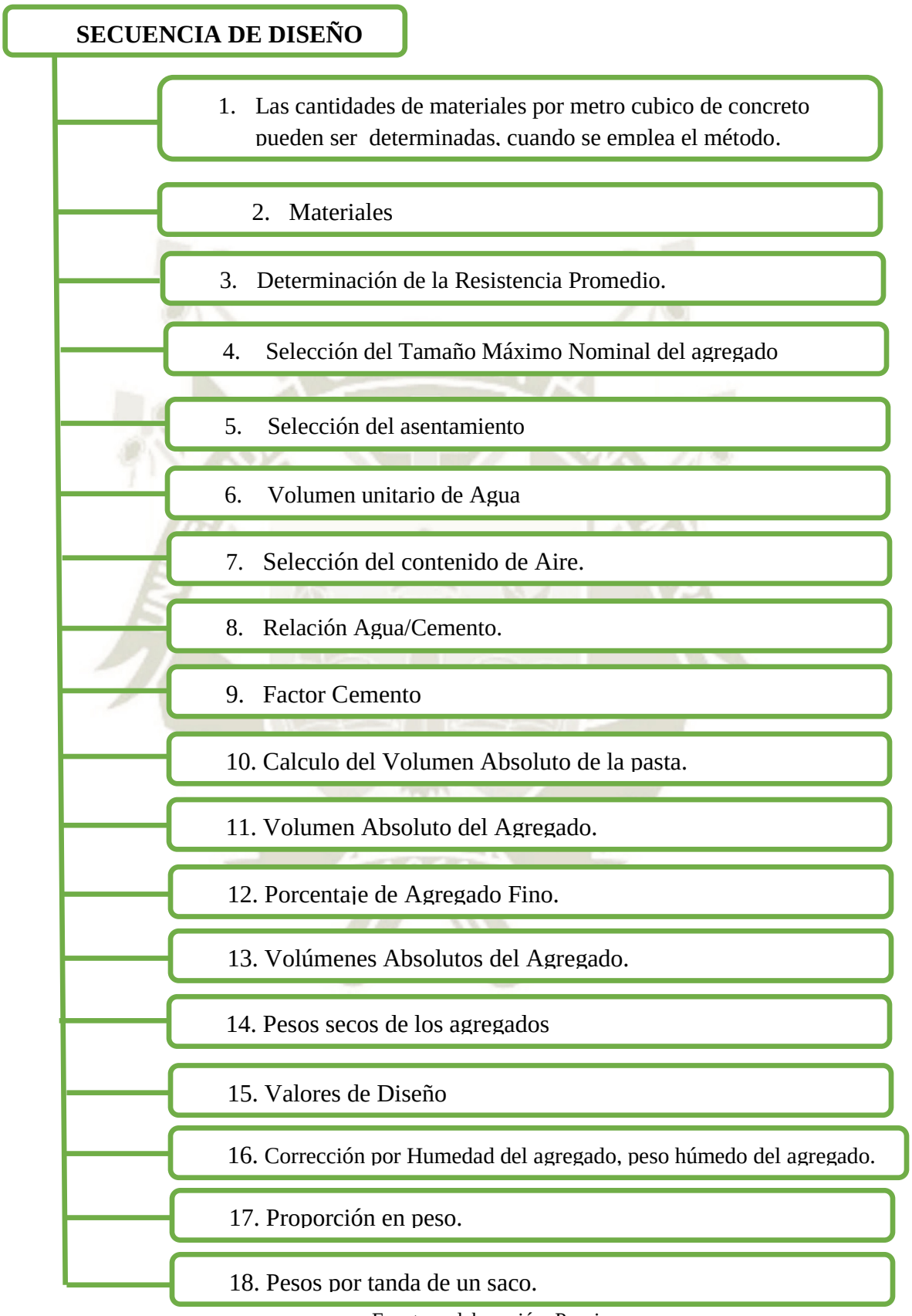
Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 19. Secuencia del diseño de mezclas



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7. ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO.

2.7.1. DEFINICIÓN

El concreto es un material esencialmente heterogéneo, porque sus componentes tienen características que no son constantes. No sólo son los materiales los causantes de las variaciones en la calidad del concreto; también influye la forma de mezclarlo, su transporte y colocación en formaletas, la compactación a que se someta y el curado que se le proporcione. La medida final que informa sobre la calidad obtenida, es la que resulta de los ensayos de resistencia (Rivera G., 2013, p. 121)

2.7.2. CARACTERISTICAS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados (RIVERA G., 2013, p. 121).

2.7.3. TIPOS DE RESISTENCIA

- **Resistencia a la Compresión:** Es la característica mecánica principal del **concreto**. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm^2, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).
- **Resistencia a la Tracción:** La resistencia a la tracción del concreto es una forma de comportamiento de gran interés para el diseño y control de calidad en todo tipo de obras y en especial las estructuras hidráulicas y de pavimentación. Sin embargo en razón de que los métodos de ensayo a la tracción aparecen tardíamente, en la década de los cincuenta, la resistencia a la comprensión mantiene su hegemonía como

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

indicador de la calidad, principalmente por el largo tiempo de aplicación que ha permitido acumular valiosa experiencia.

- **Resistencia a la Flexión:** La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto 6 x 6 plg (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Modulo de Rotura (Mr) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) y la ASTM C1609 (aplicada a los dos tercios con la adición de Fibra).

2.7.4. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Los tipos de factores a tener en cuenta son: (Rivera G, 2013)

- **Tipo de Cemento:** Se ha demostrado en diversas investigaciones y en la práctica constructiva misma, que existe una estrecha correlación entre la resistencia de un cemento determinado de acuerdo con un proceso normalizado (norma NTC 220) y la resistencia de los concretos preparados con dicho cemento; de ahí que distintas marcas de cemento, aún de un mismo tipo, no deban ser intercambiadas sin un cuidadoso análisis del efecto que dicho cambio pueda tener sobre las propiedades del concreto endurecido. La resistencia que puede producir un determinado cemento depende fundamentalmente de su composición química.
- **Tipos de Agregados:** Los concretos que tengan agregados angulosos o rugosos son generalmente más resistentes que otros de igual relación agua/cemento que tengan agregados redondeados o lisos; sin embargo, para igual contenido de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cemento, los primeros exigen más agua para no variar la manejabilidad y por lo tanto el efecto en la resistencia apreciablemente . Sin embargo, como es lógico la calidad del agregado afecta el desarrollo de resistencia.

- **Tipo de agua de mezcla:** Se ha dicho usualmente que el agua que se puede beber y que no tenga color, olor y sabor apreciable puede usarse en mezclas de concreto. El agua utilizada en una mezcla de concreto debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de: aceite, ácidos, álcalis, sales, materiales orgánicos u otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto que vaya a contener elementos de Aluminio embebidos, o el agua debida

2.7.5. ENSAYOS DEL CONCRETO EN LABORATORIO.

2.7.5.1. ENSAYOS DEL CONCRETO EN FRESCO.

2.7.5.1.1 ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES DE HORMIGON (CONCRETO) EN EL LABORATORIO (NTP 339.183, MTC E 702)

Se estableció el procedimiento necesario y adecuado en el laboratorio bajo estricto control de materiales y condiciones del ensayo, usando concreto compactado.

Se proporcionó los requisitos normalizados para la preparación de materiales, mezclas de concreto, la elaboración y curado de especímenes del concreto para el ensayo.

Si la preparación de los de los especímenes se controla de acuerdo a esta norma nos va ayudar en:

- La dosificación de mezclas de concreto.
- Evaluación de diferentes mezclas y materiales.
- Correlaciones con resultados de pruebas no destructivas
- Elaboración de especímenes con fines de investigación.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la normas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZADOS

1) HERRAMIENTAS

Moldes.- Deben ser de acero, hierro forjado, o de otro material no absorbente y que no reaccione con el concreto utilizado en los ensayos. Los moldes deben estar hechos conforme a las dimensiones y tolerancias especificadas en el método para el cual van a ser usados. Los moldes deben ser herméticos de tal forma que no se escape el agua de la mezcla contenida. Un sellante apropiado como arcilla, parafina, grasa o cera micro cristalina, puede ser utilizado para impedir filtraciones por las uniones. Para fijar el molde a la base del mismo, éste debe tener medios adecuados para ello. Los moldes reutilizables se deben cubrir ligeramente con aceite mineral o un material apropiado de desprendimiento, antes de su uso. Se han usado dos tipos de moldes reutilizables:

- **Para la compresión y tracción**.- Las briquetas de dimensiones 100 mm x 200 mm se utilizaron, de acuerdo con la norma ASTM C-470.

  La tolerancia en la medida del diámetro exigido debe ser de ± 2,0 mm y en la altura la tolerancia será de ± 6,0 mm

- **Para la flexión**.- El molde de vigas debe ser de forma rectangular y de las dimensiones requeridas para producir especímenes del tamaño deseado. La superficie interior del molde debe ser lisa, y las caras interiores deben ser perpendiculares entre si y libres de torceduras u ondulaciones. Se consideró dimensiones en el molde de la viga de 150 mm x150 mm x 600 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Solo para muestras destinadas a ensayos de flexión, la longitud nominal de los moldes debe tener una tolerancia de 1,6 mm (1/16”). Los moldes para ensayos de flexión no deberán tener una longitud inferior en más de 1,6 mm (1/16") con respecto a la longitud especificada, pero puede excederse dicha longitud en más del valor mencionado.

Figura N° 20. Moldes utilizados para los ensayos

Fuente y elaboración: Propia

Varilla compactadora.- Es de acero, cilíndrica y su extremo compactador debe ser hemisférico con radio igual al radio de la varilla. Según su diámetro y longitud son de dos tipos:

- **Varilla Compactadora Larga.-** De diámetro igual a 16 mm (5/8”), y aproximadamente 600 mm (24") de longitud. Esta se usó para las vigas.
- **Varilla Compactadora Corta.-** De diámetro igual a 10 mm (3/8") y aproximadamente 300 mm (12") de longitud. Esta se usó para las briquetas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 21. Varilla de 5/8" utilizada para chusear

Fuente y elaboración: Propia

Martillo.- Debe ser de caucho, que pese 0.57 ± 0,23 kg.

Figura N° 22. Martillo de goma usado en los esnayos

Fuente y elaboración: Propia

Cono para medir el asentamiento.- Cumple con los requisitos indicados en la norma MTC E 705.

Recipiente para muestreo y mezcla.- Deben ser de fondo plano, metálico, de alto calibre, impermeable, de profundidad adecuada y de suficiente capacidad para permitir una mezcla fácil de toda la bachada con una pala o palustre o, si la mezcla se hace de manera mecánica, para recibir toda la bachada de la descarga del mezclador y permitir la remezcla en el recipiente con la pala o palustre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 23. Carretilla usada para sostener la mezcla

Fuente y elaboración: Propia

Balanzas.- Las balanzas para determinar la masa de las muestras deben tener una precisión de 0.30%.

Mezcladora de concreto.- La mezcladora puede ser mecánica o manual. Para concretos con asentamiento inferior a 25 mm (1"), es más apropiado utilizar un recipiente mezclador (mezcla manual) que una mezcladora de tambor reclinable. Es aconsejable, cuando en tal caso tenga que utilizarse esta última, reducir la rata de rotación y el ángulo de inclinación del tambor y trabajarla a una capacidad inferior a la especificada por el fabricante.

Figura N° 24. Mezcladora utilizada en los ensayos

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Equipo Misceláneo.- Tamices, palas, palustres, reglas, guantes de caucho, calibrador de espesores, etc.

Termómetros.- Debe cumplir los requisitos de la norma ASTM C 1064

Figura N° 25. Termómetro usado en los ensayos

Fuente y elaboración: Propia

2) MATERIALES

Cemento.- El cemento se debe almacenar en recipientes impermeables (de preferencia metálicos) y colocados en un lugar seco. Debe ser mezclado perfectamente para proveer un suministro uniforme durante todo el ensayo.

Agregados.- Para evitar la segregación del agregado grueso, el agregado se debe separar en fracciones de tamaño individual y recombinar luego, para cada bachada con las proporciones necesarias para producir la gradación deseada.

Cuando una fracción de tamaño está presente en cantidad superior al 10%, el cociente entre el tamaño del tamiz superior y el del inferior no debe exceder de 2.0. Grupos aún más cercanos de tamaño resultan aconsejables.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

A menos que el agregado fino se separe en fracciones de tamaño individual, se debe mantener en condición húmeda, o devolver a su condición húmeda hasta que sea usado, para prevenir la segregación, a menos que el material uniformemente grado se subdivida en lotes de tamaño de bachada usando un cuarteador con aberturas de tamaño adecuado. Si se están estudiando gradaciones inusuales, se puede necesitar secar y separar el agregado fino en fracciones de tamaño individual. En este caso, si la cantidad total requerida de agregado fino es mayor que la que se puede mezclar de forma eficiente como una sola unidad, las fracciones de tamaño individual deben ser pesadas en las cantidades requeridas para cada bachada individual. Si la cantidad total de agregado fino requerida es tal que se puede mezclar perfectamente y mantener en una condición húmeda, entonces se deberá manejar de esta manera.

Aditivos.- Los aditivos en polvo que son enteramente o en parte insolubles, que no contengan sales higroscópicas y que tengan que ser agregados en cantidades pequeñas, deben ser mezclados con una porción de cemento antes de introducir la mezcla en la mezcladora, de manera de asegurar su perfecta distribución en el concreto.

Los aditivos insolubles que son usados en cantidades excedentes al 10% en masa del cemento, como las puzolanas, deben ser manejados y adicionados a la mezcla en la misma forma como se maneja el cemento.

Los aditivos en polvo altamente insolubles, pero que contienen sales higroscópicas, pueden causar la aglomeración del cemento y deben ser mezclados con la arena antes de introducirlos a la mezcladora.

Los aditivos que son solubles en agua y los aditivos líquidos, deben ser adicionados a la mezcladora en solución con el agua de la mezcla. La cantidad de tal solución usada debe ser incluida en e l cálculo del agua de la mezcla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los aditivos que son incompatibles en su forma concentrada, tales como las soluciones de cloruro de calcio y algunos aditivos incluso de aire y retardantes de fraguado, no deben ser entremezclados antes de ser adicionados al concreto.

El tiempo, la secuencia y el método utilizados para adicionar algunos aditivos a la mezcla de concreto, pueden tener efectos importantes sobre propiedades tales como el tiempo de fraguado y el contenido de aire.

El método seleccionado para la adición de aditivos se debe mantener inalterable de una mezclada a otra.

3) MUESTRA

- **Muestras Cilíndricas:** Puede ser de varios tamaños, siendo el mínimo de 50,0 mm (2") de diámetro por 100 mm (4") de longitud.

  Si se desea establecer correlaciones o comparaciones con cilindros elaborados en el campo, los cilindros deberán ser de 150 mm x 300 mm (6" x 12"). De lo contrario, las dimensiones dependerán de lo indicado en la de esta norma (NTP 339.183, MTC E 702) y del método específico de ensayo.

  Nosotros utilizamos moldes reutilizables de PVC con dimensiones de 100 mm x 200 mm.

- **Muestras Prismáticas:** Las vigas para ensayos de flexión, prismas para congelamiento y deshielo, compresión, adherencia, cambio de longitud o de volumen, deben ser elaboradas con el eje longitudinal en posición horizontal, a menos que el ensayo en cuestión lo exija de otra manera, y sus dimensiones se deberán ajustar a los requisitos especificados de cada ensayo.

  Las dimensiones de los moldes que utilizamos fueron de 600 mm x150 mm x150 mm.

  Generalmente, los ensayos se hacen a edades de 7 y 28 días para compresión y a edades de 14 y 28 días para flexión. Los especímenes que contienen cemento tipo III son

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ensayados frecuentemente a 1,3, 7 y 28 días. Tanto para el ensayo de compresión como el de flexión, se pueden hacer ensayos a 3 meses, 6 meses y un año. Para otras edades de ensayo se pueden requerir otros tipos de especímenes.

- **Mezcla de Concreto:** La mezcla de concreto debe ser tal, que deje un 10% de residuo después de haber moldeado el espécimen de ensayo.

Los procedimientos de mezclado manual no son aplicables a concretos con aire incluido o a concretos con asentamiento no medible. El mezclado manual se debe limitar a bachadas de 0.007 m^3 (1/4 pie ^{3}) de volumen o menos.

- Mezcla con maquina.- Antes que empiece la rotación de la mezcladora se debe introducir el agregado grueso con algo del agua que se use en la mezcla y la solución del aditivo, cuando ésta se requiera, según se indica en la Sección 5.4 de la norma NTP 339.183. Siempre que sea posible, el aditivo se debe dispersar en el agua antes de su adicción a la mezcla. Se pone en funcionamiento la mezcladora, al cabo de unos cuantas revoluciones se adicionan el agregado fino, el cemento y el agua, con la mezcladora en funcionamiento.

Si para una mezcla particular o para un determinado ensayo no resulta práctico incorporar al agregado fino, el cemento y el agua con la mezcladora funcionando, ellos se incluirán con la máquina detenida, luego de haberse permitido algunas revoluciones. Seguidamente se debe mezclar el concreto durante 3 minutos a partir del momento en que todos los ingredientes estén en la mezcladora. Se apaga la mezcladora durante 3 minutos y se pone en funcionamiento durante 2 minutos de agitación final.

Se debe cubrir el extremo abierto de la mezcladora para evitar la evaporación durante el período de reposo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Se debe restituir todo mortero que se pierda por adhesión a la mezcladora, para conservar las proporciones.

El concreto se debe recibir en el recipiente limpio y seco y se debe re-mezclar con un palustre o pala, hasta hacerlo uniforme y evitar la segregación.

- **Determinación del Asentamiento.-** Se debe medir el asentamiento de cada bachada de acuerdo con la norma MTC E 705.
- **Determinación del Contenido de Aire.-** Se debe determinar el contenido de aire de acuerdo con la norma MTC E 704, el concreto utilizado en los ensayos de asentamiento y de rendimiento se puede devolver al recipiente de la mezcla y re-mezclarce con la bachada.
- **Rendimiento.-** Si se requiere se determina el rendimiento de cada bachada de concreto, de acuerdo con la norma MTC E 704, El concreto utilizado en los ensayos de asentamiento y de rendimiento se puede devolver al recipiente de la mezcla y re-mezclarse con la bachada.
- **Temperatura.-** Se determina la temperatura de cada bachada de concreto, en acuerdo con la norma ASTM C 1064.
- **Vaciado del concreto.-** Se considera lo siguiente:
  - Lugar del moldeo.- Se deben moldear los especímenes lo más cerca posible al lugar donde se van a guardar para su fraguado en las siguientes 24 horas. Los moldes se llevarán al depósito inmediatamente después de su elaboración y se colocarán sobre una superficie rígida y libre de vibraciones, evitando inclinaciones y movimientos bruscos. Durante el transporte, se deben evitar sacudidas, golpes, inclinaciones o raspaduras de la superficie.
  - Colocación.- El concreto se debe colocar en los moldes utilizando un palustre o utensilio similar. Se debe seleccionar cada palabra de concreto de tal manera que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

se representativa de la bachada; además la mezcla de concreto en el recipiente se debe re-mezclar continuamente durante el moldeo de los especímenes, con el objeto de prevenir la segregación. El palustre se debe mover alrededor del borde superior del molde a medida que se descarga el concreto, con el fin de asegurar una distribución simétrica de éste y minimizar la segregación del agregado grueso dentro del molde. Posteriormente se distribuye el concreto con la varilla compactadora, antes del inicio de la consolidación.

En la colocación de la capa final se debe intentar colocar una capa de concreto que complete exactamente el relleno del molde. No se permite la adición de muestras que no sean representativas del concreto dentro de un molde insuficientemente llenado

- Numero de capas.- El número de capas con el cual se fabrica el espécimen debe ser especificado

- **Compactación.-** La selección del método de compactación debe hacerse con base en el asentamiento, a menos que el método sea establecido en las especificaciones bajo las cuales se trabaja. Los dos métodos de compactación son: apisonado (por varillado) y vibración (externa o interna).Si el concreto tiene un asentamiento mayor a 75 mm (3") debe usarse el método de apisonado.

  - Apisonado por varillado.- Se coloca el concreto en el molde con el número de capas requeridas (Cuadro N° 31) aproximadamente del mismo volumen.

    Se apisona cada capa con la parte redonda de la varilla, utilizando el número de golpes y el tamaño de la varilla especificado en la Tabla 2. La capa inicial se apisona introduciendo la varilla hasta el fondo del molde. La distribución de golpes para cada capa debe ser uniforme sobre toda la sección transversal del molde.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para cada capa superior a la inicial se debe atravesar aproximadamente en 12 mm (1/2") la capa anterior cuando la profundidad de la capa sea menor de 100 mm (4"); aproximadamente en 25 mm (1") cuando la profundidad de la capa sea mayor de 100 mm (4"). En caso de dejar algunos huecos por la varilla se deben golpear ligeramente los lados del molde para cerrar dichos huecos. En los elementos prismáticos, introdúzcase el badilejo (o similar) por los costados y extremos después de apisonar cada capa.

Tabla N° 31 Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada De la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS	Apisonado(varillado)	3 iguales	
Hasta 300(12)	Apisonado(varillado)	Las	100(4)
Mayor que 300(12)	Vibración	requeridas	
Hasta 460(18)	Vibración	2 iguales	200(4)
Mayor que 460(18)		3 ó más	
PRISMAS	Apisonado(varillado)		
Hasta 200(8)	Apisonado(varillado)	2 iguales	100(4)
Mayor que 200(8)	Vibración	3 o más	
Hasta 200(8)	Vibración	1	200(8) C 172
Mayor que 200(8)		2 o más	

Fuente y elaboración: Manual de ensayos de Materiales del MTC.

Tabla N° 32. Diámetro de varilla y número de golpes por capa

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200(8)	16 (5/8)	50
250(10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior De la muestra en cm^2 ($pulg^2$)	Diámetro de varilla en mm (pulgada)	Número de golpes por capa
160(25)	10(3/8)	25
165(26) a 310 (49)	10(3/8)	1 por cada 7 cm^2 (1 $pulg^2$) de área
320(50) o más	16(5/8)	1 por cada14m^2 (2$pulg^2$) de área

Fuente y elaboración: Manual de ensayos de Materiales del MTC.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Acabado.-** Después de la compactación, se debe efectuar el acabado con las manipulaciones mínimas, de tal manera que la superficie quede plana y pareja a nivel del borde del cilindro o lado del molde, y no debe tener depresiones o protuberancias mayores de 3.2 mm (1/8").
- **Acabados de cilindros.-** Después de la compactación, se debe efectuar el acabado de la superficie por medio de golpes con la varilla apisonadora cuando la consistencia del concreto lo permita o con un badilejo o llana de madera. Si se desea, puede colocarse una capa de pasta de cemento sobre el espécimen a manera de refrentado.
- **Curado.-** Se realiza lo siguiente:
    - Cubrimiento después del acabado.- Para evitar la evaporación de agua del concreto sin endurecer, los testigos deben ser cubiertos inmediatamente después del acabado, preferiblemente con una platina no reactiva con el concreto, o con una lámina de plástico dura e impermeable. Se permite el uso de lona húmeda para el cubrimiento de la muestra, pero se evitará el contacto directo de la muestra con la lona, la cual debe permanecer húmeda durante las 24 horas contadas a partir del acabado de la muestra.
    - Extracción de la muestra.- Las muestras deben ser removidas de sus moldes en un tiempo no menor de 20 horas ni mayor de 48 horas después de su elaboración cuando no se empleen aditivos; en caso contrario, se podrán emplear tiempos diferentes.
    - Ambiente de curado.- Debe ser un ambiente óptimo de curado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7.5.1.2 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP) (NTP 339.035, MTC E 705)

Este ensayo nos permitirá determinar el asentamiento del concreto para las muestras elaboradas, el ensayo será aplicable para agregados gruesos menores de 1 ½", cuando el concreto no es plástico o cohesivo.

Concretos que presenten asentamientos menores de ½" pueden no ser plásticos y concretos que tengan asentamientos mayores a 9" pueden no ser cohesivos.

La muestra a utilizar será obtenida de la mezcla luego de los 5 minutos, finalizado el batido en el trompo.

Para realizar el ensayo de Asentamiento del Concreto (Slump),

- Se tomara el cono de Abrams humedecido normado y se colocara sobre una superficie plana
- Se fijara con apoyándolo con la ayuda de los pies con la superficie plana.
- Se llenara el cono de Abrams en 3 capas, cada capa se someterá a 25 golpes con la varilla de 5/8 de manera espiral hacia el centro.
- Finalizando la última capa se enrazara hasta el borde del cono de Abrams.
- Se saca el cono de Abrams y se voltea para poder realizar la medición de asentamiento (Slump) con una regla.
- Para la medición del Slump también se tuvo en consideración la perdida de consistencia del concreto a través del tiempo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7.5.1.3 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO (ASTM C 1064, MTC E 724) (LABORATORIO UCSM)

El objetivo es determinar la temperatura de mezclas de concreto fresco y puede ser usado para verificar la conformidad con un requerimiento especificado para la temperatura del concreto fresco en obra.

El concreto que contenga agregado de tamaño máximo nominal superior a 75 mm (3 plg.) puede requerir hasta 20 minutos para la transferencia de calor del agregado al mortero (reporte del Comité ACI 207.1).

EQUIPOS Y MATERIALES.

- Recipiente.- Debe estar elaborado de un material no absorbente y debe tener dimensiones tales que permitan un recubrimiento mínimo de 3 pulgadas (75 mm).
- Medidor de temperatura.- Debe de ser calibrado.

PROCEDIMIENTO.

Colocar el termómetro dentro de la muestra cubriendo el sensor con un mínimo de 3 plg. (75 mm) en todas las direcciones.

Tomar la lectura de temperatura después de un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, luego lea y registre.

2.7.5.2. ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO ENDURECIDO.

2.7.5.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS (NTP 339.034, MTC E 704) (LABORATORIO UCSM)

El ensayo de la resistencia a la compresión del concreto de especímenes cilíndricos nos permitirá experimentar, nuestros testigos o briquetas cilíndricas de concreto elaborados en laboratorio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares.

Se debe tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de la resistencia a la compresión mediante este método de ensayo, por cuanto la resistencia no es una propiedad intrínseca fundamental del concreto elaborado con determinados materiales. Los valores obtenidos dependen del tamaño y forma del espécimen, de la tanda, de los procedimientos de mezclado, de los métodos de muestreo, moldes y fabricación, así como de la edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado. Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS:

1) Equipos:

Máquina de Ensayo.- La máquina debe ser de un tipo tal, que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna las condiciones de velocidad (velocidad de carga que se utilizó en todos los ensayos fue de 0.24 MPa/s).

El equipo debe estar correctamente calibrado de acuerdo con la norma ASTM E-4 (Practica para la verificación de la carga de las máquinas de Ensayo).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La máquina de ensayo debe estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque con rótula el cual descansa sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual se colocará el espécimen. El bloque de carga con rotula debe cumplir con lo siguiente:

- El diámetro máximo de la cara de carga del bloque con rotula no debe exceder los valores que se dan a continuación:

Tabla N° 33. Especificaciones de diámetro de la cara de carga

Diámetro del espécimen de ensayo, mm (pulg)	Diámetro máximo de la cara de carga, mm (pulg)
50 (2)	105 (4)
75 (3)	130 (4)
100 (4)	165 (6,5)
150 (6)	255 (10)
200 (8)	280 (11)

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

2) Procedimiento:

El ensayo de compresión de muestras curadas en agua se debe hacer inmediatamente después de que estas han sido removidas del lugar de curado.

Las muestras se deben mantener húmedas utilizando cualquier método conveniente, durante el período transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando son ensayadas. Se deberán ensayar en condición húmeda.

Todos los especímenes de una edad determinada, se deben romper dentro de las tolerancias indicadas a continuación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 34.Tolerancias de edad de ensayo de los especímenes

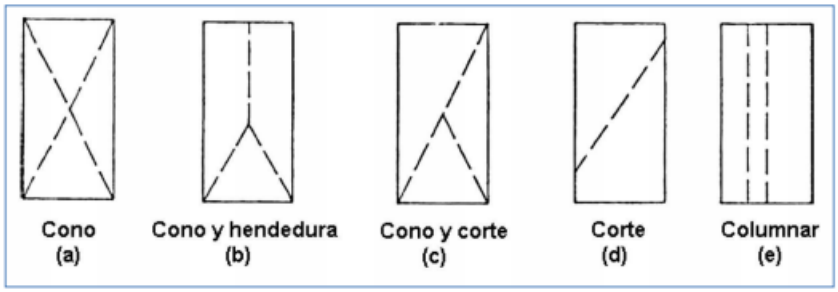
Edad del Ensayo	Edad del Ensayo
12 horas	0,25 o 2,1%
24 horas	± 0,5 horas o 2,1 %
3 días	2 horas ó 2,28%
7 días	6 horas ó 3,6%
28 días	20 horas 3,0%
56 días	40 horas ó 3,0%
90 días	2 días ö 2,2%

Fuente y elaboración: Propia

Se coloca el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior, se limpia con un paño las superficies de los bloques y se coloca el espécimen sobre el bloque inferior. Se alinea el eje del espécimen con el centro de presión del bloque superior y antes de ensayarlo el espécimen se debe verificar que el indicador de carga este ajustado en cero.

Se aplica la carga continuamente sin golpes bruscos, la carga es aplicada hasta que el indicador señale que ella comienza a decrecer de manera continua y el cilindro muestra un patrón de falla bien definido (figura 26.); si la resistencia medida es muy inferior a la esperada, se examina el cilindro para detectar zonas con vacíos o con evidencias de segregación o si la fractura atraviesa partículas del agregado grueso y se verifican, también, las condiciones del refrentado.

Figura N° 26. Tipos de falla de las muestras



Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3) Cálculos

Se calcula la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio del área de la sección transversal y expresada el resultado con una aproximación de 0.1 MPa (10 psi).

Nuestras muestras tuvieron una relación de longitud – diámetro mayor a 1.75; por lo tanto no se usó la tabla de factor de corrección.

2.7.5.2.2. ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS ESTANDARES DE CONCRETO (NTP 339, MTC E 708) (LABORATORIO UCSM)

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma. Se usaron moldes con dimensiones de diámetro = 150 mm y longitud = 300 mm

EQUIPOS, PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS

1) EQUIPOS

Máquina de Ensayo.- La máquina de ensayo se ajustara a los requerimientos de la norma MTC E 704 y deberá tener la suficiente capacidad para aplicar la carga que se describe más adelante en la sección 3.3.

Platina de apoyo suplementaria.- Si el diámetro o la mayor dimensión de las placas de apoyo, inferior y superior, es menor que la longitud del cilindro para ensayo, se debe usar una platina suplementaria de acero maquinado. Las superficies de la platinas deben ser planas dentro de una tolerancia de 0.025 mm (0.001 plg.), medida sobre cualquier línea de contacto del área de apoyo.

Debe tener un ancho, por lo menos, de 51 mm (2 plg.) y espesor no menor a la distancia entre el borde de las placas de apoyo y el extremo del cilindro. La platina se debe colocar de tal forma que la carga sea aplicada sobre la longitud total del cilindro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Listones de apoyo.- Deben ser dos tiras de cartón o dos listones de madera laminada, libres de imperfecciones, de 3,2 mm (1/8 plg.) de espesor, 25 mm (1 plg.) de ancho aproximadamente y longitud igual o ligeramente mayor que la del cilindro. Los listones de apoyo se deben colocar entre el cilindro de concreto y las placas superior e inferior de apoyo de la máquina de ensayo o entre el cilindro de concreto y la platina suplementaria, cuando ésta se utilice. Los listones de apoyo deben usarse solamente una vez.

2) MUESTRA

Los especímenes se prepararan y fabricaran de acuerdo con los métodos de hechura y curado de especímenes de concreto para ensayos, en el laboratorio o en el campo.

El siguiente procedimiento de curado será utilizado para la evaluación de concretos livianos: el espécimen ensayado a los 28 días, estará bajo condición de aire seco durante 21 días a 23.0 °C ± 1.7 °C y 50 ± 5% de humedad relativa, después de 7 días de curado húmedo.

3) PROCEDIMIENTO

Marcas.- Se dibujan diámetros sobre cada extremo del espécimen, utilizando un aparato adecuado, que permita asegurar que se encuentran en el mismo plano axial (figuras 1 y 2).

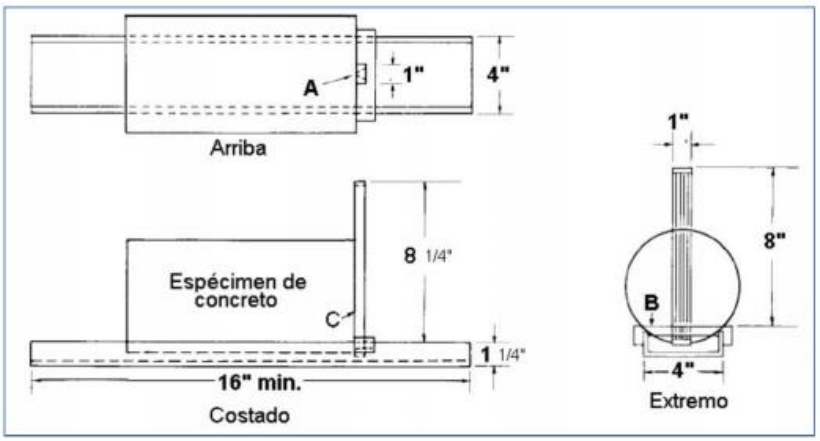
Medida de Diámetro y Longitud.- El diámetro se determina con aproximación de 0.25 mm (0.1”) mediante el promedio de tres medidas realizadas una cerca a cada extremo y una en el centro del cilindro. La longitud se determina con aproximación de 0.25 mm (0.1”), mediante el promedio de por lo menos dos medidas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 27. Equipo adecuado para el ensayo



Fuente y elaboración: Propia

Colocación de los listones de apoyo.- Se coloca un listón de apoyo a lo largo del centro de la placa inferior. Se pone el cilindro sobre el listón, de tal manera que el punto de tangencia de las dos bases esté concentrado sobre la lámina de apoyo. Se coloca el segundo listón longitudinalmente sobre el cilindro, centrándolo en forma similar al anterior.

También se puede centrar el espécimen utilizando las marcas dibujadas en los ejes centrales.

Velocidad de carga.- Se aplica carga al cilindro en forma continua evitando impacto, a velocidad constante comprendida entre 689 kPa/min (100 lb/plg²/min) y 1380 kPa/min (200 lb/plg²/min) mientras se rompe el cilindro.

Por lo tanto, la velocidad de aplicación de carga para cilindros normales de 152 mm por 305 mm (6” por 12”) está comprendida entre 50 y 100 kN/min (11300 y 22600 lb).

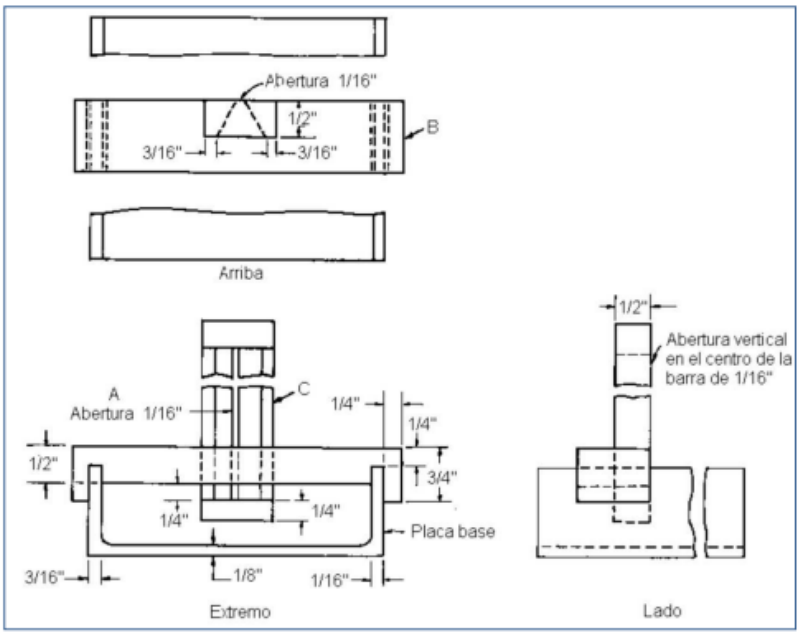
Se anota la carga de la máquina en el momento de rotura, lo mismo que el tipo de rotura y la apariencia del concreto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura N° 28. Detalle de la planta del equipo para el ensayo



Fuente y elaboración: Propia

Figura N° 29. Cilindro colocado para el ensayo de tensión indirecta

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de materiales del MTC

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4) Cálculos

El esfuerzo de tracción indirecta del cilindro se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma_t = \frac{2\ x\ F}{\pi\ x\ L\ x\ d} \text{ ------- (Ec. 28)}$$

Donde:

σ_t = Esfuerzo de tracción indirecta, kPa (lb/plg^2).

F = Carga máxima indicada por la máquina de ensayo, kN (lb).

L = Longitud del cilindro, m (plg).

d = Diámetro del cilindro, m (plg).

2.7.5.2.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (NTP 339.078, MTC E 709 ASTM C 1609M) (LABORATORIO DE SUPERMIX).

Se determinara el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión del concreto por medio de una vigueta de concreto cargada a los dos tercios de su luz.

Dicho ensayo nos permitirá hallar el Modulo de Rotura en MPa (lb/plg^2) cual valor esta normalizado

EQUIPOS, PROCEDIMIENTO Y MATERIALES.

1) MÁQUINA

Máquina de ensayo.- La máquina de ensayo deberá estar en óptimas condiciones, calibrado y en correcto funcionamiento. El método de carga en los dos tercios se deberá utilizar en el ensayo de flexión, empleando bloques de carga. Los cuales aseguran las fuerzas perpendiculares en la vigueta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los aparatos que se utilizaran en el ensayo de flexión del concreto deben tener la capacidad de mantener la longitud especificada de la luz entre apoyos y las distancias entre los bloques de aplicación de carga y los bloques de apoyo constantes, con una tolerancia de ± 1.3mm (0.05 plg.).

Los apoyos de reacción deben ser paralelos a la dirección de las fuerzas aplicadas en todo momento durante el ensayo y la relación entre la distancias del punto de aplicación de la carga a la reacción más cercana y la altura de la viga, no deberá ser menor que 1.0 ± 0.03

De acuerdo a la maquina usada para realizar el ensayo de flexión del concreto. Las barras de aplicación de carga y de apoyo no tendrán más de 64 mm (2.5 plg.) de altura, medida desde el centro del eje del pivote y se debe extender completamente a través o más allá del ancho completo del espécimen. Cada superficie endurecida de carga en contacto con la muestra no se debe separar del plano más de 0.05 mm (0.002 plg.), será una barra cilíndrica la que deberá transmitir la carga.

2) MUESTRA

Los especímenes o muestras de ensayo deben cumplir con los requerimientos de la norma MTC E 702 “Elaboración y curado de muestras de concreto para ensayos de laboratorio”.

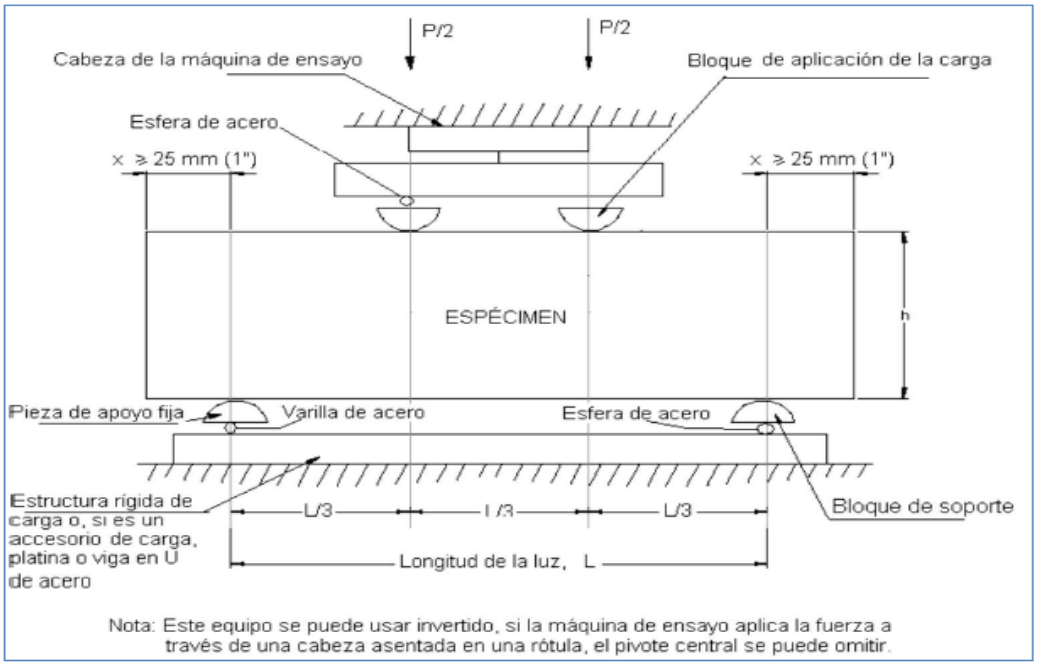
Las muestras deben tener una distancia libre entre apoyos de al menos, tres veces su altura, con una tolerancia de 2%. Los lados de la muestra deben formar ángulos rectos con las caras superior e inferior. Todas las superficies en contacto con las barras de aplicación de carga y de soporte deben ser suaves y libres de grietas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 30. Esquema del equipo para el ensayo por flexión.



Fuente y elaboración: Manual de carreteras del MTC

3) PROCEDIMIENTO

- Primeramente se hará un reconocimiento de la maquina a utilizar, seguidamente se calibrara y revisara su estado óptimo de funcionamiento.

Figura N° 31. Reconocimiento de la máquina

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Se lleva la muestra de concreto al lugar donde se someterá al ensayo de flexión del concreto, con el debido equipo y normas de seguridad.
- Se pondrá la muestra en un lugar estable para luego hacer un marcaje con la ayuda de una regla o una wincha las distancias para facilitar la colocación de la muestra en la máquina de ensayo, teniendo ejes de referencia y exactitud.

Figura N° 32. Delimitación de los ejes

Fuente y elaboración: Propia

- Se colocara el molde con las ligas de ajuste para evitar que la muestra sea expulsada de manera brusca en el momento de la rotura.

Figura N° 33. Colocado de la muestra

Fuente y elaboración: Propia

- Seguidamente se alineara la muestra con la ayuda de winchas, manteniendo las distancias establecidas de acuerdo a la normativa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 34. Medición de distancias

Fuente y elaboración: Propia

- Luego se colocara la barra del lado izquierdo y será alineada de acuerdo a las distancias establecidas y con la ayuda de las marcas hechas en la muestra y luego se verificara con la ayuda de una regla o wincha.

Figura N° 35. Colocación de las barras de presión

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Seguidamente se colocara el molde intermedio el cual ayudara ajustar la muestra y permitirá colocar los sensores de rotura, los cuales ayudaran a establecer el trabajo que realizaran las fibras en el concreto.

Figura N° 36. Colocación de las barras intermedia para sujetar los sensores.

Fuente y elaboración: Propia

- Verificando que todo este correctamente ajustado y ubicado, se podrá soltar el botón de seguridad y se colocaran los datos para que proceda el Ensayo a Flexión, ya sea Concreto Convencional (ASTM C78) o Ensayo a Flexión con fibras (ASTM C 1609)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

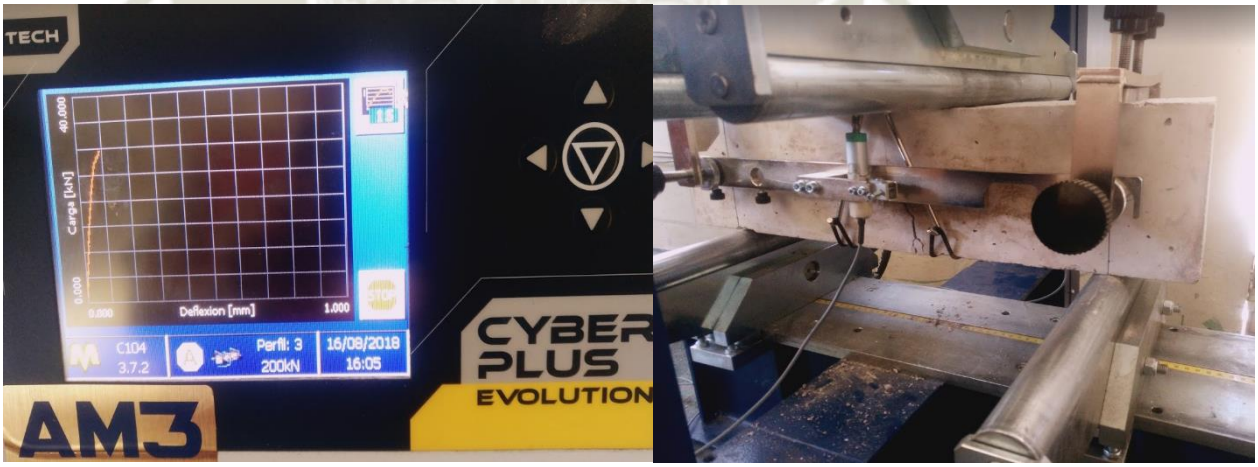
REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 37. Configuración en la computadora

Fuente y elaboración: Propia

- Seguidamente se Iniciara el ensayo de flexión respectivamente, esperando que se desarrolle de acuerdo a la muestra hasta que se produzca la rotura.

Figura N° 38. Inicio de la rotura a flexión



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4) Cálculos

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calculara con la siguiente formula:

$$M_r = \frac{P\ x\ L}{b\ x\ d^2} \text{ ------ (Ec. 29)}$$

Donde:

Mr = Modulo de rotura MPa (psi).

P = Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo N (lb).

L = Longitud libre entre apoyos mm (plg.)

b = Ancho promedio de la muestra mm (plg.)

d = Altura promedio de la muestra mm (plg.) incluye espesor refrentado.

Si la fractura ocurre en zona de tensión, fuera del tercio medio de la luz libre, a una distancia no mayor de 5% de la luz libre, se calcula el módulo de rotura de la siguiente manera.

$$M_r = \frac{3P\ x\ a}{b\ x\ d^2} \text{ ------ (Ec. 30)}$$

Donde:

a = Distancia promedio entra la línea de fractura y el soporte más cercano, medido sobre la zona de tensión de la viga mm (plg.).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO III ESTUDIOS DE INGENIERIA

3.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

3.1.1. TOPOGRAFÍA

La topografía sirve como base principal en la mayoría de los trabajos de Ingeniería, pues la elaboración y ejecución de un proyecto se hacen una vez se tengan los datos topográficos que representan finalmente todos los accidentes del terreno sobre el cual se va a realizar el proyecto.

El principal objetivo de los Estudios Topográficos es el de brindar suficientemente información del lugar de estudio del proyecto. De tal modo, se obtiene el relieve del terreno tanto en altimetría como en planimetría para su posterior ejecución.

En los trabajos realizados se considera; el estacado, la señalización, la determinación altimétrica y planimetría de los puntos, secciones transversales y el registro de todas las observaciones realizadas en campo.

En los trabajos de gabinete se fijó la rasante definitiva de las vías en base al perfil existente de las avenidas propuestas para mejorar con el presente proyecto, ya que es una zona urbana que tiene definida sus fachadas e instalaciones de agua potable, instalaciones de desagüe e instalaciones eléctricas y la construcción de viviendas.

La elección de un orden topográfico representa los distintos niveles de exigencia que se imponen a las operaciones, necesarias para materializar en el terreno y transportar luego a toda el área de interés un sistema de referencia manteniendo una exactitud concordante con las tolerancias especificadas. Dependen de la extensión del área por levantar y de la escala del plano que se desea ejecutar.

Para una exactitud especificada, mayor será el error acumulado cuanto mayor sea la extensión a levantar. Cuando mayor sea la escala de un plano, mayor será la resolución grafica posible de alcanzar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 35. Parámetros para la poligonal

POLIGONAL			
DESCRIPCIÓN	**PRIMARIA**	**SECUNDARIA**	**TERCIARIA**
Precisión Planimetría	1: 20000	1:10000	1:5000
Precisión Altimétrica	$10\sqrt{k}\ mm$	$10\sqrt{k}\ mm$	$10\sqrt{k}\ mm$
Extensión del levantamiento longitudinal	15 tramos ó Lmin = 0.8 km	15 tramos ó Lmin = 0.3 km	25 tramos ó Lmin = 0.15 km

Fuente y elaboración: Curso completo de topografía (SENCICO)

Para el caso de la presente tesis se toma en cuenta una poligonal abierta debido a que se estudiaran diferentes calles, localizadas en el "Camino vecinal en la principal Calle La Florida principal y Calles transversales", teniendo un aproximando de 1381.32 m para el levantamiento longitudinal

Para el levantamiento topográfico, se utilizaron los siguientes equipos:

- Una Estación Total SOUTH, número de serie: NTS – 342, con tres prismas
- Un Nivel de precisión NIKON modelo AC-2s, Con 02 miras
- GPS GARMING Navegador
- Equipo de radio comunicación SANSUNG
- Eclímetros
- Camioneta Toyota 4 x 4.
- Winchas, Jalones, etc.

El uso de esta tecnología proporciona ventajas en cuanto a los tiempos de medición, niveles de precisión, permitiendo automáticamente y ampliamente el proceso del levantamiento.

El eje y los anchos de las vías deben ser adaptados a la sección de las calles y avenidas que existen y que están bordeadas por las diferentes viviendas ya construidas, así estas calles y

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

avenidas ya poseen dimensiones y pendientes definidas. Se tiene un ancho de plataforma variable desde 4 m como mínimo hasta 10 m como un máximo.

3.1.2. PLANOS Y ESCALAS

Se presentan para la presente Tesis los siguientes planos: Ubicación, Planta y Detalles Constructivos; necesarios que permita la futura ejecución de la obra.

Las escalas se mencionan en cada plano, y están determinadas teniendo correcta lectura durante la ejecución de la obra.

3.1.3. PROCEDIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para desarrollar el plano topográfico del proyecto se usaron las lecturas de las coordenadas proporcionadas por la estación total (SOUTH), GPS, 03 prismas, 03 porta prismas, 1 estación total, 2 miras y 1 wincha.

Cabe precisar que se realizó el levantamiento por el método de la poligonal abierta tomando 6 estaciones referenciales.

Según el manual para el Diseño de Carreteras pavimentadas de Bajo Volumen de Transito del MTC la tolerancia en poligonales o redes de apoyo es de 1/10000, como Error Relativo y una distancia máxima de 0.5 km por lado de la poligonal.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 36. Tolerancias en poligonales

Fase de trabajo	Tolerancias		Distancias entre hitos
	Horizontal	Vertical	
Georreferenciación	1:100000	e =5 $\sqrt{k}$	40 km
Puntos de control (Polígonos o triángulos)	1:10000	e =12 $\sqrt{k}$	0.5 km
Puntos del eje, (PC), (PT), puntos en curva y referencias.		±10 mm.	-------
Otros puntos del eje	±50 mm.	±10 mm.	-------
Alcantarillas, cuentas y estructuras menores	±50 mm.	±20 mm.	-------
Muros de contención	±20 mm.	±10 mm.	-------
Límites para roce y limpieza	±500 mm.	----------	-------
Estacas de subrasante	±50 mm.	±10 mm.	-------
Estacas de rasante	±50 mm.	±10 mm.	-------
Estacas de talud	±50 mm.	±100 mm.	-------

Fuente y elaboración: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC)

e = Error relativo en milímetros

k = Distancia en Kilómetros

3.1.3.1. CALCULO DE ERROR RELATIVO

Este valor permite evaluar la precisión o calidad de la poligonal de apoyo:

Er = 1 / longitud total de la poligonal / e ----- (Ec. 31)

Donde e = Error lineal.

3.1.4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

3.1.4.1. ALTIMETRÍA

Para la determinación de la rasante, se tomó la cota proyectadas de las avenidas ya pavimentadas y se continuó así tomando como punto B.M. un punto existente, como se observa en los cuadros de más adelante, así si mismo cada punto B. M. conto con una cota, y a partir de esto iniciar la poligonal, para poder empezar hacer el levantamiento topográfico de las diferentes calles y avenidas en estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.4.2. NIVELACIÓN

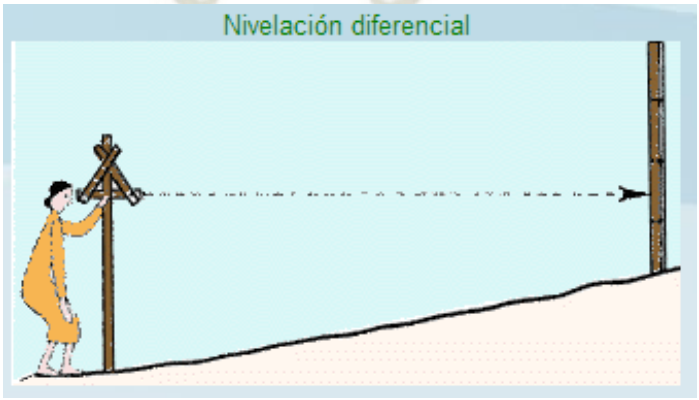
La nivelación es el proceso de medición de elevaciones o altitudes de puntos sobre la superficie de la tierra. La elevación o altitud es la distancia vertical medida desde la superficie de referencia hasta el punto considerado.

La distancia vertical deber ser medida a lo largo de una línea vertical definida como la línea que sigue la dirección de la gravedad o dirección de la plomada.

Así mismo existen diferentes tipos de nivelación, como los que describiremos a continuación:

- Nivelación diferencial.- Cuando se lleva a cabo una nivelación diferencial, se determina la diferencia de nivel de puntos que están a una cierta distancia unos de otros. La nivelación directa diferencial más sencilla consiste en medir sólo dos puntos, A y B, a partir de una estación central, EN.
- Nivelación de perfil.- Cuando se lleva a cabo una nivelación de perfil, se determina el nivel o cota de puntos situados a intervalos regulares a lo largo de una línea conocida, tal como el eje de un canal de alimentación de agua o el eje longitudinal de un valle. Este tipo de nivelación permite determinar la altura de diferentes puntos de un perfil transversal.

Figura N° 39. Nivelación diferencial



Fuente y elaboración: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 40. Nivelación de perfil

Fuente y elaboración: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

- NIVELACION DE PERFILES

En ingeniería es común hacer nivelaciones de alineación para proyectos de carreteras, canales, acueductos, etc. Estas nivelaciones reciben el nombre de nivelación de perfiles longitudinales, y se toman a lo largo de los ejes de las vías en estudio. En el caso de nivelaciones para proyectos viales, la nivelación se hace a lo largo del eje del proyecto con punto de mira a cada 20 m ó 40 m, dependiendo del tipo de terreno más en los puntos de quiebre brusco del terreno.

Los puntos de cambio y las estaciones deben ubicarse de manera de abarcar la mayor cantidad posible de puntos intermedios. Debe tenerse cuidado en la ubicación de los puntos de cambio ya que estos son los puntos de enlace o de transferencia de cotas. Deben ser puntos firmes en el terreno, o sobre estacas de madera, vigas de puentes, etc.

Siendo los puntos de cambio puntos de transferencia de cotas, en ellos siempre será necesario tomar una lectura adelante desde una estación y una lectura atrás desde la estación siguiente.

- CONTROL DE NIVELACIONES

Para poder determinar el error de una nivelación, es necesario realizar una nivelación de enlace con puntos de control (BM) al inicio y al final de la nivelación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- ERROR DE CIERRE

El error de cierre de una nivelación depende de la precisión de los instrumentos utilizados, del número de estaciones, de puntos de cambio y del cuidado puesto en las lecturas y la colocación de la mira.

Es una nivelación abierta, en donde el punto de llegada es el último punto lejos de la partida, la cota del punto inicial puede variar o ser igual en referencia al punto inicial.

- TOLERANCIA DEL ERROR DE CIERRE.

La tolerancia del error de cierre depende de la importancia del trabajo, de la precisión de los instrumentos a utilizar y de las normativas existentes.

Para el presente proyecto, de acuerdo a la clasificación antes mostrada utilizaremos las recomendaciones y errores máximos tolerables de una nivelación ordinaria, donde la distancia acumulada representa la distancia total recorrida en el proceso de nivelación.

Tabla N° 37. Clasificación de la nivelación

NIVELACION				
CLASIFICACION	**NIVELACION APROXIMADA**	**NIVELACON ORDINARIA**	**NIVELACION DE PRECISION**	**NIVELACION DE ALTA PRECISION**
USOS RECOMENDADOS	Reconocimientos o anteproyectos	Construccion de carreteras, vias ferreas u otras construcciones civiles	Planos de poblacion o para establecer puntos de referencia principales.	Puntos permanentes de cota bien exacta que formen una red de apoyo
LONGITUD DE VISUALES	Hasta 300 m	Hasta 190 m	Hasta 90 m	Maximo de 90 m
PRECISION DE LECTURAS	3cm	2 mm	0.25 mm	0.25 mm
ERROR MAXIMO TOLERABLE	$0.08\sqrt{Distancia\ en\ kilometros}$ (m)	$0.02\sqrt{Distancia\ en\ kilometros}$ (m)	$0.01\sqrt{Distancia\ en\ kilometros}$ (m)	$0.004\sqrt{Distancia\ en\ kilometros}$ (m)

Fuente: Curso completo de topografía (SENCICO) Elaboración: Propia

- COMPENSACION DE NIVELACIONES

Si al comparar el error de cierre con la tolerancia resulta que este es mayor que la tolerancia, se hace necesario repetir la nivelación. En caso de verificarse que el error es

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

menor que la tolerancia se procede a la compensación de la misma siguiendo uno de los métodos mostrados a continuación:

- COMPENSACION PROPORCIONAL A LA DISTANCIA NIVELADA.

  Observando la ecuación anterior vemos que la tolerancia está en función de la distancia nivelada razón por la cual uno de los métodos de ajuste de nivelaciones distribuye el error en forma proporcional a las distancias.

- COMPENSACION SOBRE LOS PUNTOS DE CAMBIO

  Este método, es más sencillo que el anterior, supone que el error se comete sobre los puntos de cambio y que es independiente de la distancia novelada.

  Para nuestro caso elegiremos el método de compensación proporcional a la distancia nivelada.

- PROCEDIMIENTO PARA LA NIVELACIÓN

  Primero se procedió al replanteo de cada eje de las vías en estudio, teniendo como puntos fijos en algunos casos las esquinas de las casas y bases de los postes de energía eléctrica.

  Se usó la estación total para la nivelación, obteniendo así los siguientes datos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 38. Nivelación de la Av. La Florida

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)
BM Tapa Bz	0	0	1.82			3201.67	3199.85
	10	10		-1.43			3200.24
	10	20		-1.196			3200.474
	10	30		-0.857			3200.813
	10	40		-0.517			3201.153
	10	50		-0.243			3201.427
	10	60		0.053			3201.723
	10	70		0.535			3202.205
	10	80		1.082			3202.752
	10	90		1.552			3203.222
	10	100	0.611	0	3.873	3204.334	3203.723
	10	110		-1.158			3204.176
	10	120		-0.43			3204.904
	10	130		-0.389			3204.945
	10	140		0.112			3205.446
	10	150		0.322			3205.656
	10	160		0.551			3205.885
Pista	10	170		0.849			3206.183
	10	180		1.175			3206.509
	10	190		1.659			3206.993
	10	200	2.54	0	2.409	3210.283	3207.743
	10	210		-1.293			3208.99
	10	220		0.007			3210.29
	10	230		1.585			3211.868
	10	240		2.734			3213.017
Pista	10	250	3.388	0	3.903	3217.574	3214.186
	10	260		-2.47			3215.104
	10	270		-1.479			3216.095
	10	280		-0.716			3216.858
	10	290		-0.094			3217.48
	10	300		0.286			3217.86
	10	310		0.463			3218.037
	10	320		0.54			3218.114
	10	330		0.559			3218.133
	10	340		0.702			3218.276
	10	350	3.702	0	0.870	3222.146	3218.444
	10	360		-3.356			3218.79
	10	370		-2.717			3219.429
	10	380		-1.988			3220.158
	10	390		-1.421			3220.725
	10	400		-0.628			3221.518
	10	410		0.149			3222.295
	10	420		0.925			3223.071
	10	430		1.701			3223.847
	10	440		2.296			3224.442

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)
Pista	10	450	4.76	0	2.862	3229.768	3225.008
	10	460		-3.323			3225.545
	10	470		-3.806			3225.062
	10	480		-2.308			3226.56
	10	490		-1.705			3227.163
Pista	10	500		-1.113			3227.755
	10	510		-0.39			3228.478
	10	520		0.656			3229.524
	10	530		2.097			3230.965
	10	540		3.518			3232.386
	10	550	3.199	0	4.891	3236.958	3233.759
	10	560		-1.887			3235.071
	10	570		-0.565			3236.393
	10	580		0.606			3237.564
	10	590		1.565			3238.523
	10	600	4.25	0	2.475	3243.683	3239.433
	10	610		-3.1			3240.583
	10	620		-2.287			3241.396
	10	630		-1.486			3242.197
	10	640		-0.73			3242.953
	10	650		-0.086			3243.597
	10	660		0.735			3244.418
	10	670		1.312			3244.995
	10	680		1.925			3245.608
	10	690		2.774			3246.457
	10	700	2.372	0	3.577	3249.632	3247.26
	10	710		-1.473			3248.059
	10	720		-0.834			3248.698
	10	730		-0.269			3249.263
	10	740		0.34			3249.872
	10	750		0.945			3250.477
	10	760		1.567			3251.099
	10	762.817			1.775		3251.307
Distancia Total			26.642		26.635		

Fuente y elaboración: Propia

$$Ecierre\ (m) = \sum Vista\ atrás - \sum Vista\ adelante$$ ------ (Ec. 32)

$$Ecierre\ (m) = 26.642 - 26.628 = 0.007$$

$$Error\ Tolerancia\ Máximo = Emax = m\sqrt{k} = 0.02 * \sqrt{0.762}$$

$$Emax = 0.01745$$

$$Comparando \rightarrow Ecierre < Emáx \rightarrow 0.007 < 0.01745\ ok$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 39. Nivelación de la Av. Begonias

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)
BM Tapa Bz	0	0	2.157			3246.325	3248.482
	10	10		1.941			3248.266
	10	20		1.723			3248.048
	10	30		1.354			3247.679
	10	40		1.133			3247.458
	10	50		0.733			3247.058
	10	60		0.132			3246.457
	10	70		-0.382			3245.943
	10	80		-0.923			3245.402
	10	90		-1.351			3244.974
	10	100	1.599		1.948	3242.778	3244.377
	10	110		0.897			3243.675
	10	120		0.285			3243.063
	10	130		-0.218			3242.56
	10	140		-0.816			3241.962
	10	150		-1.265			3241.513
	10	160		-1.803			3240.975
Pista	10	170		-2.307			3240.471
	10	180		-2.809			3239.969
	10	190		-3.285			3239.493
	10	200	2.664		3.771	3236.343	3239.007
	10	210		2.269			3238.612
	10	220		1.883			3238.226
	10	230		1.431			3237.774
	10	240		0.85			3237.193
Pista	10	250		0.543			3236.886
	10	260		0.122			3236.465
	10	270		-0.328			3236.015
	10	280		-0.672			3235.671
	10	290		-1.04			3235.303
	10	300	0.715		1.426	3234.202	3234.917
	10	310		0.225			3234.427
	10	320		-0.317			3233.885
	10	330		-0.982			3233.22
	10	340			1.843		3232.376
Sumatoria de la distancia total			7.135		7.145		

Fuente y elaboración: Propia

$$Ecierre\ (m) = \sum Vista\ atrás - \sum Vista\ adelante$$

$$Ecierre\ (m) = 7.128 - 7.145 = 0.010$$

$$Error\ Tolerancia\ Máximo = Emax = m\sqrt{k} = 0.02 * \sqrt{0.340}$$

$$Emax = 0.01166$$
$$Comparando \rightarrow Ecierre < Emáx \rightarrow 0.017 < 0.0288\ ok$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 40. Nivelación de la Calle Dalias

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)	Compens. (m)	Cota Acumulada (m)
BM Tapa Bz	0	0	1.373			3201.453	3200.08	0.000	3200.080
	10	10		-1.048			3200.405	0.000	3200.405
	10	20		-0.81			3200.643	0.000	3200.643
	10	30		-0.544			3200.909	0.000	3200.909
	10	40		-0.711			3200.742	0.000	3200.742
	10	50		0.703			3202.156	0.000	3202.156
	10	60		1.479			3202.932	0.000	3202.932
	0.53	60.53			1.377		3202.83	-0.001	3202.831
Sumatoria de la distancia total			1.373		1.377				

Fuente y elaboración: Propia

$$Ecierre\ (m) = \sum Vista\ atrás - \sum Vista\ adelante$$

$$Ecierre\ (m) = \ 1.373 - 1.377 = 0.004$$

$$Error\ Tolerancia\ Máximo = Emax = m\sqrt{k} = 0.02 * \sqrt{0.0061}$$

$$Emax = 0.0015$$

$$Comparando \rightarrow Ecierre < Emáx \rightarrow 0.004 < 0.004\ Corregir$$

Tabla N° 41. Nivelación de la Calle Los Jardines

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)
BM Tapa Bz	0	0	0.507			3205.427	3205.934
	10	10		0.114			3205.541
	10	20		-0.235			3205.192
	10	30		-0.464			3204.963
	10	40		-0.490			3204.937
	10	50		-0.518			3204.909
	10	60		-0.583			3204.844
	10	70		-0.539			3204.888
	10	80		-0.420			3205.007
	8.159	88.159			0.512		3204.922
Sumatoria de distancia total			0.507		0.512		

Fuente y elaboración: Propia

$$Ecierre\ (m) = \sum Vista\ atrás - \sum Vista\ adelante$$

$$Ecierre\ (m) = \ 0.507 - 0.512 = 0.005$$

$$Error\ Tolerancia\ Máximo = Emax = m\sqrt{k} = 0.02 * \sqrt{0.088}$$

$$Emax = 0.0057$$

$$Comparando \rightarrow Ecierre < Emáx \rightarrow 0.005 < 0.0057\ ok$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 42. Nivelación de Pasaje Mollecito

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)
BM Tapa Bz	0	0	1.286			3240.287	3241.573
	10	10		1.033			3241.32
	10	20		0.500			3240.787
	10	30		0.267			3240.554
	10	40		-0.598			3239.689
	10	45.267			1.286		3239.001
Sumatoria de distancia total			1.286		1.286		

Fuente y elaboración: Propia

$$Ecierre\ (m) = \sum Vista\ atrás - \sum Vista\ adelante$$

$$Ecierre\ (m) = 1.286 - 1.286 = 0.00$$

$$Error\ Tolerancia\ Máximo = Emax = m\sqrt{k} = 0.02 * \sqrt{0.045}$$

$$Emax = 0.0042$$

$$Comparando \rightarrow Ecierre < Emáx \rightarrow 0.00 < 0.01285\ ok$$

Tabla N° 43. Nivelación del Pasaje Amapolas

ESTAC.	Distancia Parcial (m)	Distancia Acumulada (m)	Vista Atrás (m)	Vista Intermedia (m)	Vista Adelante (m)	Cota Instrumental (m)	COTA acumulada (m)
BM Tapa Bz	0	0	1.935			3242.655	3244.59
	10	10		-1.682			3244.324
	10	20		-1.433			3244.075
	10	30		-1.184			3243.826
	10	40		-0.721			3243.363
	10	50		0.34			3242.302
	9.573	59.573			1.934		3240.721
Sumatoria de distancia total			1.935		1.934		

Fuente y elaboración: Propia

$$Ecierre\ (m) = \sum Vista\ atrás - \sum Vista\ adelante$$

$$Ecierre\ (m) = 1.935 - 1.934 = 0.001$$

$$Error\ Tolerancia\ Máximo = Emax = m\sqrt{k} = 0.02 * \sqrt{0.060}$$

$$Emax = 0.0015$$

$$Comparando \rightarrow Ecierre < Emáx \rightarrow 0.00 < 0.01285\ ok$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.5. DATOS PARA LA POLIGONAL

En la presente tesis se obtuvieron datos que sirvieron para la el diseño de la pista, los datos obtenidos se dio en tres direcciones, X, Y y Z a continuación detallamos los puntos con su respectivo BM.

Tabla N° 44. Puntos para la planimetría

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
1	7999038.88	700089.495	3203.11	POSTE
2	7999039.26	700089.092	3202.974	VEREDA
3	7999040.43	700090.728	3203.134	LINDERO
4	7999041.65	700089.457	3202.983	VEREDA
5	7999043.44	700079.189	3202.979	VEREDA
6	7999044.07	700077.766	3203.24	LINDERO
7	7999047.01	700079.053	3202.937	POSTE
8	7999051.01	700085.973	3202.327	CANAL
9	7999051.54	700084.204	3202.182	CANAL
10	7999054.51	700078.922	3202.19	LINDERO
11	7999061.76	700079.742	3201.91	LINDERO
12	7999071.59	700080.856	3201.009	LINDERO
13	7999077.56	700095.37	3200.458	LINDERO
14	7999091.61	700097.114	3199.615	LINDERO
15	7999098.04	700097.92	3199.367	LINDERO
16	7999099.86	700100.252	3199.298	LINDERO
17	7999098.6	700096.805	3199.808	POSTE
18	7999100.78	700100.502	3199.283	POSTE
19	7999100.89	700100.501	3199.666	BMS - 1
20	7999070.43	700093.254	3201.18	POSTE
21	7999079.65	700089.833	3200.584	LINDERO
22	7999080.2	700088.056	3200.581	LINDERO
23	7999096.7	700084.966	3200.465	POSTE
24	7999101.73	700092.72	3199.901	CANAL
25	7999101.95	700090.89	3199.921	CANAL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
26	7999101.75	700084.416	3200.259	LINDERO
27	7999104.85	700095.046	3199.848	EJEPISTA
28	7999107.64	700095.527	3199.871	VEREDA
29	7999108.88	700093.823	3199.965	VEREDA
30	7999110.47	700094.899	3199.962	VEREDA
31	7999106.97	700083.661	3200.299	EJE
32	7999114.73	700094.025	3200.324	LINDERO
33	7999115.63	700085.995	3200.461	LINDERO
34	7999117.76	700068.201	3200.926	LINDERO
35	7999103.68	700068.593	3200.665	LINDERO
36	7999105.36	700054.583	3201.025	LINDERO
37	7999106.5	700045.609	3201.222	LINDERO
38	7999107.15	700039.699	3201.426	LINDERO
39	7999108.92	700024.817	3202.282	LINDERO
40	7999109.82	700017.301	3202.367	LINDERO
41	7999110.65	700010.034	3202.936	LINDERO
42	7999111.16	700005.993	3203.316	LINDERO
43	7999112.48	699995.07	3204.106	LINDERO
44	7999114.15	699980.186	3204.654	LINDERO
45	7999114.78	699972.817	3205.053	LINDERO
46	7999115.82	699965.439	3205.313	LINDERO
47	7999117.88	699951.214	3205.619	LINDERO
48	7999118.93	699941.834	3205.476	LINDERO
49	7999118.33	699941.483	3205.447	LINDERO
50	7999110.89	699947.426	3205.422	LINDERO
51	7999093.02	699961.934	3205.154	LINDERO
52	7999084.62	699968.418	3204.732	LINDERO
53	7999069.45	699980.326	3204.477	LINDERO
54	7999052.2	699995.125	3204.699	LINDERO
55	7999057.46	699975.541	3205.412	LINDERO
56	7999073.17	699962.804	3205.259	LINDERO
57	7999081.31	699956.334	3205.385	LINDERO
58	7999087.44	699951.31	3205.283	LINDERO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
59	7999093.53	699946.233	3204.88	LINDERO
60	7999098.15	699942.473	3204.912	LINDERO
61	7999096.95	699940.883	3204.682	LINDERO
62	7999104.56	699934.5	3204.679	LINDERO
63	7999113.71	699929.683	3205.811	LINDERO
64	7999120.75	699924.115	3206.311	LINDERO
65	7999121.64	699902.853	3207.146	LINDERO
66	7999122.92	699897.621	3207.565	LINDERO
67	7999105.86	699803.946	3217.147	LINDERO
68	7999100.34	699781.396	3216.295	LINDERO
69	7999100.81	699771.545	3216.584	LINDERO
70	7999100.86	699759.567	3217.235	LINDERO
71	7999100.83	699752.507	3216.837	LINDERO
72	7999099.94	699709.886	3221.675	LINDERO
73	7999085.6	699611.23	3227.047	LINDERO
74	7999083.49	699603.313	3227.433	LINDERO
75	7999080.21	699594.995	3228.451	LINDERO
76	7999076.55	699587.686	3228.785	LINDERO
77	7999072.77	699578.66	3230.557	LINDERO
78	7999066.4	699562.758	3232.296	LINDERO
79	7999063.82	699556.041	3233.393	LINDERO
80	7999058.7	699543.947	3235.191	LINDERO
81	7999057.89	699544.551	3235.18	LINDERO
82	7999054.57	699538.123	3237.351	LINDERO
83	7999052.82	699530.244	3237.947	LINDERO
84	7999040.73	699503.452	3240.375	LINDERO
85	7999037.59	699495.947	3241.24	LINDERO
86	7999034.77	699492.983	3241.477	LINDERO
87	7999035.48	699490.81	3241.591	LINDERO
88	7999029.43	699495.783	3241.206	LINDERO
89	7999024.15	699502.94	3240.99	LINDERO
90	7999018.7	699505.737	3240.372	LINDERO
91	7999013.1	699508.701	3240.745	LINDERO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
92	7999018.05	699501.722	3240.407	LINDERO
93	7999032.7	699483.746	3242.019	LINDERO
94	7999027.84	699472.369	3243.396	LINDERO
95	7999024.28	699464.069	3243.655	LINDERO
96	7999024.25	699464.097	3243.687	LINDERO
97	7999019.65	699466.296	3243.912	LINDERO
98	7998998	699476.737	3244.222	LINDERO
99	7998970.84	699483.23	3240.779	LINDERO
100	7998983.96	699477.03	3242.994	LINDERO
101	7998994.88	699471.671	3243.683	LINDERO
102	7999023.04	699457.771	3244.686	LINDERO
103	7999014.93	699442.056	3245.575	LINDERO
104	7999010.81	699432.162	3246.204	LINDERO
105	7999005.62	699419.877	3247.216	LINDERO
106	7999002.15	699409.946	3247.723	LINDERO
107	7998993.09	699412.468	3248.365	LINDERO
108	7998990.26	699413.804	3248.123	LINDERO
109	7998979.96	699418.563	3248.137	LINDERO
110	7998971.85	699422.298	3247.787	LINDERO
111	7998963.9	699421.664	3247.785	LINDERO
112	7998954.82	699417.864	3247.611	LINDERO
113	7998942.78	699408.195	3245.706	LINDERO
114	7998936.69	699402.891	3245.564	LINDERO
115	7998932.78	699412.738	3245.037	LINDERO
116	7998925.33	699394.741	3245.487	LINDERO
117	7998899.42	699383.758	3239.879	LINDERO
118	7998896.43	699380.567	3239.862	LINDERO
119	7998890.36	699387.422	3239.653	LINDERO
120	7998839.7	699324.448	3235.551	LINDERO
121	7998839.7	699325.52	3235.335	LINDERO
122	7998843.79	699335.323	3234.943	LINDERO
123	7998764.72	699237.679	3229.454	LINDERO
124	7998761.64	699226.115	3229.996	LINDERO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
125	7998759.59	699217.87	3230.288	LINDERO
126	7998757.72	699209.993	3230.568	LINDERO
127	7998758.45	699184.967	3232.465	LINDERO
128	7998745.48	699182.682	3232.556	LINDERO
129	7998748.07	699176.633	3232.748	LINDERO
130	7998757.89	699174.584	3232.832	LINDERO
131	7998752.19	699153.263	3233.036	LINDERO
132	7998770.02	699207.283	3230.858	LINDERO
133	7998771.36	699204.854	3231.522	LINDERO
134	7998802.38	699239.113	3235.62	LINDERO
135	7998810.55	699249.835	3236.239	LINDERO
136	7998822.55	699271.973	3237.131	LINDERO
137	7998828.97	699280.871	3237.035	LINDERO
138	7998894.26	699344.84	3243.715	LINDERO
139	7998904.91	699357.231	3243.382	LINDERO
140	7998912.83	699366.599	3244.076	LINDERO
141	7998933.08	699385.821	3245.979	LINDERO
142	7998938.5	699390.36	3245.629	LINDERO
143	7998960.7	699408.456	3247.217	LINDERO
144	7998978.01	699406.413	3248.128	LINDERO
145	7998983.01	699404.119	3248.099	LINDERO
146	7998988.05	699401.503	3248.44	LINDERO
147	7998998.78	699395.414	3248.781	LINDERO
148	7998999.77	699393.675	3248.975	LINDERO
149	7998998.94	699384.98	3249.369	LINDERO
150	7998996.5	699361.87	3250.705	LINDERO
151	7998996.57	699361.841	3250.744	LINDERO
152	7998994.81	699348.368	3252.94	LINDERO
153	7998991.59	699313.666	3254.306	LINDERO
154	7999000.21	699331.332	3253.369	LINDERO
155	7999003.52	699337.966	3252.859	LINDERO
156	7999005.78	699338.148	3252.811	LINDERO
157	7999008.08	699336.538	3252.793	LINDERO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
158	7999008.4	699361.389	3249.307	LINDERO
159	7999010.1	699375.146	3248.73	LINDERO
160	7999010.82	699375.464	3248.724	LINDERO
161	7999011	699385.915	3248.54	LINDERO
162	7999012.34	699398.496	3248.409	LINDERO
163	7999013.59	699408.299	3247.934	LINDERO
164	7999015.75	699415.964	3247.372	LINDERO
165	7999043.04	699453.487	3243.532	LINDERO
166	7999034.1	699458.249	3244.136	LINDERO
167	7999037.49	699466.144	3243.557	LINDERO
168	7999046.05	699485.741	3241.494	LINDERO
169	7999049.84	699492.869	3240.285	LINDERO
170	7999049.67	699494.261	3240.302	LINDERO
171	7999053.36	699502.76	3239.678	LINDERO
172	7999057.55	699511.962	3239.095	LINDERO
173	7999072.14	699545.862	3234.923	LINDERO
174	7999082.11	699569.832	3231.274	LINDERO
175	7999088.09	699582.953	3229.339	LINDERO
176	7999092.05	699594.985	3228.162	LINDERO
177	7999093.94	699602.793	3227.554	LINDERO
178	7999096.27	699611.401	3227.067	LINDERO
179	7999099.46	699623.483	3226.838	LINDERO
180	7999101.17	699631.117	3226.016	LINDERO
181	7999106.16	699628.59	3226.403	LINDERO
182	7999112.03	699617.205	3227.147	LINDERO
183	7999103.63	699639.338	3225.603	LINDERO
184	7999102.52	699639.935	3225.6	LINDERO
185	7999104.87	699649.032	3225.84	LINDERO
186	7999110.76	699646.232	3226.032	LINDERO
187	7999112.93	699720.766	3220.218	LINDERO
188	7999112.93	699726.898	3219.735	LINDERO
189	7999112.85	699734.929	3219.336	LINDERO
190	7999112.82	699748.035	3218.539	LINDERO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
191	7999112.67	699750.867	3218.329	LINDERO
192	7999112.57	699764.568	3218.442	LINDERO
193	7999112.66	699780.859	3218.42	LINDERO
194	7999113.53	699785.15	3218.527	ESCALINATA
195	7999114.83	699792.674	3218.607	LINDERO
196	7999117.43	699810.535	3217.914	LINDERO
197	7999120.24	699818.761	3218.306	LINDERO
198	7999122.53	699831.485	3216.236	ESCALINATA
199	7999122.82	699833.432	3215.878	ESCALINATA
200	7999123.33	699836.062	3215.718	ESCALINATA
201	7999123.68	699837.889	3215.37	ESCALINATA
202	7999126.16	699852.344	3217.025	LINDERO
203	7999127.8	699862.247	3212.773	LINDERO
204	7999132.18	699867.27	3212.568	LINDERO
205	7999138.21	699926.248	3210.278	LINDERO
206	7999139.56	699930.929	3210.306	LINDERO
207	7999125.33	700004.764	3204.432	LINDERO
208	7999125.28	700004.775	3204.505	LINDERO
209	7999124.78	700008.817	3203.887	LINDERO
210	7999122.32	700028.823	3202.429	LINDERO
211	7999121.51	700036.57	3201.847	LINDERO
212	7999118.88	700058.284	3201.178	LINDERO
213	7999120.06	700048.393	3201.578	LINDERO
214	7999120.04	700048.428	3201.558	ESCALINATA
215	7999120.58	700044.387	3201.909	ESCALINATA
216	7999103.94	700076.464	3200.436	POSTE
217	7999108.19	700075.143	3200.475	EJE
218	7999109.49	700066.545	3200.774	EJE
219	7999110.47	700057.566	3201.096	EJE
220	7999111.47	700048.307	3201.341	EJE
221	7999118.68	700047.497	3201.734	POSTE
222	7999108.04	700039.8	3201.435	POSTE
223	7999112.86	700039.138	3201.566	EJE

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
224	7999113.92	700030.252	3201.957	EJE
225	7999115.24	700021.615	3202.411	EJE
226	7999116.28	700012.859	3202.891	EJE
227	7999111.52	700010.363	3202.915	POSTE
228	7999117.19	700004.136	3203.374	EJE
229	7999120.41	700006.314	3202.918	RELL
230	7999118.07	699995.214	3203.748	EJE
231	7999122.06	699995.778	3203.776	RELL
232	7999124.26	699995.219	3204.591	RELL
233	7999125.73	699998.479	3205.597	RELL
234	7999119.39	699982.273	3204.341	EJE
235	7999114.76	699980.746	3204.709	POST
236	7999125.64	699976.371	3204.999	RELL
237	7999120.47	699969.013	3204.901	EJE
238	7999124.13	699968.185	3204.715	RELL
239	7999126.36	699967.595	3206.175	RELL
240	7999120.51	699955.874	3205.481	PC
241	7999122.14	699955.794	3205.461	EJE
242	7999124.21	699955.717	3205.524	PC
243	7999128.14	699953.411	3206.04	RELL
244	7999131.16	699956.125	3209.7	RELL
245	7999133.93	699946.483	3209.812	RELL
246	7999130.14	699944.192	3206.369	RELL
247	7999126.34	699942.771	3205.62	RELL
248	7999134.01	699937.799	3209.783	RELL
249	7999132.04	699936.3	3207.499	RELL
250	7999128.66	699935.139	3207.523	RELL
251	7999126.94	699931.326	3205.967	RELL
252	7999123.64	699932.205	3205.992	EJE
253	7999119.77	699933.374	3205.855	EJE
254	7999109.37	699941.045	3205.359	EJE
255	7999099.49	699949.289	3204.987	EJE
256	7999090.12	699956.795	3204.906	EJE

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
257	7999084.04	699967.679	3205.235	POSTE
258	7999080.33	699964.866	3204.867	EJE
259	7999070.75	699972.597	3204.792	EJE
260	7999050.43	699994.812	3204.661	POSTE
261	7999121.9	699921.405	3206.448	POSTE
262	7999125.46	699918.665	3206.397	EJE
263	7999128.2	699921.978	3206.281	RELL
264	7999130.11	699926.13	3209.037	RELL
265	7999134.42	699927.252	3210.352	RELL
266	7999134.14	699926.815	3208.998	RELL
267	7999140.21	699922.513	3210.809	POSTE
268	7999137.46	699917.352	3210.696	RELL
269	7999131.9	699915.678	3210.417	RELL
270	7999129.78	699910.964	3206.711	RELL
271	7999134.11	699907.299	3211.324	RELL
272	7999128.01	699905.788	3206.959	BZ
273	7999126.74	699905.102	3207.057	EJE
274	7999123.08	699892.673	3208.385	POST
275	7999126.74	699892.416	3208.198	EJE
276	7999131.18	699893.007	3208.101	RELL
277	7999134.75	699894.186	3211.996	RELL
278	7999131.54	699882.303	3212.05	RELL
279	7999128.34	699879.621	3209.243	RELL
280	7999124.59	699879.911	3209.854	EJE
281	7999122.89	699867.095	3211.822	EJE
282	7999126.32	699869.962	3210.718	RELL
283	7999126.52	699867.644	3212.161	RELL
284	7999119.59	699853.988	3213.307	PC
285	7999123.06	699853.363	3213.649	PC
286	7999124.86	699851.584	3213.963	RELL
287	7999125.8	699851.828	3214.522	RELL
288	7999126.16	699852.344	3217.025	LINDERO
289	7999113.63	699840.769	3215.139	POSTE

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
290	7999113.82	699820.112	3216.77	EJE
291	7999116.55	699818.4	3216.624	RELL
292	7999111.46	699808.933	3217.36	EJE
293	7999106.53	699804.975	3217.321	POSTE
294	7999108.78	699797.555	3217.791	EJE
295	7999103.31	699788.125	3217.643	POSTE
296	7999106.96	699786.268	3218.041	EJE
297	7999103.58	699780.84	3218.194	RELL
298	7999107.17	699777.019	3218.112	EJE
299	7999103.99	699771.986	3218.357	RELL
300	7999106.87	699765.631	3218.121	EJE
301	7999103.71	699759.734	3218.406	RELL
302	7999104.03	699752.642	3218.608	RELL
303	7999106.46	699753.978	3218.356	EJE
304	7999101.88	699744.444	3218.774	POSTE
305	7999106.67	699743.013	3218.521	EJE
306	7999106.54	699731.469	3219.167	EJE
307	7999105.89	699719.927	3220.075	eje
308	7999105.04	699709.727	3220.625	eje
309	7999108.63	699707.585	3220.681	rell
310	7999112.33	699711.061	3221.409	rell
311	7999114.62	699708.802	3222.698	RELL
312	7999117.21	699683.314	3224.046	POSTE
313	7999107.57	699680.678	3223.652	POSTE
314	7999105.83	699681.213	3222.565	RELL
315	7999097.8	699667.918	3223.905	PC
316	7999102.54	699666.686	3224.005	PC
317	7999110.54	699654.779	3226.525	RELL
318	7999100.79	699656.079	3198.453	PC
319	7999100.81	699650.732	3224.796	RELL
320	7999102.07	699650.374	3225.731	POSTE
321	7999097.19	699647.584	3225.087	EJE
322	7999095.15	699633.424	3225.838	EJE

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
323	7999118.64	699622.321	3227.082	LINDERO
324	7999113.6	699619.769	3227.064	EJE
325	7999112.94	699623.97	3226.883	POSTE
326	7999099.42	699626.886	3226.346	EJE
327	7999092.65	699619.176	3226.56	EJE
328	7999093.33	699601.148	3227.901	POSTE
329	7999086.19	699595.091	3227.943	EJE
330	7999080.29	699578.191	3229.862	EJE
331	7999082.13	699562.646	3232.675	POSTE
332	7999072.99	699563.703	3232.238	EJE
333	7999065.8	699555.902	3233.828	POSTE
334	7999069.42	699553.708	3233.688	EJE
335	7999073.7	699553.053	3234.384	POSTE
336	7999058.95	699542.365	3235.819	POSTE
337	7999061.03	699542.786	3235.475	PC
338	7999071.18	699546.154	3235.019	POSTE
339	7999066.8	699539.949	3235.778	PC
340	7999062.41	699537.13	3236.082	EJE
341	7999066.16	699535.711	3236.547	POSTE
342	7999058.12	699530.301	3237.078	EJE
343	7999057.72	699526.984	3237.434	BZ
344	7999053.8	699518.474	3238.355	EJE
345	7999059.91	699519.999	3238.174	POSTE
346	7999048.84	699505.664	3239.585	EJE
347	7999040.49	699498.135	3241.226	POSTE
348	7999040.59	699496.977	3241.374	POSTE
349	7999040.91	699488.163	3241.461	EJE
350	7999010.06	699508.2	3239.84	EJE
351	7999000.38	699513.624	3238.555	EJE
352	7999020.15	699502.866	3240.419	EJE
353	7999057.19	699480.204	3240.928	LINDERO
354	7999060.61	699487.159	3240.447	LINDERO
355	7999065.98	699475.577	3240.865	LINDERO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
356	7999069.5	699482.636	3240.27	LINDERO
357	7999074.74	699470.981	3240.163	LINDERO
358	7999078.33	699477.979	3239.95	LINDERO
359	7999035.91	699477.134	3242.459	EJE
360	7999032.42	699468.349	3243.142	EJE
361	7998986.52	699478.65	3242.795	EJE
362	7998972.09	699485.427	3240.833	EJE
363	7999022.37	699454.639	3244.904	POSTE
364	7999023.18	699461.209	3243.95	EJE
365	7999024.91	699462.233	3243.855	PC
366	7999028.36	699459.477	3243.735	LINDERO
367	7999031.02	699458.858	3243.901	PC
368	7999026.07	699451.862	3244.339	EJE
369	7999029.58	699450.544	3244.625	POSTE
370	7999037.85	699454.567	3243.889	POSTE
371	7999041.19	699449.948	3243.658	EJE
372	7999016.23	699432.307	3245.8	EJE
373	7999018.53	699431.462	3245.569	RELL
374	7999018.61	699424.946	3247.191	POSTE
375	7999015.85	699420.238	3246.923	EJE
376	7999012.48	699408.497	3247.761	POSTE
377	7999002.96	699406.438	3248.121	PC
378	7999006.55	699406.68	3248.028	EJE
379	7999002.96	699401.521	3248.444	EJE
380	7999007.27	699401.678	3248.366	PC
381	7999002.53	699376.435	3249.846	EJE
382	7999007.03	699374.557	3250.104	RELL
383	7999008.45	699374.615	3249.023	POSTE
384	7999009.05	699379.591	3249.191	EJE
385	7999001.6	699363.366	3250.61	EJE
386	7999000.2	699347.957	3251.745	EJE
387	7999006.24	699350.662	3251.316	POSTE
388	7998995.17	699348.729	3251.639	RELL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
389	7998996.74	699347.75	3252.24	POSTE
390	7998998.23	699338.846	3252.273	EJE
391	7999005.41	699342.512	3252.2	EJE
392	7999008.09	699340.985	3252.161	EJE
393	7999008.55	699345.969	3252.254	POSTE
394	7998988.17	699318.69	3253.836	EJE
395	7998998.81	699331.509	3253.247	POSTE
396	7998978.58	699409.534	3247.769	RELL
397	7998975.66	699407.618	3250.198	RELL
398	7998975.73	699410.166	3249.726	RELL
399	7998973.71	699412.582	3247.332	RELL
400	7998975.95	699416.203	3247.694	RELL
401	7998971.8	699421.439	3247.85	POSTE
402	7998968.26	699417.011	3247.5	EJE
403	7998967.22	699415.809	3247.399	PC
404	7998961.22	699419.872	3247.593	PC
405	7998961.72	699415.43	3247.32	EJE
406	7998959.51	699413.514	3247.191	EJE
407	7998917.01	699415.75	3240.534	RELL
408	7998926.47	699416.978	3241.347	RELL
409	7998910.5	699384.675	3240.858	RELL
410	7998919.46	699389.201	3245.389	RELL
411	7998919.05	699383.261	3244.517	EJE
412	7998934.61	699391.854	3244.982	RELL
413	7998933.2	699394.465	3245.361	EJE
414	7998941.25	699396.689	3245.317	RELL
415	7998943.07	699401.706	3246.036	EJE
416	7998911.52	699379.65	3244.101	RELL
417	7998902.76	699404.691	3239.976	RELL
418	7998910.12	699369.502	3242.938	RELL
419	7998907.94	699371.798	3243.48	EJE
420	7998893.49	699366.472	3244.724	RELL
421	7998899.25	699365.696	3242.823	RELL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
422	7998900.64	699358.358	3242.167	RELL
423	7998880.75	699354.985	3240.225	RELL
424	7998885.46	699352.391	3240.447	RELL
425	7998887.23	699350.708	3241.729	RELL
426	7998888.7	699349.56	3241.85	EJE
427	7998891.99	699346.791	3241.836	RELL
428	7998864.89	699334.263	3237.343	RELL
429	7998872.89	699333.02	3240.64	RELL
430	7998863.23	699321.685	3240.26	RELL
431	7998865.04	699319.981	3239.957	EJE
432	7998868.15	699316.834	3239.562	RELL
433	7998869.39	699315.461	3240.469	RELL
434	7998855.94	699311.201	3239.798	RELL
435	7998857.71	699309.89	3239.342	EJE
436	7998860.88	699307.239	3238.813	RELL
437	7998861.51	699306.503	3239.678	RELL
438	7998842.3	699296.512	3237.211	RELL
439	7998844.99	699295.518	3238.626	RELL
440	7998826.94	699269.185	3236.985	EJE
441	7998829.19	699267.39	3236.524	RELL
442	7998830.73	699265.665	3238.065	RELL
443	7998813.76	699254.524	3236.479	RELL
444	7998814.29	699253.87	3236.464	RELL
445	7998815.87	699252.223	3236.133	EJE
446	7998818.07	699250.63	3235.82	RELL
447	7998819.13	699249.173	3236.888	RELL
448	7998804.55	699236.624	3235.486	EJE
449	7998806.39	699234.234	3235.032	RELL
450	7998804.94	699229.48	3235.951	RELL
451	7998796.11	699229.815	3234.768	RELL
452	7998798.19	699227.631	3235.074	EJE
453	7998800.04	699225.77	3234.719	RELL
454	7998800.83	699224.779	3235.831	RELL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
455	7998783.16	699214.253	3234.388	RELL
456	7998785.08	699212.656	3234.852	RELL
457	7998785.67	699212.455	3234.274	RELL
458	7998787.02	699211.302	3234.071	EJE
459	7998789.07	699209.881	3233.598	RELL
460	7998789.8	699209.168	3234.647	RELL
461	7998790.32	699209.18	3235.795	RELL
462	7998769.94	699210.21	3230.704	POSTE
463	7998766.41	699236.785	3229.349	CANAL
464	7998768.12	699236.318	3229.366	CANAL
465	7998761.4	699216.971	3230.079	CANAL
466	7998763.11	699216.569	3230.147	CANAL
467	7998759.22	699207.873	3230.41	CANAL
468	7998761.01	699207.611	3230.469	CANAL
469	7998761.51	699207.941	3230.681	EJEPISTA
470	7998764.94	699207.371	3230.73	EJEPISTA
471	7998768.39	699205.402	3230.795	EJEPISTA
472	7998759.29	699196.315	3230.84	CANAL
473	7998761.02	699196.387	3230.875	CANAL
474	7998762.71	699196.563	3231.981	RELL
475	7998765.36	699196.416	3231.846	EJE
476	7998775.5	699203.64	3233.424	RELL
477	7998778.33	699202.181	3233.413	RELL
478	7998785.1	699197.011	3237.735	RELL
479	7998775.47	699194.246	3232.613	EJE
480	7998778.36	699192.371	3232.515	RELL
481	7998782.06	699193.438	3236.869	RELL
482	7998773.76	699185.614	3232.827	RELL
483	7998778.92	699187.119	3239.762	RELL
484	7998769.34	699181.733	3232.716	PC
485	7998771.81	699177.83	3233.222	RELL
486	7998762.33	699184.345	3232.362	RELL
487	7998764.42	699187.007	3232.09	RELL

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PUNTOS	C. NORTE	C. ESTE	COTA	DESCRIPCION
488	7998768.78	699189.104	3232.366	PC
489	7998769.63	699189.694	3232.345	EJE
490	7998769.67	699171.623	3233.207	RELL
491	7998775.22	699167.53	3235.634	RELL
492	7998774.68	699159.736	3236.691	RELL
493	7998769.85	699156.037	3235.502	RELL
494	7998764.26	699159.918	3232.998	RELL
495	7998765.74	699155.642	3234.679	RELL
496	7998756.9	699152.474	3232.202	EJE
497	7998761.11	699151.678	3233.243	RELL
498	7998746	699179.431	3232.657	EJE
499	7999044.56	699484.924	3241.627	POSTE
500	7999084.53	699567.018	3232.017	POSTE
501	7999075.13	699568.781	3231.489	BZ
502	7999116.99	699782.692	3219.242	POSTE

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

3.2.1. TRÁFICO VEHICULAR

El tráfico vehicular varía mucho si está diseñado tanto para vías urbanas o carreteras, pero en ambos será imprescindible el estudio de la cantidad de vehículos, en la magnitud de carga que cada vehículo pesado pueda aportar por eje y ruedas, el volumen de vehículo, la presión de las llantas y áreas de contacto.

También es importante tener en cuenta la variación de vehículos que se presenta año tras año, por lo que será necesario una estimación del tránsito total, que transitara sobre el pavimento a diseñar durante su periodo de vida, es uno de los aspectos importantes; ya que el transito es una de las variables directas que afecta en el diseño estructural del pavimento, así como para el cálculo de su vida útil.

Para lo cual en la tesis se realizó un aforo vehicular con el objetivo de saber cuantitativamente la cantidad de vehículos que circulan en la vía, así como la composición vehicular; dicho conteo se realizó en un periodo de 7 días continuos, tal como lo recomienda el reglamento.

3.2.1.1. ESTADO ACTÚAL DEL TRANSITO Y LA VÍA

El tránsito existente es aquel que se presenta en la vía antes de ser pavimentada, estas pueden llevar poco tránsito o un tránsito ya pronunciado.

San Jerónimo es servida por 16 líneas de transporte urbano desde la ciudad del Cusco. Entre San Jerónimo y Cusco y viceversa se movilizan un promedio de 80000 personas al día por motivo de comercio, trabajo, estudio y recreación. El servicio es fluido pero en horas punta no abastece la demanda y genera incomodidad al excederse en la cantidad de pasajeros por unidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La demanda de tráfico para esta zona viene más por el aspecto de transporte particular liviano y pesado, asimismo se tiene vehículos (camiones tipo C-2) que se dedican al abastecimiento de alimentos hacia las tiendas abarrotes alrededor de la población en estudio y por otra parte también se ha registrado la presencia de vehículos (camiones tipo c-2 y c-3) que abastecen productos de primera necesidad y animales domésticos para la feria mensual que se realiza en las inmediaciones de la zona del proyecto.

3.2.1.2. OBJETIVOS

- Determinar la cantidad de vehículos aproximado que circularan por las vías en diseño
- Conocer la clases de vehículos que transitaran
- Conocer el origen y destino de los viajes de los vehículos
- Conocer las horas y días picos de los vehículos.

3.2.1.3. IMPORTANCIA

Teniendo en cuenta que el diseño estructural del pavimento, inmiscuye un conjunto de variables, la variable que tiene influencia directa y es más importante para calcularla, es el tránsito que tiene la vía. Si bien el volumen y el dimensionamiento de los vehículos aportan para el desarrollo del diseño geométrico, la composición de vehículos, así como los pesos de los ejes por los que están compuestos son importantes para determinar el diseño estructural del pavimento.

Por lo tanto en el presente capítulo, se presentan los elementos necesarios para cuantificar el tránsito, así como la metodología para calcular el número probable de aplicaciones de una carga patrón equivalente que utilizara el pavimento durante su vida útil.

La información del tráfico, sirve para proyectar el volumen de tráfico de la carretera, y para diseñar una carretera es necesario conocer el número de vehículos que transitan por la vía. Parámetro que nos servirá para que en lo posterior podamos determinar la clasificación de la vía, el cual nos definirá sus características geométricas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Así como para realizar el diseño de la superficie de rodadura. La información sobre el tráfico inicial puede obtenerse mediante, medidas directas en el campo, mediante datos estadísticos, o en carreteras similares al tránsito de las avenidas. El presente caso se realizó mediante aforos de vehículos localizados en cada una de las avenidas de la presente tesis.

Los cálculos para pronosticar el transito futuro, dan la pauta sobre la cual se deben elaborar proyectos económicamente rentables, así como proporcionar los datos para el diseño de proyectos de pavimentación, que satisfagan las demandas del tránsito.

Tener en cuenta que la zona de intervención, cuenta con bastantes líneas de transporte público ya que por ahí pasa la vía principal de la panamericana sur por lo que es una zona altamente transitada.

3.2.1.4. TRABAJO DE CAMPO

Para la ejecución del trabajo de campo, inicialmente se efectuó un reconocimiento de las vías principales y secundarias consideradas en la tesis en estudio, y una apreciación preliminar del volumen y las características del tráfico, a fin de identificar posibles tramos homogéneos en cuanto al tránsito y la mejor ubicación de los puntos de conteo. El trafico observado corresponde en su mayor parte al transporte vehicular, existiendo poco porcentaje de presencia de vehículos camiones tipo C-2.

3.2.2. CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS

Para el diseño de las vías urbanas, será importante tener en cuenta la diversidad de vehículos que transitaran por las vías, a cuales se les distinguirá según su peso, potencia, dimensiones y maniobrabilidad, que en todo caso, condicionan las características del diseño geométrico y resistencia del pavimento.

La clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos vigente, nos muestra algunos conceptos que debemos tomar en cuenta para el diseño de la vía, como lo muestra el siguiente cuadro resumen:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 45. Atributos y restricciones de las vías locales

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 30 y 40 km/hora Se regirá por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.
Control de Accesos y Relación con otras vías	Se conectan a nivel entre ellas y con las vías colectoras.
Número de carriles	Unidireccionales: 2 carriles Bidireccionales: 1 carril/sentido
Servicio a propiedades adyacentes	Prestan servicio a las propiedades adyacentes, debiendo llevar únicamente su tránsito propio generado.
Servicio de Transporte público	Permitido
Estacionamiento, carga y descarga de mercaderías	El estacionamiento está permitido y se regirá por lo establecido en los artículos 203 al 225 del RNT vigente

Fuente y elaboración: Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (VCHI)

También encontramos dentro del reglamento la categoría de "vehículos especiales la cual se muestra en el siguiente cuadro:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 46. Clasificación vehicular

Vehículos por tracción de sangre (1)		**Vehículos impulsados por tracción animal**	Aquellos cuya propulsión proviene de bestias de tiro
		Bicicletas o similares	Aquellos cuya propulsión proviene del ser humano tales como bicicletas, triciclos, patines, carros de mano y carretillas.
Vehículos automotores (1)	**Menores (2)**	**Vehículos Menores Automotores**	Vehículo provisto de dos, tres o cuatro ruedas, provistos de asiento y/o montura para el uso de conductor y pasajeros según sea el caso, tales como: bici motos, motonetas, motocicletas, triciclos, motorizados, cuatrimotos y similares.
	Mayores (2)	**Furgoneta**	Vehículo automotor para el transporte de carga liviana, con 3 ó 4 ruedas, con motor de no más de 500 centímetros cúbicos de cilindrada
		Automóvil	Vehículo automotor para el transporte de personas, normalmente hasta de 6 asientos y excepcionalmente hasta 9 asientos.
		Station Wagon	Vehículo automotor derivado del automóvil que al rebatir los asientos posteriores permite ser utilizado para el transporte de carga.
		Camioneta Pick Up	Vehículo automotor de cabina simple o doble, con caja posterior, destinada para el transporte de carga liviana y con un peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg.
		Camioneta Panel	Vehículo automotor con carrocería cerrada para el transporte de carga liviana, con un peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg.
		Camioneta Rural	Vehículo automotor para el transporte de personas de hasta 16 asientos y cuyo peso bruto vehicular que no excede los 4000 kg.
		Omnibus	Vehículo automotor para el transporte de personas de más de 16 asientos, y cuyo peso bruto vehicular exceda los 4000 kg.
		Camión	Vehículo autopropulsado motorizado destinado al transporte de bienes con un peso bruto vehicular igual o mayor a 4000 kg. Puede incluir una carrocería portante.
		Remolcador o Tractor Camión	Vehículo motorizado diseñado para remolcar semirremolques y soportar la carga que le trasmiten estos a través de la quinta rueda.
		Remolque	Vehículo sin motor diseñado para ser halado por un camión u otro vehículo motorizado, de tal forma que ninguna parte de su peso descanse sobre el vehículo remolcador.
		Semirremolque	Vehículo sin motor y sin eje delantero, que se apoya en el remolcador trasmitiéndole parte de su peso, mediante un sistema mecánico denominado tornamesa o quinta rueda.
Vehículos Especiales (3)		Aquellos que pueden afectar sensiblemente al tráfico a causa de sus grandes dimensiones, de su lentitud de movimiento, o de ambas cosas a la vez. Se incluyen los tractores agrícolas con o sin remolque, los vehículos gigantes de transporte y la maquinaria de construcción, entre otros.	

Fuente y elaboración: Manual de Carreteras Diseño Geométrico DG - 2014

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.2.3. PESO VEHICULAR

Para el peso vehicular es necesario primeramente, hacer un análisis de la estratigrafía de ejes que consiste en elaborar para el análisis de tránsito una estratigrafía de cargas por ejes, por los cuales están compuesto los diversos vehículos pesados, que puedan transitar por las avenidas a diseñar.

Para realizar el análisis de transito veremos las características de los vehículos de acuerdo al Reglamento Nacional de Vehículos para la circulación de la red vial nacional aprobada por el Ministro de Economía y Finanzas, Ministro de Producción y el Ministro de Transportes y Comunicaciones:

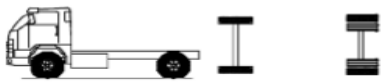
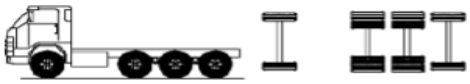
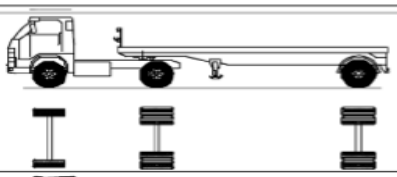
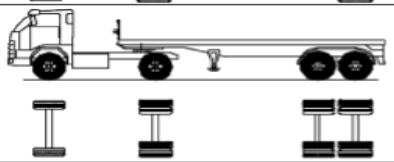
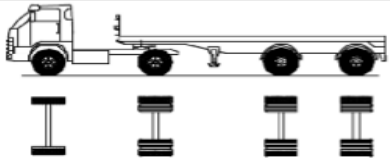
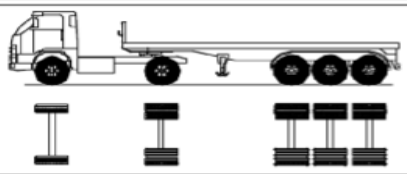
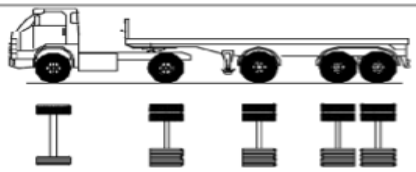
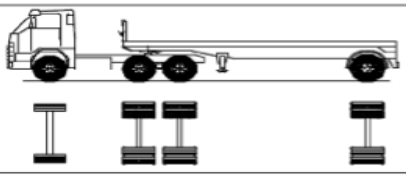
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 47. Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25
C4		13,20	7	23(1)	---	---	---	30
8x4		13,20	7+7(5)	18	---	---	---	32
T2S1		20,50	7	11	11	---	---	29
T2S2		20,50	7	11	18	---	---	36
T2Se2		20,50	7	11	11	11	---	40
T2S3		20.50	7	11	25	---	---	43
T2Se3		20,50	7	11	11(4)	18	---	47
T3S1		20,50	7	18	11	---	---	36

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

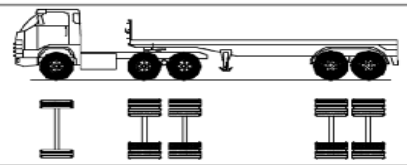
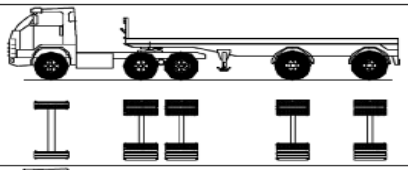
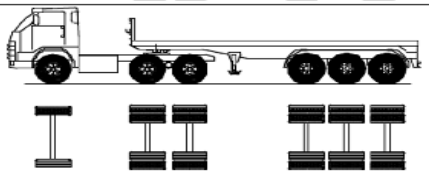
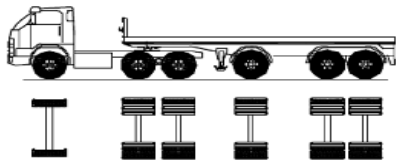
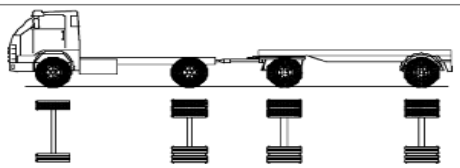
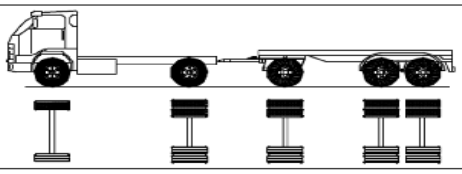
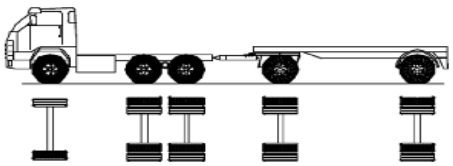
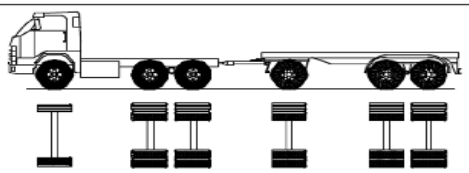
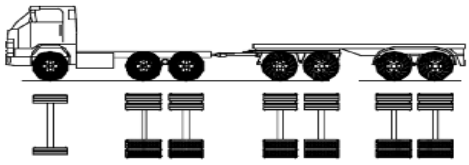
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 48. Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

Configu-ración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º	4º	
T3S2		20,50	7	18	18	---	---	43
T3Se2		20,50	7	18	11	11	---	47
T3S3		20,50	7	18	25	---	---	48(2)
T3Se3		20,50	7	18	11(4)	18	---	48(2)
C2R2		23,00	7	11	11	11	---	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	---	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	---	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	---	48(2)
C3R4		23,00	7	18	18	18	---	48(2)

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

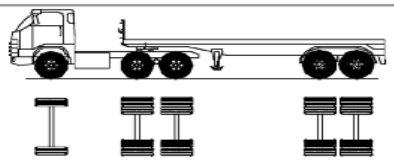
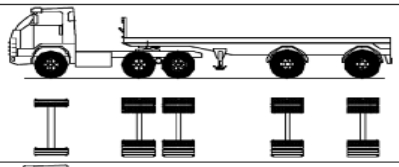
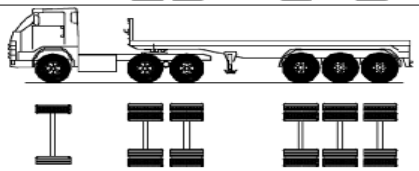
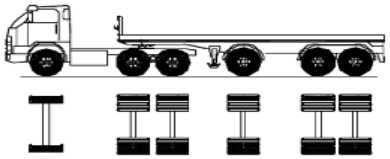
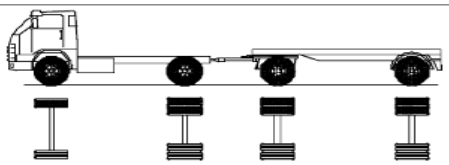
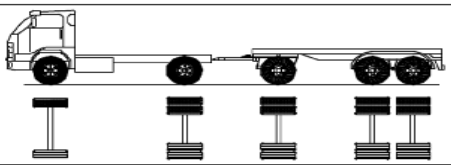
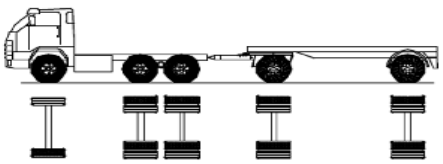
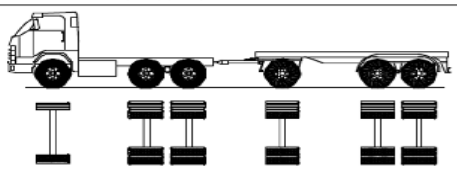
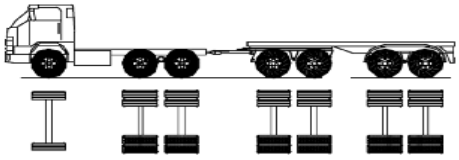
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 49. Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
T3S2		20,50	7	18	18	---	---	43
T3Se2		20,50	7	18	11	11	---	47
T3S3		20,50	7	18	25	---	---	48(2)
T3Se3		20,50	7	18	11(4)	18	---	48(2)
C2R2		23,00	7	11	11	11	---	40
C2R3		23,00	7	11	11	18	---	47
C3R2		23,00	7	18	11	11	---	47
C3R3		23,00	7	18	11	18	---	48(2)
C3R4		23,00	7	18	18	18	---	48(2)

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

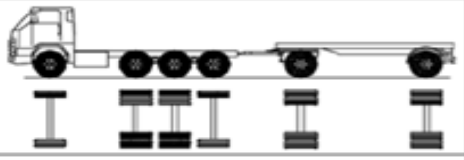
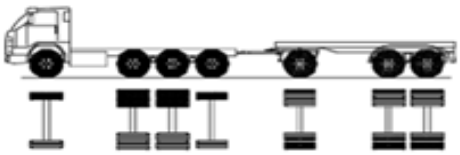
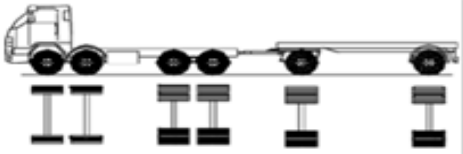
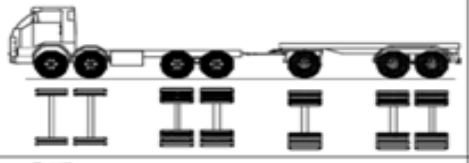
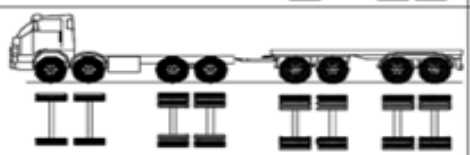
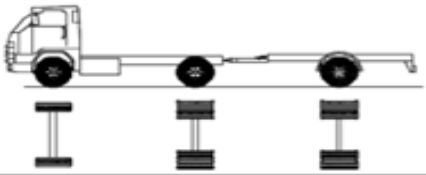
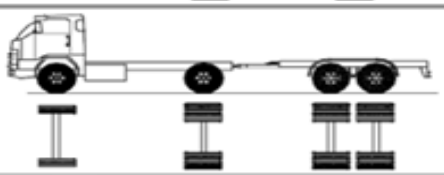
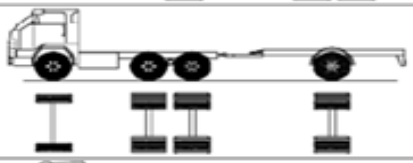
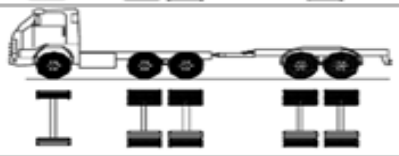
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 50. Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
C4R2		23,00	7	23[1]	11	11	---	48[2]
C4R3		23,00	7	23[1]	11	18	---	48[2]
8x4R2		23,00	7+7[5]	18	11	11	---	48[2]
8x4R3		23,00	7+7[5]	18	11	18	---	48[2]
8x4R4		23.00	7+7[5]	18	18	18	---	48[2]
C2RB1		20,50	7	11	11	---	---	29
C2RB2		20.50	7	11	18	---	---	36
C3RB1		20,50	7	18	11	---	---	36
C3RB2		20,50	7	18	18	---	---	43

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

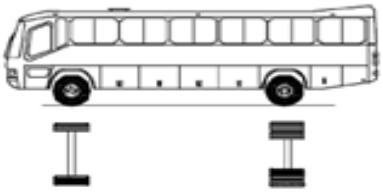
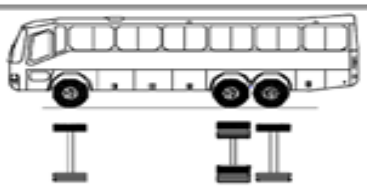
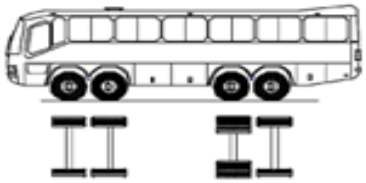
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 51. Pesos y medidas máximas permitidas

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)					Peso bruto máx. (t)
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
B2		13,20	7	11	---	---	---	18
B3-1		14,00	7	16	---	---	---	23
B4-1		15,00	7+7[5]	16	---	---	---	30

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos

Por lo tanto, después de ver los cuadros de la estratigrafía de vehículos que existen, es importante analizar el peso máximo que se presenta por eje simple o compuesto en los vehículos, el cual se detalla en el reglamento de la Red Vial Nacional, y lo veremos de forma más detalla en el siguiente cuadro:

Tabla N° 52. Peso máximo por eje

EJE (S)	NEUMATICOS	Toneladas (ton)
Simple	2	7
Simple	4	11
Doble (Tándem)	6	16
Doble (Tándem)	8	18
Doble (No Tándem)	6	16
Tridem	10	23
Tridem	12	25

Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos (DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los vehículos que transporten carga deberán consignar en el costado derecho e izquierdo en forma clara y visible, su Tara (masa del vehículo, con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros ni carga, y con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas, y accesorios necesarios). Adicionalmente, los vehículos, o combinaciones que sobrepasan los 18.00 metros deben consignar en la parte posterior izquierda la longitud total, en metros.

La tolerancia de peso permitida por ejes es la siguiente:

Tabla N° 53. La tolerancia de peso permitida por ejes

EJE	NEUMATICO	Toneladas (ton)
Simple	2	0.35 ton
Simple	4	0.55 ton
Doble	4	0.60 ton
Doble	6	0.80 ton
Doble	8	0.90 ton
Triple	10	1.15 ton
Triple	12	1.25 ton

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos (DECRETO SUPREMO N° 058-2003-MTC)

Las tolerancias en el peso de los ejes se admite siempre y cuando no se supere el Peso Bruto Máximo.

Las tolerancias descritas anteriormente, tiene que ser examinadas siempre por el conductor, o el encargado que asuma el transporte de carga, canso contrario deberá de hacerse un traslado de la carga excesiva a otro vehículo, para que así pueda cumplirse los pesos establecido no se exceda del límite, caso contrario el vehículo será retenido hasta que se solucione el inconveniente.

Cuando se trate de contendedores, que salen de puerto para su distribución en todo el país, será necesario el sustento a través de la documentación necesaria, fiscalizada con anterioridad por aduanas y otras entidades, para que pueden cumplir con el peso por eje y no se exceso del peso vehicular máximo permitido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Añadiendo lo siguiente importante: El exceso de peso cuando supere las tolerancias establecidas, se sanciona de conformidad con lo establecido en el reglamento, sin perjuicio de resarcir los daños que tal exceso ocasione.

3.2.3.1.DIMENSIÓN VEHICULAR

La dimensión máxima permitida a los vehículos y/o combinaciones, con carga para su circulación en las vías del país, incluido el enganche o barra de tiro, es la siguiente:

- Ancho 2.60 m Dimensión máxima que no incluye los espejos retrovisores.
- Altura 4.10 m para carga normal.
- Altura 4.65 m Para Contenedores.
- Altura 4.30 m Para Furgones cerrados tipo semirremolque.

LONGITUDES MAXIMAS ENTRE PARACHOQUES:

- Camión Simple de 2 ejes, hasta 12.30 m.
- Camión de 3 ejes 13.20 m.
- Ómnibus convencional de 2 ejes, hasta 13.20 m.
- Ómnibus convencional de 3 ejes, hasta 14.00 m.
- Ómnibus integral de 3 ejes hasta 15.00 m.
- Ómnibus convencional de 4 ejes, hasta 15.00 m.
- Ómnibus integral de 4 ejes, hasta 15.00 m.
- Ómnibus articulado 18.30 m.
- Camión remolque 23.00 m.
- Camión remolque balanceado 20.50 m.
- Remolque 10.00 m.
- Remolque balanceado 10.00 m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Semirremolque 14.00 m.
- Tractor camión semirremolque 20.50 m.

NOTA: La altura permitida para el transporte de contenedores y furgones podrá ser alcanzada dependiendo de las limitaciones que presenten la ruta elegida por el transportista para el traslado de los equipos. El transportista deberá verificar dichas condiciones, sin perjuicio de resarcir los daños que ocasione su negligencia.

La longitud máxima entre ejes es un conjunto de dos ejes cuyas distancias entre los centros de la rueda sea superior a 2.40 m cada eje será considerado como independiente.

Eje doble es un conjunto de dos ejes, cuya distancia entre centros de ruedas es superior a 1.20 m e inferior a 2.40 m.

Eje triple es un conjunto de tres ejes, cuya distancia entre centros de ruedas extremas es superior a 2.40 m e inferior a 3.60 m.

3.2.4. TIPOLOGÍA VEHICULAR

El vehículo escogido para el proyecto, se elegirá de acuerdo al peso, dimensiones y características de operación que serán utilizadas para establecer los lineamientos que guiaran el proyecto geométrico de las vías.

Para el diseño del pavimento se elegirá el vehículo que tenga la carga que sea más crítica, para que el pavimento dure para el periodo previsto de diseño, y no se agriete antes por sobrecarga. Para este proyecto después de realizar un estudio sobre el aforo de vehículos que transitan el camino vecinal en la principal calle La Florida y calles transversales, en el distrito de San Jerónimo, nos dio como resultado que el vehículo más pesado es el C2 (camión de 2 ejes. 18 ton) con nomenclatura de acuerdo al “Reglamento de Peso y Dimensión Vehicular para la Circulación en la Red Vial Nacional” y del “Manual de Diseño Geométrico DG-2018”.

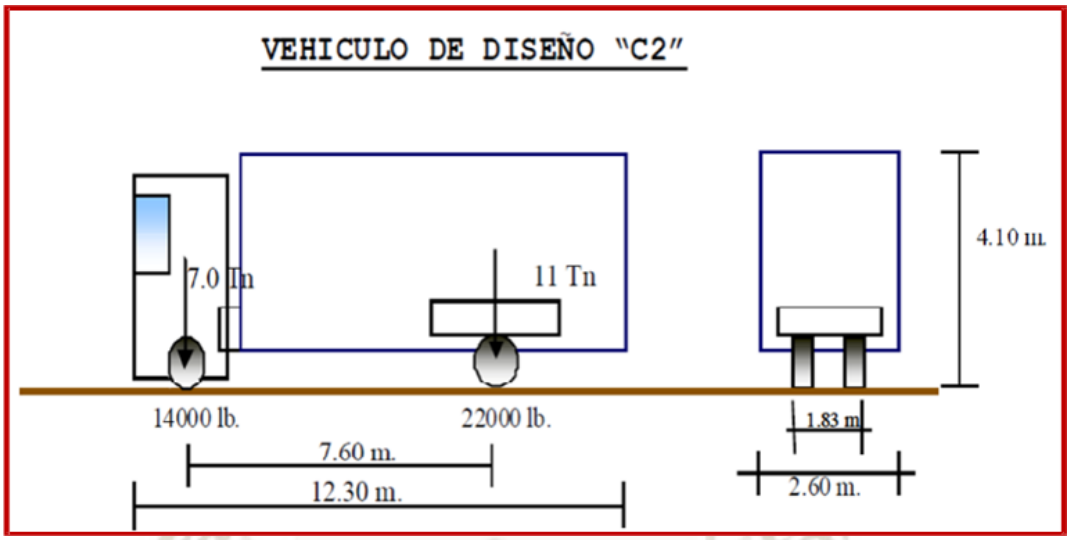
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para saber cuáles son las características que tomaremos del vehículo de diseño "C2", se presentan en la siguiente figura:

Figura N° 41. Vehículo de diseño "C2"



Fuente y elaboración: Reglamento Nacional de Vehículos (Anexo IV Pesos y Medidas)

3.2.4.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO

El volumen de tránsito hace referencia al número de vehículos que están destinados a transitar por la vía de diseño, para un periodo dado, este volumen puede indicarse según la forma horaria, diaria, semanal que ha sido estudiada, por lo tanto el parámetro que se desea encontrar para el diseño de pavimento es el Transito Promedio Diario (T.P.D.), que está referido al tránsito que se presenta al inicio del diseño. Las mediciones o aforos se realizaron en la Av. Principal, teniendo en consideración el acceso con mayor tráfico vehicular.

3.2.4.2. TRÁFICO VEHICULAR

La información necesaria para cuantificar el transito existente de una vía se debe recolectar en base a los procedimientos de la ingeniería de tránsito. La información que se requiere es la siguiente:

- El transito promedio diario semanal (TPDS)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

El TPD se halla efectuando un conteo de vehículos que pasan por la vía de mayor transitividad para la presente tesis; en la determinación del tránsito en una vía nueva es evidente que no puede cuantificarse por medio de conteos directos, razón por la que es necesario recurrir a alguno de los siguientes procedimientos:

- Realizar un estudio de origen y destino entre dos sitios que serán unidos por las calles de la presente tesis.
- Adoptar los datos de transito de otra vía situada en una zona de características similares.
- Utilizar los datos de transito de otra vía alterna a la que se desea construir.

Considerando que la vía proyectada actualmente se encuentra en funcionamiento, el transito existente ya se puede tomar como el representativo de la zona y para este caso se hizo un aforo vehicular desde un punto de conteo de la vía principal de este proyecto.

3.2.5. AFORO DE TRÁNSITO

De la estación de coberturas, debemos de mencionar que para nuestro diseño se realizó el conteo de vehículos correspondiente para obtener una información aproximada y adecuada sobre el volumen de tráfico de la zona en estudio, para lo cual se tuvo una estación de aforo ubicado exactamente en el km 0 + 700 de la Avenida La Florida, punto que nos permito aforar los vehículos que salían y entraban por la Vía Principal de la tesis (Nota: por ser esta la vía principal con más transitabilidad de vehículos, es que se realizó aquí el aforo). En el presente trabajo el aforo se realizó durante 7 días, desde el 3 de setiembre al 9 de setiembre del año 2018 entre las 7:00 am y las 22:00 horas. En los registros se tomaron como datos la fecha y el tipo de vehículos que se presenta a continuación el resumen de toda esta actividad en los cuadros siguientes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 54. Conteo de vehículos por tipo

TIPO DE VEHÍCULO	CANTIDAD DE VEHÍCULOS							PROMEDIO	% DE APORTACIÓN
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo		
Automoviles	32	33	20	18	18	38	14	25	42%
Station Wagon	13	14	9	8	8	19	6	11	18%
Camiones Pick Up	9	10	6	5	6	13	4	8	13%
Camioneta panel	10	11	6	6	6	15	5	9	15%
Camioneta rural	3	4	3	3	3	5	2	3	5%
Camión C2	3	4	3	3	3	4	2	3	5%
Omnibus B2	1	2	2	2	2	1	1	2	3%
PROMEDIO	69	78	49	44	45	95	34	59	100%

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 55. TPDS en el carril de diseño

FECHA	VEHICULO LIVIANO	V. PESADO	VOLUMEN TOTAL
		TIPO C2 Y BUS	
Lunes, 03 de Setiembre del 2018	66	4	69
Martes, 04 de Setiembre del 2018	72	6	78
Miércoles, 05 de Setiembre del 2018	44	5	49
Jueves, 06 de Setiembre del 2018	39	5	44
Viernes, 07 de Setiembre del 2018	40	5	45
Sábado, 08 de Setiembre del 2018	90	5	95
Domingo, 09 de Setiembre del 2018	31	3	34
VOL. TOTAL SEMANAL	**383**	**31**	**414**
TPDS (vehículos / día)	**55**	**4**	**59**

Fuente y elaboración: Propia

3.2.6. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO DE DISEÑO

3.2.6.1. VOLUMEN DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)

Se define el volumen de transito promedio diario al inicio del periodo de diseño, como el número total de vehículos que pasa durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día dividido entre el número de días del periodo.

De acuerdo al número de días del periodo, se presentan los siguientes volúmenes de T.P.D., dados en vehículos por día:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Transito Promedio Diario Anual (T.P.D.A.)

$$T.P.D.A. = \frac{TA}{365}\ (Veh./día) * \text{---- (Ec. 8)}$$

Transito Promedio Diario Mensual (T.P.D.M.)

$$T.P.D.M. = \frac{TA}{30}\ (Veh./día) * \text{----- (Ec. 33)}$$

Transito Promedio Diario Semanal (T.P.D.S.):

$$T.P.D.S. = \frac{TA}{7}\ (Veh./día) * \text{----- (Ec. 34)}$$

Nota: Formulas de Diseño Geométrico de Carreteras del MTC

Para el caso de análisis de tránsito para el diseño de pavimentos se usa el transito diario inicial (TDI), y para su cálculo se considera el transito promedio diario de vehículos que pasan durante el primero año, es decir el Transito Promedio Diario Anual (TPDA).

3.2.6.2. CÁLCULO DEL INDICE MEDIO DIARIO

El Índice Medio Diario es el promedio de vehículos que pasan diariamente por la vía urbana, durante un tiempo que tiene que ser controlado. El análisis puede ser: anual, mensual o semanal.

Para poder obtener el IMD es importante tener en cuenta algunas relaciones como lo es la que se encuentra entre el Volumen Horario (VH) con el Volumen Diario (VD), y la relación de muestras semanales con volúmenes poblacionales.

La primera relación es en la que se necesita contar con información de volúmenes a través de periodos largos (como mínimo un año) por lo que es necesario contar con estaciones de aforo permanentes y su uso se hace generalmente para autopistas y vías urbanas de gran volumen de tránsito y con una variabilidad horaria considerable. Para la presente tesis se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

eligió la segunda alternativa, que llega a obtener un IDM, basándose en una media maestral o transito promedio diario semanal (TPDS), según las siguientes expresiones:

3.2.6.3. TRÁFICO PROMEDIO DIARIO SEMANAL (TPDS)

Tabla N° 56. Tráfico promedio diario semanal

TRAMO	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TPDS
VEH/DIA	69	78	49	44	45	95	34	59

Fuente y elaboración: Propia

$$T.P.D.S. = \frac{TA}{7} = \frac{414}{7} = 59\ (Veh./día) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots Vehiculos\ totales$$

3.2.6.4. TRÁFICO PROMEDIO DIARIOS ANUAL (TPDA = IMDA)

Se puede asumir el TPDA en base al tránsito promedio diario semanal (TPDS), mediante la siguiente expresión:

T.P.D.A. = T.P.D.S. ± A ---- (Ec. 35)

A = K * σ ----- (Ec. 36)

Dónde:

K = Nivel de confiabilidad, cuyos valores pueden ser asumidos entre 1.64 y 1.96 para una confiabilidad del 90% y 95% respectivamente. Para nuestro caso se sumirá el último valor.

σ = Error estándar de la media o estimador de la desviación estándar vehicular:

$$\sigma = \frac{S}{n}\left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}}\right) \text{----- (Ec. 37)}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(TDi - TPDS)^2}{n-1}} \text{ ----- (Ec. 38)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dónde:

S = Desviación estándar muestral

TDi = Volumen de transito del día "i". Es decir, la cantidad de vehículos por cada día aforado.

N = Tamaño de la población en número de días del aforo del año. Por tratarse del TPDA se toma 365 días del año.

n = Tamaño de la muestra en número de días del aforo, para el caso son 7 días de aforo.

En resumen se tiene lo siguiente:

K = 1.96 (Para un nivel de confiabilidad del 95%)

N = 365 (Número de días del año)

n=7 (número de días de la semana)

$$S = \sqrt{\frac{(69-59)^2+(78-59)^2+(49-59)^2 \ldots (34-59)^2}{6}} \text{---- (Ec. 39)}$$

Con estos datos se obtiene: S = 21.93

$$\sigma = \frac{21.93}{7}\left(\sqrt{\frac{365-7}{365-1}}\right) \text{----- (Ec. 40)}$$

σ = 3.11

A= 1.96 x 3.11 = 6.10

Se tiene como resultado lo siguiente:

IMDA máx. = 65

IMDA min. = 53

Considerando el mayor valor por ser más crítico:

I.M.D.A. = 65 Veh./día

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Siguiendo el mismo procedimiento se halló el TPDA por tipo de vehículo, siendo los resultados los que se muestran a continuación en el cuadro:

Tabla N° 57. Tráfico promedio diario anual (TPDA)

TIPO DE VEHICULO	TPDS	A	TPDA (Max)
LIVIANO	55	6	61
C - 2	4	6	12

Fuente y elaboración: Propia

3.2.6.5. TRÁFICO VEHICULAR PROYECTADO

El pavimento urbano a diseñar tiene que tener la capacidad de soportar el transito inicial con el cual se diseña y el transito que se proyectara para un año determinado todo en base al volumen de tránsito futuro

El volumen de tránsito futuro de una vía se determina a través del uso de la estadística, teniendo una data y un porcentaje de crecimiento aproximado sobre el tránsito conocido.

3.2.6.6. PERIODO DE DISEÑO

Un pavimento puede ser diseñado para soportar los efectos acumulativos del tráfico para cualquier periodo de diseño. El periodo seleccionado, en años para el que se diseña el pavimento, es llamado periodo de diseño, que no debe ser confundido con el periodo de análisis, ya que un pavimento puede renovar su vida útil indefinidamente, por aplicación de sobrecapas u otras medidas de rehabilitación. Se asume un periodo de diseño de 30 años.

La Asociación de Concreto Portland (PCA), en base a sus ensayos experimentales de 550000 pasadas, concluye que si se excede este número de pasadas el concreto se ve

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

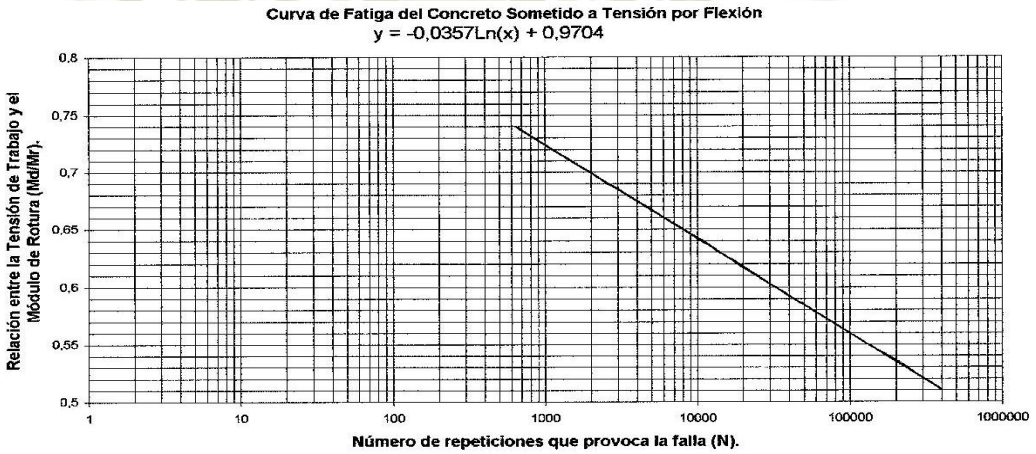
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

afectado por las repeticiones de esfuerzos a los que está sometido, este fenómeno se le conoce como “fatiga”.

En pavimentos el concreto trabaja a flexo – tracción, podría causar fatiga el esfuerzo de tracción o tensión por repetición o inversión de esfuerzos.

Cuando la tensión de trabajo no excede el 50% del Módulo de Rotura, el concreto puede aceptar un número ilimitado de solicitaciones sin llegar a la falla. En caso contrario si el esfuerzo aplicado excede del 50% del Módulo de Rotura (Mr.), el concreto terminara por fallar después de un cierto número de aplicaciones de carga.

Figura N° 42. Curva de Fatiga del concreto sometido por flexión



Fuente y elaboración: Instituto de construcción y gerencia.

Se observa de la figura N° 42. Que en la relación de tensión de trabajo y Módulo de Rotura es > 0,5; entonces se produce consumo y el concreto tiene fatiga.

Por lo tanto en 550000 pasadas la relación de tensión de trabajo y Modulo de Rotura es igual a 0,5; a partir de esa relación se produce consumo y el concreto tiene fatiga, por consiguiente teniendo también razones de seguridad y en cuenta que la vía principal se va a ser solicitada a cargas será la Av. La Florida, por esta razón consideramos un periodo de diseño de 20 años.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.6.7. CRECIMIENTO DE TRÁFICO

El diseño de pavimento debe estar totalmente estructurado para poder soportar el crecimiento del tráfico, o si se da en casos críticos, los estancamiento o disminución de tráfico.

El crecimiento del tránsito se compone de varias variables como crecimiento normal de tránsito, tránsito generado y tránsito desarrollado.

El crecimiento normal del tránsito, viene a ser el incremento del volumen del tránsito, debido al aumento normal en el uso de los vehículos; el tránsito generado consta de aquellos viajes vehiculares distintos a los de transporte público, que no se realizarían si no se construye la nueva vía; mientras que el tránsito desarrollado es el incremento del volumen del tránsito debido a las mejoras en los suelos adyacentes a la vía. Para estimar este crecimiento se utiliza el factor de crecimiento que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{(1+r)^P - 1}{r} \text{---- (Ec. 9)}$$

Donde:

P : Periodo de diseño del pavimento (20 años)

r : Tasa anual de crecimiento de tránsito.

Para este diseño, lo haremos con los datos obtenidos para el crecimiento del parque automotor en el departamento de Cusco dados por el MTC como se observa en el cuadro a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 58. Parque automotor de Cusco por vehículos 2016

Departamentos	CLASE DE VEHÍCULO									
	TOTAL	Automovil	Station wagon	Camionetas			Ómnibus	Camión	Remolcador	Remolque Semirem
				Pick up	Rural	Panel				
TOTAL	2661719	1167041	403193	283479	365316	43387	80119	213155	43604	62425
Lima/Callao	1752919	807529	284251	163793	236502	31006	50441	116601	29520	33276
La Libertad	190073	77440	21459	25037	18382	1372	7105	21208	4548	13522
Arequipa	187929	89335	14236	21353	27142	1989	5099	16853	4804	7118
Cusco	73997	29313	12253	9108	11300	578	2938	8160	281	66
Lambayeque	68261	30741	5908	9192	9418	1034	1348	8088	572	1960
Juniín	67049	22296	12308	8749	9715	295	2139	9231	881	1435
Piura	55060	23771	4922	10378	7915	400	1280	5503	518	373
Tacna	49382	18040	11476	4777	5580	1556	1703	4727	614	909
Puno	47696	8711	8867	4740	14029	3246	2562	4887	297	357
Áncash	33542	14484	5472	4009	5555	235	940	2415	199	233
Los demás	135811	45381	22041	22343	19778	1676	4564	15482	1370	3176

Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) Elaboración: Propia

Tabla N° 59. Proyección del parque automotor Cusco 2017

PROYECCIONES DEL PARQUE AUTOMOTOR ESTIMADO PARA EL 2017					
DEPARTAMENTO	2014	2015	2016	2017	TASA PROMEDIO ANUAL
Lima/Callao	1 590 755	1 674 145	1752919	1 840 105	4.97%
La Libertad	178 433	183 931	190073	196 175	3.21%
Arequipa	164 302	176 315	187929	200 989	6.95%
Cusco	64 820	69 213	73997	79 062	6.84%
Lambayeque	61 896	65 160	68261	71 685	5.02%
Juniín	61 933	64 576	67049	69 764	4.05%
Piura	49 576	52 390	55060	58 026	5.39%
Tacna	47 180	48 201	49382	50 521	2.31%
Puno	45 056	46 200	47696	49 074	2.89%
Áncash	29 573	31 213	33542	35 723	6.50%
Los demás	130 172	132 789	135 811	138 722	2.14%

Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) Elaboración: Propia

Con los datos obtenidos podemos sacar el factor de crecimiento para nuestro diseño de 20 años, en el departamento de Cuzco para lo cual reemplazamos en la fórmula:

$$FC = \frac{(1 + 0.684)^{20} - 1}{0.684}$$

$$FC = 40.30$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.2.6.8. CARRIL DE DISEÑO

Es el carril o la avenida más crítica, por el cual transitara el mayor volumen de autos pesados. En vías que tienen de 2 a más carriles, el diseño puede ser para uno de los carriles con mayor tráfico o para todos. Puede ocurrir también que en vías opuestas, una de ellas sea la más transitada, por lo cual esta debe ser la que se diseñe como el carril crítico es decir el que recibe el servicio más severo.

3.2.7. TRÁNSITO DE DISEÑO

3.2.7.1. ESAL DE DISEÑO

Para poder tomar decisiones sobre el tipo de transferencia de carga entre losas de concreto una variable a conocer es el número equivalente de aplicaciones de carga de eje simple de 18000lb (EAL de diseño).

EAL: Equivalent Axial Load (Ejes equivalentes)

ESAL: Equivalent Single Axial Load

Para la determinación del ESAL se sigue los siguientes pasos:

- Calcular el número de vehículos de cada tipo esperados en el carril de diseño, durante el primer año de tráfico.
- Determinar preferentemente a partir de un análisis de pesos por eje, el Factor Camión para cada tipo de vehículo considerado en el paso 1.
- Obtener el Factor de Crecimiento
- Multiplicar en número de vehículos de cada tipo por el factor camión y el factor de crecimiento determinados anteriormente. La suma de estos valores determina el EAL de diseño.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4. NÚMERO DE VEHÍCULOS DE CADA TIPO

Para poder obtener la cantidad de vehículos por su carga, debemos tomar en cuenta lo que se utilizó en nuestro aforo, y se muestra de manera resumida a continuación:

Tabla N° 60. Número de vehículos según tipo

VEHICULOS LIVIANOS (Camionetas y combis)	VEHÍCULOS PESADOS (OMNIBUS Y C-2)
55 Veh./día	4 Veh./día

Fuente y elaboración: Propia

5. CÁCULO DEL FACTOR CAMIÓN PARA CADA TIPO DE VEHÍCULO

Es la contribución del número de cargas equivalentes a 18000 lb que produce un vehículo y que puede causar el deterioro del pavimento cada vez que este pasa, para determinar el factor camión:

$$Factor\ Camión = \frac{\sum(N°\ de\ ejes\ x\ Factor\ de\ equivalencia\ de\ carga)}{N°\ de\ vehículos} \quad \text{------- (Ec. 41)}$$

Dónde: Nº de vehículos: total de vehículos involucrados.

El Factor Camión puede ser determinado para un solo vehículo o para 2 o más vehículos sumando la carga en total. Si son más de un vehículo se recomienda determinar el F.C. para cada uno de forma independiente

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 61. Factores de equivalencia de carga

Carga Total por Eje o conjunto de Ejes		Factores de Equivalencia de Carga		
kN	lb	Eje Sencillo	Ejes dobles	Ejes Triples
4.45	1000	0.00002		
8.90	2000	0.00018		
13.33	3000	0.00072		
17.80	4000	0.00209	0.00030	
26.70	6000	0.01043	0.00100	0.00030
35.60	8000	0.03430	0.00300	0.00100
44.50	10000	0.08770	0.00700	0.00200
53.40	12000	0.18900	0.01400	0.00300
62.30	14000	0.36000	0.02700	0.00600
71.20	16000	0.62300	0.04700	0.01100
80.00	18000	1.00000	0.07700	0.01700
89.00	20000	1.51000	0.12100	0.02700
97.90	22000	2.18000	0.18000	0.04000
106.80	24000	3.03000	0.26000	0.05700
115.60	26000	4.09000	0.36400	0.08000
124.50	28000	5.39000	0.49500	0.10900
133.40	30000	6.97000	0.65800	0.14500
142.30	32000	8.68000	0.85700	0.19100
151.20	34000	11.18000	1.09500	0.24500
160.10	36000	13.93000	1.38000	0.31300
169.00	38000	17.20000	1.70000	0.39300
178.00	39997	21.08000	2.08000	0.48700
187.00	42000	25.64000	2.51000	0.59700
195.70	44000	31.00000	3.00000	0.72300
204.50	46000	37.24000	3.55000	0.86800
213.50	48000	44.50000	4.17000	1.03300
222.40	50000	52.60000	4.86000	1.22000
231.30	52000		5.63000	1.43000
240.20	54000		6.47000	1.56000
249.00	56000		7.41000	1.91000
258.00	58000		8.45000	2.20000
267.00	60000		9.59000	2.51000
275.80	62000		10.84000	2.55000
284.50	64000		12.22000	3.22000
293.50	66000		13.73000	3.62000
302.50	68000	*	15.38000	4.05000
311.50	70000		17.19000	4.52000
320.00	72000		19.16000	5.03000
329.00	74000		21.32000	5.57000
338.00	76000		23.66000	6.15000
347.00	78000		26.22000	6.78000
356.00	80000		29.00000	7.45000

Fuente: Apéndice D, AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para hallar el ESAL's será necesario hacer unos cálculos para hallar el factor camión, los cuales los detallamos a continuación, el uso de unidades de libras, es debido a que posteriormente se utilizara para el diseño del pavimento rígido, pero es una equivalencia del tonelaje de los vehículos utilizados.

Tabla N° 62. Cálculo del factor camión para cada tipo de vehículo

TIPO DE VEHÍCULO	EJES	PESO (Libras)	Factor Equiv. Carga	FACTOR CAMIÓN
		Cargado	Cargado	Suma
VEHICULO LIVIANO	Eje Delantero Simple	8000	0.0343	0.0343
	Eje Posterior Simple	8000	0.0343	0.0343
				0.0686
CAMION C-2	Eje Delantero Simple	16000	0.623	0.623
	Eje Posterior Simple	24000	3.03	3.03
				3.653

Fuente y elaboración: Propia

6. FACTOR DE CRECIMIENTO

Lo obtuvimos anteriormente, dándonos como resultado: FC = 40.30

7. CALCULO DEL EAL DE DISEÑO (ESAL)

El EAL de diseño está conformado por el número de aplicaciones de una carga equivalente 18000 libras por un eje simple, que se producirá durante el periodo de diseño previsto del pavimento, para lo cual tenemos el siguiente cuadro resumen:

Tabla N° 63. Cálculo del EAL y el ESAL

TIPO DE VEHÍCULO	TPDS	TPDA	TRANSITO ANUAL	FACTOR CAMION	FACTOR DIRECCIÓN	FACTOR CARRIL	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESAL
VEHÍCULO LIVIANO	55	61	22265	0.0686	1	1	40.3	61553.3737
CAMION C2	4	12	4380	3.653	1	1	40.3	644805.642
							TOTAL ESAL	706359.0157
							TOTAL ESAL	7.06E+05

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.3.1. SUBRASANTE.

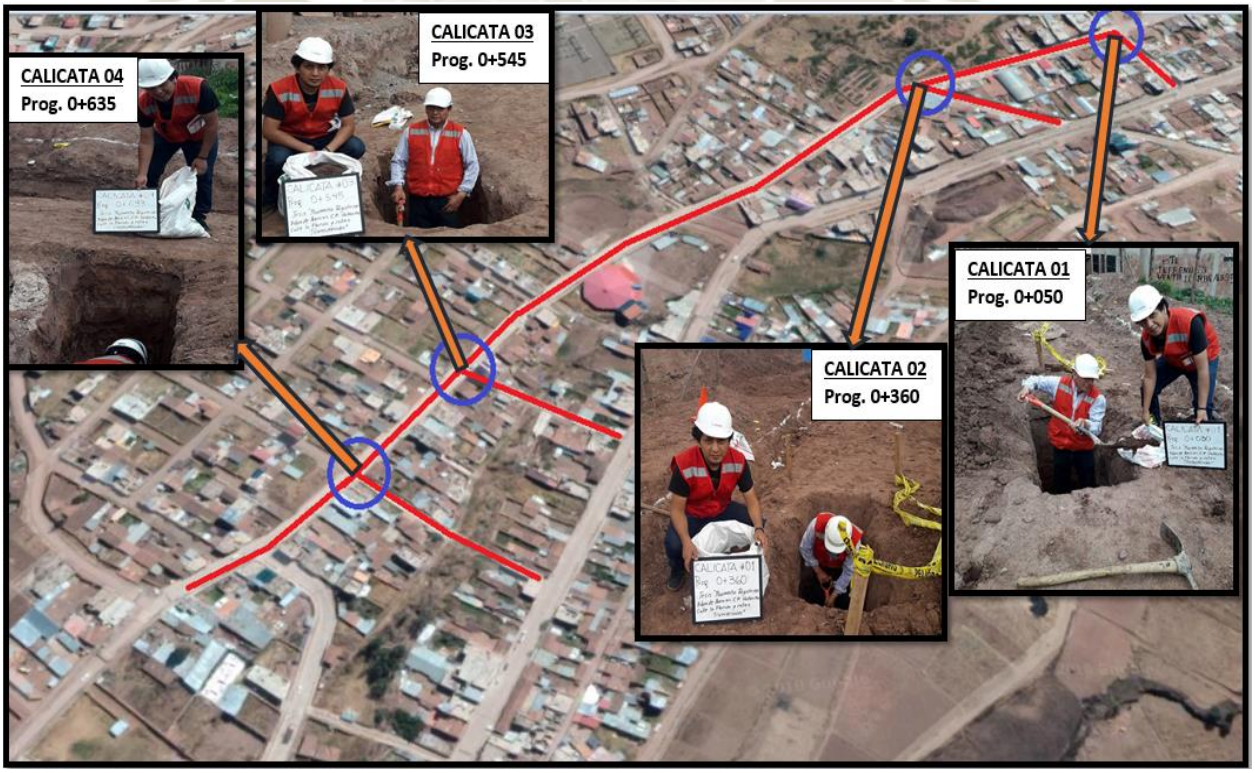
3.3.1.1. LOCALIZACIÓN, REGISTROS DE MUESTRAS

Debido a la importancia de esta investigación, se realizó una programación adecuada que considero los aspectos de la figura N° 43. Para poder obtener el registro de las muestras junto con su localización.

Dimensiones:

- Calicata 1: 1 m x 1 m x 1.5 m
- Calicata 2: 1 m x 1 m x 1.5 m
- Calicata 3: 1 m x 1 m x 1.5 m
- Calicata 4: 1 m x 1 m x 1.5 m

Figura N° 43. Localización de las calicatas



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La guía utilizada para muestreo de suelos y rocas utilizada es MTC E 101 – 2016 y recomienda lo siguiente:

El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a criterio del responsable de la investigación, pero se sugiere las siguientes cantidades:

- Clasificación visual: 0.50 kg – 50 – 500 g.
- Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0.50 a 2,5 kg.
- Ensayo de compactación y granulometría de suelo-agregado granular: 20 – 40 kg.
- Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 – 200 kg.

Se identificó cuidadosamente cada muestra con la calicata y profundidad a la cual fue tomada. Colocándose una identificación dentro de la bolsa o saco cerrándose de una forma segura y correctamente marcada. También se tomaron muestras en bolsas herméticas para la determinación de la humedad natural.

Se llevó un registro de las calicatas, numeración y rotulado adecuado, en los sacos y en las bolsas herméticas.

ESTRATIGRAFIA

La Estratigrafía es una rama de la Geología encargada del estudio de rocas y suelos, considerando la secuencia temporal y los materiales que lo constituyen.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO.

Es la clasificación de los datos de perforación (calicatas), datos de prospección geofísica, o bien de cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conformaría la columna estratigráfica (sucesión de capas de suelo), mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo y de acuerdo a la profundidad hecha.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESULTADOS.

Tabla N° 64. Clasificación del perfil estratigráfico

CLASIFICACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA 01			
	ALTURA	**SUCS**	**AASHTO**
ESTRATO 01	0.30 m	GP	A-1-b
ESTRATO 02	1.25 m	GM	A-2-4

CLASIFICACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA 02			
	ALTURA	**SUCS**	**AASHTO**
ESTRATO 01	0.25 m	GP	A-1-b
ESTRATO 02	1.25 m	GM	A-2-4

CLASIFICACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA 03			
	ALTURA	**SUCS**	**AASHTO**
ESTRATO 01	0.25 m	GP	A-1-b
ESTRATO 02	1.25 m	GC	A-2-6

CLASIFICACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO - CALICATA 04			
	ALTURA	**SUCS**	**AASHTO**
ESTRATO 01	0.30 m	GP	A-1-b
ESTRATO 02	1.20 m	GM	A-2-4

Fuente y elaboración: Propia

Después de evaluar las normas, pasamos a desarrollar los ensayos que nos serán necesarios para el diseño del pavimento, como lo detallamos a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.1.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.

- **OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO MTC E 105) (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

El proceso del ensayo se presentara en Anexos – Estudios de suelo

- **ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (NTP 339.128.1999, MTC E 107)**

RESULTADOS:

El Proceso de datos se detalla en los cuadros de Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 65. Análisis granulométrico de las calicatas

ANALISIS GRANULOMETRICO				
CALICATA	C-01 ESTRATO	C-02 ESTRATO	C-03 ESTRATO	C-04 ESTRATO 02
COTA SUBRASANTE (m)	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35
TAMIZ	% QUE PASA POR LA MALLA			
2"	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
1 1/2"	100.00%	97.32%	100.00%	100.00%
1"	95.68%	94.31%	96.82%	98.13%
3/4"	93.52%	88.59%	93.99%	95.15%
3/8"	84.89%	80.29%	86.20%	91.92%
N°4	80.57%	75.58%	77.02%	89.51%
N°08	76.16%	71.34%	69.04%	86.64%
N°10	74.95%	69.63%	65.42%	85.45%
N°16	72.53%	67.23%	60.37%	83.61%
N°30	69.23%	64.20%	52.81%	81.29%
N°50	60.57%	55.90%	39.61%	73.64%
N°100	33.54%	34.15%	15.51%	34.79%
N°200	1.11%	9.70%	3.00%	4.08%
FONDO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

APLICACIÓN PRATICA:

El ensayo de granulometría nos servirá para clasificar los suelos mediante los métodos de clasificación de la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation officials).

- **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127:1998, MTC E 108)**

Se realizaron los ensayos de las muestras de los suelos del estrato N° 02, determinando su contenido de humedad.

RESULTADOS:

Tabla N° 66. Contenido de humedad de las calicatas.

	Cont. Humed. (%)	PROM. Cont. Humed. (%)
CALICATA 1 ESTRATO 2		
Ensayo 1	26.59	26.41
Ensayo 2	26.23	
CALICATA 2 ESTRATO 2		
Ensayo 1	18.79	18.09
Ensayo 2	17.39	
CALICATA 3 ESTRATO 2		
Ensayo 1	9.15	8.75
Ensayo 2	8.35	
CALICATA 4 ESTRATO 2		
Ensayo 1	21.54	21.10
Ensayo 2	20.65	

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **ANÁLISIS DE CONSISTENCIA, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (NTP 339.129:1999, MTC E110) (LABORATORIO UCSM)**

Para poder desarrollar el ensayo se utilizara el material pasante la malla N° 40 el cual mezclaremos con diferentes contenidos de agua hasta obtener N° de golpes cercanos a 25.

El límite líquido es el contenido de agua del material en el límite superior de su estado plástico expresado en porcentaje.

El ensayo de Limite Liquido consiste en encontrar el número de golpes necesarios para cerrar el surco en la cuchara de Casagrande, obteniendo así, diferentes contenidos de humedad que corresponderán a diferentes números de golpes a una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo, estos datos se llevan a una gráfica de la que se obtiene el "Limite Liquido" optimo que es a los 25 golpes.

Este ensayo nos permite obtener el límite líquido el cual nos será útil para la clasificación del suelo mediante SUCS y AASHTO, así como obtener otras propiedades como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

RESULTADOS:

Se hallaron los límites de consistencia de las muestras de suelos; el procesamiento detallado del cálculo de los límites de consistencia se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 67. Límites de ATTEMBERG para las calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD	LIMITES DE ATTEMBERG		
		LL	LP	IP
C-01	1.50 m	23.18%	19.76%	3.42%
C-02	1.50 m	17.46%	16.61%	0.85%
C-03	1.50 m	20.39%	0	NP
C-04	1.50 m	20.44%	18.02%	2.42%

Fuente y elaboración: Propia

- **ANÁLISIS DE CONSISTENCIA, DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD. (NTP 339.129:1999, MTC E111)**

LÍMITE PLASTICO.

Para poder desarrollar el ensayo se utilizara el material pasante la malla #40 al igual que en el ensayo de límite líquido

El límite plástico es el contenido de agua en el material en el límite inferior de su estado plástico. Se usan para este ensayo muestras con las cuales tenemos que formar rollos de aproximadamente unos 3.2 mm de diámetro, hechos en una superficie lisa de vidrio de preferencia sin que dichos rollitos se deshagan o desmoronen.

RESULTADOS:

Se hallaron los límites de consistencia de las muestras de suelos obtenidas de las muestras de las calicatas del estrato N° 02; el procesamiento detallado del cálculo de los límites de consistencia se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 68. Límites de ATTEMBERG para calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD	LIMITES DE ATTEMBERG		
		LL	LP	IP
C-01	1.50 m	23.18%	19.76%	3.42%
C-02	1.50 m	17.46%	16.61%	0.85%
C-03	1.50 m	20.39%	0	NP
C-04	1.50 m	20.44%	18.02%	2.42%

Fuente y elaboración: Propia

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA (NTP 339.131:1999, MTC E 113) (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Se hallaron las Gravedades específicas de las muestras de suelo, del estrato N° 02; el procesamiento detallado del cálculo se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 69. Resultados del ensayo de gravedad específica

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA - PICNOMETRO				
	MUESTRA	GRAVEDAD ESPECIFICA	PROMEDIO GRAVEDAD ESPCIFICA	VARIACION ENTRE EL MAYOR Y MENOR (%)
C - 01 - Estrato 02	M1	2.524	2.509	0.95%
	M2	2.504		
	M3	2.500		
C - 02 - Estrato 02	M1	2.308	2.305	0.57%
	M2	2.296		
	M3	2.309		
C - 03 - Estrato 02	M4	2.597	2.597	0.54%
	M5	2.590		
	M6	2.604		
C - 04 - Estrato 02	M7	2.165	2.157	0.90%
	M8	2.146		
	M9	2.159		

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **ENSAYO DEL PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999, MTC E 115)**

RESULTADOS:

Se Obtuvieron los respectivos datos últimos tal como el contenido de humedad optimo y el peso específico optimo, presentándose un cuadro de resumen de las muestras obtenidas de las calicatas para la subrasante; el procesamiento detallado del cálculo se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 70. Contenido de humedad y peso específico calicata 01

MUESTRA C-01 – Estrato 02		SATURACION				
"Procedimiento A"		$\gamma w = 1\ g/cm^3$				
Wsat (%)	Densidad seca (g/cm^3)	Gravedad Especifica	Densidad seca (g/cm^3)	w (%) - 100%	w (%) - 90%	w (%) - 80%
10.5	1.363	2.52	1.35	17.19	15.47	13.75
10.9	1.391	2.52	1.4	15.87	14.28	12.70
14.3	1.382	2.52	1.45	14.64	13.18	11.71
15.9	1.343	2.52	1.5	13.49	12.14	10.79
RESULTADOS OPTIMOS						
Humedad Optima (Wo)	12.30%					
Densidad Seca Optimo (γo)	1.428 g/cm^3					

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 71. Contenido de humedad y peso específico calicata 02

MUESTRA C-02 – Estrato 02		SATURACION				
"Procedimiento B"		γw = 1 g/cm³				
Wsat (%)	Densidad seca (g/cm³)	Gravedad Especifica	Densidad seca (g/cm³)	w (%) - 100%	w (%) - 90%	w (%) - 80%
7.3	1.464	2.30	1.45	12.79	11.51	10.23
8.6	1.504	2.30	1.5	11.64	10.47	9.31
11.6	1.480	2.30	1.55	10.56	9.51	8.45
12	1.431	2.30	1.6	9.55	8.60	7.64
RESULTADOS OPTIMOS						
Humedad Optima (Wo)	10.20%					
Densidad Seca Optimo (γo)	1.537 g/cm³					

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 72. Contenido de humedad y peso específico calicata 03

MUESTRA C-03 – Estrato 02		SATURACION				
"Procedimiento B"		γw = 1 g/cm³				
Wsat (%)	Densidad seca (g/cm³)	Gravedad Especifica	Densidad seca (g/cm³)	w (%) - 100%	w (%) - 90%	w (%) - 80%
9.8	1.309	2.59	1.3	19.13	17.22	15.30
12	1.305	2.59	1.35	17.71	15.94	14.16
13.5	1.344	2.59	1.4	16.38	14.74	13.11
15.9	1.311	2.59	1.45	15.15	13.64	12.12
RESULTADOS OPTIMOS						
Humedad Optima (Wo)	13.80%					
Densidad Seca Optimo (γo)	1.332 g/cm³					

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 73. Contenido de humedad y peso específico calicata 04

MUESTRA C-04 – Estrato 02		SATURACION				
"Procedimiento A"		γw = 1 g/cm³				
Wsat (%)	Densidad seca (g/cm³)	Gravedad Especifica	Densidad seca (g/cm³)	w (%) - 100%	w (%) - 90%	w (%) - 80%
13.7	1.338	2.16	1.3	20.37	18.33	16.30
14.6	1.358	2.16	1.35	18.47	16.62	14.78
16.6	1.345	2.16	1.4	16.71	15.04	13.37
17.5	1.309	2.16	1.45	15.07	13.56	12.05
RESULTADOS OPTIMOS						
Humedad Optima (Wo)	15.40%					
Densidad Seca Optimo (γo)	1.362 g/cm³					

Fuente y elaboración: Propia

- **ENSAYO DE CBR – 4 PUNTOS (NTP 339.145:1999, MTC E 132) (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Se Obtuvieron los respectivos datos de CBR en unidades de porcentaje, últimos tal como el contenido de humedad optimo y el peso específico optimo, presentándose un cuadro de resumen de las muestras obtenidas de las calicatas de la subrasante – Estrato 02; el procesamiento detallado del cálculo se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 74. CBR para calicata N° 01

MUESTRA C – 01 – Estrato 02			
N° DE GOLPES	12	25	56
Esfuerzo Penetración(lb/plg^2)	90.73	188.9	210.8
Esfuerzo Penetración Patrón(lb/plg^2)	1000	1000	1000
CBR (0.1") al 95%	8.62	17.94	20.03
Densidad Máxima Húmeda(g/cm^3)	1.33	1.578	1.579
Densidad Máxima Seca(g/cm^3)	1.33	1.40	1.41

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 75. CBR para calicata N° 02

MUESTRA C – 02 – Estrato 02			
N° DE GOLPES	12	25	56
Esfuerzo Penetración(lb/plg^2)	127.562	142.241	164.328
Esfuerzo Penetración Patrón(lb/plg^2)	1000	1000	1000
CBR (0.1") al 95%	12.12	13.51	15.61
Densidad Máxima Húmeda(g/cm^3)	1.57	1.63	1.65
Densidad Máxima Seca(g/cm^3)	1.43	1.48	1.50

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 76. CBR para calicata N° 03

MUESTRA C – 03 – Estrato 02			
N° DE GOLPES	12	25	56
Esfuerzo Penetración(lb/plg^2)	130.009	144.338	164.328
Esfuerzo Penetración Patrón(lb/plg^2)	1000	1000	1000
CBR (0.1") al 95%	12.35	13.75	15.61
Densidad Máxima Húmeda(g/cm^3)	1.38	1.46	1.53
Densidad Máxima Seca(g/cm^3)	1.21	1.28	1.34

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 77. CBR para Calicata N° 04

MUESTRA C – 04 – Estrato 02			
N° DE GOLPES	12	25	56
Esfuerzo Penetración(lb/plg^2)	122.670	137.383	154.193
Esfuerzo Penetración Patrón(lb/plg^2)	1000	1000	1000
CBR (0.1") al 95%	11.65	13.05	14.45
Densidad Máxima Húmeda(g/cm^3)	1.52	1.56	1.57
Densidad Máxima Seca(g/cm^3)	1.32	1.35	1.36

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **CLASIFICACIÓN SUCS (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Se determinó la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), para todas las muestras a ensayar, como se muestra en las tablas.

Tabla N° 78. Clasificación SUCS – calicata N° 01

CALICATA 01 - ESTRATO 02			
PROFUNDIDAD : 1.50 m			
DATOS PARA LA CLASIFICACION DE GRANULOMETRIA			
MALLA #200 50%	*RETENIDO % DE GRUESOS*	=	*98.89%*
	PASA % DE FINOS	=	*1.11%*
	TOTAL	=	*100%*
MALLA #04 50%	*RETENIDO % DE GRAVA*	=	-
	PASA % DE ARENA	=	*80.57%*
	FRACCION GRUESA		
MALLA # 200	*PASA <5% ARENAS LIMPIAS*	=	*1.11%*
	PASA <12% ARENAS CON FINOS	=	-
	5%<X<12% ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS	=	-
	COEFICIENTES		
	CU	=	*3.094*
	CC	=	*0.707*
	DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	LL	=	*23.18*
	LP	=	*19.76*
	IP	=	*3.42*
CLASIFICACION =	***SP - ARENA MAL GRADUADA***		

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 79. Clasificación SUCS – calicata N° 02

CALICATA 02 - ESTRATO 02			
PROFUNDIDAD : 1.50 m			
DATOS PARA LA CLASIFICACION DE GRANULOMETRIA			
MALLA #200 50%	*RETENIDO % DE GRUESOS*	=	*90.30%*
	PASA % DE FINOS	=	*9.70%*
	TOTAL	=	*100%*
MALLA #04 50%	*RETENIDO >50% DE GRAVA*	=	-
	PASA >50% DE ARENA	=	*75.58%*
	FRACCION GRUESA		
MALLA # 200	*PASA <5% ARENAS LIMPIAS*	=	-
	PASA <12% ARENAS CON FINOS	=	-
	5%<X<12% ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS	=	5.35%
	COEFICIENTES		
	CU	=	*4.247*
	CC	=	*0.742*
	DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	LL	=	*17.46*
	LP	=	*16.61*
	IP	=	*0.85*
CLASIFICACION =	***SP - SM - ARENA MAL GRADUADA CON LIMO***		

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 80. Clasificación SUCS – calicata N°03

CALICATA 03 - ESTRATO 02			
PROFUNDIDAD : 1.50 m			
DATOS PARA LA CLASIFICACION DE GRANULOMETRIA			
MALLA #200 50%	*RETENIDO % DE GRUESOS*	=	*97.00%*
	PASA % DE FINOS	=	*3.00%*
	TOTAL	=	*100%*
MALLA #04 50%	*RETENIDO >50% DE GRAVA*	=	-
	PASA >50% DE ARENA	=	*77.02%*
	FRACCION GRUESA		
MALLA # 200	*PASA <5% ARENAS LIMPIAS*	=	*3.00%*
	PASA <12% ARENAS CON FINOS	=	-
	5%<X<12% ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS	=	-
	COEFICIENTES		
	CU	=	*9.846*
	CC	=	*0.427*
	DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	LL	=	*20.39*
	LP	=	*no tiene*
	IP	=	-
CLASIFICACION =	***SP - ARENA MAL GRADUADA***		

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 81. Clasificación SUCS – calicata N° 04

CALICATA 04 - ESTRATO 02			
PROFUNDIDAD : 1.50 m			
DATOS PARA LA CLASIFICACION DE GRANULOMETRIA			
MALLA #200 50%	*RETENIDO % DE GRUESOS*	=	*95.92%*
	PASA % DE FINOS	=	*4.08%*
	TOTAL	=	*100%*
MALLA #04 50%	*RETENIDO >50% DE GRAVA*	=	-
	PASA >50% DE ARENA	=	*89.51%*
	FRACCION GRUESA		
MALLA # 200	*PASA <5% ARENAS LIMPIAS*	=	*4.08%*
	PASA <12% ARENAS CON FINOS	=	-
	5%<X<12% ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS	=	-
	COEFICIENTES		
	CU	=	*2.765*
	CC	=	*0.865*
	DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	LL	=	*20.44*
	LP	=	*18.02*
	IP	=	*2.42*
CLASIFICACION =	***SP - ARENA MAL GRADUADA***		

Fuente y elaboración: Propia

- **CLASIFIACIÓN AASHTO**

RESULTADOS:

Se determinó la clasificación SUCS, de las muestras a ensayar, como se muestra en las tablas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 82. Límites para la clasificación SUCS

DIVISION GENERAL		MATERIALES GRANULARES (Pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (Pasa mas del 35% por el tamiz ASTM #200)				
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
SUBGRUPO		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANALISIS GRANULOMETRICO (% que pasa por cada tamiz)													
SERIE ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fraccion de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
	LIMITE LIQUIDO			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41 (IP<LL-30)	≥ 41 (IP>LL-30)
	INDICE DE PLASTICIDAD	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
INDICE DE GRUPO		0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	
TIPOLOGIA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos Arcillosos		
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA				

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Tabla N° 83. Clasificación AASHTO – calicata N° 01, estrato 02

DATOS PARA CLASIFICACION AASHTO							
GRANULOMETRIA		*INDICE DE GRUPO*		*LIMITES DE CONSISTENCIA*		*OTROS DATOS*	***CALICATA 01***
% que pasa el tamiz N° 10 =	*74.95%*	*a =*	*0.00*	*LL =*	*23.18%*	*TIPO = Inorganico*	
% que pasa el tamiz N° 40 =	*64.18%*	*b =*	*0.00*	*LP =*	*19.76%*		
% que pasa el tamiz N° 200 =	*1.11%*	*c =*	*0.00*	*IP =*	*3.42%*		
	1.11%	*d =*	*0.00*	*IG =*		*0*	

A-2-4 - MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINO LIMOSAS.

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 84. Clasificación AASHTO – calicata N° 02, estrato 02

DATOS PARA CLASIFICACION AASHTO							
GRANULOMETRIA		*INDICE DE GRUPO*		*LIMITES DE CONSISTENCIA*		*OTROS DATOS*	***CALICATA 02***
% que pasa el tamiz N° 10 =	*74.98%*	*a =*	*0.00*	*LL =*	*17.46%*	*TIPO = Inorganico*	
% que pasa el tamiz N° 40 =	*59.36%*	*b =*	*0.00*	*LP =*	*16.61%*		
% que pasa el tamiz N° 200 =	*5.35%*	*c =*	*0.00*	*IP =*	*0.85%*		
	5.35%	*d =*	*0.00*	*IG =*		*0*	

A-2-4 - MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINO LIMOSAS.

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 85. Clasificación AASHTO – calicata N° 03, estrato 02

DATOS PARA CLASIFICACION AASHTO							*CALICATA 03*
GRANULOMETRIA		*INDICE DE GRUPO*		*LIMITES DE CONSISTENCIA*		*OTROS DATOS*	
% que pasa el tamiz N° 10 =	*65.42%*	*a =*	*0.00*	*LL =*	*20.39%*	*TIPO = Inorganico*	
% que pasa el tamiz N° 40 =	*45.11%*	*b =*	*0.00*	*LP =*	*no tiene*		
% que pasa el tamiz N° 200 =	*3.00%*	*c =*	*0.00*	*IP =*	*no tiene*		
	3.00%	*d =*	*0.00*	*IG =*		*0*	

A-1-b - ARENA CON O SIN PARTICULAS FINAS DE GRANULOMETRIA BIEN DEFINIDA.

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 86. Clasificación AASHTO – calicata N° 04, estrato 02

DATOS PARA CLASIFICACION AASHTO							*CALICATA 04*
GRANULOMETRIA		*INDICE DE GRUPO*		*LIMITES DE CONSISTENCIA*		*OTROS DATOS*	
% que pasa el tamiz N° 10 =	*85.45%*	*a =*	*0.00*	*LL =*	*20.44%*	*TIPO = Inorganico*	
% que pasa el tamiz N° 40 =	*76.83%*	*b =*	*0.00*	*LP =*	*18.02%*		
% que pasa el tamiz N° 200 =	*4.08%*	*c =*	*0.00*	*IP =*	*2.42%*		
	4.08%	*d =*	*0.00*	*IG =*		*0*	

A-2-4 - MATERIALES GRANULARES CON PARTICULAS FINAS LIMOSAS.

Fuente y elaboración: Propia

RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO – SUBRASANTE.

En los siguientes cuadros se presentan los resultados y propiedades de las muestras de suelo y su respectiva clasificación, las cuales se obtuvieron de las calicatas de la subrasante, analizadas todas las muestras en el estrato N° 2.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 87. Clasificación resumen calicata N° 01

CLASIFICACIÓN MUESTRA C-01							
SUCS	**AASHTO**	**GRAVEDAD ESPECÍFICA**	**LÍMITES DE CONSISTENCIA**		**PROCTOR MODIFCADO**		**CBR (0.1")**
			LÍMITE LÍQUIDO	**LÍMITE PLÁSTICO**	**CONTENIDO DE HUMEDAD**	**DENSIDAD SECA MÁXIMA**	
SP	A-2-4	2.51	23.18%	13.76%	12.3 %	1.43 g/cm^3	20.03%
			INDICE DE PLASTICIDAD	9.42%			

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 88. Clasificación resumen calicata N° 02

CLASIFICACION MUESTRA C-02							
SUCS	**AASHTO**	**GRAVEDAD ESPECÍFICA**	**LÍMITES DE CONSISTENCIA**		**PROCTOR MODIFCADO**		**CBR (0.1")**
			LÍMITE LÍQUIDO	**LÍMITE PLÁSTICO**	**CONTENIDO DE HUMEDAD**	**DENSIDAD SECA MÁXIMA**	
SP-SC	A-2-4	2.31	17.46%	16.61%	10.2 %	1.54 g/cm^3	15.61%
			ÍNDICE DE PLASTICIDAD	0.85%			

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 89. Clasificación resumen calicata N° 03

CLASIFICACION MUESTRA C-03							
SUCS	**AASHTO**	**GRAVEDAD ESPECIFICA**	**LÍMITES DE CONSISTENCIA**		**PROCTOR MODIFCADO**		**CBR (0.1")**
			LÍMITE LÍQUIDO	**LÍMITE PLÁSTICO**	**CONTENIDO DE HUMEDAD**	**DENSIDAD SECA MÁXIMA**	
SP	A-1-b	2.60	20.39%	NP	13.8 %	1.33 g/cm^3	15.61%
			ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP			

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 90. Clasificación resumen calicata N° 04

CLASIFICACIÓN MUESTRA C-04							
SUCS	**AASHTO**	**GRAVEDAD ESPECÍFICA**	**LÍMITES DE CONSISTENCIA**		**PROCTOR MODIFCADO**		**CBR (0.1")**
			LÍMITE LÍQUIDO	**LÍMITE PLÁSTICO**	**CONTENIDO DE HUMEDAD**	**DENSIDAD SECA MÁXIMA**	
SP	A-2-4	2.16	20.44%	14.02%	15.4 %	1.36 g/cm^3	14.45%
			ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.42%			

Fuente y elaboración: Propia

3.3.2. BASE GRANULAR

Para desarrollar los estudios para la Base granular, se utilizó la cantera "MUNAY HUARMI", ubicada en la carretera Cusco – Paruro (km 02+700), debido a la cercanía del lugar donde se aplicaran el desarrollo de la tesis, esta base granular será aplicada sobre la subrasante, el cual no presenta nivel freático en dicha capa.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.2.1. ENSAYOS DE LABORATORIO.

- **OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO MTC E 105) (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

El proceso del ensayo se presentara en Anexos – Estudios de suelo

- **ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO. (NTP 339.128.1999, MTC E 107)**

RESULTADOS:

El Proceso de datos se detalla en los cuadros de Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 91. Análisis granulométrico de la cantera para base granular.

	MUESTRA CANTERA			CANTERA
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	400.8	7.42%	92.58%
1"	25.4	512.8	9.49%	83.09%
3/4"	19.05	600	11.11%	71.98%
3/8"	9.525	1153.2	21.35%	50.63%
# 4	4.75	720.4	13.34%	37.29%
#8	2.36	461.6	8.55%	28.75%
# 10	2	182	3.37%	25.38%
# 16	1.18	396.8	7.35%	18.03%
# 30	0.6	152.4	2.82%	15.21%
# 50	0.3	161.2	2.98%	12.23%
# 100	0.15	260.4	4.82%	7.41%
# 200	0.075	220	4.07%	3.33%
FONDO	0	180	3.33%	0.00%
		5401.6		

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

APLICACIÓN PRATICA:

El ensayo de granulometría nos servirá para clasificar los suelos mediante los métodos de clasificación de la SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.) y la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation officials).

- **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.127:1998, MTC E 108)**

RESULTADOS:

Tabla N° 92. Contenido de Humedad de cantera para base granular.

	Cont. Humed. (%)	PROM. Cont. Humed. (%)
CANTERA		7.61
Ensayo 1	8.14	
Ensayo 2	7.07	

Fuente y elaboración: Propia

- **ANÁLISIS DE CONSISTENCIA, DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS (NTP 339.129:1999, MTC E110) (LABORATORIO UCSM)**

Para poder desarrollar el ensayo se utilizara el material pasante la malla #40 el cual mezclaremos con diferentes contenidos de agua hasta obtener N° de golpes cercanos a 25.

El límite líquido es el contenido de agua del material en el límite superior de su estado plástico expresado en porcentaje.

El ensayo de Limite Liquido consiste en encontrar el número de golpes necesarios para cerrar el surco en la cuchara de Casagrande, obteniendo así, diferentes contenidos de humedad que corresponderán a diferentes números de golpes a una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo, estos datos se llevan a una gráfica de la que se obtiene el "Limite Liquido" optimo que es a los 25 golpes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Este ensayo nos permite obtener el límite líquido el cual nos será útil para la clasificación del suelo mediante SUCS y AASHTO, así como obtener otras propiedades como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.

RESULTADOS:

Se hallaron los límites de consistencia de las muestras de suelos; el procesamiento detallado del cálculo de los límites de consistencia se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 93. Límites de ATTEMBERG cantera para base granular

CALICATA	PROFUNDIDAD	LIMITES DE ATTEMBERG		
		LL	LP	IP
CANTERA	-	22.49%	17.60%	4.89%

Fuente y elaboración: Propia

- **ANÁLISIS DE CONSISTENCIA, DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS Y EL ÍNDICE DE PLASTICIDAD. (NTP 339.129:1999, MTC E111)**

LIMITE PLASTICO.

Para poder desarrollar el ensayo se utilizara el material pasante la malla #40 al igual que en el ensayo de límite líquido

El límite plástico es el contenido de agua en el material en el límite inferior de su estado plástico. Se usan para este ensayo muestras con las cuales tenemos que formar rollos de aproximadamente unos 3.2 mm de diámetro, hechos en una superficie lisa de vidrio de preferencia sin que dichos rollitos se deshagan o desmoronen.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESULTADOS:

Se hallaron los límites de consistencia de las muestras de suelos; el procesamiento detallado del cálculo de los límites de consistencia se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 94. Límites de ATTEMBERG cantera para base granular

CALICATA	PROFUNDIDAD	LIMITES DE ATTEMBERG		
		LL	LP	IP
CANTERA	-	22.49%	17.60%	4.89%

Fuente y elaboración: Propia

- **GRAVEDAD ESPECÍFICA (NTP 339.131:1999, MTC E 113) (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Se hallaron las Gravedades específicas; el procesamiento detallado del cálculo se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 95. Resultados del ensayo de gravedad específica de la cantera para base

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA - PICNOMETRO				
	MUESTRA	GRAVEDAD ESPECIFICA	PROMEDIO GRAVEDAD ESPCIFICA	VARIACION ENTRE EL MAYOR Y MENOR (%)
CANTERA	M10	2.562	2.566	0.78%
	M11	2.557		
	M12	2.577		

Fuente y elaboración: Propia

- **ENSAYO DEL PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141:1999, MTC E 115)**

RESULTADOS:

Se Obtuvieron los respectivos datos últimos tal como el contenido de humedad optimo y el peso específico optimo, presentándose un cuadro de resumen de la muestra de material de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cantera para base; el procesamiento detallado del cálculo se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Tabla N° 96.Contenido de humedad y peso específico cantera para base granular

MUESTRA CANTERA PARA BASE GRANULAR		SATURACION				
"Procedimiento C"		γw = 1 g/cm³				
Wsat (%)	Densidad seca (g/cm³)	Gravedad Especifica	Densidad seca (g/cm³)	w (%) - 100%	w (%) - 90%	w (%) - 80%
9.8	1.292	2.57	1.25	20.51	18.46	16.41
11.8	1.339	2.57	1.3	18.97	17.08	15.18
15.3	1.319	2.57	1.35	17.55	15.79	14.04
17.4	1.266	2.57	1.4	16.23	14.60	12.98
RESULTADOS OPTIMOS						
Humedad Optima (Wo)	13.00%					
Densidad Seca Optimo (γo)	1.345 g/cm³					

Fuente y elaboración: Propia

- **ENSAYO DE CBR DE CANTERA PARA BASE GRANULAR (NTP 339.145:1999, MTC E 132) (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Se Obtuvo los respectivos datos de CBR en unidades de porcentaje, últimos tal como el contenido de humedad optimo y el peso específico optimo, presentándose un cuadro de resumen de la muestra obtenida en la cantera para base que se ubicara en la cota del suelo de fundación a 0.30 m; el procesamiento detallado del cálculo se muestra en el Anexo – Estudio de Suelos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 97. CBR de cantera para base granular

MUESTRA CANTERA			
N° DE GOLPES	12	25	56
Esfuerzo Penetración(lb/plg^2)	844.534	955.742	1056.01
Esfuerzo Penetración Patrón(lb/plg^2)	1000	1000	1000
CBR (0.1") al 100%	84.45	95.57	105.60
Densidad Máxima Húmeda(g/cm^3)	1.52	1.56	1.57
Densidad Máxima Seca(g/cm^3)	1.23	1.30	1.32

Fuente y elaboración: Propia

- **ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ANGELES (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Para desarrollar el ensayo, de acuerdo a nuestra granulometría determinamos que se cuenta con una Gradación "A"

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 98. Resultado de la máquina de los Angeles

GRANULOMETRIA		GRADACION "A"
PASA EL TAMIZ	**RETENIDO EN TAMIZ**	**PESO DEL MATERIAL (g)**
1 ½"	1"	1250.9
1"	¾"	1250.6
¾"	½"	1249.0
½"	3/8"	1246.1
PESO TOTAL		4996.6
N° DE ESFERAS		12
N° REVOLUCIONES		500
TIEMPO DE ROTACION (min)		15

Fuente y elaboración: Propia

- Retenido en el tamiz N° 12 = 3075.3 g

$$\% \, Desgaste = \frac{4999.6 - 3075.3}{4999.6} \, x \, 100\%$$

$$\% \, Desgaste = 38.49 \, \%$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **CLASIFICACIÓN SUCS (LABORATORIO UCSM)**

RESULTADOS:

Se determinó la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.), para todas las muestras a ensayar, como se muestra en las tablas.

Tabla N° 99. Clasificación SUCS – Cantera para base granular.

	CANTERA		
	PROFUNDIDAD : 1.50 m		
	DATOS PARA LA CLASIFICACION DE GRANULOMETRIA		
MALLA #200 50%	*RETENIDO % DE GRUESOS*	=	*96.67%*
	PASA % DE FINOS	=	*3.33%*
	TOTAL	=	*100%*
MALLA #04 50%	*RETENIDO % DE GRAVA*	=	*62.71%*
	PASA % DE ARENA	=	-
	FRACCION GRUESA		
MALLA # 200	*PASA >5% ARENAS LIMPIAS*	=	*3.33%*
	PASA <12% ARENAS CON FINOS	=	-
	5%<X<12% ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS	=	-
	COEFICIENTES		
	CU	=	*59.400*
	CC	=	*2.323*
	DE LIMITES DE CONSISTENCIA		
	LL	=	*22.49*
	LP	=	*17.6*
	IP	=	*4.89*
	CLASIFICACION =		***GW - GRAVA BIEN GRADUADA***

Fuente y elaboración: Propia

- **CLASIFICACIÓN AASHTO**

RESULTADOS:

Se determinó la clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation officials), para todas las muestras a ensayar, como se muestra en las tablas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 100. Clasificación AASHTO.

DIVISION GENERAL		MATERIALES GRANULARES (Pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (Pasa mas del 35% por el tamiz ASTM #200)				
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
SUBGRUPO		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANALISIS GRANULOMETRICO (% que pasa por cada tamiz)													
SERIE ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fraccion de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
	LIMITE LIQUIDO			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41 (IP<LL-30)	≥ 41 (IP>LL-30)
	INDICE DE PLASTICIDAD	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
INDICE DE GRUPO		0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20	
TIPOLOGIA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos Arcillosos		
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA							ACEPTABLE A MALA				

Fuente y elaboración: Manual de ensayo de Materiales del MTC

Tabla N° 101. Clasificación AASHTO – Cantera para base granular

DATOS PARA CLASIFICACION AASHTO							
GRANULOMETRIA		*INDICE DE GRUPO*		*LIMITES DE CONSISTENCIA*		*OTROS DATOS*	***CANTERA***
% que pasa el tamiz N° 10 =	*25.38%*	*a =*	*0.00*	*LL =*	*22.49%*		
% que pasa el tamiz N° 40 =	*13.47%*	*b =*	*0.00*	*LP =*	*17.60%*	*TIPO = Inorganico*	
% que pasa el tamiz N° 200 =	*3.33%*	*c =*	*0.00*	*IP =*	*4.89%*		
	3.33%	*d =*	*0.00*		*IG =*	*0*	
A-1-a - PRINCIPALMENTE GRAVAS CON O SIN PARTICULAS FINAS DE GRANULOMETRIAS BIEN DEFINIDA							

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 102. Clasificación resumen de la cantera[1]

CLASIFICACIÓN MUESTRA CANTERA							
CLASIF. SUCS	**CLASIF. AASHTO**	**GRAVEDAD ESPECIFICA**	**LIMITES DE CONSISTENCIA**		**PROCTOR MODIFCADO**		**CBR (0.1")**
			LÍMITE LÍQUIDO	**LÍMITE PLÁSTICO**	**CONTENIDO DE HUMEDAD**	**DENSIDAD SECA MÁXIMA**	
GW	A-1-a	2.57	22.49%	17.60%	13.0 %	1.35 g/cm^3	105.60%
			INDICE DE PLASTICIDAD	4.89%	**ABRASIÓN**	36.94%	

Fuente y elaboración: Propia

[1] Cabe precisar que los ensayos realizados con el material granular para la base de la cantera Munay Huarmi, son ensayos referenciales para la presente tesis, puesto que de ejecutar dicho proyecto se deberán realizar ensayos de laboratorio más precisos con materiales de la zona y de acuerdo a las exigencias de las normativas correspondientes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.3. ENSAYO DE AGREGADOS PARA PAVIMENTO RÍGIDO

3.3.3.1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (NTP 400.012. MTC 204)

RESULTADOS:

Se obtuvieron los resultados respectivos de los agregados ("Agregado Grueso y Agregado fino de la cantera de Chiguata), de acuerdo a las consideraciones de la normatividad y especificaciones de acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla N° 103. Granulometría del agregado grueso

	MUESTRA AGREGADO GRUESO			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0.00%	100.00%
1"	25.4	0	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	379	7.62%	92.38%
1/2"	12.7	2058	41.37%	51.02%
3/8"	9.525	1499	30.13%	20.88%
1/4"	6.35	877	17.63%	3.26%
# 4	4.75	99	1.99%	1.27%
FONDO	0	63	1.27%	0.00%
		4975		

Fuente y elaboración: Propia

Siendo determinado el Tamaño Máximo nominal ¾". (TMN=3/4").

Tabla N° 104. Granulometría agregado fino

	MUESTRA AGREGADO FINO			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO	% RETENIDO	% ACUMULADO
# 4	4.75	53	1.07%	98.93%
#8	2.36	797	16.09%	82.84%
# 16	1.18	1105	22.31%	60.54%
# 30	0.6	1084	21.88%	38.66%
# 50	0.3	905	18.27%	20.39%
# 100	0.15	589	11.89%	8.50%
# 200	0.075	318	6.42%	2.08%
FONDO	0	103	2.08%	0.00%
		4954		

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Siendo determinado el Modulo de Fineza, MF=3.10

$$MF = \frac{N°100+N°50+N°30+N°16+N°8+N°4}{100} \text{-------(Ec. 42)}$$

$$MF = \frac{8.50\% + 20.39\% + 38.66\% + 60.54\% + 82.84\% + 98.93\%}{100}$$

$$MF = 3.0986$$

3.3.3.2. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

Este ensayo nos permitió determinar el peso específico seco, peso específico aparente y porcentaje de absorción, después de 24 h de sumergido el agregado fino.

La Gravedad Especifica es generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo variedades de concreto, las cuales son analizadas de acuerdo al volumen que ocupa el agregado y también usado para el cálculo de vacíos en el agregado (MTC E203).

El Porcentaje de Absorción nos permite calcular el cambio de masas de un agregado debido al agua absorbida entra los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparando el agregado en contacto con agua tiempo determinado (24 h) para una buena absorción y el agregado en estado seco.

Estos datos se utilizaron para el Diseño de Mezclas, teniendo un control de uniformidad en las características físicas del agregado.

- Gravedad específica (GE).

$$GE = \frac{W_o}{(V - V_o)} x\ 100 \text{ --- (Ec. 43)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

- GE = Gravedad especifica.
- W_o = Peso la muestra secada en el horno (g).
- V = Volumen del frasco en cm^3.
- V_o = Peso en gramos o volumen en cm^3 de agua añadida al frasco.

- Gravedad específica de masa saturada con superficie seca (GEsss).

$$GEsss = \frac{500}{(V - V_o)} x\ 100 \text{ ---- (Ec. 44)}$$

- Gravedad especifica aparente (GEa).

$$GEsss = \frac{W_o}{(V - V_o) - (500 - W_o)} x\ 100 \text{ ----- (Ec. 45)}$$

- Porcentaje de Absorción (Abs%.)

$$Abs\% = \frac{500 - W_o}{W_o} x\ 100 \text{ ----- (Ec. 46)}$$

RESULTADOS:

Datos obtenidos del ensayo:

W_o = 492 g

V = 1000 cm^3

V_o = 793 cm^3

B = 500 g

GE = Gravedad especifica.

$$GE = \frac{Wo}{V - Vo} \text{ ----- (Ec. 47)}$$

$$GE = \frac{492}{1000 - 793}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Peso específico.

$$\gamma = GE\ x\ \gamma w \text{ ----- (Ec. 48)}$$

$$\gamma = 2.3768\ g/cm^3$$

$$\gamma = 2.3768\ x\ 1000\ kg/m^3$$

$$\gamma = 2376.8\ kg/m^3$$

Gravedad específica de masa saturada con superficie seca (GEsss).

$$GEsss = \frac{B}{V - Vo} \text{ ----- (Ec. 47)}$$

$$GEsss = \frac{500}{1000 - 793}$$

$$GEsss = 2.416$$

Porcentaje de Absorción (Abs%.)

$$absorción\ \% = \frac{B - Wo}{Wo} . 100 \text{ ---- (Ec. 48)}$$

$$absorción\ \% = \frac{500 - 492}{492} . 100$$

$$absorción\ \% = 1.626\%$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3.3.3. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (NTP 400.021, MTC E 206)

Este ensayo nos permitirá determinar la gravedad específica, gravedad específica de masa saturada con superficie seca y el porcentaje de absorción (luego de 24 h) del agregado grueso.

La muestra seleccionada de agregado será sumergida durante 24 h para poder llenar los poros de las partículas, seguidamente se seca la muestra superficialmente y se pesa, seguidamente la muestra será pesada a través de una canastilla sumergida en el agua, finalizando con el secado de la muestra en el horno y pesada por una tercera vez, usando estos datos para poder hallar la gravedad específica y porcentaje de absorción.

Se tuvo en consideración una muestra representativa para desarrollar el ensayo.

Gravedad específica (GE).

$$GE = \frac{A}{(B-C)} x\ 100 \text{ ------ (Ec. 49)}$$

Donde:

GE = Gravedad especifica.

A = Peso la muestra seca en el aire (g).

B = Peso de la muestra superficialmente seca.

C = Peso de la muestra saturada en agua.

Gravedad específica de masa saturada con superficie seca (GEsss).

$$GEsss = \frac{B}{(B-C)} \text{ ----- (Ec. 50)}$$

Gravedad especifica aparente (GEa).

$$GEsss = \frac{A}{(A-C)} \text{ ----- (Ec. 51)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Porcentaje de Absorción (Abs%.)

$$Abs\% = \frac{(B-A)}{A} x\ 100 \text{ ----- (Ec. 52)}$$

RESULTADOS:

Datos obtenidos del ensayo:

A = 1976 g

B = 2000 g

C = 1195 g

GE = Gravedad especifica.

$$GE = \frac{A}{B-C} \text{ ----- (Ec. 53)}$$

$$GE = \frac{1976}{2000 - 1195}$$

$$GE = 2.4547$$

Peso específico.

$$\gamma = GE\ x\ \gamma w \text{ ----- (Ec. 54)}$$

$$\gamma = 2.4547\ x\ 1000\ kg/m^3$$

$$\gamma = 2454.7\ kg/m^3$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gravedad específica de masa saturada con superficie seca (GEsss).

$$GEsss = \frac{B}{B-C} \text{ ------ (Ec. 50)}$$

$$GEsss = \frac{2000}{2000 - 1195}$$

$$GEsss = 2.485$$

Porcentaje de Absorción (Abs%.)

$$absorcion\ \% = \frac{B-A}{A} . 100 \text{ ---- (Ec. 52)}$$

$$absorcion\ \% = \frac{2000 - 1976}{1976} . 100$$

$$absorcion\ \% = 1.215\%$$

3.3.3.4. MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO (NTP 339.185. MTC E 215)

El ensayo nos permitirá determinar el porcentaje total de humedad que posee el agregado grueso y fino por secado.

En el caso de Agregado Grueso, en las partículas mayores a 50 mm requerirán de más tiempo de secado para que la humedad se desplace del interior de la partícula hasta la superficie.

Se determinara empíricamente si el secado rápido suministrara la precisión para el fin requerido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

La humedad evaporada es referida tanto a la humedad superficial y a la que se encuentra en los poros del agregado.

- Contenido de humedad total de la muestra en porcentaje:

$$\%w = \frac{A-B}{B}\ x\ 100 \text{ ----- (Ec. 53)}$$

  - %w = Contenido de humedad total.
  - A = Peso la muestra húmeda original (g).
  - B = Peso de la muestra seca (g).

RESULTADOS:

Agregado Fino.

Datos obtenidos del ensayo:

- A = 1000 g
- B = 993.3 g

$$\%w = \frac{A-B}{B}\ x\ 100 \text{ ---- (Ec. 54)}$$

$$\%w = \frac{1000 - 993.3}{993.3}\ x\ 100$$

$$\%w = 0.67\%$$

Agregado Grueso.

Datos obtenidos del ensayo:

- A = 3000 g
- B = 2992.95 g

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\%w = \frac{A-B}{B}\ x\ 100 \text{ ---- (Ec. 54)}$$

$$\%w = \frac{3000 - 1992.95}{2992.95}\ x\ 100$$

$$\%w = 0.24\%$$

3.3.3.5. PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017, MTC E 203)

El ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los Agregados, nos permite determinar el peso unitario suelto, compactado y el porcentaje de vacíos de los agregados finos, gruesos o combinados.

Este método nos permitirá determinar el peso unitario y vacío en los agregados y junto a las otras propiedades de los agregados se podrá hacer un diseño de mezcla para concreto.

De acuerdo a los tamaños máximos nominal agregados se utilizara los moldes para poder determinar los pesos unitarios y vacío de los agregados de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla N° 105. Capacidad de los tamices

T nominal máx. del Agregado		Capacidad del recipiente	
mm	plg	m^3	p^3
12.5	1/2"	0.0028	1/10'
25	1	0.0093	1/3
37.5	1 1/2	0.014	1/2
75	3	0.028	1
100	4	0.07	2 1/2
125	5	0.1	3 1/2

Fuente y elaboración: Norma técnica peruana 400.017

$$\gamma_{As} = \frac{W_{As}}{V_m} \text{ ----- (Ec. 55)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Vm = Volumen del molde
- W_{Afs} = Peso de la muestra en estado suelto.

$$\gamma_{Ac} = \frac{W_{Ac}}{V_m} \text{ ----- (Ec. 56)}$$

- Vm = Volumen del molde
- W_{Afs} = Peso de la muestra en estado compactado.

RESULTADOS:

Agregado Fino.

Datos obtenidos del ensayo:

- Vm = 2831.685 cm^3
- W_{m+Afs} = 5930 g
- W_{Afs} = 4323 g

Volumen del molde:

$$\mathbf{V_M = 1/10\ pie^3 = 2831.685\ cm^3}$$

Peso unitario suelto.

$$\gamma_{Agfs} = \frac{W_{Afs}}{V_M}$$

$$\gamma_{Agfs} = \frac{4323}{2831.685}$$

$$\gamma_{Agfs} = 1.5267\ g/cm^3$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Peso unitario compactado.

Datos obtenidos del ensayo:

- Vm = 2831.685 cm^3
- $W1_{m+Afc}$ = 6252 g
- $W2_{m+Afc}$ = 6341 g
- $W3_{m+Afc}$ = 6318 g
- $W1_{Afc}$ = 4646 g
- $W2_{Afc}$ = 4734 g
- $W3_{Afc}$ = 4711 g

$$\gamma_{Agfc} = \frac{W_{Afc}}{V_M}$$

$$\gamma 1_{Agfc} = \frac{4645}{2831.685} \qquad \gamma 1_{Agfc} = 1.6404\ g/cm^3$$

$$\gamma 2_{Agfc} = \frac{4734}{2831.685} \qquad \gamma 2_{Agfc} = 1.6718\ g/cm^3$$

$$\gamma 3_{Agfc} = \frac{4711}{2831.685} \qquad \gamma 3_{Agfc} = 1.6637\ g/cm^3$$

$$\gamma_{Agfc\ prom} = 1.6586\ g/cm^3$$

Agregado Grueso.

Datos obtenidos del ensayo:

- Vm = 9438.949 cm^3
- W_m = 4820 g
- W_{m+Ags} = 16929 g
- W_{Ags} = 12109 g

Volumen del molde:

$V_M = 1/3\ pie^3 = 9438.949\ cm^3$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Peso unitario suelto.

$$\gamma_{Aggs} = \frac{W_{Ags}}{V_M}$$

$$\gamma_{Aggs} = \frac{12109}{9438.949}$$

$$\gamma_{Aggs} = 1.2829\ g/cm^3$$

Peso unitario compactado.

Datos obtenidos del ensayo:

- Vm = 9438.949 cm^3
- $W1_{m+Agc}$ = 18275 g
- $W2_{m+Agc}$ = 18163 g
- $W3_{m+Agc}$ = 18126 g
- $W1_{Agc}$ = 16668 g
- $W2_{Agc}$ = 16556 g
- $W3_{Agc}$ = 16519 g

$$\gamma_{Aggc} = \frac{W_{Agc}}{V_M}$$

$$\gamma 1_{Aggc} = \frac{16668}{2831.685}$$

$$\gamma 1_{Aggc} = 1.7659\ g/cm^3$$

$$\gamma 2_{Aggc} = \frac{16556}{2831.685}$$

$$\gamma 2_{Aggc} = 1.7540\ g/cm^3$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$\gamma 3_{Aggc} = \frac{16519}{2831.685}$$

$$\gamma 3_{Aggc} = 1.7501\ g/cm^3$$

$$\gamma_{Aggc\ prom} = 1.7567\ g/cm^3$$

3.3.3.6. ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ANGELES (NTP 400.019, MTC E 207)

El ensayo de abrasión de los ángeles nos permite ensayar agregados gruesos de tamaños menores de 1 ½" para determinar la resistencia al impacto, degradación.

El ensayo nos permite determinar la degradación de los agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de la combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero trasportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor creando en el movimiento la trituración por impacto, Luego de un numero de revoluciones durante un tiempo considerado de acuerdo a normativa, luego es retirado el agregado triturado, tamizado para poder determinar su porcentaje de desgaste.

La carga, dependiendo de la gradación de la muestra a ensayar será como se describe en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 106. Gradación de la máquina de los ángeles

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente y elaboración: Manual de ensayos del MTC

La muestra será lavada y secada al horno a 110 ± 5 °C, se tomara la masa representativa de acuerdo al cuadro de gradación, la cual se considera el Peso inicial. Seguidamente se separa la fracción y recombinar a la gradación de acuerdo a la tabla de "Gradación de las muestras de ensayo", considerando los rangos de medidas de agregado para trabajarlas.

Tabla N° 107. Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 ½")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ±10	2 500 ±10	-.-	-.-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ±10	2 500 ±10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2 500 ±10	-.-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ±10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-		5 000
TOTAL		5 000 ±10	5 000 ±10	5 000 ± 10	5 000 ±10

Fuente y elaboración: Manual de ensayos del MTC

Luego de realizado el ensayo se procederá a pesar la muestra que se retenga en el tamiz N° 12 la cual se denominara como el peso final.

Determinaremos el porcentaje de desgaste de acuerdo a la siguiente formula:

$$\%\ Desgaste = \frac{Pinicial - Pfinal}{Pinicial}\ x\ 100\% \quad \text{------ (Ec. 58)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESULTADOS:

Para desarrollar el ensayo, contamos con un agregado combinado de ¾" y ½" de acuerdo a la granulometría establecida, por lo cual se optara por la Gradación "B"

Tabla N° 108. Resultados de la máquina de los ángeles

GRANULOMETRIA		GRADACION "B"
PASA EL TAMIZ	**RETENIDO EN TAMIZ**	**PESO DEL MATERIAL (g)**
¾"	½"	2503.1
½"	3/8"	2496.5
PESO TOTAL		4999.6
N° DE ESFERAS		11
N° REVOLUCIONES		500
TIEMPO DE ROTACION (min)		15

Fuente y elaboración: Manual de ensayos del MTC

- Retenido en el tamiz N° 12 = 2750.7 g

$$\%\ Desgaste = \frac{4996.6 - 2750.7}{4996.6}\ x\ 100\%$$

$$\%\ Desgaste = \ 44.95\ \%$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

3.4.1. GENERALIDADES

El estudio hidrológico realizado para la presente investigación tiene un área de estudio proporcional, a la cuenca hidrológica donde se localiza el desarrollo de la tesis, para poder establecer el sistema de drenaje que será utilizado para que las avenidas no se vean afectadas por las precipitaciones pluviales, por falta de obras de arte, para el drenaje de agua.

Para lo cual será necesario obtener datos como el caudal máximo diario, que servirán para el diseño de obras hidráulicas que garanticen la conservación y seguridad de las vías en estudio, direccionando el agua acumulada por los respectivos canales.

Según la NORMA OS.060 Drenaje Pluvial Urbano, indica:

- Los caudales para sistemas de drenaje urbano menor deberán ser calculados por el método racional si el área de la cuenca es igual o menor a 13 km^2.
- El periodo de retorno deberá considerarse de 2 a 10 años. Está en función de la importancia económica de la urbanización, correspondiendo 2 años a pueblos pequeños.
- La intensidad de la lluvia de diseño para un determinado punto del sistema de drenaje es la intensidad promedio de una lluvia cuya duración es igual al tiempo de concentración del área que se drena hasta ese punto, y cuyo periodo de retorno es igual al del diseño de la obra de drenaje.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.2. GENERACION DE CAUDALES

3.4.2.1. DATOS GENERALES DE LA CUENCA

La cuenca a ser analizada, deberá comprender dentro de sus límites el proyecto en estudio, el cual será proyectado sobre un área horizontal que esta remarcada por un perímetro teniendo en cuenta, un punto alto y un punto bajo: como se muestra en la siguiente figura:

Figura N° 44. Delimitación de la cuenca en estudio

Fuente: Google Earth Elaboración: Propia

Tabla N° 109. Área de la cuenca

ÁREA DE LA CUENCA				
Cuenca	Área (m^2)	Área (km^2)	Área (ha)	Perimetro (m)
Cuenca 1	1980000	1.98	198	8777

Fuente: Google Earth Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.2.2. PERIMETRO DE LA CUENCA

Es el contorno que delimita el área de la cuenca, lo que obtuvimos lo mostramos en el cuadro siguiente:

Tabla N° 110. Perímetro de la cuenca

PERIMETRO DE LA CUENCA	
Cuenca	Perímetro (m)
Cuenca 1	8777

Fuente y elaboración: Propia

3.4.2.3. PENDIENTE DE LA CUENCA

Uno de los parámetros importantes para el estudio de la cuenca, y que sirve para saber si existe posibilidad de infiltración, cual es el coeficiente de escorrentía, cual es la humedad del sueño y si existe agua subterránea que pueda modificar el coeficiente de escorrentía.

Para poder obtener este dato existen muchos métodos, dependiendo de la geografía de la cuenca. Para el presente estudio se utilizó el método del rectángulo equivalente. Con este criterio, se toma la pendiente media del rectángulo equivalente al área de la cuenca, como lo muestra la siguiente formula:

$$S = \frac{H}{L} \text{ ----- (Ec. 59)}$$

Donde:

S = Pendiente de la cuenca en km.

H = Desnivel total (cota en la parte más alta –cota en la estación de aforo) en km.

L = Lado Mayor del rectángulo equivalente.

$$L = \frac{K * \sqrt{A}}{1.12}\left(1 + \sqrt{1 - (\frac{1.12}{k})^2}\right) \text{ ----- (Ec. 60)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$I = \frac{K * \sqrt{A}}{1.12}\left(1 - \sqrt{1 - (\frac{1.12}{k})^2}\right)$$ ------ (Ec. 61)

Donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente en km

I = Longitud del lado mejor del rectángulo equivalente en km

K = Índice de Gravelious

A = Área de la cuenca en km^2

P = Perímetro de la cuenca en km.

3.4.2.4. ÍNDICE DE COMPACIDAD DE GRAVELIUS

Este índice representa la forma de la superficie de la cuenca, según su delimitación, y su influencia sobre los escurrimientos y el hidrograma resultante de una precipitación. Para lo cual será necesario la siguiente formula:

$$K = 0.2821\ (\frac{P}{\sqrt{A}})$$ ----- (Ec. 62)

Tabla N° 111. Datos generales de la cuenca

DATOS DE LA CUENCA	
Área de la cuenca (km^2)	1.98
Perímetro de la Cuenca (km)	8.777
Cota Superior (m.s.n.m.)	3200
Cota Inferior (m.s.n.m.)	3550

Fuente y elaboración: Propia

Con la base de datos que poseemos, podemos proceder a hallar el rectángulo equivalente

- ÍNDICE DE COMPACIDAD DE GRAVELIUS:

$$K = 0.2821\ (\frac{P}{\sqrt{A}})$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

$$K = 0.2821\ (\frac{8.77}{\sqrt{1.98}})$$

$$K = 1.7596$$

- CALCULO DEL LADO MAYOR DEL RECTÁNGULO

$$L = \frac{K * \sqrt{A}}{1.12}\left(1 + \sqrt{1 - (\frac{1.12}{k})^2}\right)$$

$$L = \frac{1.7596 * \sqrt{1.98}}{1.12}\left(1 + \sqrt{1 - (\frac{1.12}{1.7596})^2}\right)$$

$$L = 3.91577\ km = 3915.77\ m$$

- CALCULO DEL LADO MENOR DEL RECTÁNGULO

$$L = \frac{K * \sqrt{A}}{1.12}\left(1 + \sqrt{1 - (\frac{1.12}{k})^2}\right)$$

$$L = \frac{1.7596 * \sqrt{1.98}}{1.12}\left(1 - \sqrt{1 - (\frac{1.12}{1.7596})^2}\right)$$

$$L = 0.5056\ km = 505.65\ m$$

- CALCULO DE LA PENDIENTE DE LA CUENCA

$$S = \frac{H}{L}$$

$$S = \frac{3550 - 3200}{3915.77}$$

$$S = 0.089\frac{m}{m} = 8.9\ \%$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.2.5. LONGITUD DE CAUCE PRINCIPAL

Fue obtenida directamente con el software AUTOCAD

Longitud del cauce principal = 3543.57 m

Tabla N° 112. Resumen de resultados de la cuenca

CARACTERISTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA CUENCA	
Parámetro	**Cuenca**
Área (km^2)	1.98
Perímetro (km)	8.78
Pendiente de la cuenca (m/m)	0.089
Longitud cauce principal (m)	3543.57

Fuente y elaboración: Propia

3.4.3. PRECIPITACIONES

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico

3.4.3.1. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES

En los cuadros siguientes detallaremos las precipitaciones mensuales obtenidas de SENAMHI, que será base para obtener las precipitaciones que se desarrolla en el distrito de San Jerónimo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 113. Precipitaciones pluviales de la estación de Kayra (mm/mes)

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1972	192	67	57	30	3	0	7	27	12	8	50	100	553.50
2	1973	221	121	100	75	14	0	9	12	15	65	89	97	816.80
3	1974	103	158	122	35	4	8	1	35	6	43	61	108	681.70
4	1975	125	131	55	67	23	1	0	1	51	48	51	170	721.60
5	1976	120	83	123	43	13	9	1	3	27	25	48	67	560.30
6	1977	117	123	69	48	8	0	4	0	30	57	72	78	604.90
7	1978	175	106	89	49	11	0	3	0	14	12	87	118	664.10
8	1979	101	132	109	47	6	0	1	8	12	18	86	82	600.80
9	1980	106	126	135	23	4	0	5	1	13	63	60	83	619.60
10	1981	225	81	124	57	2	4	0	10	46	109	121	144	922.90
11	1982	179	116	143	59	0	9	3	5	14	38	123	99	786.80
12	1983	128	84	55	30	3	6	0	0	0	26	44	100	476.80
13	1984	199	142	71	83	0	2	1	11	4	3	69	103	689.10
14	1985	129	119	74	33	16	12	1	0	43	62	117	122	728.30
15	1986	76	92	126	66	6	0	2	4	8	17	70	103	569.10
16	1987	224	88	120	13	2	1	9	0	8	27	102	108	701.84
17	1988	164	84	167	109	5	0	0	0	10	36	48	104	725.50
18	1989	151	127	119	39	6	9	0	6	31	58	61	89	695.92
19	1990	158	90	60	47	8	32	0	6	13	74	87	67	641.10
20	1991	98	164	105	45	11	5	2	0	21	49	84	99	682.40
21	1992	114	102	104	15	0	19	0	21	8	51	117	57	609.30
22	1993	207	111	76	19	1	0	3	7	18	46	112	202	799.90
23	1994	177	164	174	46	12	0	0	0	26	40	41	120	798.20
24	1995	122	95	95	18	0	0	1	1	29	27	70	103	560.00
25	1996	132	98	71	32	11	0	0	6	20	45	77	91	581.99
26	1997	123	128	105	31	5	0	0	7	12	44	202	148	805.30
27	1998	116	156	23	31	2	2	0	2	4	50	50	59	493.90
28	1999	89	92	92	43	1	0	1	0	43	19	40	120	539.70
29	2000	197	137	120	11	3	6	3	5	11	49	29	82	652.00
30	2001	233	173	137	36	12	0	17	10	21	38	97	89	864.10
31	2002	135	185	113	22	16	3	27	4	10	79	98	132	822.10
32	2003	164	136	143	57	2	6	0	21	4	35	23	124	713.70
33	2004	174	126	67	21	2	21	17	9	22	26	61	88	632.00
34	2005	141	193	120	33	3	0	1	4	5	39	59	103	701.55
35	2006	203	156	146	41	0	5	0	11	8	73	68	147	856.30
36	2007	141	59	107	94	6	0	4	0	1	49	72	88	621.40
37	2008	109	109	64	8	9	2	0	4	14	52	90	132	592.40
38	2009	113	108	79	21	5	0	3	1	15	8	89	83	525.50
39	2010	269	169	129	16	1	0	5	5	8	64	40	174	879.20
40	2011	103	179	132	68	4	3	4	0	39	38	60	110	740.50
41	2012	71	158	42	48	5	1	0	0	18	20	138	180	679.60
42	2013	187	137	76	13	6	6	2	12	6	105	86	159	796.60
43	2014	162	117	40	35	10	0	3	6	13	82	38	156	660.70
44	2015	151	141	67	71	16	4	10	5	16	19	61	149	709.17
45	2016	155	98	74	34	7	0	5	9	13	52	60	152	660.16
N° Datos		45	45	45	45	41	26	31	34	44	45	45	45	45.00
Media		150.6	123.5	98.1	41.3	6.3	3.9	3.5	6.2	16.9	44.2	75.6	113.0	683.07
Desv. Estandar		45.9	32.7	35.0	22.6	5.3	6.4	5.4	7.6	12.4	23.8	33.1	33.8	264.04
Coef. Variación		30.5	26.5	35.7	54.8	84.5	164.5	157.1	122.8	73.5	53.8	43.7	29.9	38.65
Prec. Max		268.6	193.2	173.9	108.9	22.5	31.8	27.1	34.6	51.1	108.9	201.5	201.5	922.90
Prec. Min		70.5	58.7	22.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	23.1	57.0	476.80

Fuente: SENAMHI

Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.3.2. ECUACIÓN DE REGRESIÓN PRECIPITACIÓN – ALTITUD

Tabla N° 114. Resumen de precipitación de la Granja Kayra

Nombre de estación	Altitud Media m.s.n.m. (X)	Precipitación MEDIA ANUAL mm (Y)
GRANJA KAYRA	3219	683.07

Fuente y elaboración: Propia

Para el caso de la presente Tesis, y debido a que la estación en referencia (Estación de Granja de Kayra) se encuentra a no menos de 1km de distancia del área de estudio, se tomara como base la misma para realizar el diseño respectivo en relación a la parte hidrológica.

Se da como sugerencia que si el área de estudio se encontrase en medio de 3 estaciones, seria de suma utilidad el hacer uso de ecuaciones de estadística, como son las ecuaciones de regresión.

PRECIPITACIÓN PARA EL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

Tabla N° 115. Precipitación Media anual para el distrito de San Jerónimo

PRECIP. MEDIA ANUAL REGIONALIZADO (mm)			
San Jerónimo	3244	m.s.n.m.	683.07

Fuente y Elaboración: Propia

3.4.3.3. ECUACIONES DE INFLUENCIA ENTRE LAS ESTACIONES BASE Y ESTACIONES EN ESTUDIO

Como podemos observar, de acuerdo a las coordenadas de localización de la Estación de la Granja de Kayra, en relación con las coordenadas del lugar del proyecto, son muy próximas, por lo tanto podemos considerar tomar en cuenta las precipitaciones de la Estación de la Granja de Kayra como las precipitaciones de la zona de estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 116. Relación de latitud y longitud de la estación de Kayra con la Av. San Jerónimo

VARIABLE	ESTACIÓN	CUENCA	LATITUD				LONGUITUD			
			°	'	"	CONVER	°	'	"	CONVER
E1	KAYRA	HUATANAY	13	33	25	13.56	71	52	30	71.88
Estación: EN ESTUDIO (Ei)										
E MC1	SAN JERONIMO	HUATANAY	13	33	7	13.55	71	52	53	71.88

Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 117. Precipitaciones para el área de estudio (mm/mes)

N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1972	192	67	57	30	3	0	7	27	12	8	50	100	553.50
2	1973	221	121	100	75	14	0	9	12	15	65	89	97	816.80
3	1974	103	158	122	35	4	8	1	35	6	43	61	108	681.70
4	1975	125	131	55	67	23	1	0	1	51	48	51	170	721.60
5	1976	120	83	123	43	13	9	1	3	27	25	48	67	560.30
6	1977	117	123	69	48	8	0	4	0	30	57	72	78	604.90
7	1978	175	106	89	49	11	0	3	0	14	12	87	118	664.10
8	1979	101	132	109	47	6	0	1	8	12	18	86	82	600.80
9	1980	106	126	135	23	4	0	5	1	13	63	60	83	619.60
10	1981	225	81	124	57	2	4	0	10	46	109	121	144	922.90
11	1982	179	116	143	59	0	9	3	5	14	38	123	99	786.80
12	1983	128	84	55	30	3	6	0	0	0	26	44	100	476.80
13	1984	199	142	71	83	0	2	1	11	4	3	69	103	689.10
14	1985	129	119	74	33	16	12	1	0	43	62	117	122	728.30
15	1986	76	92	126	66	6	0	2	4	8	17	70	103	569.10
16	1987	224	88	120	13	2	1	9	0	8	27	102	108	701.84
17	1988	164	84	167	109	5	0	0	0	10	36	48	104	725.50
18	1989	151	127	119	39	6	9	0	6	31	58	61	89	695.92
19	1990	158	90	60	47	8	32	0	6	13	74	87	67	641.10
20	1991	98	164	105	45	11	5	2	0	21	49	84	99	682.40
21	1992	114	102	104	15	0	19	0	21	8	51	117	57	609.30
22	1993	207	111	76	19	1	0	3	7	18	46	112	202	799.90
23	1994	177	164	174	46	12	0	0	0	26	40	41	120	798.20
24	1995	122	95	95	18	0	0	1	1	29	27	70	103	560.00
25	1996	132	98	71	32	11	0	0	6	20	45	77	91	581.99
26	1997	123	128	105	31	5	0	0	7	12	44	202	148	805.30
27	1998	116	156	23	31	2	2	0	2	4	50	50	59	493.90
28	1999	89	92	92	43	1	0	1	0	43	19	40	120	539.70
29	2000	197	137	120	11	3	6	3	5	11	49	29	82	652.00
30	2001	233	173	137	36	12	0	17	10	21	38	97	89	864.10
31	2002	135	185	113	22	16	3	27	4	10	79	98	132	822.10
32	2003	164	136	143	57	2	6	0	21	4	35	23	124	713.70
33	2004	174	126	67	21	2	21	17	9	22	26	61	88	632.00
34	2005	141	193	120	33	3	0	1	4	5	39	59	103	701.55
35	2006	203	156	146	41	0	5	0	11	8	73	68	147	856.30
36	2007	141	59	107	94	6	0	4	0	1	49	72	88	621.40
37	2008	109	109	64	8	9	2	0	4	14	52	90	132	592.40
38	2009	113	108	79	21	5	0	3	1	15	8	89	83	525.50
39	2010	269	169	129	16	1	0	5	5	8	64	40	174	879.20
40	2011	103	179	132	68	4	3	4	0	39	38	60	110	740.50
41	2012	71	158	42	48	5	1	0	0	18	20	138	180	679.60
42	2013	187	137	76	13	6	6	2	12	6	105	86	159	796.60
43	2014	162	117	40	35	10	0	3	6	13	82	38	156	660.70
44	2015	151	141	67	71	16	4	10	5	16	19	61	149	709.17
45	2016	155	98	74	34	7	0	5	9	13	52	60	152	660.16
N° Datos		45	45	45	45	41	26	31	34	44	45	45	45	45.00
Media		150.6	123.5	98.1	41.3	6.3	3.9	3.5	6.2	16.9	44.2	75.6	113.0	683.07
Desv. Estandar		45.9	32.7	35.0	22.6	5.3	6.4	5.4	7.6	12.4	23.8	33.1	33.8	264.04
Coef. Variación		30.5	26.5	35.7	54.8	84.5	164.5	157.1	122.8	73.5	53.8	43.7	29.9	38.65
Prec. Max		268.6	193.2	173.9	108.9	22.5	31.8	27.1	34.6	51.1	108.9	201.5	201.5	922.90
Prec. Min		70.5	58.7	22.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	23.1	57.0	476.80

Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.3.4. PRECIPITACIONES TOTALES Y MEDIAS MENSUALES

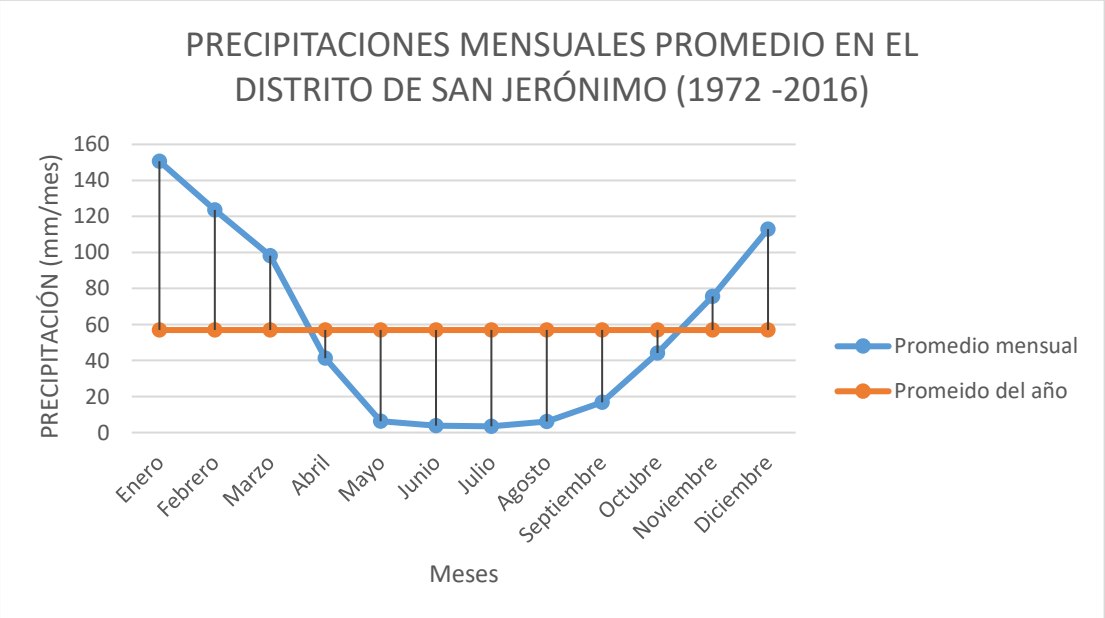
Tomando en consideración los datos brindados por la Estación de la Granja de Kayra, tenemos una media mensual, que nos muestra las precipitaciones mensuales en el lugar del proyecto, que los observaremos a continuación:

Tabla N° 118. Precipitación promedio mensual

MES	PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (mm/mes)
Enero	150.6374556
Febrero	123.5417043
Marzo	98.13891412
Abril	41.25875556
Mayo	6.293855556
Junio	3.915555556
Julio	3.468706667
Agosto	6.158488889
Septiembre	16.86007778
Octubre	44.18254452
Noviembre	75.61180721
Diciembre	113.0062466
Promedio	56.92284269

Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Figura N° 45. Precipitaciones mensuales prom. - distrito de San Jerónimo 1972-2016



Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.3.5. PRECIPITACIONES TOTALES ANUALES

Las precipitaciones anuales totales que se muestra en el cuadro siguiente, son las obtenidas de los registros de SENAMHI, desde el año de 1972 al 2016, que serán destinados para el presente proyecto.

Tabla N° 119. Precipitaciones totales anuales

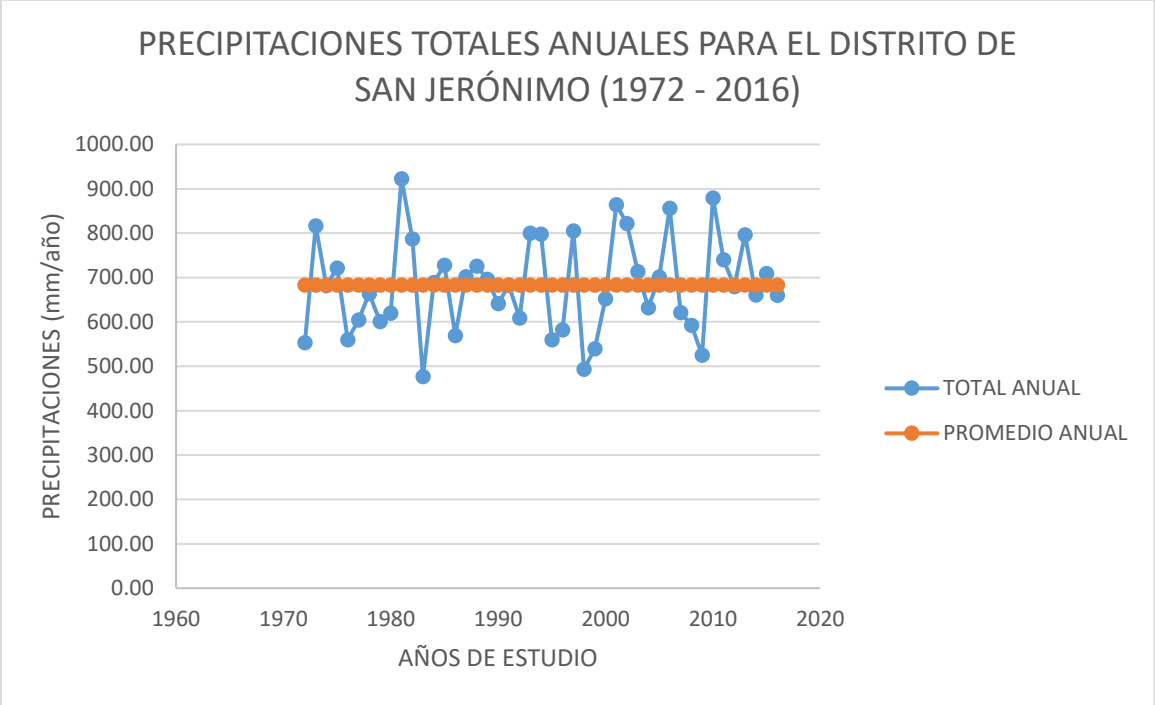
Año	Total	Año	Total
1972	553.50	1995	560.00
1973	816.80	1996	581.99
1974	681.70	1997	805.30
1975	721.60	1998	493.90
1976	560.30	1999	539.70
1977	604.90	2000	652.00
1978	664.10	2001	864.10
1979	600.80	2002	822.10
1980	619.60	2003	713.70
1981	922.90	2004	632.00
1982	786.80	2005	701.55
1983	476.80	2006	856.30
1984	689.10	2007	621.40
1985	728.30	2008	592.40
1986	569.10	2009	525.50
1987	701.84	2010	879.20
1988	725.50	2011	740.50
1989	695.92	2012	679.60
1990	641.10	2013	796.60
1991	682.40	2014	660.70
1992	609.30	2015	709.17
1993	799.90	2016	660.16
1994	798.20		
		Total	30738.34
		Promedio	683.07

Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 46. Precipitaciones totales anuales para el distrito de San Jerónimo (1972-2016)



Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

3.4.3.6. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA SEGÚN KULHING

Tabla N° 120. Coeficiente de escorrentía según Kulhing

Tipo de Superficie Ce	
Tejados	0.70 – 0.95
Patios	0.25 – 0.35

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Elaboración: Propia

3.4.3.7. SEGÚN LA NATURALEZA DE LA SUPERFICIE Y LA TOPOGRAFÍA

Tabla N° 121. Según la naturaleza de la superficie y la topografía

Naturaleza de la Superficie	i. Topografía	
	Ondulada 5% – 10%	Inclinada de 10% - 30%
Cultivo en General	0.6	0.72
Cultivo en Pastos	0.36	0.42
Cultivo de Bosques	0.18	0.21
Áreas Desnudas	0.8	0.9

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.3.8. MODELO DE MAC MATH

Tabla N° 122. Modelo de Mac Math

VEGETACION		*SUELO*		*TOPOGRAFIA*	
Cobertura (%)	**C1**	**Textura**	**C2**	**Pendiente (%)**	**C3**
100	0,08	Arenoso	0,08	0.0 – 0.20	0,04
80 -100	0,12	Ligera	0,12	0.2 – 0.5	0,06
50 – 80	0,16	Media	0,16	0.5 – 2.0	0,06
20 – 50	0,22	Fina	0,22	2.0 – 5.0	0,10
0 - 20	0,3	Rocosa	0,3	5.0 – 10.0	0,15

Fuente: Villón Bejar, Máximo: "Hidrología" (2da Edición, Lima, Perú) Elaboración: Propia

C1 + C2 +C3 = C

C = 0.16 + 0.16 + 0.10 = 0.42

3.4.3.9. MÉTODO DE BURKLY – ZIEGER

Tabla N° 123. Método de Burkly - Zieger

Valores para el coeficiente de Permeabilidad "C"	
Calles pavimentadas	0,75
Suelos ligeramente impermeables	0,7
Calles ordinarias de ciudad	0,625
Suelos ligeramente permeables	0,5
Terrenos de cultivo y laderas montañosas	0,25

Fuente: Villón Béjar, Máximo: "Hidrología" (2da Edición, Lima, Perú) Elaboración: Propia

3.4.3.10. PONDERACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA LA CUENCA EN ESTUDIO

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se procedió a ponderar en función a los usos o tipo de superficie de suelos establecidos anteriormente.

Tabla N° 124. Área de los elementos que conforma la cuenca

Elemento	**Área (A)(km^2)**	**Coeficiente**	**Área x Coef. (AC)(km^2)**
Cultivo en General	404539.95	0.60	242723.97
Pastos Naturales	68077.92	0.36	24508.05
Boques	266369.97	0.18	47946.59
Áreas Desnudas	1241012.16	0.80	992809.72
Suma	1980000.00		1307988.34

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$C = \frac{\sum(A*AC)}{\sum A} \text{ ----- (Ec. 63)}$$

$$C = \frac{1307988.34}{1980000.00}$$

$$C = 0.66$$

3.4.3.11. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es el control que se tiene sobre tiempo que dura en discurrir el agua de la cuenca en estudio, desde el punto hidráulicamente más distante al punto de interés en estudio. Para la determinación del tiempo de concentración será necesario tener en cuenta características propias de la cuenca, como la topografía, el clima, datos hidrológicos, y otros.

Para la determinación del tiempo de concentración se utilizara el método empírico de la formula FAD (Federal Aviation Administration)

$$Tc = 0.7035\ (\ 1.1 - C) * \frac{L^{0.50}}{S^{0.333}} \text{ ----- (Ec. 64)}$$

Donde:

Tc = tiempo de concentración (minutos)

L = Longitud del curso de agua desde aguas arriba hasta el punto en estudio.

S = Pendiente promedio de la cuenca

C = coeficiente de escorrentía

3.4.3.12. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA CUENCA

Tabla N° 125. Características fisiográficas de la cuenca

CARACTERISTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA CUENCA	
Parámetro	Cuenca
Pendiente de la cuenca (m/m)	0.089
Longitud cauce principal (m)	3543.57
Coeficiente de escorrentía	0.66

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Tc = 0.7035\ (\ 1.1 - 0.66) * \frac{3543.57^{0.50}}{0.089^{0.333}}$$

$$Tc = 41.27\ min$$

3.4.4. CÁLCULO DE INTENSIDAD (I)

REGIONALIZACIÓN DE DATOS

Precipitación Media Anual en la Zona de Proyecto

$$r = \frac{\sum(X-\overline{X})\,(Y-\bar{Y})}{(N-1)\,Sx.Sy} \quad \text{----- (Ec. 65)}$$

Donde:

N = Numero de pares de datos conocidos

$\ddot{X}$ = Media aritmética de los datos de x que forman parejas con los de y

$\bar{Y}$ = Media aritmética de todos los datos de y

Sx = Desviación estándar para todos los datos de x que forman parejas con los de y

Sy = Desviación estándar para todos los datos de y

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(X-\bar{X})^2}{n-1}} \quad \text{----- (Ec. 66)}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(Y-\bar{Y})^2}{n-1}} \quad \text{----- (Ec. 67)}$$

X = Altitud de cada estación y la altitud media de las estaciones

Y = Precipitación de cada estación y la precipitación media de las estaciones

Tabla N° 126. Datos de las estaciones

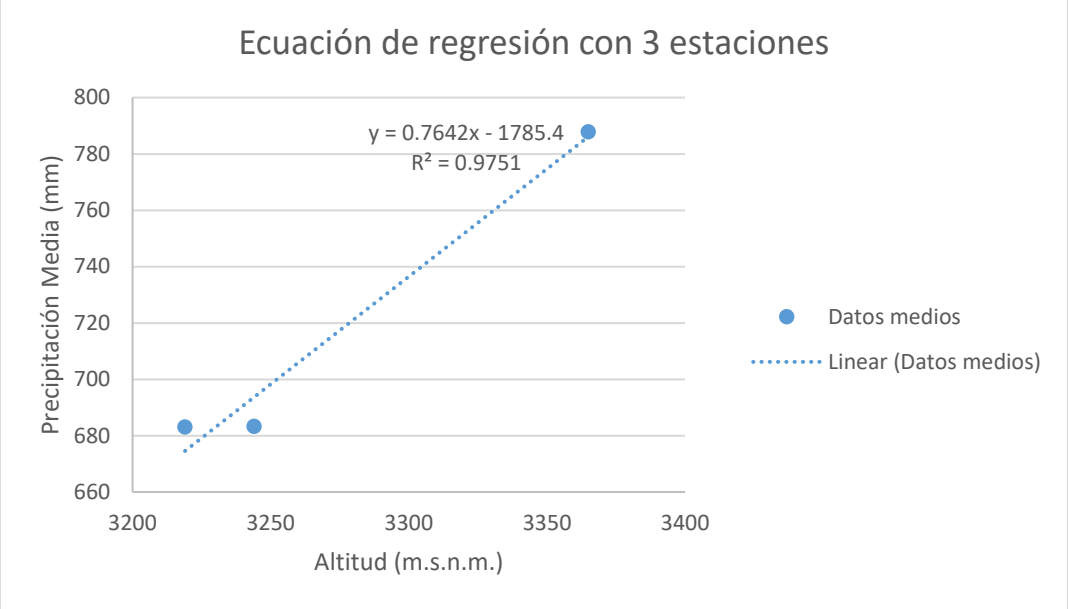
ESTACIÓN	ALTITUD (m.s.n.m.) (X)	Precipt. Media (mm) (Y)
Perayoc	3365	787.9
Kayra	3219	683.1
San Jerónimo	3244	683.37
Zona del Proyecto	**3245**	**y**
Media	3231.50	683.24
Desv. Estandar	78.08	60.43

Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 47. Ecuación de regresión



Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Tabla N° 127. Datos para la regionalización

W	Z	W * Z
133.5	104.66	13972.11
-12.5	-0.14	1.75
12.5	0.13	1.625
	SUMA	13975.485

Fuente y elaboración: Propio

$$r = \frac{13975.485}{(3-1)\ 78.08 * 60.43}$$

$$r = 1.48$$

$$Y' = 683.24 + 1.146\ (x - 3231.50)$$

$$Factor\ de\ corrección = \frac{Precipitación\ media\ Anual\ de\ la\ cuenca}{Precipitación\ Media\ Anual\ de\ la\ estación\ Indice} \text{ ------ (Ec. 68)}$$

$$Factor\ de\ corrección = 0.90$$

Debido a que las precipitaciones, de la zona del proyecto son sobre los 5000 m.s.n.m, se considera una pendiente de bombeo de 2.5%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.4.1. INTENSIDADES MÁXIMAS ANUALES REGIONALIZADAS A PARTIR DE LA ESTACIÓN INDICE PERAYOC

Tabla N° 128. Intensidades máximas y de la zona del proyecto

		PERAYOC							ZONA DEL PROYECTO						
N°	AÑO	DURACION (min)							DURACION (min)						
		5.00	10.00	15.00	30.00	60.00	120.00	240.00	5.00	10.00	15.00	30.00	60.00	120.00	240.00
1	1965	33.60	33.60	23.80	14.00	7.91	7.20	5.31	30.24	30.24	21.42	12.60	7.12	6.48	4.78
2	1966	10.30	10.30	10.32	9.16	5.83	4.96	4.39	9.27	9.27	9.29	8.24	5.25	4.46	3.95
3	1967	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	8.50	4.95	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	7.65	4.46
4	1968	8.40	8.40	8.40	8.16	8.06	7.80	6.70	7.56	7.56	7.56	7.34	7.25	7.02	6.03
5	1969	8.00	8.00	8.00	8.00	7.53	6.70	6.18	7.20	7.20	7.20	7.20	6.78	6.03	5.56
6	1970	19.30	19.30	19.27	19.27	19.27	13.70	6.82	17.37	17.37	17.34	17.34	17.34	12.33	6.14
7	1971	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	4.80	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28	4.32
8	1972	14.80	14.80	14.77	14.77	14.77	8.72	4.63	13.32	13.32	13.29	13.29	13.29	7.85	4.17
9	1973	3.38	3.38	3.38	3.38	3.23	2.86	2.39	3.04	3.04	3.04	3.04	2.91	2.57	2.15
10	1974	25.50	25.50	25.50	25.50	17.00	8.50	4.25	22.95	22.95	22.95	22.95	15.30	7.65	3.83
11	1975	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19	3.19
12	1976	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	5.50	5.24	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	4.95	4.72
13	1977	14.70	14.70	14.68	14.68	14.68	14.70	14.68	13.23	13.23	13.21	13.21	13.21	13.23	13.21
14	1978	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	10.90	8.18	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	7.36
15	1979	14.10	14.10	14.09	14.09	14.09	14.10	7.93	12.69	12.69	12.68	12.68	12.68	12.69	7.14
16	1980	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52	3.52
17	1981	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76
18	1982	25.60	25.60	25.58	25.58	25.58	17.30	9.43	23.04	23.04	23.02	23.02	23.02	15.57	8.49
19	1983	11.30	11.30	11.33	11.33	11.33	11.30	7.48	10.17	10.17	10.20	10.20	10.20	10.17	6.73
20	1984	10.80	10.80	10.80	10.80	10.80	8.71	5.58	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	7.84	5.02
21	1985	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	4.92	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	8.18	4.43
22	1986	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	4.12	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	6.36	3.71
23	1987	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	5.89	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	6.53	5.30
24	1988	5.67	5.67	5.67	5.67	5.67	5.67	5.67	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10	5.10
25	1989	25.10	25.10	25.07	25.07	20.86	13.10	8.66	22.59	22.59	22.56	22.56	18.77	11.79	7.79
26	1990	12.30	12.30	12.25	12.25	10.95	7.78	4.93	11.07	11.07	11.03	11.03	9.86	7.00	4.44
27	1991	21.50	21.50	21.45	21.45	14.93	9.15	5.70	19.35	19.35	19.31	19.31	13.44	8.24	5.13
28	1992	11.50	11.50	11.50	10.04	7.12	5.66	4.93	10.35	10.35	10.35	9.04	6.41	5.09	4.44
29	1993	7.48	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	6.73	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71	6.71
30	1994	14.70	14.70	14.67	14.67	14.67	12.70	7.31	13.23	13.23	13.20	13.20	13.20	11.43	6.58
31	1995	25.50	25.50	25.50	23.80	20.40	12.00	8.15	22.95	22.95	22.95	21.42	18.36	10.80	7.34
32	1996	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	5.42	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	8.72	4.88
33	1997	21.50	21.50	17.37	9.12	5.34	4.88	4.16	19.35	19.35	15.63	8.21	4.81	4.39	3.74
34	1998	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56
35	1999	15.80	15.80	15.80	15.80	15.80	10.50	5.27	14.22	14.22	14.22	14.22	14.22	9.45	4.74
36	2000	32.00	32.00	32.00	32.00	17.10	10.90	8.39	28.80	28.80	28.80	28.80	15.39	9.81	7.55
37	2001	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	3.37	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.03
38	2002	37.30	37.30	37.30	37.30	26.11	13.10	6.53	33.57	33.57	33.57	33.57	23.50	11.79	5.88
39	2003	27.10	27.10	27.10	27.10	18.97	8.48	4.74	24.39	24.39	24.39	24.39	17.07	7.63	4.27
40	2004	30.10	30.10	30.07	30.07	21.05	10.50	5.27	27.09	27.09	27.06	27.06	18.95	9.45	4.74
41	2005	32.90	32.90	32.86	32.86	23.00	11.50	5.75	29.61	29.61	29.57	29.57	20.70	10.35	5.18
42	2006	20.70	20.70	20.72	20.72	14.51	7.25	3.63	18.63	18.63	18.65	18.65	13.06	6.53	3.27
43	2007	25.20	25.20	25.21	25.21	17.64	8.82	4.41	22.68	22.68	22.69	22.69	15.88	7.94	3.97
44	2008	26.60	26.60	26.61	26.61	18.67	9.33	4.67	23.94	23.94	23.95	23.95	16.80	8.40	4.20
45	2009	21.80	21.80	21.75	21.75	15.23	7.61	3.81	19.62	19.62	19.58	19.58	13.71	6.85	3.43
46	2010	34.50	34.50	34.47	34.47	24.13	12.10	6.03	31.05	31.05	31.02	31.02	21.72	10.89	5.43
47	2011	28.40	28.40	28.43	21.34	17.56	11.50	6.38	25.56	25.56	25.59	19.21	15.80	10.35	5.74
48	2012	19.20	19.20	19.24	19.24	18.00	16.70	12.65	17.28	17.28	17.32	17.32	16.20	15.03	11.39
49	2013	24.30	24.30	24.34	24.34	24.34	21.90	18.56	21.87	21.87	21.91	21.91	21.91	19.71	16.70
50	2014	14.50	14.50	14.45	14.45	14.45	12.80	9.76	13.05	13.05	13.01	13.01	13.01	11.52	8.78
MEDIA		16.44	16.44	16.15	15.56	12.81	9.26	6.22	14.79	14.79	14.54	14.00	11.53	8.33	5.60
DESV. EST.		9.77	9.77	9.48	9.33	6.58	3.91	2.91	8.79	8.79	8.54	8.40	5.92	3.52	2.62

Fuente: SENAMHI Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.4.4.2. DETERMINACIÓN DE PERIODO DE RETORNO MÉTODO GUMBEL

Tabla N° 129. Datos para el periodo de retorno

		PERAYOC							ZONA DEL PROYECTO						
N°	AÑO	DURACION (min)							DURACION (min)						
		5	10	15	30	60	120	240	5	10	15	30	60	120	240
1	1965	33.6	33.6	23.8	14	7.91	7.2	5.31	30.24	30.24	21.42	12.6	7.119	6.48	4.779
2	1966	10.3	10.3	10.32	9.16	5.83	4.96	4.39	9.27	9.27	9.288	8.244	5.247	4.464	3.951
3	1967	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	8.5	4.95	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	7.65	4.455
4	1968	8.4	8.4	8.4	8.16	8.06	7.8	6.7	7.56	7.56	7.56	7.344	7.254	7.02	6.03
5	1969	8	8	8	8	7.53	6.7	6.18	7.2	7.2	7.2	7.2	6.777	6.03	5.562
6	1970	19.3	19.3	19.27	19.27	19.27	13.7	6.82	17.37	17.37	17.343	17.343	17.343	12.33	6.138
7	1971	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	6.98	4.8	6.282	6.282	6.282	6.282	6.282	6.282	4.32
8	1972	14.8	14.8	14.77	14.77	14.77	8.72	4.63	13.32	13.32	13.293	13.293	13.293	7.848	4.167
9	1973	3.38	3.38	3.38	3.38	3.23	2.86	2.39	3.042	3.042	3.042	3.042	2.907	2.574	2.151
10	1974	25.5	25.5	25.5	25.5	17	8.5	4.25	22.95	22.95	22.95	22.95	15.3	7.65	3.825
11	1975	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.54	3.186	3.186	3.186	3.186	3.186	3.186	3.186
12	1976	6	6	6	6	6	5.5	5.24	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	4.95	4.716
13	1977	14.7	14.7	14.68	14.68	14.68	14.7	14.68	13.23	13.23	13.212	13.212	13.212	13.23	13.212
14	1978	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	8.18	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	7.362
15	1979	14.1	14.1	14.09	14.09	14.09	14.1	7.93	12.69	12.69	12.681	12.681	12.681	12.69	7.137
16	1980	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.91	3.519	3.519	3.519	3.519	3.519	3.519	3.519
17	1981	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	5.29	4.761	4.761	4.761	4.761	4.761	4.761	4.761
18	1982	25.6	25.6	25.58	25.58	25.58	17.3	9.43	23.04	23.04	23.022	23.022	23.022	15.57	8.487
19	1983	11.3	11.3	11.33	11.33	11.33	11.3	7.48	10.17	10.17	10.197	10.197	10.197	10.17	6.732
20	1984	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	8.71	5.58	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	7.839	5.022
21	1985	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	4.92	8.181	8.181	8.181	8.181	8.181	8.181	4.428
22	1986	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	4.12	6.363	6.363	6.363	6.363	6.363	6.363	3.708
23	1987	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25	5.89	6.525	6.525	6.525	6.525	6.525	6.525	5.301
24	1988	5.67	5.67	5.67	5.67	5.67	5.67	5.67	5.103	5.103	5.103	5.103	5.103	5.103	5.103
25	1989	25.1	25.1	25.07	25.07	20.86	13.1	8.66	22.59	22.59	22.563	22.563	18.774	11.79	7.794
26	1990	12.3	12.3	12.25	12.25	10.95	7.78	4.93	11.07	11.07	11.025	11.025	9.855	7.002	4.437
27	1991	21.5	21.5	21.45	21.45	14.93	9.15	5.7	19.35	19.35	19.305	19.305	13.437	8.235	5.13
28	1992	11.5	11.5	11.5	10.04	7.12	5.66	4.93	10.35	10.35	10.35	9.036	6.408	5.094	4.437
29	1993	7.48	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	6.732	6.714	6.714	6.714	6.714	6.714	6.714
30	1994	14.7	14.7	14.67	14.67	14.67	12.7	7.31	13.23	13.23	13.203	13.203	13.203	11.43	6.579
31	1995	25.5	25.5	25.5	23.8	20.4	12	8.15	22.95	22.95	22.95	21.42	18.36	10.8	7.335
32	1996	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	9.69	5.42	8.721	8.721	8.721	8.721	8.721	8.721	4.878
33	1997	21.5	21.5	17.37	9.12	5.34	4.88	4.16	19.35	19.35	15.633	8.208	4.806	4.392	3.744
34	1998	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.84	2.556	2.556	2.556	2.556	2.556	2.556	2.556
35	1999	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	10.5	5.27	14.22	14.22	14.22	14.22	14.22	9.45	4.743
36	2000	32	32	32	32	17.1	10.9	8.39	28.8	28.8	28.8	28.8	15.39	9.81	7.551
37	2001	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	3.37	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.033
38	2002	37.3	37.3	37.3	37.3	26.11	13.1	6.53	33.57	33.57	33.57	33.57	23.499	11.79	5.877
39	2003	27.1	27.1	27.1	27.1	18.97	8.48	4.74	24.39	24.39	24.39	24.39	17.073	7.632	4.266
40	2004	30.1	30.1	30.07	30.07	21.05	10.5	5.27	27.09	27.09	27.063	27.063	18.945	9.45	4.743
41	2005	32.9	32.9	32.86	32.86	23	11.5	5.75	29.61	29.61	29.574	29.574	20.7	10.35	5.175
42	2006	20.7	20.7	20.72	20.72	14.51	7.25	3.63	18.63	18.63	18.648	18.648	13.059	6.525	3.267
43	2007	25.2	25.2	25.21	25.21	17.64	8.82	4.41	22.68	22.68	22.689	22.689	15.876	7.938	3.969
44	2008	26.6	26.6	26.61	26.61	18.67	9.33	4.67	23.94	23.94	23.949	23.949	16.803	8.397	4.203
45	2009	21.8	21.8	21.75	21.75	15.23	7.61	3.81	19.62	19.62	19.575	19.575	13.707	6.849	3.429
46	2010	34.5	34.5	34.47	34.47	24.13	12.1	6.03	31.05	31.05	31.023	31.023	21.717	10.89	5.427
47	2011	28.4	28.4	28.43	21.34	17.56	11.5	6.38	25.56	25.56	25.587	19.206	15.804	10.35	5.742
48	2012	19.2	19.2	19.24	19.24	18	16.7	12.65	17.28	17.28	17.316	17.316	16.2	15.03	11.385
49	2013	24.3	24.3	24.34	24.34	24.34	21.9	18.56	21.87	21.87	21.906	21.906	21.906	19.71	16.704
50	2014	14.5	14.5	14.45	14.45	14.45	12.8	9.76	13.05	13.05	13.005	13.005	13.005	11.52	8.784
MEDIA		16.44	16.44	16.15	15.56	12.81	9.26	6.22	14.79	14.79	14.54	14.00	11.53	8.33	5.60
DESV. EST.		9.77	9.77	9.48	9.33	6.58	3.91	2.91	8.79	8.79	8.54	8.40	5.92	3.52	2.62
δ		7.62	7.62	7.39	7.27	5.13	3.05	2.27	6.86	6.86	6.65	6.55	4.62	2.74	2.04
u		12.04	12.04	11.88	11.36	9.85	7.50	4.91	10.83	10.83	10.70	10.22	8.86	6.75	4.42

Fuente: SENAMHI. Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$IPR = u + \delta * Yt \text{ ----- (Ec. 69)}$$

$$IPR = Intensidad\ máxima$$

$$u = x - \delta * c \text{ ------ (Ec. 70)}$$

$$u = Parametro\ de\ posición$$

$$x = Media\ de\ intensidades$$

$$c = 0.5772$$

$$\delta = 6^{1/2} * \frac{S}{\pi} \text{ ---- (Ec. 71)}$$

$$\delta = Parametro\ de\ escala$$

$$S = Desviación\ standard$$

$$\pi = 3.1416$$

$$Yt = -Ln\left(Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right) \text{ ------ (Ec. 72)}$$

$$T = Tiempo\ de\ retorno\ en\ año$$

Tabla N° 130. Duración para un periodo de retorno dado

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	Yt	ZONA DEL PROYECTO						
		DURACIÓN (min)						
		5	10	15	30	60	120	240
		IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR	IPR
1.1	-0.87	4.84	4.84	4.87	4.50	4.82	4.35	2.63
2	0.37	13.35	13.35	13.13	12.62	10.55	7.75	5.17
3	0.90	17.02	17.02	16.70	16.13	13.03	9.22	6.26
5	1.50	21.12	21.12	20.68	20.04	15.79	10.86	7.48
10	2.25	26.26	26.27	25.67	24.96	19.26	12.92	9.02
15	2.67	29.17	29.17	28.49	27.73	21.21	14.08	9.88
25	3.20	32.77	32.77	31.98	31.16	23.64	15.52	10.95
50	3.90	37.59	37.59	36.66	35.77	26.89	17.45	12.39
100	4.60	42.38	42.38	41.31	40.34	30.11	19.36	13.81
200	5.30	47.15	47.15	45.94	44.89	33.33	21.27	15.23

Fuente y elaboración: Propia

- Para 25 años

Intensidad de diseño para la cuenca en estudio, con un tiempo de concentración tc = 41.27 min y un periodo de retorno de 25 años, nos da la Intensidad de I = 28.33 mm/h.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Para 100 años

  Intensidad de diseño para la cuenca en estudio, con un tiempo de concentración tc = 41.27 min y un periodo de retorno de 100 años, nos da la Intensidad de I = 36.50 mm/h.

- Para 200 años

  Intensidad de diseño para la cuenca en estudio, con un tiempo de concentración tc = 41.27 min y un periodo de retorno de 200 años, nos da la Intensidad de I = 40.54 mm/h.

3.4.5. CAUDALES MÁXIMOS

El determinar el caudal de la máxima venida, nos sirve para el diseño de las diferentes obras de arte que sean necesarias para poder drenar el agua por un respectivo canal o ducto, para lo cual se tendrá en consideración los diferentes aspectos que puedan suplir en relación a los daños y molestias producidas por esta.

Si bien es cierto que el diseño de un Proyecto para el control de avenidas se debe tomar en cuenta la máxima venida probable, para lo cual es conveniente ofrecer también la máxima protección. En nuestro medio en la práctica no es usual hacerlo por las limitaciones económicas, lo que tiene resultados negativos que en el futuro produce desembolsos económicos en reparaciones y mantenimientos.

En síntesis para la evaluación de las aguas pluviales en el presente proyecto se adoptará los caudales de diseño, tomando en cuenta la relación estrecha entre la protección de la vida humana, protección de la obra misma a ejecutarse. Lo que al mismo tiempo se relacionará con el costo económico del proyecto. Según el RNE se utilizara el método Racional cuando el área de la cuenca es igual o menor a 13km2. Entonces utilizando el método racional se tiene:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}\ x\ 1000 \text{ ----- (Ec. 73)}$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad Máxima

A = Área de la cuenca en Hectáreas

Q = Caudal en L/s.

3.4.5.1. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL PARA LA CUENCA SEGÚN LA FÓRMULA RACIONAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 200 AÑOS

Tabla N° 131. Datos de caudal, intensidad y área

Tipo de Cuenca	C	I (mm/h)	A (ha)
Cuenca	0.66	40.54	56.8

Fuente y elaboración: Propia

- Caudal Generado en la Cuenca en estudio.

$$Q = \frac{0.66\ x\ 40.54\ x\ 56.8}{360}$$

$$Q = 422\ m^3/s$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO IV INGENIERIA DEL PROYECTO

4.1. DISEÑO DE MEZCLAS

4.1.1. GENERALIDADES

El diseño de mezclas, consiste básicamente en aplicar una serie de materiales para obtener el concreto requerido para el diseño de las vías en estudio.

Como ya sabemos los diseños de mezcla están enfocados para cumplir las normas y los requerimientos dados para el proyecto. Se debe tomar en consideración que las normas tomadas para el diseño deben estar enfocadas a un cierto número de condiciones específicas que muchas veces van en contra del entorno, donde se desarrolla el proyecto.

En la actualidad los concretos que comúnmente se están utilizando son las que tienen relaciones a/c que nos proporcionaran resistencias del concreto que varían desde f'c de 140, 175, y 210 kg/cm^2 normalmente, esporádicamente concretos con resistencia f'c de 245, 280, 315 kg/cm^2 y rara vez concretos de mayor resistencia que varían de 350 kg/cm^2 a más, estos últimos muchas veces utilizan aditivos.

Para el presente proyecto se utilizó agregado fino y grueso de la cantera de CHIGUATA, localizada en el distrito del mismo nombre, CHIGUATA.

De acuerdo al requerimiento estructural, se ha optado tomar una resistencia de f'c = 210 kg/cm^2 para el pavimento rígido

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.2. ELEMENTOS QUE FORMAN EL CONCRETO

Los elementos que forman el concreto son:

ELEMENTOS ACTIVOS: Cemento + Agregado fino + agregado grueso + Agua + Aditivos (opcional)

ELEMENTOS PASIVOS: Aire

Estos agregados pueden variar según proporciones, expresados en volúmenes como se ve a continuación:

Tabla N° 132. Proporciones en volúmenes de los elementos del concreto

PROPORCIONES EN VOLUMENES	
Aditivo	0.1% a 0.2%
Aire	1.0% a 3.0%
Cemento	7.0% a 15.0%
Agua	15.0% a 22.0%
Agregados	60.0% a 75.0%

Fuente Manual de construcción (ICG) Elaboración: Propia

4.1.3. MÉTODO DE DISEÑO

El método que se usara para el diseño de mezclas es el COMITÉ 211 del ACI

4.1.4. CONSIDERACIONES PREVIAS AL DISEÑO

Se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

A. CARACTERISTICAS TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA A REALIZAR.

- DE LA OBRA: Debido a que se va a realizar una pavimentación, podemos considerar a la estructura a utilizarse como una loza maciza que requerirá de acero longitudinal.
- DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL: La estructura será armada, con el diseño de los pasadores. Para que la estructura sea bien diseñada será necesario considerar:
    - RESISTENCIA ESPECIFICA DE DISEÑO: f’c de acuerdo a lo propuesto.
    - TRABAJABILIDAD: Asentamiento medido con el cono de Abrams

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

B. CONDICIONES A LAS QUE ESTA EXPUESTA EL CONCRETO.

Si es un ambiente con altas cantidades de cloruros y sulfatos que pueden producir distorsiones en la resistencia del concreto.

C. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PARA LA PRODUCCIÓN DE CONCRETO

- CANTERA: La cantera será seleccionada por su ubicación y la calidad de agregado fino y grueso que se vaya a utilizar.
- AGREGADOS: Los agregados deberán cumplir con ciertos requerimientos según norma, para lo cual se realizaran ensayos de Peso específico, peso unitario del suelo, peso unitario compactado, % de absorción, etc.
- AGUA: El agua a utilizarse, será agua potable debido a que el proyecto no se encuentra en una zona alejada.
- CEMENTO: El cemento a usarse será el cemento Yura Portland Tipo IP (3129 kg/m^3)

D. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL PROCESO DE VACIADO.

Se tomara en consideración el vaciado en épocas donde el clima seco, para que las lluvias no perjudiquen la resistencia neta.

4.1.5. RESISTENCIA DE DISEÑO

La resistencia requerida f'cr que es con la que se diseña el concreto está dada por

$$f'cr = f'c + factor\ de\ seguridad$$ ------ (Ec. 74)

El comité del ACI nos indica aplicar la siguiente tabla para determinar el factor de seguridad f'cr.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 133. Resistencia de diseño

f'c (kg/cm^2)	f'cr (kg/cm^2)
Menos de 210	f'c + 70
de 210 a 350	f'c + 84
Mayor a 350	f'c + 98

Fuente: Manual de Construcción ICG Elaboración: Propia

4.1.6. DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

Para poder desarrollar el diseño de mezclas que será utilizado en el proyecto se tendrá que seguir una serie de pasos que se detallan a continuación:

1) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Tabla N° 134. Asentamiento recomendado para estructuras

TIPO DE ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO	
	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Manual de la construcción ICG Elaboración: propia

2) SELECCIÓN DEL TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO (TNM) DEL AGREGADO

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular o semi angular, duras, compactadas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

El TNM del agregado grueso no debe ser mayor de:

1) 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados
2) 1/3 del peralte de las losas, o
3) 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individualmente de refuerzo, paquetes de barras; torones o ductos de refuerzo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3) SELECCIONAR EL CONTENIDO DE AGUA Y EL CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Tabla N° 135. Volumen unitario del agua

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (L/m^3)								
ASENTAMIENTO (1" = 25 mm)	TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO							
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	
	CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO							
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: Manual de la construcción ICG Elaboración: Propia

Tabla N° 136. Contenido de aire atrapado

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL (Plg.)	AIRE ATRAPADO (%)
3/8"	3%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: Manual de la construcción ICG Elaboración: Propia

4) SELECCIONAR LA REALCIÓN AGUA/CEMENTO

a) Por resistencia a compresión Tabla N° 138.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 137. Relación agua/cemento por resistencia, para f'cr

f'cr (kg/cm^2)	RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
(28 DÍAS)	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
140	0.82	0.74
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
420	0.41	
450	0.38	

Fuente: Manual de la construcción ICG Elaboración: Propia

b) Por durabilidad: para construcciones sometidas a condiciones especiales, como cloruros y sulfatos, para lo cual se tiene que tener en cuenta la cantidad y el tipo de cemento a utilizar, la cantidad de aire incorporado en función de la exposición, las relaciones a/c máximas permitidas son:

Tabla N° 138. Relación a/c por durabilidad

CONDICIONES DE EXPOSICIÓN	RELACIÓN A/C MÁXIMA EN CONCRETOS CON AGREGADO DE PESO NORMAL	RESISTENCIA A LA COMPRENSIÓN MÍNIMA EN CONCRETOS CON AGREGADOS LIVIANOS
Concreto de baja permeabilidad a) Expuesto a agua dulce	0.5	260
b) Expuesto a el agua de mar o aguas solubles	0.45	
c) Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas.	0.45	
b) Otros elementos	0.5	300
Protección contra la corrosión del concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salubres, neblina o rocío de estas aguas Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm	0.4	325
	0.45	300

Fuente: Manual de la Construcción ICG Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CEMENTO

Paso 3/ Paso 4, dividiendo entre 42.5 kg se obtiene el número de bolsas de cemento por metro cubico de concreto.

6) SELECCIONAR EL PESO DEL AGREGADO GRUESO

Proporciona el valor de b/b0, donde b0 y b son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.

Se halla mediante la siguiente formula (b/b0) se interpola en lal Tabla N° 139

Tabla N° 139. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto b/b0

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	MÓDULO DE FINURA DEL AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Manual de la Construcción ICG Elaboración: Propia

Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales es considerar el agregado fino.

7) CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO

Se utiliza los siguientes métodos para hallar la cantidad de arena:

A. VOLUMEN ABSOLUTO

B. PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DEL CONCRETO DE DISEÑO

   a. VOLUMEN ABSOLUTO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Haciendo un recuento de los materiales y sus respectivos pesos tenemos los siguientes ya hallados:

- Cemento (De paso 5)
- Agua (De paso 3)
- Agregado Grueso (De paso 6)
- Aire (De paso 3)

PARA HALLAR EL AGREGADO FINO:

Seguimos la siguiente metodología. Hallamos los volúmenes de los materiales que forman el m^3 del concreto, esto se logra dividiendo el peso de los materiales entre su peso específico y para el aire entre 100 y por diferencia de m^3 de concreto, hallamos el volumen de arena, luego multiplicándolo por su peso específico logramos obtener el peso de la arena por m^3 de concreto.

Tabla N° 140. Relación de volúmenes de los materiales

MATERIALES	PESO SECO (kg)	PESO ESPECÍFICO (kg/m³)	VOLUMEN ABSOLUTO m³
Cemento	P. Cemento	/ P.E. Cemento	Vol. Cemento
Agua	P. Agua	/ P.E. Agua	Vol. de Agua
Agregado fino	P. Agr. Fino = P.E. Agr. Fino * Vol. Agr. fino (*)		
Agregado grueso	P. Agr. grueso	/P.E. Agr. grueso	Vol. De Agr. grueso
Aire	% Aire	/100	Vol. De Aire

Fuente: Manuel de la construcción del ICG Elaboración: Propia

$$(*)\ 1 - \sum (Volumen\ Cemento + Agua + Aire)$$

b. MÉTODO DE LA PRIMERA ESTIMACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

Haciendo un recuento de los materiales y sus pesos ya calculados son los siguientes.

- Cemento (De paso 5)
- Agua (De paso 3)
- Agregado grueso (De paso 6)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PARA HALLAR EL AGREGADO FINO.

Seguimos la siguiente metodología. Hallamos la sumatoria de pesos de los materiales que forman el metro cubico de concreto, y por diferencia de peso total de metro cubico de concreto, hallamos el peso del agregado fino por metro cubico de concreto.

Tabla N° 141. Resumen de los Pesos

MATERIALES	PESO SECO kg
Cemento	P. Cemento
Agua	P. Agua
Agregado Fino	P. Agr. fino (*)
Agregado Grueso	P. Agr. grueso
Aire	% Aire

Fuente: Manual de la construcción ICG Elaboración: Propia

$$(*)PUCF = \sum(P.Cemento + P.Agua + P.Agregado\ grueso$$ ----- (Ec. 75)

Tabla N° 142. Estimación del peso del concreto con el TMN

TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO PULGADAS (mm)		PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DEL CONCRETO (kg/cm^3)	
		CONCRETO SIN AIRE INCLUIDO	CONCRETO CON AIRE INCLUIDO
3/8"	9.5	2280	2200
1/2"	12.5	2310	2230
3/4"	19	2345	2275
1"	25	2380	2290
1 1/2"	37.5	2410	2350
2"	50	2445	2395
3"	75	2490	2405
6"	150	2530	2435

Fuente: Manual de la Construcción Elaboración: Propia

8) AJUSTE POR HUMEDAD DEL AGREGADO

- Calculo del peso en estado seco del agregado fino
- Presentación del diseño en estado seco
- Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados
- Presentación del diseño en estado húmedo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

9) AJUSTES CON MEZCLAS DE PRUEBA

4.1.7. RESULTADOS DEL DISEÑO DE MEZCLAS[2]

Características

a) No existe limitaciones en el diseño por presencia de procesos de congelación, presencia de ion cloruro o ataques por sulfato

b) La resistencia en comprensión especificada es de 210 kg/cm^2 a los 28 días, con un factor de seguridad de 84 kg/cm^2 de acuerdo a la Tabla N° 133.

c) Se considerara una relación a/c de 0.52, a pesar que en la norma indique 0.5 para concretos hidráulicos en pavimentación, ya que consideramos que el proyecto no es una zona altamente transitable y por proponer un pavimento económico.

d) EL tamaño máximo nominal del agregado grueso es de ¾”

e) Se usó también como parte del diseño como aditivo fibras de acero en proporciones de 15 kg/m^3, 25 kg/m3, 35 kg/m3 y 45 kg/m3

A continuación observamos las dosificaciones de todos los diseños de mezclas

4.1.7.1. TANTEO DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA CON EL USO DE FIBRAS.

Tabla N° 143. Dosificación de la mezcla con 15 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero)

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m^3	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	365.38	1.00
AGUA (L/m3)	190.00	0.54
AGREGADO FINO	576.33	1.58
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.84
ADITIVO (FIBRA DE ACERO)	15.00	

Fuente y elaboración: Propia

[2] Cabe precisar que los materiales (Agregado Fino y Agregado Grueso) de la Cantera de Chiguata, son ensayos referenciales para la presente tesis, puesto que de plasmarse dicho proyecto se deberán realizar ensayos de laboratorio más precisos con materiales de la zona y de acuerdo a las exigencias de las normativas correspondientes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 144. Dosificación de la mezcla con 25 kg/m³ de aditivo (fibra de acero)

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m³	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	365.38	1.00
AGUA (L/m³)	190.00	0.54
AGREGADO FINO	570.69	1.56
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.84
ADITIVO (FIBRA DE ACERO)	25.00	

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 145. Dosificación de la mezcla con 35 kg/m³ de aditivo (fibra de acero)

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m³	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	365.38	1.00
AGUA (L/m³)	190.00	0.54
AGREGADO FINO	565.04	1.55
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.84
ADITIVO (FIBRA DE ACERO)	35.00	

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 146. Dosificación de la mezcla con 45 kg/m³ de aditivo (fibra de acero)

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m³	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	365.38	1.00
AGUA (L/m³)	190.00	0.54
AGREGADO FINO	559.40	1.53
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.84
ADITIVO (FIBRA DE ACERO)	45.00	

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 147. Dosificación de la mezcla convencional

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m³	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	365.38	1.00
AGUA (L/m³)	190.00	0.54
AGREGADO FINO	584.80	1.60
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.84
ADITIVO	0.00	

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 148. Dosificación de la mezcla convencional (a/c = 0.5)

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m^3	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	380.00	1.00
AGUA (L/m^3)	190.00	0.50
AGREGADO FINO	573.36	1.51
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.73
ADITIVO	0.00	

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 149. Dosificación de la mezcla con 30 kg/m^3 de aditivo (fibra de acero) (a/c =0.5)

MATERIAL	DOSIFICACIÓN kg/m^3	PROPORCIÓN PESO (kg)
CEMENTO	380.00	1.00
AGUA (L/m^3)	190.00	0.50
AGREGADO FINO	556.42	1.46
AGREGADO GRUESO	1038.92	2.73
ADITIVO (FIBRA DE ACERO)	30.00	0.08

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2. ENSAYOS DEL CONCRETO

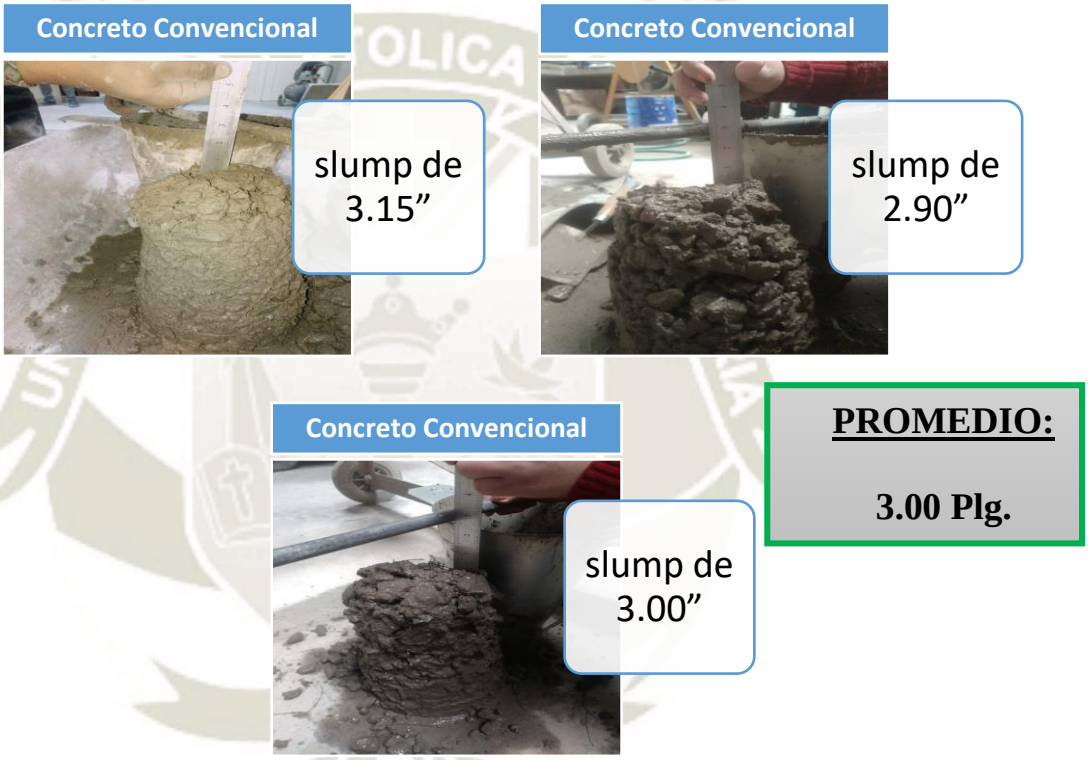
4.2.1. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.

4.2.1.1. ELABORACIÓN Y CURADO DE ESPECIMENES DE HORMIGON (CONCRETO) EN EL LABORATORIO (NTP 339.183, MTC E 702)

4.2.1.2. ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP) (NTP 339.035, MTC E 705)

RESULTADOS:

Figura N° 48. Slump para concreto convencional



Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 150. Resultados de slump para concreto convencional

SLUMP PARA CONCRETO f’c = 210 kg/cm^2			
MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	PROMEDIO
3.15 plg.	2.90 plg.	3.00 plg.	3.05 plg.

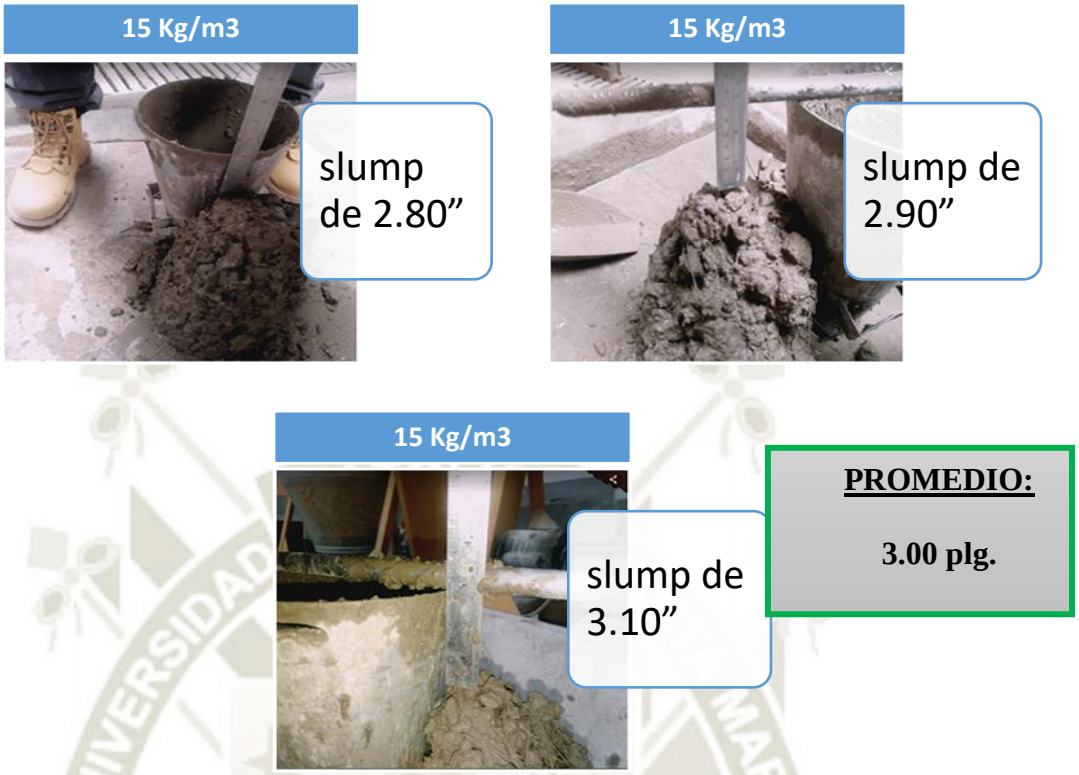
Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 49. Slump para concreto con adición de fibra de 15 kg/m^3



Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 151. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 15 kg/m^3

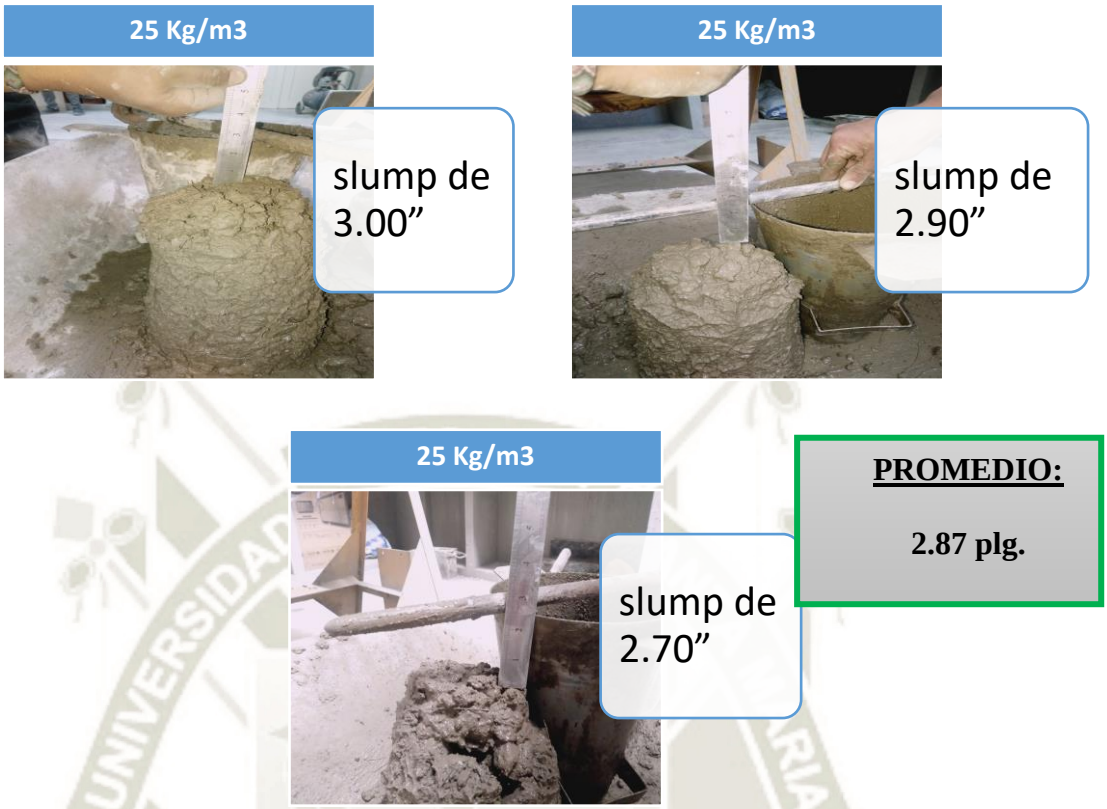
SLUMP PARA CONCRETO f'c = 210 kg/cm^2 CON FIBRA 15 kg /m^3			
MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	PROMEDIO
2.80 plg.	2.90 plg.	3.10 plg.	3.00 plg.

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 50. Slump para concreto con adición de fibra de 25 kg/m^3



Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 152. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 25 kg/m^3

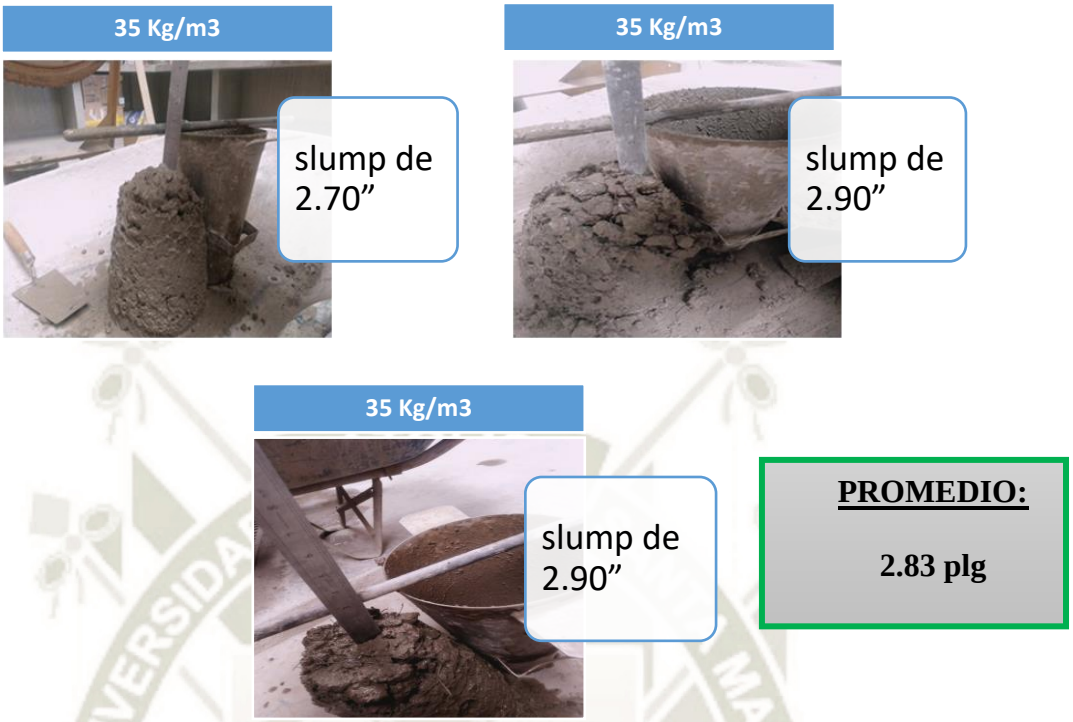
SLUMP PARA CONCRETO f’c = 210 kg/cm^2 CON FIBRA 25 kg /m^3			
MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	PROMEDIO
3.00 plg.	2.90 plg.	2.70 plg.	2.87 plg.

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 51. Slump para concreto con adición de fibra de 35 kg/m^3



Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 153. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 35 kg/m^3

SLUMP PARA CONCRETO f’c =210 kg/cm^2 CON FIBRA 35 kg/m^3			
MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	PROMEDIO
2.7 plg.	2.90 plg.	2.90 plg.	2.83 plg.

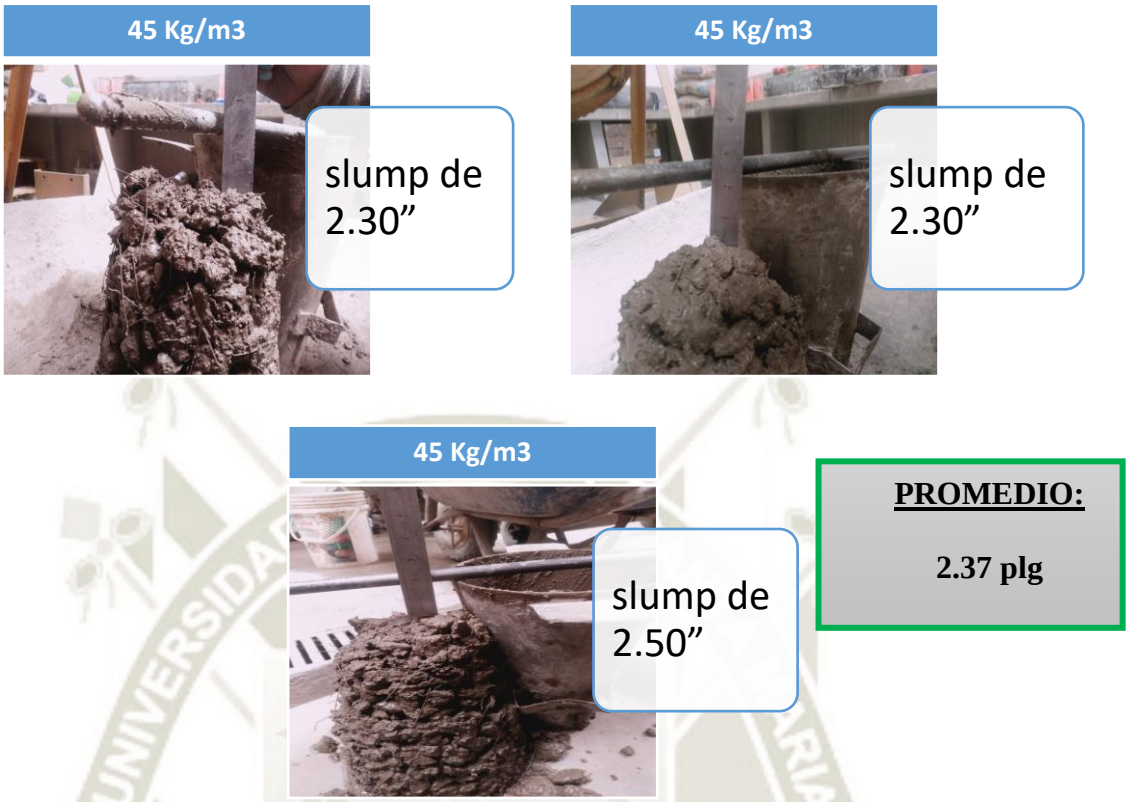
Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 52. Slump para concreto con adición de fibra de 45 kg/m^3



Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 154. Resultados de slump para concreto con fibra de acero de 45 kg/m^3

SLUMP PARA CONCRETO f’c =210 kg/cm^2 CON FIBRA 45 kg/m^3			
MEZCLA 1	MEZCLA 2	MEZCLA 3	PROMEDIO
2.30 plg	2.30 plg	2.50 plg	2.37 plg

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 53. Pérdida de consistencia de la mezcla de concreto

DURANTE LOS PRIMEROS 5 MINUTOS DE OBTENIDA LA MUESTRA SE OBTUVO UN SLUMP DE 2.70 plg.

DURANTE LOS 15 MINUTOS SE OBTUVO UN SLUMP DE 2.20 plg.

DESPUES DE LOS 30 MINUTOS SE OBTUVO UN SLUMP DE 1.90 plg.

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 155. Resultados de control de slump para 30 minutos

SLUMP PARA CONCRETO f'c = 210 kg/cm^2		
MEZCLA A LOS 5 MINUTOS	MEZCLA A LOS 15 MINUTOS	MEZCLA A LOS 30 MINUTOS
2.70 plg.	2.30 Plg.	1.90 plg.

Fuente y elaboración: Propia

4.2.1.3 MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLAS DE CONCRETO (ASTM C 1064, MTC E 724) (LABORATORIO UCSM).

Tabla N° 156. Temperatura del concreto

	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA N° 01 (°C)	TEMPERATURA N° 02 (°C)	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
CONCRETO CONVECIONAL	18.00	22.0	22.10	22.05
C°C – 15 kg/m^3	18.10	21.70	21.50	21.60
C°C - 25 kg/m^3	18.00	20.50	20.30	20.40
C°C - 35 kg/m^3	18.20	19.80	19.90	19.85
C°C- 45 kg/m^3	17.90	19.50	19.60	19.55

Fuente y elaboración: Propia

Se nota una variación de las temperaturas de disminución en cuanto se aumenta la cantidad de fibra de acero en la mezcla de concreto.

Figura N° 54. Pérdida de consistencia de la mezcla de concreto

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.2 ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO.

4.2.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS (NTP 339.034, MTC E 704) (LABORATORIO UCSM)

RESULTADOS.

Las resistencias obtenidas son el promedio de los ensayos realizados en laboratorio.

Tabla N° 157. Resultado de los ensayos a compresión f´c = 210 kg/cm² a 7,14 y 28 días del concreto convencional

CONCRETO CONVENCIONAL - COMPRESION				
RESISTENCIA A LA COMPRESION	**DIAS**	**RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)**	**N° de Briquetas**	**DESVIACION ESTANDAR (S)**
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	99.95	4	3.71
MUESTRA 02	14	153.39	4	7.44
MUESTRA 03	28	213.23	4	5.25

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 158. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibras de acero de 15 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 15 kg/m³FIBRA DE ACERO - COMPRESION				
RESISTENCIA A LA COMPRESION	**DIAS**	**RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)**	**N° de Briquetas**	**DESVIACION ESTANDAR (S)**
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	103.33	4	4.72
MUESTRA 02	14	160.31	4	4.98
MUESTRA 03	28	231.41	4	3.73

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 159. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibras de acero de 25 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 25 kg/m³ FIBRA DE ACERO - COMPRESION				
RESISTENCIA A LA COMPRESION	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	111.76	4	4.02
MUESTRA 02	14	184.91	4	6.06
MUESTRA 03	28	257.32	4	7.36

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 160. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg /cm² con fibras de acero de 35 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 35 kg/m³ FIBRA DE ACERO - COMPRESION				
RESISTENCIA A LA COMPRESION	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	128.36	4	4.37
MUESTRA 02	14	214.68	4	4.28
MUESTRA 03	28	298.75	4	3.44

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 161. Resultado de los ensayos a compresión a 7,14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibras de acero de 45 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 45 kg/m³ FIBRA DE ACERO - COMPRESION				
RESISTENCIA A LA COMPRESION	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	138.30	4	4.37
MUESTRA 02	14	226.56	4	6.63
MUESTRA 03	28	322.71	4	4.23

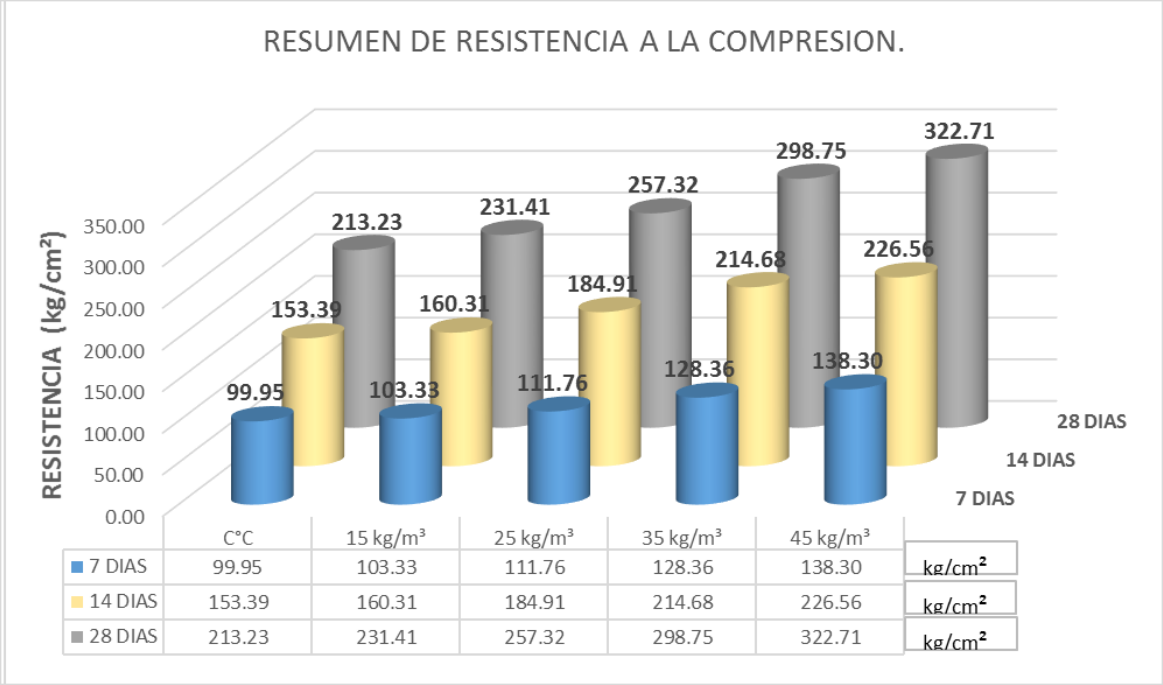
Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

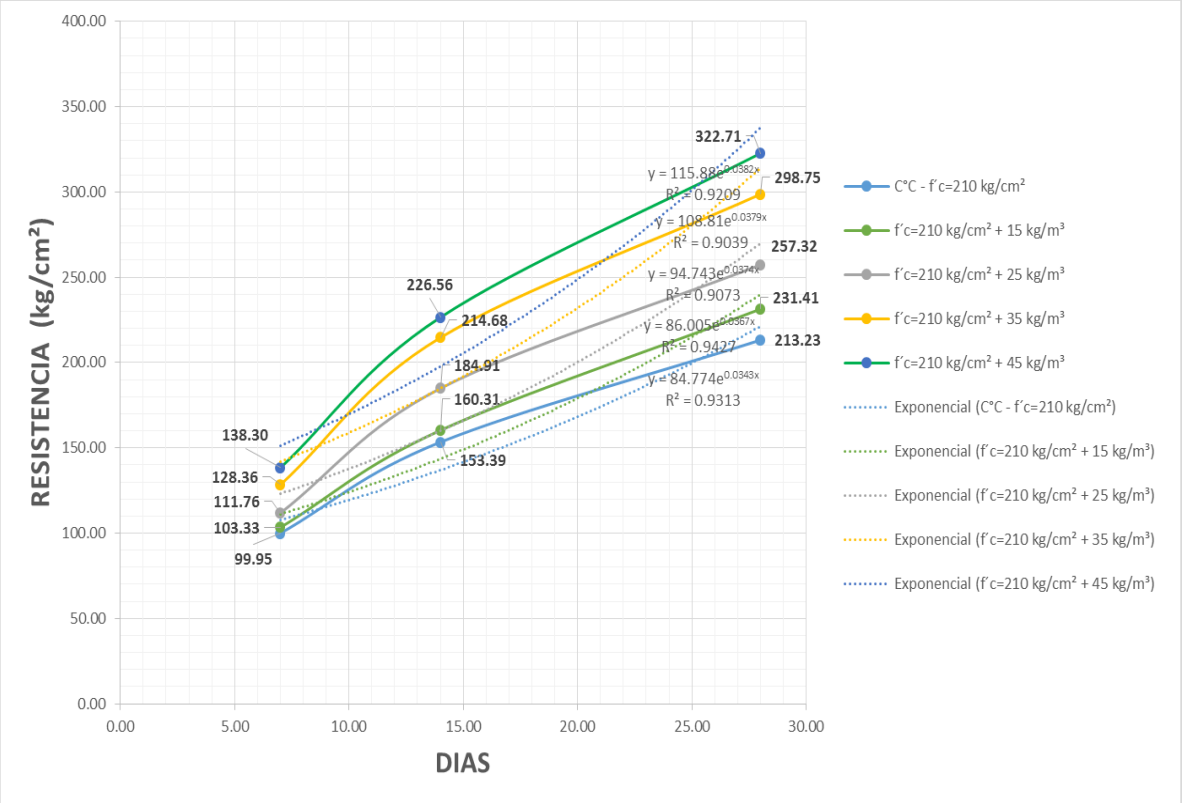
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 55. Comparación de la evolución de resistencia a la compresión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero.



Fuente y elaboración: Propia

Figura N° 56. Comparación de la evolución de resistencia a la compresión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero.



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.2.2. ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA DE CILINDROS ESTANDARES DE CONCRETO (NTP 339, MTC E 708) (LABORATORIO UCSM)

RESULTADOS.

Tabla N° 162. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto convencional f´c = 210 kg/cm²

CONCRETO CONVENCIONAL - TRACCION INDIRECTA				
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	17.32	4	1.10
MUESTRA 02	14	21.25	4	2.85
MUESTRA 03	28	22.79	4	0.74

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 163. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto con fibra de acero de 15 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 15 kg/m³ FIBRA DE ACERO - TRACCION INDIRECTA				
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	18.96	4	0.71
MUESTRA 02	14	23.89	4	0.88
MUESTRA 03	28	27.01	4	1.54

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 164. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 25 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 25 kg/m³ FIBRA DE ACERO - TRACCION INDIRECTA				
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	22.31	4	1.13
MUESTRA 02	14	26.06	4	1.09
MUESTRA 03	28	30.21	4	1.60

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 165. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con Fibra de Acero de 35 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 35 kg/m³ FIBRA DE ACERO - TRACCION INDIRECTA				
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	26.90	4	1.61
MUESTRA 02	14	31.27	4	0.71
MUESTRA 03	28	33.76	4	1.16

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 166. Resultado de los ensayos a tracción indirecta a 7, 14 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 45 kg/m³

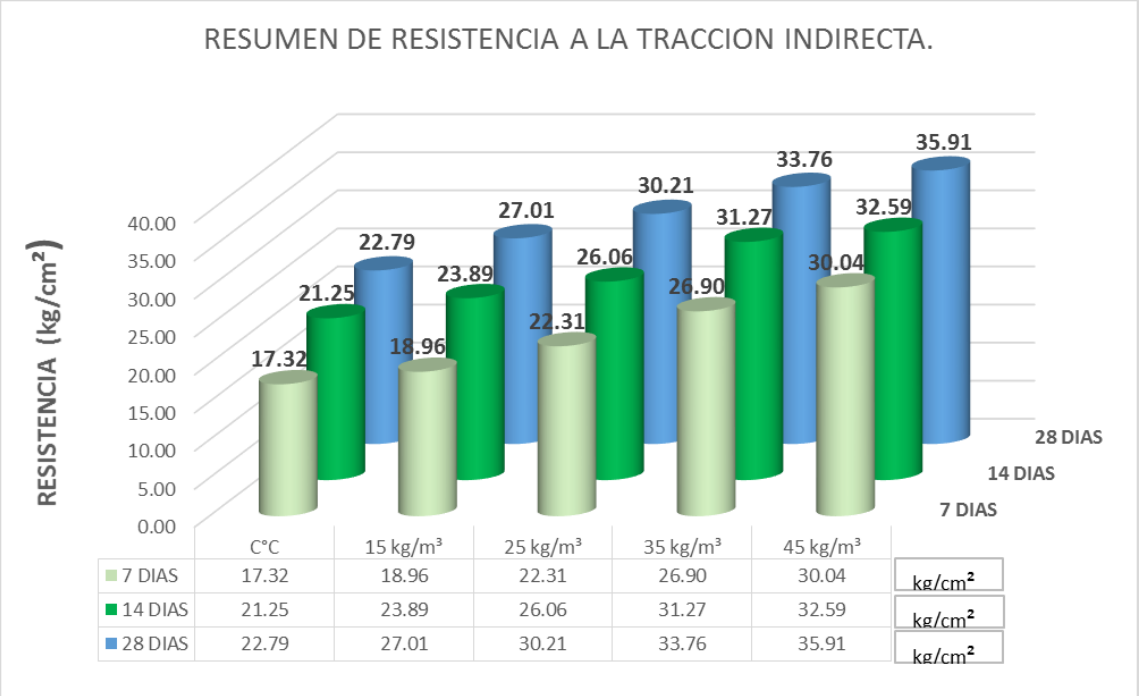
CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 45 kg/m³ FIBRA DE ACERO - TRACCION INDIRECTA				
RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	DIAS	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm²)	N° de Briquetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	7	30.04	4	0.68
MUESTRA 02	14	32.59	4	0.67
MUESTRA 03	28	35.91	4	1.49

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

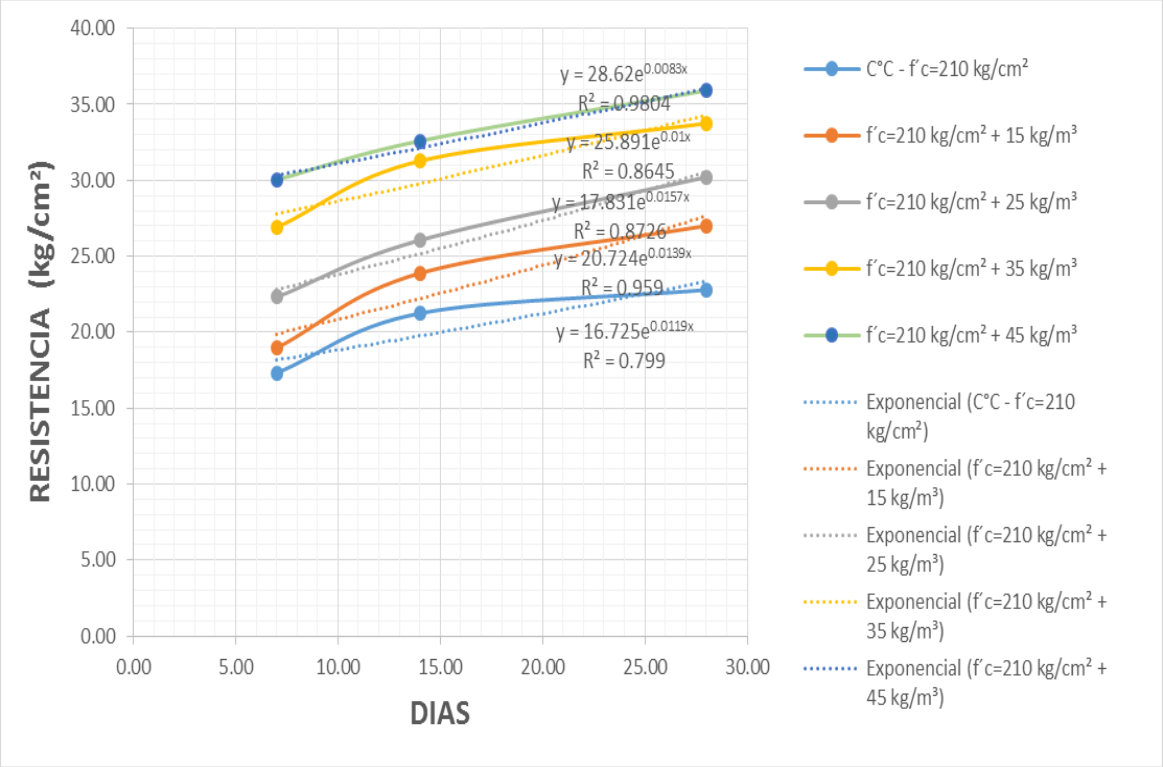
Figura N° 57. Comparación de la evolución de resistencia a la tracción indirecta del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero.



C°C	15 kg/m³	25 kg/m³	35 kg/m³	45 kg/m³	
7 DIAS	17.32	18.96	22.31	26.90	30.04 kg/cm²
14 DIAS	21.25	23.89	26.06	31.27	32.59 kg/cm²
28 DIAS	22.79	27.01	30.21	33.76	35.91 kg/cm²

Fuente y elaboración: Propia

Figura N° 58. Comparación de la evolución de resistencia a la tracción indirecta del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero.



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.2.3. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO (NTP 339.078, MTC E 709 ASTM C 1609M) (LABORATORIO DE SUPERMIX).

RESULTADOS.

Tabla N° 167. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del Concreto f´c = 210 kg/cm² Convencional

CONCRETO CONVENCIONAL - FLEXION				
RESISTENCIA A LA FLEXION	DIAS	MODULO DE ROTURA (MPa)	N° de Viguetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	14	2.36	4	0.16
MUESTRA 02	21	2.71	4	1.57
MUESTRA 03	28	3.11	4	0.08

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 168. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 15 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 15 kg/m³ FIBRA DE ACERO - FLEXION				
RESISTENCIA A LA FLEXION	DIAS	MODULO DE ROTURA (MPa)	N° de Viguetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	14	2.63	4	1.53
MUESTRA 02	21	3.02	4	0.13
MUESTRA 03	28	3.50	4	2.02

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 169. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 25 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 25 kg/m³ FIBRA DE ACERO - FLEXION				
RESISTENCIA A LA FLEXION	DIAS	MODULO DE ROTURA (MPa)	N° de Viguetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	14	3.03	4	0.12
MUESTRA 02	21	3.40	4	1.97
MUESTRA 03	28	3.79	4	0.17

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 170. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 35 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 35 kg/m³ FIBRA DE ACERO - FLEXION				
RESISTENCIA A LA FLEXION	DIAS	MODULO DE ROTURA (MPa)	N° de Viguetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	14	3.44	4	1.99
MUESTRA 02	21	3.93	4	2.28
MUESTRA 03	28	4.18	4	0.12

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 171. Resultado de los ensayos a la resistencia a flexión a 14, 21 y 28 días del concreto f´c = 210 kg/cm² con fibra de acero de 45 kg/m³

CONCRETO f'c = 210 kg/cm² Y 45 kg/m³ FIBRA DE ACERO - FLEXION				
RESISTENCIA A LA FLEXION	DIAS	MODULO DE ROTURA (MPa)	N° de Viguetas	DESVIACION ESTANDAR (S)
	0	0.00		
MUESTRA 01	14	3.94	4	2.28
MUESTRA 02	21	4.20	4	0.16
MUESTRA 03	28	4.74	4	0.19

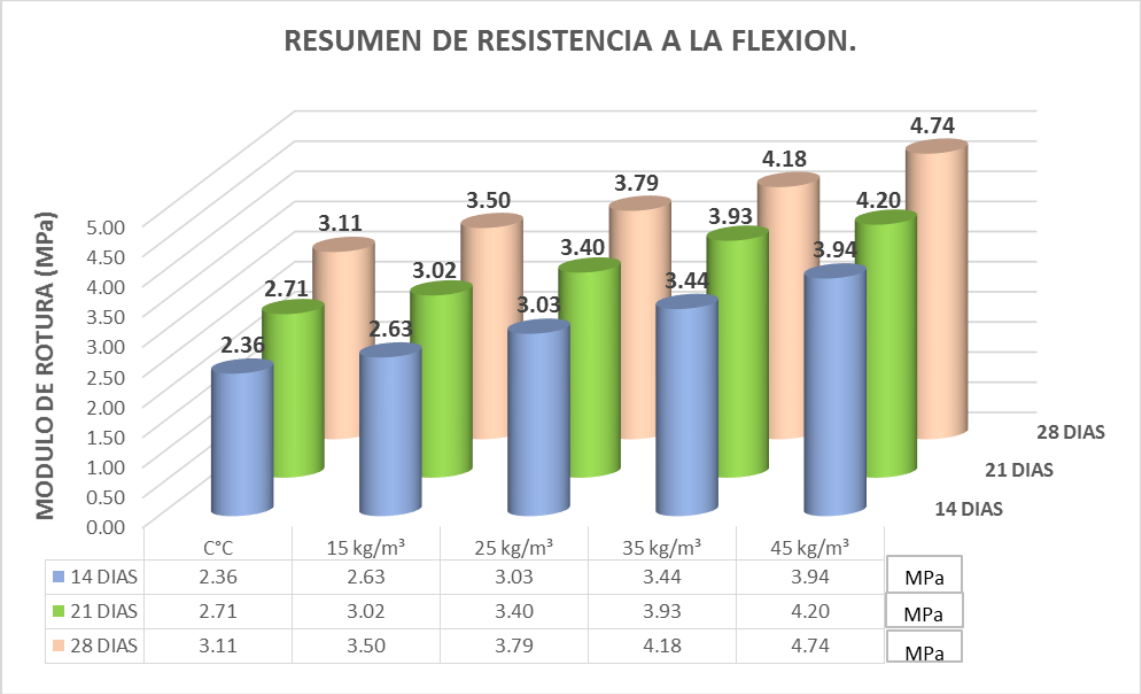
Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

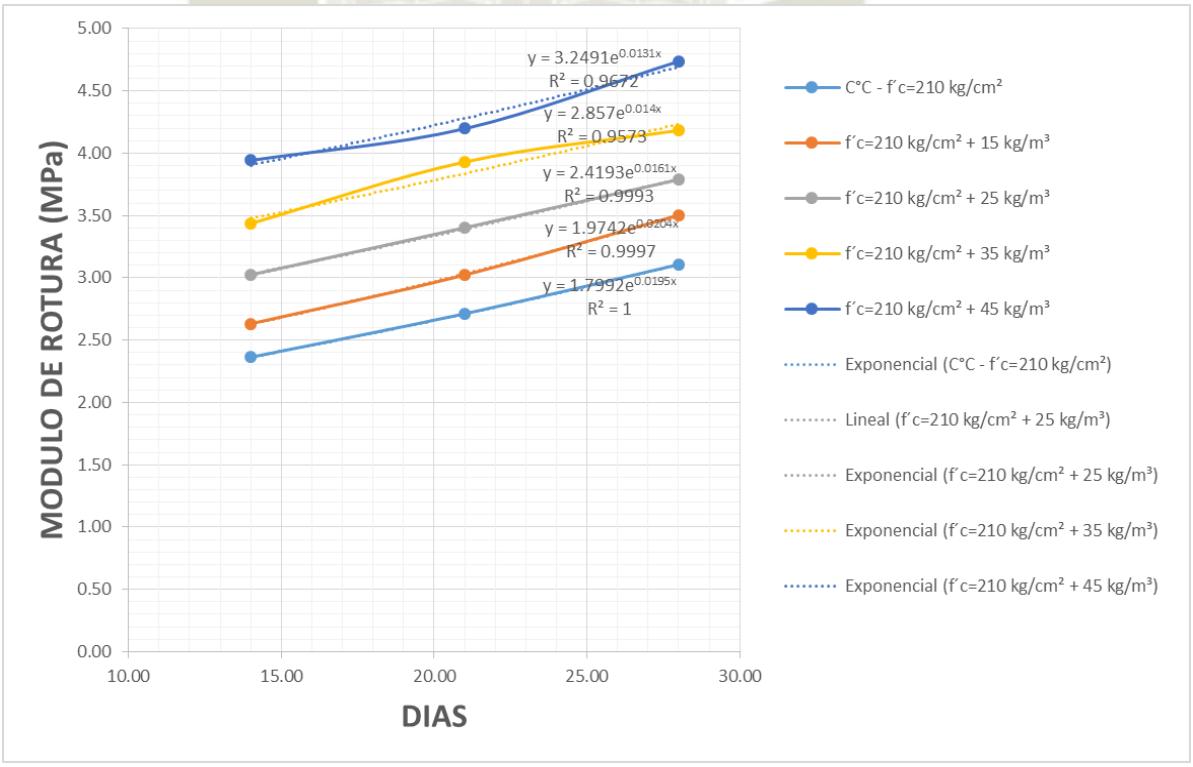
Figura N° 59. Comparación de la evolución de resistencia a la flexión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero.



	C°C	15 kg/m³	25 kg/m³	35 kg/m³	45 kg/m³	
14 DIAS	2.36	2.63	3.03	3.44	3.94	MPa
21 DIAS	2.71	3.02	3.40	3.93	4.20	MPa
28 DIAS	3.11	3.50	3.79	4.18	4.74	MPa

Fuente y elaboración: Propia

Figura N° 60. Comparación de la evolución de resistencia a la flexión del concreto f´c = 210 kg/cm² convencional y con la adición de fibra de acero.



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3. ELECCIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO

4.3.1. GENERALIDADES

El pavimento es una estructura, que ha sido tratada desde tiempos muy antiguos como los Incas o Romanos, que con sus técnicas formaban capas de diferentes materiales (rocas, agregado grueso, agregado fino, etc.) superpuestas una sobre otra de manera horizontal, que con una debida compactación creaban un camino muy conciso.

De aquí, se partió el estudio de cada una de las capas partiendo sobre la sub rasante, seguida de una sub-base, base, afirmado y pavimento. Estas capas pueden variar según las características del suelo, el tráfico, y hasta el clima.

Constantemente se está actualizando los diseños las formas de construir, los tipos de pavimentos que se pueden utilizar, para que se minimice el daño que se pueda producir por factores que perjudican de forma directa en el periodo de diseño previsto del pavimento, como el sobre peso que pueda tener un vehículo, el crecimiento insostenible del transporte automotor, entre otros.

4.3.2. ESTUDIO Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE PAVIMENTOS FACTIBLES

4.3.2.1. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Los pavimentos de concreto reciben el apelativo de “rígidos” debido a la naturaleza de la losa de concreto que la constituye. Debido a su naturaleza rígida, la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la sub rasante. Existen tres tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto simple con juntas.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas.
- Pavimentos de concreto continuamente reforzados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los pavimentos de concreto con juntas son los que mejor se aplican a la realidad nacional debido a su buen desempeño y a los periodos de diseño que usualmente se emplean. Las juntas se tienen que diseñar y construir para poder controlar los cambios de volumen que necesariamente se presentan por los cambios de temperatura.

Para logar un rendimiento satisfactorio de servicio del pavimento a lo largo de su vida útil, será necesario tener en consideraciones algunos aspectos como:

- La sub rasante tiene que ser diseñado de tal manera que pueda poseer un soporte uniforme y razonable para las cargas, según estén indicadas en las especificaciones técnicas.
- Se debe considerar el uso de una sub base y base en caso de que la calidad de la sub rasante sea regular, pobre o inadecuada, en base a los ensayos respectivos realizados en el laboratorio.
- Se deberá diseñar y distribuir adecuadamente las juntas
- El diseño estructural de la losa, será tal que pueda aguantar la carga solicitada por el tráfico.

Las capas que normalmente se encontraran en un pavimento rígido son:

- Terreno de fundación o explanada
- Sub rasante
- Sub base y/o base
- Losa de concreto

4.3.2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento flexible es una estructura compuesta por capas granulares (sub base, base) y como capa de rodadura una carpeta constituida con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos. Principalmente se considera como capa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente.

Para distribuir estas presiones y reducir el valor máximo sobre el eje de carga es preciso aumentar el espesor de los pavimentos. Estas consideraciones son la base de todos los métodos de cálculo de los pavimentos flexibles que relacionan el espesor requerido con la presión máxima admisible sobre el suelo para una carga dada.

4.3.3. RESISTENCIA DEL SUELO

El terreno de fundación es la capa horizontal que se encarga de amortiguar las cargas producidas por los vehículos, estas cargas pueden ser móviles cuando el vehículo se encuentra en movimiento o fijas cuando deja de moverse. Cuando la carga es estática, esta se aplica sobre la masa del suelo, se presentan entonces esfuerzos de comprensión y corte, y si la carga va aumentando, en un momento dado la resistencia al corte del suelo llegara a ser sobrepasada.

Si una muestra es cargada sin que exista confinamiento, la falla se presentara en forma similar a la figura N° 61. (a)

En caso de que esta misma muestra esta confinada, la falla se presentara en la forma de lo que indica la figura N° 61. (b), ya que encontrándose en medio de una masa continua, hay esfuerzos laterales que se oponen al desplazamiento y una gran parte del suelo será afectada.

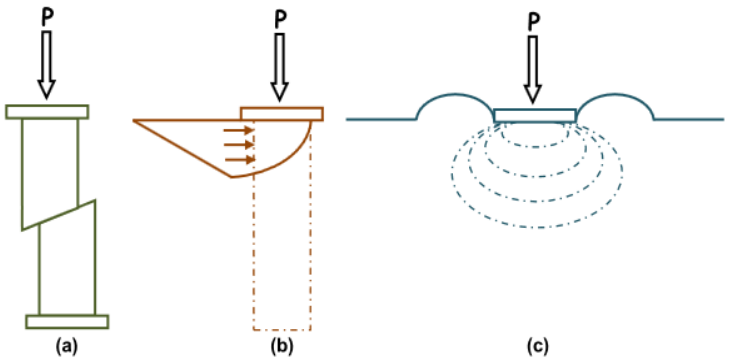
La tendencia al desplazamiento se producirá en un infinito número de superficies y a medida que la superficie cargada es inducida en la masa del suelo, los componentes verticales de la presión tienden a producir desplazamientos de la masa hacia arriba, como se ve en la figura N° 61. (c).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 61. Desplazamientos producidos por las cargas



Fuente y elaboración: Propia

Como sabemos puede suponerse que hay superficies en las que las presiones normales a ellas, son de igual valor a dichas superficies, constituyen lo que en Mecánica De Suelos se conoce con el nombre de “Bulbo De Presiones”.

Las presione son resistidas en las masas del suelo por la resistencia al corte que ofrecen los gránulos del suelo, la cual depende de:

- La fricción interna
- La cohesión

La primera de estas características como se ve, tiene mayor importancia en las capas profundas y la segunda en las capas más superficiales que las que sufrirán el empuje de las partículas desplazadas.

En el caso de encontrarse las cargas en movimiento, su acción se produce según la forma en que se desplace, ya sea por deslizamientos y por rodadura. En ambos casos se presentan esfuerzos paralelos a la superficie, sobre la que se efectúa el desplazamiento de las cargas produciéndose efectos abrasivos que deben ser resistidos por la superficie.

Los suelos están sometidos a las acciones de las cargas en movimiento, deben pues presentar resistencia a las fuerzas de compresión y a las de abrasión. El elemento que responde a estas necesidades es el pavimento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.4. FUNDAMENTOS Y ELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO

Para la elección del pavimento que se usara en el proyecto, se ha considerado aspectos que son importantes al momento de la ejecución de la obra, como es la parte técnica y económico, con lo cual en base a un análisis de costo – beneficio se ha elegido el tipo de pavimento más adecuado, considerando varios aspectos como la topografía, la calidad de suelo, el volumen de tránsito, entre otros. Para lo cual analizamos los siguientes criterios:

4.3.4.1. COMPARACIÓN TÉCNICA

Tabla N° 172. Comparación de ventajas y desventajas del pavimento rígido VS pavimento flexible.

PAVIMENTO RÍGIDO	PAVIMENTO FLEXIBLE
VENTAJAS	
Debido a su gran rigidez este tipo de estructura de pavimento requiere poco espesor para la distribución de cargas sobre la sub rasante, trabajando como viga.	Este tipo de pavimento presenta una superficie de rodadura bastante uniforme, brindando de esta manera una comodidad al tránsito vehicular.
Este tipo de pavimento presenta adecuadas condiciones de superficie de rodadura	No requiere de ningún tipo de refuerzo ni mucho menos de juntas de ninguna clase
Por otra parte la gran capacidad de absorción que tiene de los incrementos de carga, debido al constante aumento de volumen de tráfico y de peso de los ejes de los vehículos.	Requiere de un espesor menor de un concreto hidráulico
Tiene una mejor resistencia a la erosión, resultado su uso más conveniente en una topografía accidentada porque se vuelve menos erosionable.	
Posee una mayor resistencia a los cambios de temperatura.	
Este tipo de pavimento ofrece adecuadas condiciones de seguridad por ofrecer mejor visibilidad tanto de día como de noche debido a la mejor condición de la reflexión de la luz, producto al color claro que tiene.	
DESVENTAJAS	
Tiene el inconveniente técnico de que necesariamente hay que dotarlos de juntas longitudinales y transversales las cuales es necesario hacerles un mantenimiento adecuado en toda su vida útil.	Tiene una menor resistencia al intemperismo resultando su uso muy inconveniente en zonas lluviosas y de topografía muy accidentada por que tiende a ser erosionado.
Su velocidad de avance en el proceso constructivo es lento, debido a la presencia de juntas de contracción.	Es muy susceptible a los cambios bruscos de temperatura, que con el tiempo llega a ser muy perjudiciales para el pavimento.

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.4.2. COMPARACIÓN POR EL TIPO DE VÍA Y ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Para tener en consideración algunos aspectos puntales que nos demarcaran de mejor manera que pavimento usar, haremos la siguiente comparación, en base al diseño que se tomara en el proyecto

Tabla N° 173. Comparación de materiales, equipo, estructura y mantenimiento entre el pavimento rígido y el pavimento flexible

PARAMETROS DE DISEÑO	PAVIMENTO	
	RIGIDO	FLEXIBLE
VIDA UTIL	**20-40 años**	**20 años**
Materiales		
Material de cantera (CBR: 20-50%)	No requiere	Si requiere
Material de cantera (CBR > 50%)	Si requiere	Si requiere
Material para mezclas (agregados)		
Asfalto	No requiere	Si requiere
Cemento	Si requiere	no requiere
Equipo		
Compactador	Si requiere	Si requiere
Volquetes	Si requiere	Si requiere
Equipo de carga	Si requiere	Si requiere
Mezcladoras	Si requiere	no requiere
Cisternas	Si requiere	Si requiere
Vibradoras	Si requiere	no requiere
Distribuidor de asfalto	No requiere	Si requiere
Estructura		
Sub base	No requiere	Si requiere
Base	Si requiere	Si requiere
Capa de imprimación	No requiere	Si requiere
Carpeta	Si requiere	Si requiere
Sello	No requiere	Si requiere
Requerimiento de insumos	Para base	Para sub base y base
Mantenimiento	Menor mantenimiento	Mayor mantenimiento

Fuente y elaboración: Propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3.4.3. COMPARACIÓN ECONÓMICA

Para hacer una comparación entre los pavimentos descritos, y poder elegir uno que vaya con el proyecto, es necesario hacer un análisis de económico, desde el momento de elaboración de proyecto, la construcción del mismo, y el mantenimiento posterior que pueda brindarse. Por consiguiente para el mantenimiento del pavimento rígido se considerara cada 5 años, por el contrario el pavimento flexible tendrá un mantenimiento cada año.

El costo constructivo de los pavimentos flexibles representa aproximadamente el 65% del costo de construcción del pavimento rígido, teniendo a igualarse en los costos finales.

Profundizando un poco más, y analizando los costos durante la vida útil del pavimento, el pavimento flexible llega a costar un 184% del pavimento rígido. Por lo tanto el costo del pavimento rígido resulta más bajos en costos anuales teniendo la vida útil que tienen de 20 a 40 años. Por otro lado el pavimento flexible tiene un crecimiento de costos iniciando con unos costos bajos aumentando al final, tomando de la misma manera un periodo de vida de 20 años.

Hay que tomar en consideración que el pavimento flexible necesita estar en manteamiento, en periodos anuales, sino lo más probable es que no llegue el periodo de vida útil con el cual fue diseñado.

4.3.5. CONCLUSIÓN: ELECCIÓN DEL TIPO DE PAVIMENTO.

Después de un análisis realizado tanto técnico como económico, y evaluar entre las 2 clases de pavimentos tomados como referencia, tanto el flexible y el rígido, y considerando como referencia diseños para lugares similares a los del proyecto se tomó como diseño el pavimento rígido, que es la más adecuada para la topografía y el lugar del proyecto. De la misma manera podemos concluir las siguientes ventajas que se presentan a continuación:

- Los costó iniciales del pavimento rígido son mucho más bajos, que el de un pavimento flexible, lo que convierte a un pavimento rígido en el más económico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El uso de la maquinaria para la pavimentación rígida, no es tan sofisticado como el que es necesario para una pavimentación flexible, y el personal técnico no tienen que ser personas experimentadas en una tarea específica, hasta se puede hacer uso de personas del lugar, generando más empleo
- El pavimento rígido es más resistente ante acciones producidas por agentes químicos o productos de incendios.
- El pavimento rígido tienen mejor acabado, requiere de un número menor de luminarias, lo que permite disminuir el costo, ofrece mejor visibilidad tanto de día como de noche.
- Debido a la rigidez producida por el concreto, esta estructura requiere poco espesor para la distribución de cargas sobre la sub rasante, por eso en algunos casos se obvia la base y la sub-base, y tiene una mejor capacidad de distribución de cargas.
- Presenta mejores condiciones de drenaje pluvial que los pavimentos flexibles.
- El mantenimiento del pavimento rígido es más práctico debido a la facilidad de herramientas y materiales que son necesarios para el mismo. Caso contrario ocurre con el pavimento flexible que siempre es necesario de máquinas especiales.

4.4. DISEÑO DE PAVIMENTO

4.4.1. DISEÑO DE PAVIMENTO

El pavimento rígido, que se usará en las diversas Avenidas del proyecto, será dimensionado con el diseño del método PCA y con el método AASHTO 93, los cuales nos darán el dimensionamiento de la losa de concreto, la cual solamente estará apoyada sobre una base de material seleccionado, los cuales se soportaran en una sub rasante debidamente compactada.

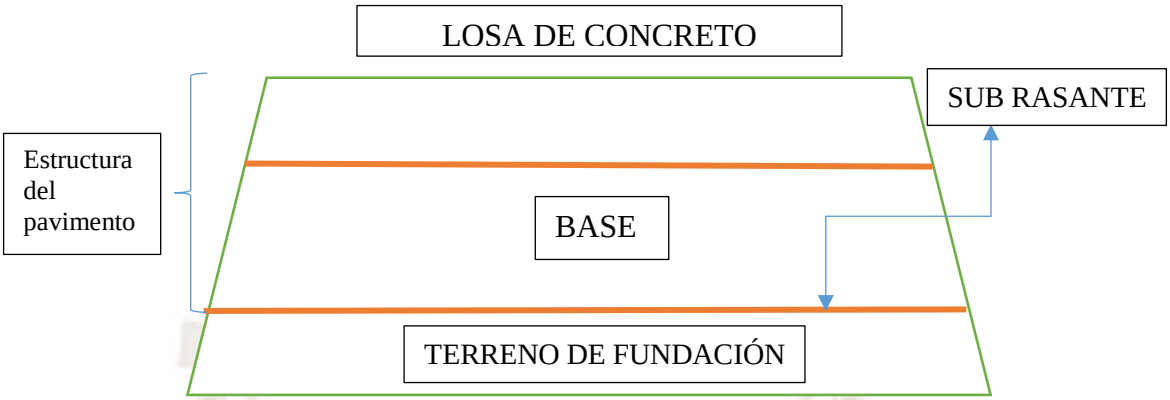
A continuación se muestra como estaría conformado el pavimento rígido, que se tomara para el diseño del pavimento.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 62. Estructura del pavimento rígido a utilizar



Fuente y elaboración: Propia

4.4.2. MÉTODO DE DISEÑO

Para el método de diseño, este puede basarse en las muchas metodologías que existan para el día de hoy, para lo cual será necesario haber realizado primeramente diversos estudios, que sirven de variables para el diseño del pavimento. Es por lo tanto importante hacer un análisis de tráfico, climático, hidrológico, y contemplar estudios de suelos y geológicos.

Esto nos permitirá establecer espesores y rigideces de los materiales, para mantener a la vía bajo un cierto nivel de confort y rendimiento.

Para este proyecto se utilizaran dos metodologías que son las más utilizadas a nivel internacional, y en nuestro país, como son la metodología AASHTO – 93 y PCA.

Para estas dos metodologías serán necesario tomar a consideran algunos factores que debieron ser estudiados con anterioridad:

- Calidad del suelo de fundación o de la sub rasante.
- Tráfico medio anual, mensual y diario durante el periodo de diseño.
- Periodo de diseño del pavimento.
- Condiciones hidráulicas del proyecto.
- Pavimentación rígida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.3. JUNTAS EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO.

Las juntas son diseñadas para controlar el posible agrietamiento que pueda darse con el desgaste del pavimento rígido. De la misma manera ayuda a mantener la capacidad estructural del pavimento y a que cumpla con el periodo de vida útil, para el cual fue diseñado. Por consiguiente es importante señalar cuales son las funciones que tienen las juntas en el pavimento rígido.

- Permite una división equidistante entre carriles
- Permite la mejor distribución de la carga a través de la losa
- Absorbe los esfuerzos que puedan provocarse por las cargas que se solicitan en la losa
- Controla los agrietamientos que pueda producirse de manera longitudinal o transversal

4.4.4. TIPOS DE JUNTAS A UTILIZAR EN LA PAVIMENTACIÓN

Las juntas que podemos encontrar en el pavimento rígido son las siguientes:

4.4.4.1. JUNTAS LONGITUDINALES

Estas juntas están diseñadas de forma paralela a la dirección de la vía, normalmente es equidistante entre el total del ancho de la vía. Como su direccionalidad es longitudinal, de la misma manera se encarga de evitar las grietas generadas de forma longitudinal, normalmente su espaciamiento varía entre 2,5 m a 4 m.

La profundidad que poseerá la junta no deberá ser menor a ¼ del espesor de la losa de concreto, y un acho variable de hasta 2 cm, que será sellado con algún material especial.

a) JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN

Es la junta encargada de dividir los carriles con los que cuenta la vía, y que permite la expansión de la losa por la carga vehicular.

b) JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCIÓN

Estas juntas se encargan de enlazar carriles nuevos que serán pavimentados en lo posterior

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.4.2. JUNTAS TRANSVERSALES

Estas juntas están ubicadas de manera perpendicular a la dirección de la avenida o a las juntas longitudinales, y están diseñadas para recibir los esfuerzos producto de las contracciones y dilataciones. También al igual de las juntas longitudinales evitan que las fisuras provenientes por las bajas temperaturas y retracción del fraguado.

a) JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN:

Son juntas diseñadas para poder controlar el agrietamiento producido por cambios en la temperatura o por causa de la humedad.

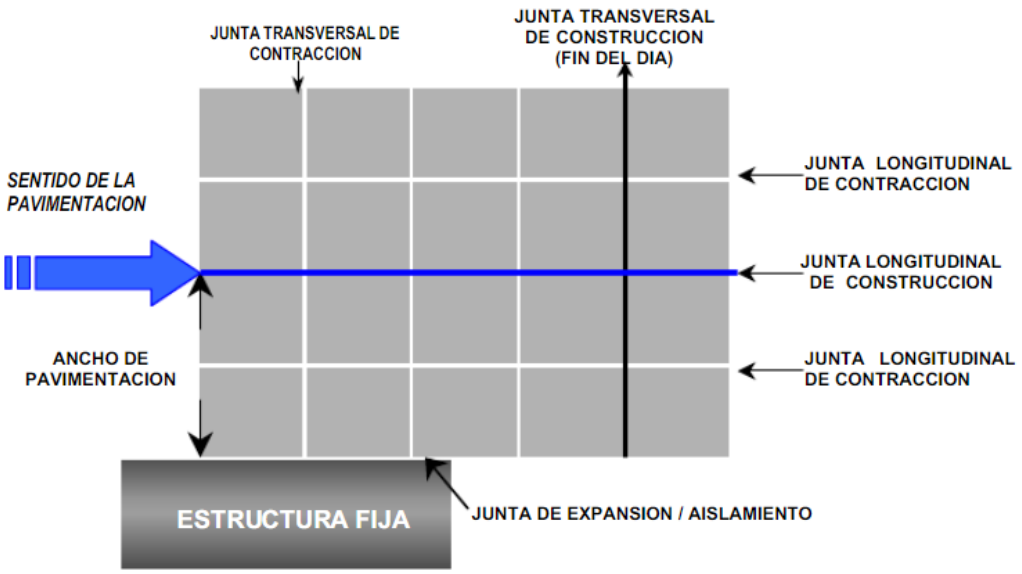
b) JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIÓN

Son juntas colocadas para que se pueda continuar la pavimentación de la vía en lo posterior y exista una buena adherencia, entre la nueva pavimentación y la antigua.

c) JUNTA TRANSVERSAL DE EXPANSIÓN Y/O AISLAMIENTO:

Juntas especiales colocaras en donde permita que el movimiento pueda tener un breve periodo de movimiento sin dañar a estructuras que pudieran estar próximas.

Figura N° 63. Tipos de juntas



Fuente y elaboración: Concreto pre mezclados CEMEX

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.5. RECOMENDACIONES DE LA P.C.A. Y OTRAS NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

La frecuencia de cómo se comporta el pavimento en la localidad frente a las grietas, es la mejor referencia para que el diseño de las juntas, tanto longitudinales como transversales.

La separación entre juntas transversales de contracción, que determina la longitud de las losas, debe garantizar que la abertura de la junta no sea excesiva si la transferencia de carga es por trabazón de agregados

Figura N° 64. Recomendaciones sobre longitudes máximas de losas de pavimento rígido

Fuente	Recomendación		
FHWA	$\frac{\text{longitud losa}}{\text{radio rigidez relativa}}$	≤ 5	(En las mismas unidades)
FAA	$\frac{\text{longitud en pies}}{\text{espesor en pulgadas}}$	≤ 2	
PCA	$\frac{\text{longitud losa}}{\text{espesor}}$	≤ 25	(En las mismas unidades)
Fordyce	Tipo de agregado grueso		Separación máxima (m)
	Granito		7,7
	Calcáreo		6,1
	Canto rodado		4,6
	Escoria		4,6
	Pavimentos sin pasadores		
21 estados de USA (estadística)	Long. promedio de losas	=	4.6 m
	Desviación estándar	=	0.6 m
	Pavimentos con pasadores		
22 estados de USA (estadística)	Long. promedio de losas	=	5.5 m
	Desviación estándar	=	1.1 m

Fuente y elaboración: Ingeniero Fernando Sánchez Sabogal.

4.4.6. RECOMENDACIONES TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS

A continuación mostramos los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos, según la estructura que pueda necesitar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 174. Requisitos mínimos para diferentes tipos de pavimentos

Elemento \ Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Subrasante		95% de compactación: Suelos Granulares: Proctor Modificado Suelos Cohesivos: Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40% 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30% 100% Compactación Proctor Modificado	
Base		CBR ≥ 80% 100% Compactación Proctor Modificado	N.A. *	CBR ≥ 80% 100% Compactación Proctor Modificado
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		N.R.**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	N.R.**
Material	Vías locales	Concreto Asfáltico ***	MR ≥ 34 MPa (34 Kg/cm²)	f'c ≥ 38 MPa (380 Kg/cm²)
	Vías colectoras			
	Vías arteriales			
	Vías expresas			

Fuente: Norma Técnica C.E. 010 Pavimentos Urbanos Elaboración: Ing. Emilio Milla V.

Para el presente proyecto se tomara todo lo referente al pavimento rígido, cumpliendo con lo requerido por la norma.

Considerando que cusco está compuesto por calles angostas, y que la misma zona de estudio cuenta con callejones y una Avenida Principal, se toma como diseño de juntas, una separación que varíen entre 2.5 m a 3 m, dependiendo de la zona de pavimentación.

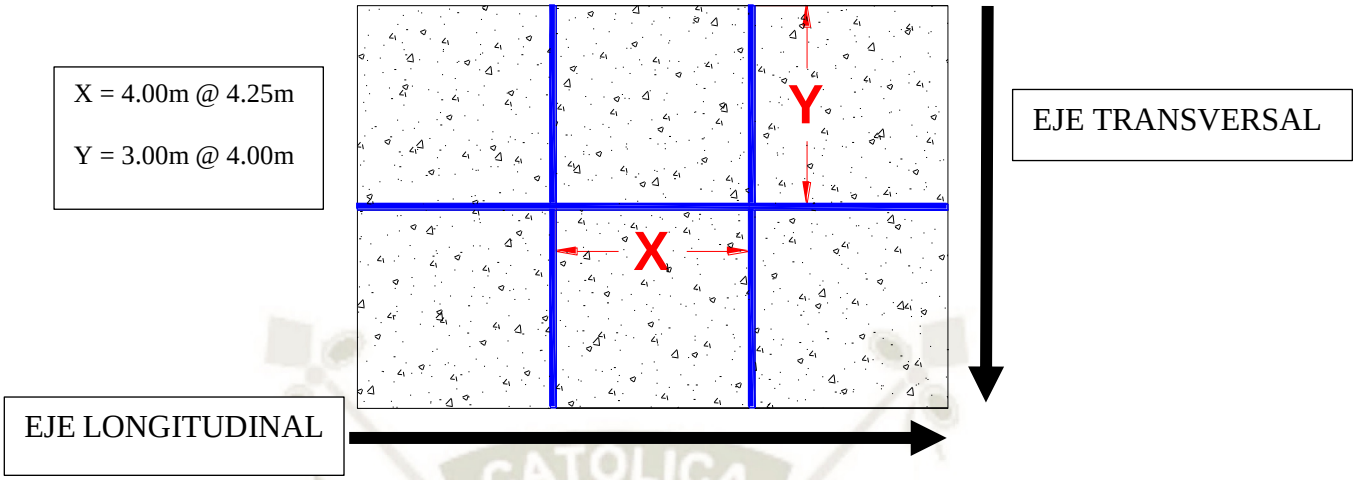
Entonces verificando lo anterior podemos obtener la siguiente figura:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 65. Dimensionamiento del pavimento



Fuente: Manual de Diseño Estructural Elaboración: Propia

4.4.7. DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO CON EL MÉTODO DEL P.C.A.

4.4.7.1. FATIGA DEL CONCRETO

La fatiga es la acción a la que somete el concreto por la repetición de esfuerzos a la que está sometido el pavimento. El pavimento rígido trabaja a flexo – tracción debido a su diseño de viga larga que soporta cargas puntuales, las cuales repetitivamente causan la fatiga por sobre esfuerzo.

Cuando la tensión de trabajo no excede el 50% del Módulo de Rotura (Mr) el pavimento rígido puede soportar un número limitado de cargas sin llegar a agrietarse. En este caso incluso los esfuerzos repetidos son beneficiosos eh incrementan la resistencia última. Si llegase a exceder el 50% entonces la falla se notara después de un número de aplicaciones de la carga.

Por lo tanto podemos decir:

Razón de esfuerzo = Tensión de Trabajo / Modulo de Rotura

- Tensión de trabajo: Modulo de Rotura (Md)
- Módulo de Rotura (Mr): Resistencia a la tracción del pavimento rígido en flexión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 175. Condiciones de falla

RAZÓN ESFUERZO	FALLA
> 0.5	SI
< 0.5	NO

Fuente y elaboración: Propia

4.4.7.2. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE DISEÑO (T)

El periodo de diseño para un pavimento rígido puede variar entre 20 y 40 años, este periodo también influenciara en el espesor del pavimento, ya que es una variable directamente proporcional a la cantidad de camiones para los que servirá el pavimento.

Por lo tanto para el proyecto elegiremos un periodo de diseño de 20 años, con el cual se podrá tener un aproximado de cuantos crecerá el tránsito a futuro.

T = 20 años

4.4.7.3. DETERMINACIÓN DE LA CARGA DE DISEÑO (CD)

Para tomar en consideración la transmisión de carga para el diseño se considerara que será por eje simple debido a que el área de contacto es menor, a comparación a los ejes tándem o tricen y se sabe que el esfuerzo producido por una carga es mayor si el área de transmisión es menor ($\sigma = F/A$)

La carga de diseño (CD) viene a ser la carga critica a la cual se somete el pavimento con una frecuencia, y que no produzca fatiga en el mismo, para el proyecto se tomara el valor de: CD =11 ton. Que es equivalente a 24000 libras que es el peso máximo de un eje simple.

4.4.7.4. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad depende de la importancia a la cual estará solicitada la vía, el cual aumenta de forma recíproca con la carga producida del tráfico de la zona. Para lo cual se recomienda los siguientes valores:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

a. Para proyectos interestatales y otros de múltiples carriles donde el flujo de tráfico será interrumpido y donde habrá altos volúmenes de tráfico de camiones (Tráfico Pesado)

F.S. = 1.20

b. Para carreteras y calles arteriales donde el volumen de tráfico de camiones será moderado (Tráfico Moderado)

F.S.=1.10

c. Para carreteras calles residenciales, y otras que soportan pequeños volúmenes de tráfico de camiones (Tráfico normal)

F.S. = 1.00

Después de tomar en cuenta el estudio de tráfico para el proyecto podemos concluir que las vías son de tráfico normal lo que das un facto de seguridad

F.S. = 1.00

4.4.7.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO

El módulo de Reacción de la Sub Rasante "k", se obtiene por la capacidad portante del suelo, y esto es a través del ensayo de la prueba de placa.

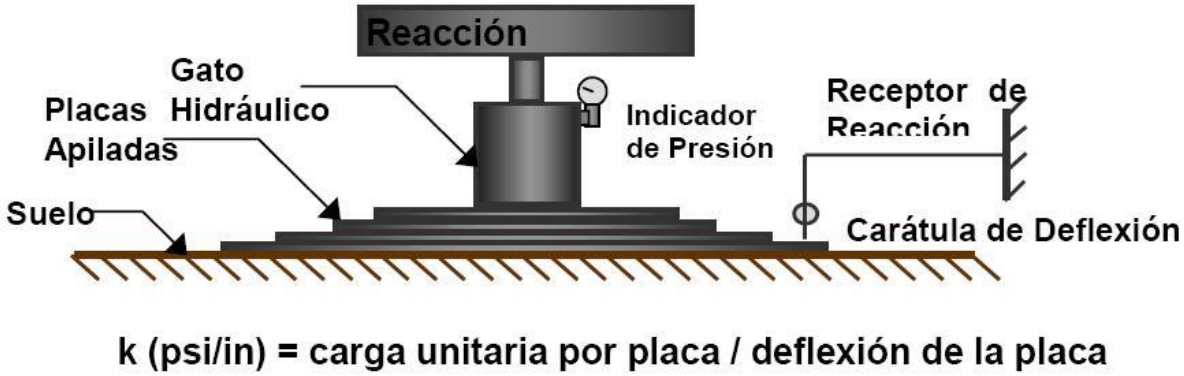
Es soporte en el cual se apoya el pavimento rígido, que es la base es el segundo factor necesario para hallar el espesor del pavimento. El resultado de la sub rasante nos dará también la elasticidad con la que está compuesta el suelo. La cual será igual a la carga en lb/plg^2 sobre el área que soporta la carga dividida entre la deformación en pulgadas que produce la carga.

El valor del módulo de reacción (k) se obtendrá de forma directa del terreno, haciendo uso de la norma ASTM D1195 y D1196, con el ensayo de la prueba de placa regulada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 66. Prueba de placa (Norma ASTM D1195 y D1196)



Fuente y elaboración: Universidad Nacional de México

4.4.7.6. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUB RASANTE.

Haciendo uso de la gráfica que toma valores de resistencia y la clasificación del suelo, podemos obtener un valor de k, teniendo en cuenta que nuestro CBR es de 15.6% obtenemos de la gráfica un módulo de k igual a:

CBR DE DISEÑO

Tabla N° 176. Percentil para hallar el CBR óptimo

Nivel de Tráfico EAL	Valor de la Subrasante de Diseño
10^4 ó menos	60
Entre 10^4 y 10^6	75
10^6 ó más	87,5

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Tabla N° 177. Datos para el CBR al 75%

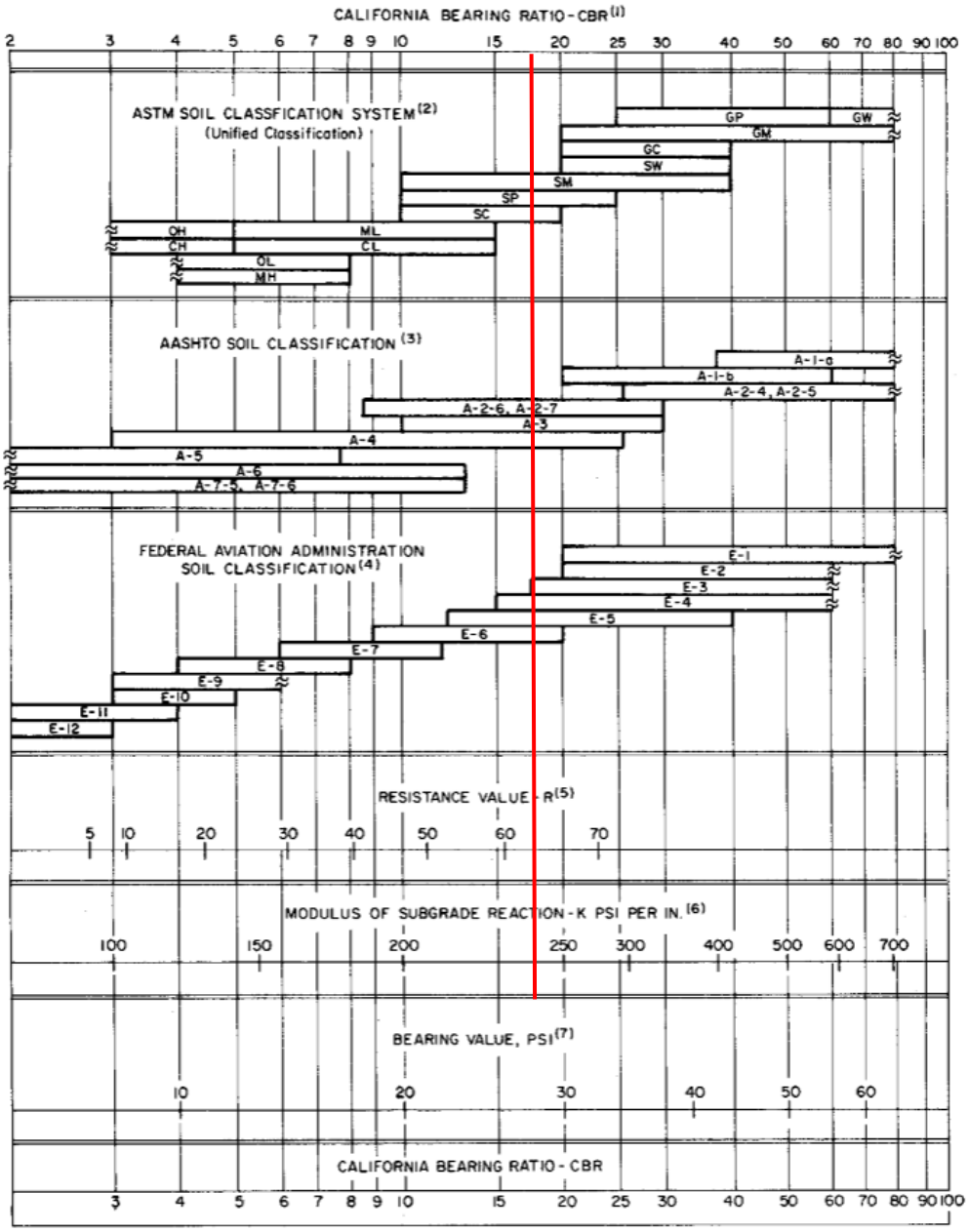
CBR (%)	Valores iguales o mayores	Valores iguales o mayores (%)
14,45	4	100,00%
15,61		75,00%
15,61	3	75,00%
20,03	1	25,00%

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 67. Módulo de reacción de la sub rasante



Fuente y elaboración: Guía de Diseño de la PCA 95

Obtenemos un módulo de la sub rasante k aproximado a 240 psi.

El valor de “k” se modifica debido a la colocación de una base Granular o de Suelo – Cemento determinando un Módulo de Reacción Combinado “kc” del suelo y Base, que podemos obtenerlo de 2 maneras:

- Haciendo uso de las tablas PCA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para ambos casos tomaremos una base de 15 cm

Tabla N° 178. Influencia de la base granular en valores de "k"

Subgrade k value, psi	Subbase k value, psi			
	4 plg	6 plg	9 plg	12 plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
225	248	259	304	360
300	320	330	370	430

Fuente y elaboración: Guía de Diseño de la PCA 95

Interpolando para un k = 240 psi, nos da un valor de kc = 270 psi

4.4.7.7. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO (Mr)

- MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO: Mr

  De los ensayos obtenidos en el laboratorio para el concreto convencional nos da:

$$M_r = 3.11\ MPa$$

4.4.7.8. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO

Es necesario calcular algunos factores que lo utilizaremos en el gráfico para que pueda brindarnos el espesor del pavimento.

$$C_D * F_s = 11\ ton * 1.00$$

$$C_D * F_s = 11.00\ ton$$

Para determinar un espesor del pavimento tenemos que utilizar 2 criterios y saber si son correctos.

- Criterio por fatiga

Para lo cual primero tenemos que asumir un espesor de pavimento, tomaremos un e = 19 cm

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Utilizamos las tablas de esfuerzo equivalente para hallar la tensión esperada, y lo obtenemos de la siguiente tabla:

Tabla N° 179. Tabla de esfuerzo equivalente con berma de concreto (eje simple/eje tándem)

Slab thickness, in.	k of subgrade-subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	640/534	559/468	517/439	489/422	452/403	409/388	383/384
4.5	547/461	479/400	444/372	421/356	390/338	355/322	333/316
5	475/404	417/349	387/323	367/308	341/290	311/274	294/267
5.5	418/360	368/309	342/285	324/271	302/254	276/238	261/231
6	372/325	327/277	304/255	289/241	270/225	247/210	234/203
6.5	334/295	294/251	274/230	260/218	243/203	223/188	212/180
7	302/270	266/230	248/210	236/198	220/184	203/170	192/162
7.5	275/250	243/211	226/193	215/182	201/168	185/155	176/148
8	252/232	222/196	207/179	197/168	185/155	170/142	162/135
8.5	232/216	205/182	191/166	182/156	170/144	157/131	150/125
9	215/202	190/171	177/155	169/146	158/134	146/122	139/116
9.5	200/190	176/160	164/146	157/137	147/126	136/114	129/108
10	186/179	164/151	153/137	146/129	137/118	127/107	121/101
10.5	174/170	154/143	144/130	137/121	128/111	119/101	113/95
11	164/161	144/135	135/123	129/115	120/105	112/95	106/90
11.5	154/153	136/128	127/117	121/109	113/100	105/90	100/85
12	145/146	128/122	120/111	114/104	107/95	99/86	95/81
12.5	137/139	121/117	113/106	108/99	101/91	94/82	90/77
13	130/133	115/112	107/101	102/95	96/86	89/78	85/73
13.5	124/127	109/107	102/97	97/91	91/83	85/74	81/70
14	118/122	104/103	97/93	93/87	87/79	81/71	77/67

Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

Esta tabla obtenemos para un valor de 7.5 plg que es donde se localiza el espesor de nuestra losa (19 cm), y nos da un valor de 205 psi

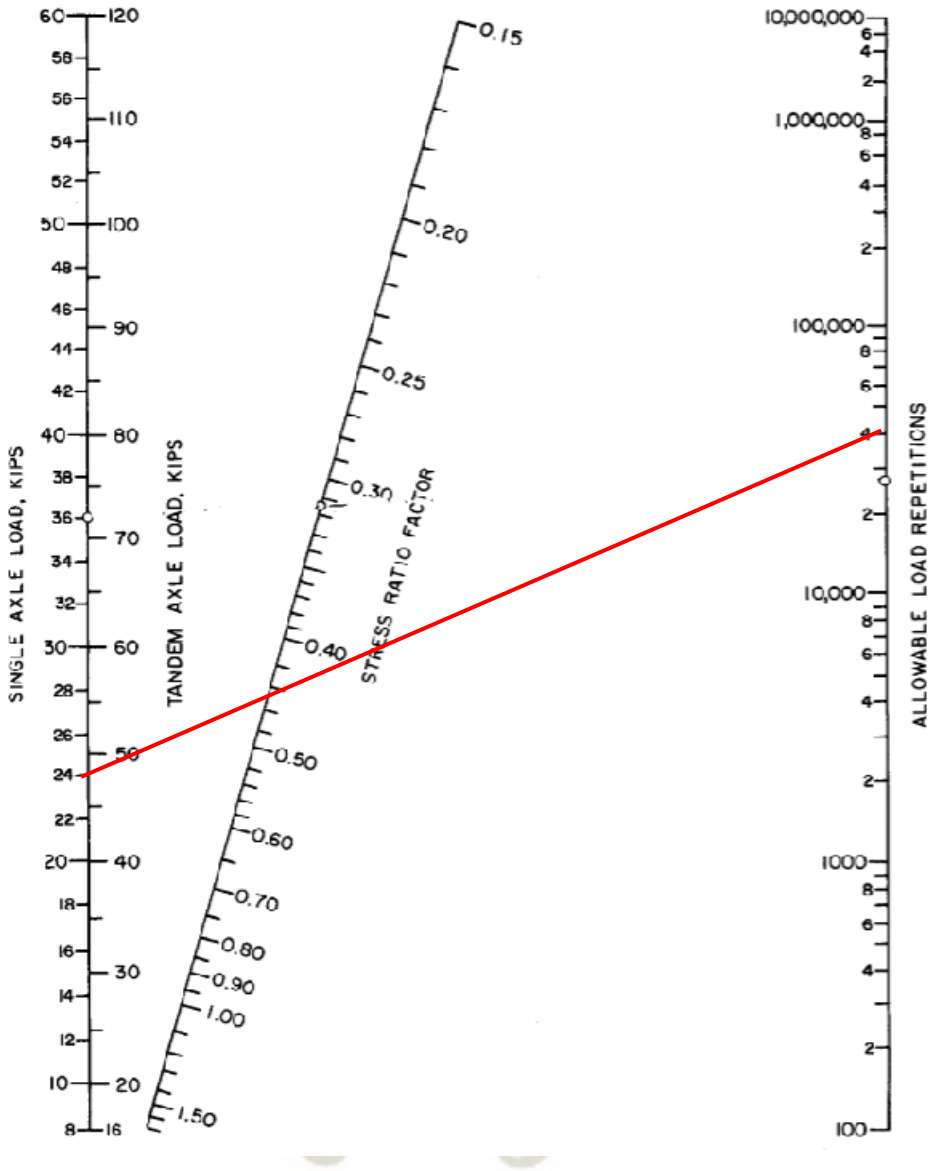
Haciendo uso de la siguiente gráfica podremos obtener el número de repeticiones permitidas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 68. Análisis de fatiga – Repetición de carga admisible con base en factor de relación de esfuerzo.



Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

Las repeticiones permitidas que nos da un valor de 40000

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Con esos datos obtenemos el factor de relación de esfuerzos, y poder obtener las repeticiones admisibles, como lo detallamos en la Tabla N° 181.

- Criterio por erosión

Para lo cual primero tenemos que asumir un espesor de pavimento, tomaremos un e = 19 cm

Utilizamos las tablas de esfuerzo equivalente para hallar la tensión esperada, y lo obtenemos de la siguiente tabla:

Tabla N° 180. Tabla para la comprobación por erosión con berma (eje simple/ eje tándem

Slab thickness, in.	*k* of subgrade-subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.28/3.30	3.24/3.20	3.21/3.13	3.19/3.10	3.15/3.09	3.12/3.08
4.5	3.13/3.19	3.09/3.08	3.06/3.00	3.04/2.96	3.01/2.93	2.98/2.91
5	3.01/3.09	2.97/2.98	2.93/2.89	2.90/2.84	2.87/2.79	2.85/2.77
5.5	2.90/3.01	2.85/2.89	2.81/2.79	2.79/2.74	2.76/2.68	2.73/2.65
6	2.79/2.93	2.75/2.82	2.70/2.71	2.68/2.65	2.65/2.58	2.62/2.54
6.5	2.70/2.86	2.65/2.75	2.61/2.63	2.58/2.57	2.55/2.50	2.52/2.45
7	2.61/2.79	2.56/2.68	2.52/2.56	2.49/2.50	2.46/2.42	2.43/2.38
7.5	2.53/2.73	2.48/2.62	2.44/2.50	2.41/2.44	2.38/2.36	2.35/2.31
8	2.46/2.68	2.41/2.56	2.36/2.44	2.33/2.38	2.30/2.30	2.27/2.24
8.5	2.39/2.62	2.34/2.51	2.29/2.39	2.26/2.32	2.22/2.24	2.20/2.18
9	2.32/2.57	2.27/2.46	2.22/2.34	2.19/2.27	2.16/2.19	2.13/2.13
9.5	2.26/2.52	2.21/2.41	2.16/2.29	2.13/2.22	2.09/2.14	2.07/2.08
10	2.20/2.47	2.15/2.36	2.10/2.25	2.07/2.18	2.03/2.09	2.01/2.03
10.5	2.15/2.43	2.09/2.32	2.04/2.20	2.01/2.14	1.97/2.05	1.95/1.99
11	2.10/2.39	2.04/2.28	1.99/2.16	1.95/2.09	1.92/2.01	1.89/1.95
11.5	2.05/2.35	1.99/2.24	1.93/2.12	1.90/2.05	1.87/1.97	1.84/1.91
12	2.00/2.31	1.94/2.20	1.88/2.09	1.85/2.02	1.82/1.93	1.79/1.87
12.5	1.95/2.27	1.89/2.16	1.84/2.05	1.81/1.98	1.77/1.89	1.74/1.84
13	1.91/2.23	1.85/2.13	1.79/2.01	1.76/1.95	1.72/1.86	1.70/1.80
13.5	1.86/2.20	1.81/2.09	1.75/1.98	1.72/1.91	1.68/1.83	1.65/1.77
14	1.82/2.17	1.76/2.06	1.71/1.95	1.67/1.88	1.64/1.80	1.61/1.74

Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

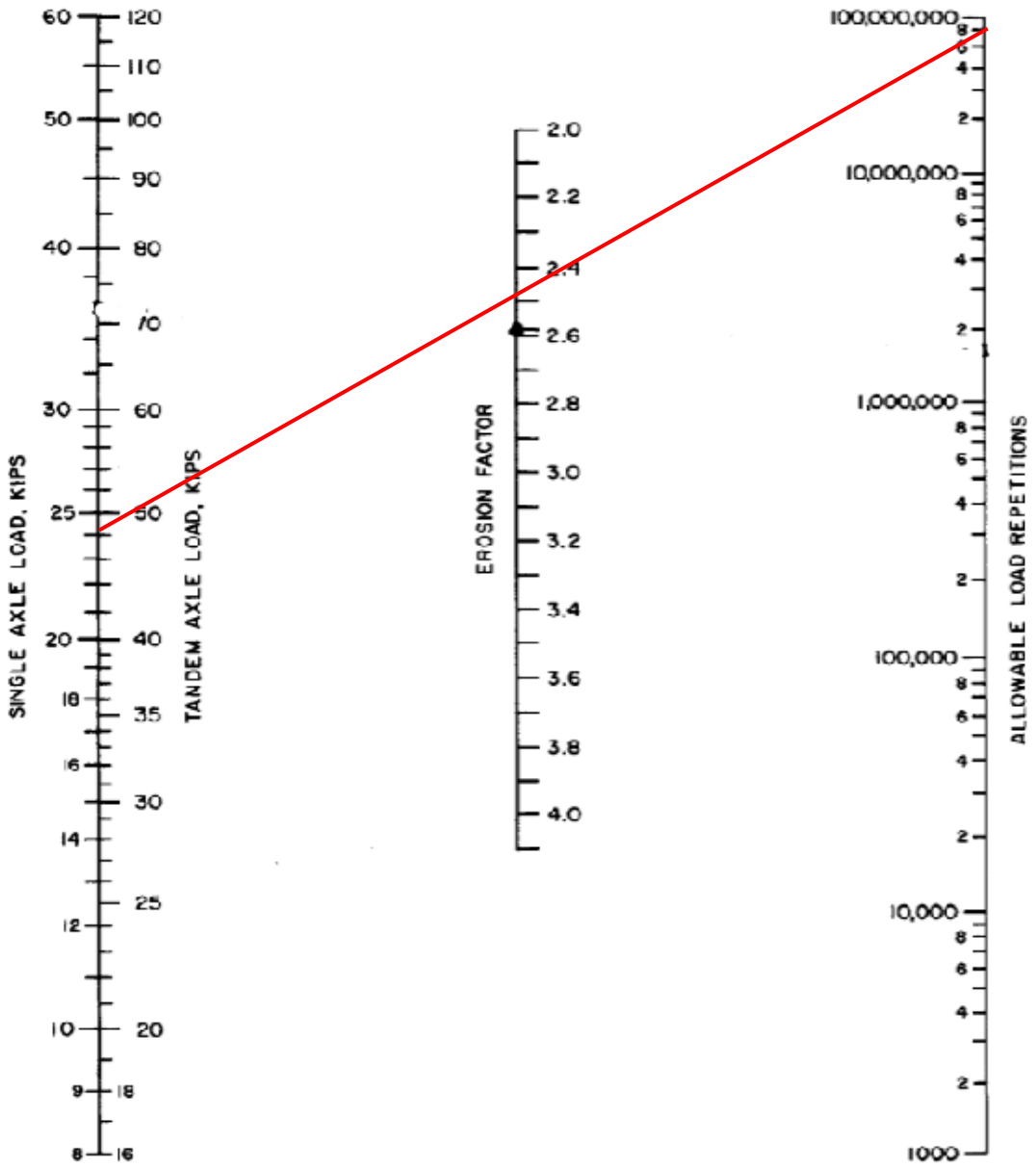
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Nos da un factor de erosión igual a 2.42 para un espesor de 7.5 plg que equivale a 19 cm de espesor.

Con la siguiente figura podremos hallar las repeticiones esperadas.

Figura N° 69. Análisis de erosión – Repetición de carga admisible con base en factor de relación de esfuerzos



Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 181. Cálculo de los análisis por fatiga y erosión para pavimento convencional

Peso de eje simple (kips)	Por el Factor de seguridad	Repeticiones esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones permitidas	Porcentaje de fatiga	Repeticiones Permitidas	Porcentaje de erosión
15	15	29200	Ilimitado	0%	ilimitado	0%
24	24	29200	40000	73%	80000000	0%
			Tensión equivalente		205	
			Relación de tensión		0,45	
			Factor de erosión		2.42	

Fuente y elaboración: Propia

Para hallar las repeticiones esperadas se tiene que considerar los datos tomados del índice promedio de tráfico, para nosotros son de 4 veh./día, luego multiplicarlo por 365 y por ultimo por el periodo de 20 años.

- Comprobación del criterio de fatiga

Al ser 73% < 100% el espesor escogido es el correcto.

- Comprobación del criterio de erosión

Al ser 0% < 100% el espesor escogido es el correcto.

4.4.7.9. MODULO DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO CON ADICIÓN DE FIBRA DE 30 kg/m^3

- MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO: Mr

De los ensayos obtenidos en el laboratorio para el concreto convencional nos da:

$$M_r = 4\ MPa$$

- Criterio por fatiga

Para lo cual primero tenemos que asumir un espesor de pavimento, tomaremos un e = 16.5 cm

Utilizamos las tablas de esfuerzo equivalente para hallar la tensión esperada, y lo obtenemos de la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 182. Tabla de Esfuerzo equivalente con berma de concreto (eje simple/eje tándem)

Slab thickness, in.	*k* of subgrade-subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	640/534	559/468	517/439	489/422	452/403	409/388	383/384
4.5	547/461	479/400	444/372	421/356	390/338	355/322	333/316
5	475/404	417/349	387/323	367/308	341/290	311/274	294/267
5.5	418/360	368/309	342/285	324/271	302/254	276/238	261/231
6	372/325	327/277	304/255	289/241	270/225	247/210	234/203
6.5	334/295	294/251	274/230	260/218	243/203	223/188	212/180
7	302/270	266/230	248/210	236/198	220/184	203/170	192/162
7.5	275/250	243/211	226/193	215/182	201/168	185/155	176/148
8	252/232	222/196	207/179	197/168	185/155	170/142	162/135
8.5	232/216	205/182	191/166	182/156	170/144	157/131	150/125
9	215/202	190/171	177/155	169/146	158/134	146/122	139/116
9.5	200/190	176/160	164/146	157/137	147/126	136/114	129/108
10	186/179	164/151	153/137	146/129	137/118	127/107	121/101
10.5	174/170	154/143	144/130	137/121	128/111	119/101	113/95
11	164/161	144/135	135/123	129/115	120/105	112/95	106/90
11.5	154/153	136/128	127/117	121/109	113/100	105/90	100/85
12	145/146	128/122	120/111	114/104	107/95	99/86	95/81
12.5	137/139	121/117	113/106	108/99	101/91	94/82	90/77
13	130/133	115/112	107/101	102/95	96/86	89/78	85/73
13.5	124/127	109/107	102/97	97/91	91/83	85/74	81/70
14	118/122	104/103	97/93	93/87	87/79	81/71	77/67

Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

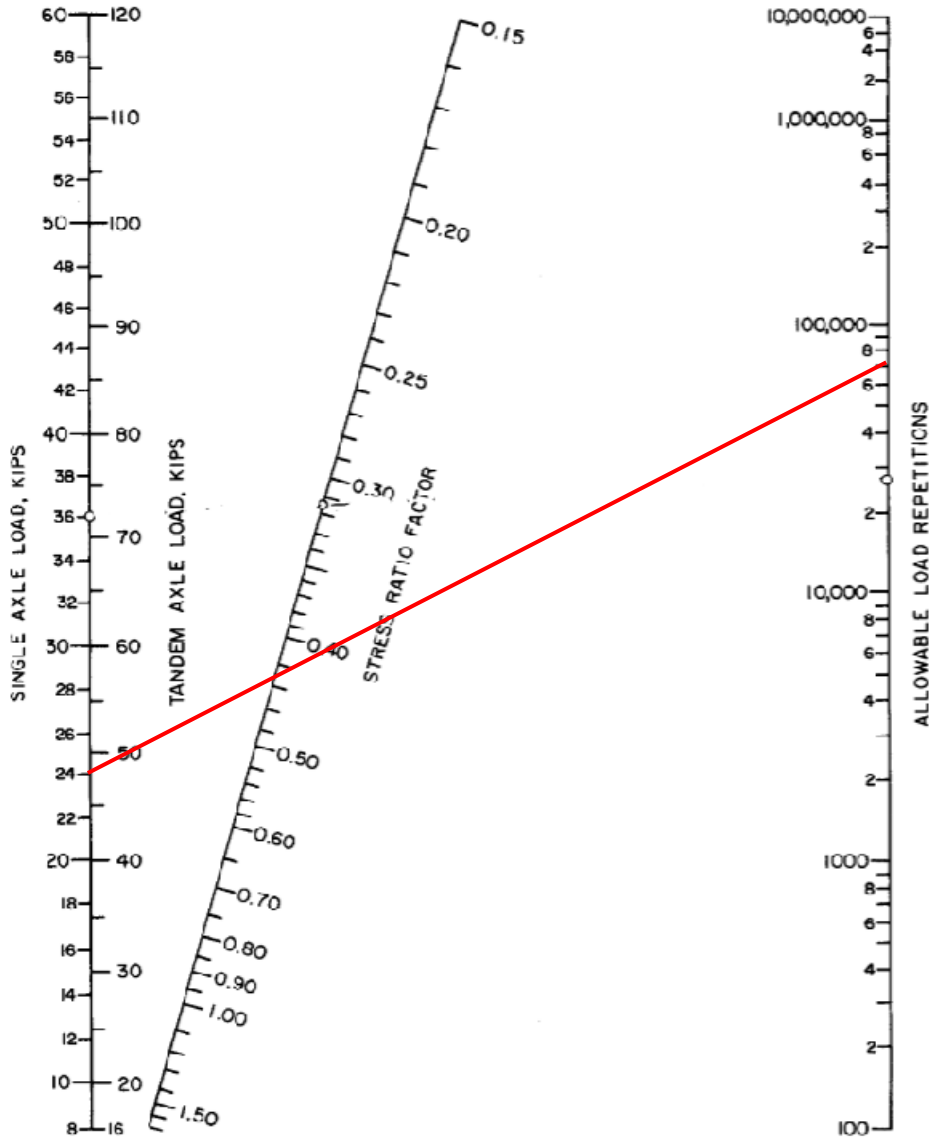
Con esos datos obtenemos el factor de relación de esfuerzos, y poder obtener las repeticiones admisibles, como lo detallamos en la tabla N°182.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 70. Análisis de fatiga – Repetición de carga admisible con base en factor de relación de esfuerzo.



Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Criterio por erosión

Para el criterio por erosión también utilizamos las tablas del PCA.

Tabla N° 183. Tabla de erosión – juntas con pasadores - sin berma de concreto (eje simple/eje tándem)

Slab thickness, in.	*k* of subgrade-subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.28/3.30	3.24/3.20	3.21/3.13	3.19/3.10	3.15/3.09	3.12/3.08
4.5	3.13/3.19	3.09/3.08	3.06/3.00	3.04/2.96	3.01/2.93	2.98/2.91
5	3.01/3.09	2.97/2.98	2.93/2.89	2.90/2.84	2.87/2.79	2.85/2.77
5.5	2.90/3.01	2.85/2.89	2.81/2.79	2.79/2.74	2.76/2.68	2.73/2.65
6	2.79/2.93	2.75/2.82	2.70/2.71	2.68/2.65	2.65/2.58	2.62/2.54
6.5	2.70/2.86	2.65/2.75	2.61/2.63	2.58/2.57	2.55/2.50	2.52/2.45
7	2.61/2.79	2.56/2.68	2.52/2.56	2.49/2.50	2.46/2.42	2.43/2.38
7.5	2.53/2.73	2.48/2.62	2.44/2.50	2.41/2.44	2.38/2.36	2.35/2.31
8	2.46/2.68	2.41/2.56	2.36/2.44	2.33/2.38	2.30/2.30	2.27/2.24
8.5	2.39/2.62	2.34/2.51	2.29/2.39	2.26/2.32	2.22/2.24	2.20/2.18
9	2.32/2.57	2.27/2.46	2.22/2.34	2.19/2.27	2.16/2.19	2.13/2.13
9.5	2.26/2.52	2.21/2.41	2.16/2.29	2.13/2.22	2.09/2.14	2.07/2.08
10	2.20/2.47	2.15/2.36	2.10/2.25	2.07/2.18	2.03/2.09	2.01/2.03
10.5	2.15/2.43	2.09/2.32	2.04/2.20	2.01/2.14	1.97/2.05	1.95/1.99
11	2.10/2.39	2.04/2.28	1.99/2.16	1.95/2.09	1.92/2.01	1.89/1.95
11.5	2.05/2.35	1.99/2.24	1.93/2.12	1.90/2.05	1.87/1.97	1.84/1.91
12	2.00/2.31	1.94/2.20	1.88/2.09	1.85/2.02	1.82/1.93	1.79/1.87
12.5	1.95/2.27	1.89/2.16	1.84/2.05	1.81/1.98	1.77/1.89	1.74/1.84
13	1.91/2.23	1.85/2.13	1.79/2.01	1.76/1.95	1.72/1.86	1.70/1.80
13.5	1.86/2.20	1.81/2.09	1.75/1.98	1.72/1.91	1.68/1.83	1.65/1.77
14	1.82/2.17	1.76/2.06	1.71/1.95	1.67/1.88	1.64/1.80	1.61/1.74

Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

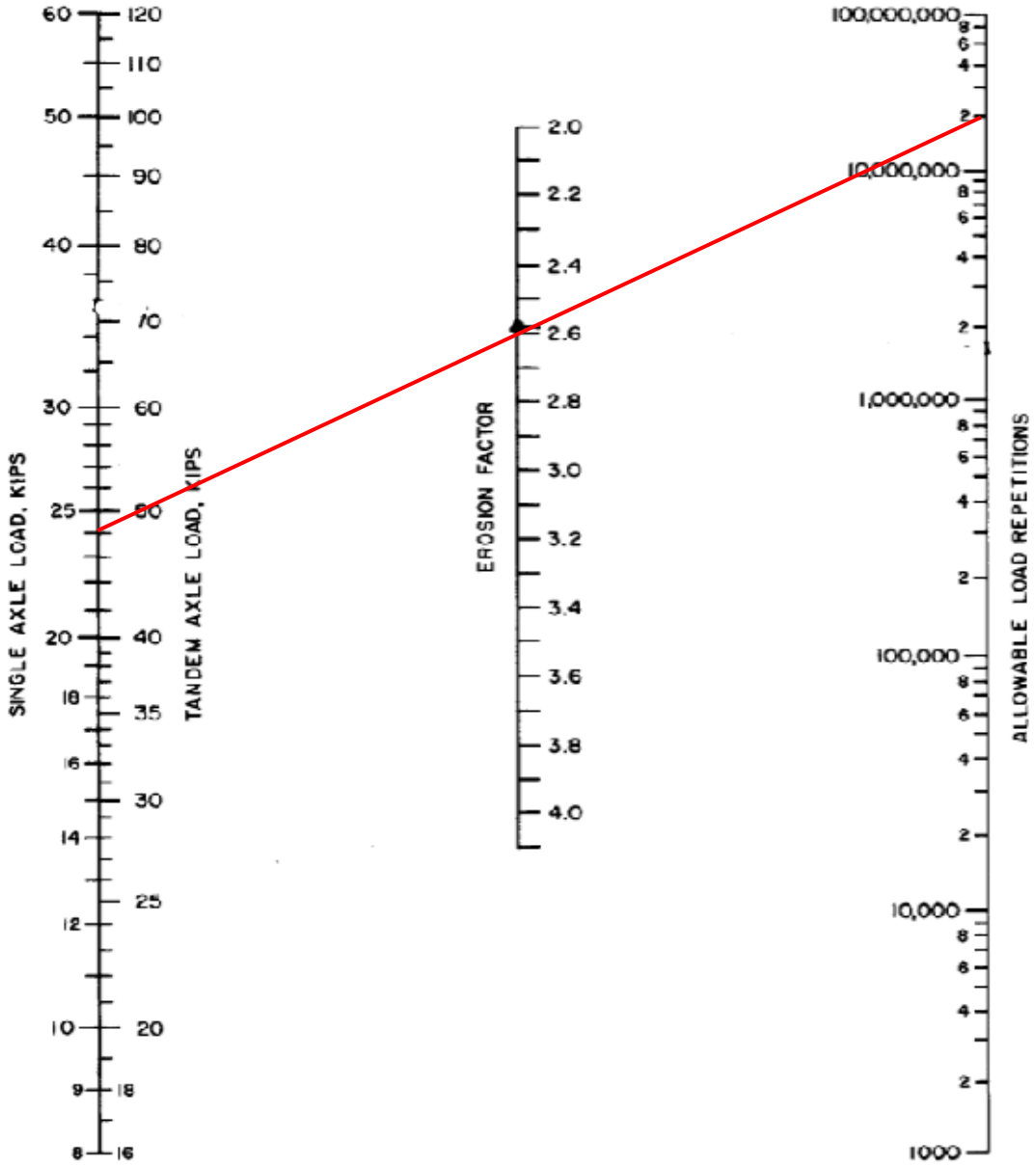
De esta tabla para el espesor que tomamos en consideración que es de 16.5 cm, nos da como resultado 2.6 MPa, que lo utilizaremos en la siguiente gráfica para hallar el número de repeticiones permitidas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 71. Repetición de carga admisible con base en el factor de erosión sin berma de concreto



Fuente y elaboración: Manual de diseño del Portland Cement Assosiation

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 184. Cálculo del análisis por fatiga y erosión para el pavimento con fibra de 30 kg/m^3

Peso de eje simple (kips)	Por el Factor de seguridad	Repeticiones esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones permitidas	Porcentaje de fatiga	Repeticiones Permitidas	Porcentaje de erosión
15	15	29200	Ilimitado	0%	ilimitado	0%
24	24	29200	70000	42%	20000000	0%
			Tensión equivalente		250	
			Relación de tensión		0.43	
			Factor de erosión		2.60	

Fuente y elaboración: Propia

Para hallar las repeticiones esperadas se tiene que considerar los datos tomados del índice promedio de tráfico, para nosotros son de 4 veh/día, luego multiplicarlo por 365 y por ultimo por el periodo de 20 años.

- Comprobación del criterio de fatiga

Al ser 42% < 100% el espesor escogido es el correcto.

- Comprobación del criterio de erosión

Al ser 0% < 100% el espesor escogido es el correcto.

Consideraremos para los espesores de las losas medidas comerciales, para la losa de concreto convencional, utilizamos un espesor = 20 cm y para el pavimento con fibra de acero de 30 kg/m^3 tendremos un espesor = 17.5 cm.

4.4.8. MÉTODO DE LA AASHTO 93

Este método es el más usado en la actualidad en el medio local. Contiene ecuaciones empíricas que fueron formuladas como medio de todos los ensayos que se realizaron anteriormente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.4.8.1. FACTORES DE DISEÑO

Dentro de los factores que intervienen para poder diseñar el pavimento, encontramos los siguientes:

- Tráfico
- Confiabilidad
- Serviciabilidad
- Módulo de Rotura del Concreto
- Drenaje
- Transferencia de carga
- Resistencia de la Sub Rasante

A) TRÁFICO.

Para poder diseñar el espesor del pavimento es importante tener el número de repeticiones esperadas de carga de Ejes Equivalentes, para lo cual debemos transformar los Pesos Normales de los vehículos que circulan por las vías en estudio, en otras palabras es importante obtener el ESAL de diseño

$$ESAL\ de\ diseño = 7.06 * 10^5$$

B) CONFIABILIDAD.

La confiabilidad es un factor que da un grado de certeza de que el pavimento se comporte de la manera adecuada durante su periodo de vida útil.

Para lo cual se presenta a continuación un cuadro con valores recomendados.

Tabla N° 185. Valores de confiabilidad de acuerdo al tipo de camino

Clasificación Funcional	Urbano	Rural
Autopistas	85% - 99.9%	80% - 99.9%
Arterias Principales	80% - 99%	75% - 99%
Colectoras	80% - 95%	75% - 95%
Locales	50% - 80%	50% - 80%

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Teniendo en consideración que las vías no son de tránsito pesado, y se trata de vías locales tomamos valores de confiabilidad entre los valores del 50% al 80%, asumiendo un promedio obtenemos 70% que lo usaremos para el proyecto.

C) DESVIACIÓN ESTANDAR Zr

Debido a que el control vehicular se realizó de manera semanal, se toma un grado de confiabilidad intermedio, que nos permitirá obtener una desviación estándar en base a datos estadísticos.

Tabla N° 186. Valores de la desviación estándar normal (Zr)

Confiabilidad (R%)	Desviación Estándar Normal (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.842

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

Para una confiabilidad del 70% nos da un Zr = -0.524

D) SERVICIALIDAD (▲PSI)

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5, en donde 0 significa una calificación para pavimento intransitable y 5 para un pavimento excelente.

- SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)

Es la condición que adquiere el pavimento inmediatamente después de ser utilizado. Para lo cual observamos los siguientes parámetros:

Tabla N° 187. Índice de serviciabilidad inicial

INDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL	
Pavimento de concreto	4.5
Pavimento asfaltico	4.2

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

Para el pavimento rígido elegimos un valor de: Po = 4.5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)

La serviciabilidad final tiene que ser la calificación que el pavimento rígido obtiene durante su vida útil.

Tabla N° 188. Índice de Serviciabilidad final

VALORES DEL INDICE DE SERVICIAVILIDAD FINAL	
Pavimentos de primer orden	2.5
Pavimentos de menos importancia	2.0

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

La tabla nos muestra que para pavimentos de menos importancia nos da un valor de Pt = 2.0

Por lo tanto podemos hallar un índice de serviciabilidad de:

$$\Delta PSI = Po - Pt \text{ ----- (Ec. 77)}$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.5\ (Índice\ de\ Serviciabilidad\ regular)$$

E) ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)

De la siguiente tabla escogemos el valor del error estándar combinado

Tabla N° 189. Valores de desviación estándar combinado (So)

VALORES DEL ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)	
Pavimentos rígidos	0.30 - 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.4

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

F) MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO.

- MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (EC)

E = 4 X 10ˆ6 psi

- MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO (Mr)

Debido a que el pavimento de concreto trabaja a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera resistencia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

del concreto trabajando a flexión, que se conoce como el Modulo de rotura (Mr), normalmente especificada a 28 días.

En la siguiente tabla se muestra el módulo de rotura recomendable:

Tabla N° 190. Valores del Módulo de Rotura por tipo de pavimento

Tipo de pavimento	Mr recomendado	
	kg/cm^2	psi
Autopistas	48	682.7
Carreteras	48	682.7
Zonas Industriales	45	640.1
Urbanas Principales	45	640.1
Urbanas Secundarias	42	597.4

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

El Módulo de rotura lo tomaremos para el concreto convencional el mínimo que es 500 psi, y para concretos con fibra de acero de 30 kg/m^3 tomaremos un valor de 5 psi, en caso no tener ensayos de laboratorio se hará uso de la tabla anterior.

- MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL AGREGADO

Tabla N° 191. Módulo de elasticidad del agregado

TIPO DE AGREGADO Y ORIGEN	MODULO DE ELASTICIDAD Ec, kg/cm^2
Grueso - Igneo	Ec = 17000 x f'c ^ 1/2
Grueso - Metamórfico	Ec = 15000 x f'c ^ 1/2
Grueso - Sedimentario	Ec = 11500 x f'c ^ 1/2
Sin Información	Ec = 12500 x f'c ^ 1/2

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

$$Ec = 11500\ x\ f'c^{\frac{1}{2}}$$

$$Ec = 11500\ x\ 210^{1/2}$$

$$Ec = 166650.8326\frac{kg}{cm^2}$$

$$Ec = 16331.78\ MPa$$

$$Ec = 2367535.625\ Psi$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

G) COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)

Durante la vida útil del pavimento, este estará sometido a constantes cambios climatológicos, dentro de ello la lluvia, para lo cual será importante tener en consideración como será el drenaje de las vías, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- Calidad de drenaje

Es el tiempo que se puede demorar en discurrir el agua infiltrada de la vía, para que esta no afecte el pavimento, y lo escogemos del siguiente cuadro:

Tabla N° 192. Calidad de drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO DE REMOCIÓN DEL AGUA
Excelente	El suelo libera 50% de agua en 2 horas
Bueno	El suelo libera 50% de agua en 1 día
Regular	El suelo libera 50% de agua en 7 días
Pobre	El suelo libera 50% de agua en 1 mes
Muy Pobre	El agua no evacua

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

Considerando como se desarrollan pavimentos rígidos de la zona, decimos que la calidad de drenaje es buena por lo tanto el tiempo de remoción será de un 1 día

- Exposición de saturación

Porcentaje que representa niveles de humedad que se acercan a la saturación durante la vida útil del pavimento, este valor depende de la precipitación media anual y de las condiciones del drenaje.

Tabla N° 193. Exposición a la saturación

Calidad del drenaje	% del tiempo expuesto a la humedad			
	<1%	1% - 5%	5% - 25%	>25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El pavimento estará expuesto a la saturación en un Cd =1, debido a que la calidad de drenaje es buena.

H) TRANSFERENCIA DE CARGA.

Coeficiente de transferencia de carga (J), que sirve para tomar en cuenta la capacidad que tiene una losa de transmitir las cargas a través de sus losas adyacentes, su valor depende de varios factores como son:

- Calidad de tráfico
- Utilización de juntas.
- Armadura de la losa.

Esta transferencia de carga, se realiza a través de los extremos de las losas (juntas o grietas) y su valor depende del tipo de pavimento, del tipo de borde u hombro y de la colocación de elementos de transmisión de carga.

A continuación mostramos los valores del coeficiente de transmisión de carga, en función de los siguientes parámetros:

Tabla N° 194. Valores de transmisión de carga (J)

	Hombro	
	Elementos de transmisión de carga	
	Concreto Hidráulico	
Tipo de pavimento	Si	No
No reforzado o armado con juntas	2.5 - 3.2	3.6 - 4.2
Armado continuo	2.3 - 2.9	-

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 1993 Elaboración: Propia

Debido a que el diseño es armado con juntas elegimos un coeficiente de transmisión igual a: J = 3.20

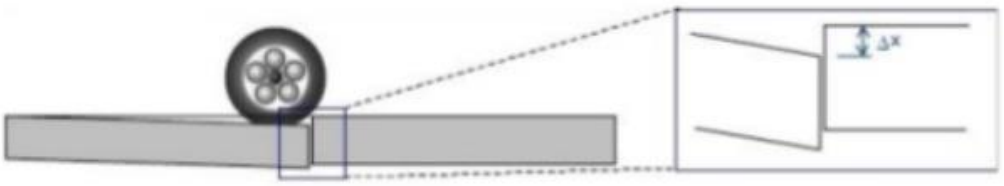
El coeficiente de transmisión de carga lo hace a través de una junta o una grieta como nos muestra las siguientes imágenes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

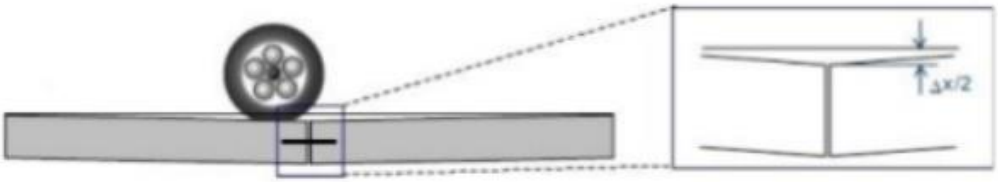
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 72. Junta 0% efectiva. La carga la soporta una sola losa



Fuente y elaboración: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93

Figura N° 73. Junta 100% efectiva. La carga la soporta ambas losas



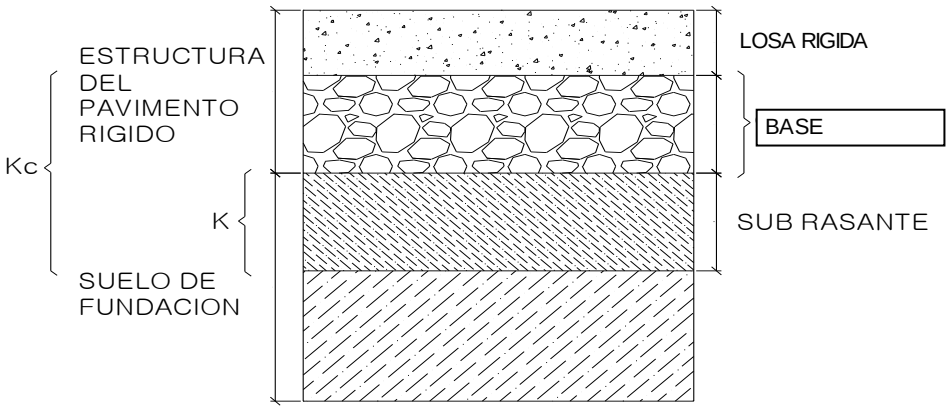
Fuente y elaboración: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93

I) RESISTENCIA DE LA SUB RASANTE.

La capacidad de soporte de un suelo se expresa en términos de la reacción de la sub rasante del suelo k este valor se modifica debido a la colocación de un base granular o de una base suelo cemento determinando un valor de reacción combinado k_c del suelo.

Para base granular:

Figura N° 74. Estructura del pavimento rígido



Fuente y elaboración: Propia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CBR DE DISEÑO

Tabla N° 195. Percentil para hallar el CBR óptimo

Nivel de Tráfico EAL	Valor de la Subrasante de Diseño
10^4 ó menos	60
Entre 10^4 y 10^6	75
10^6 ó más	87,5

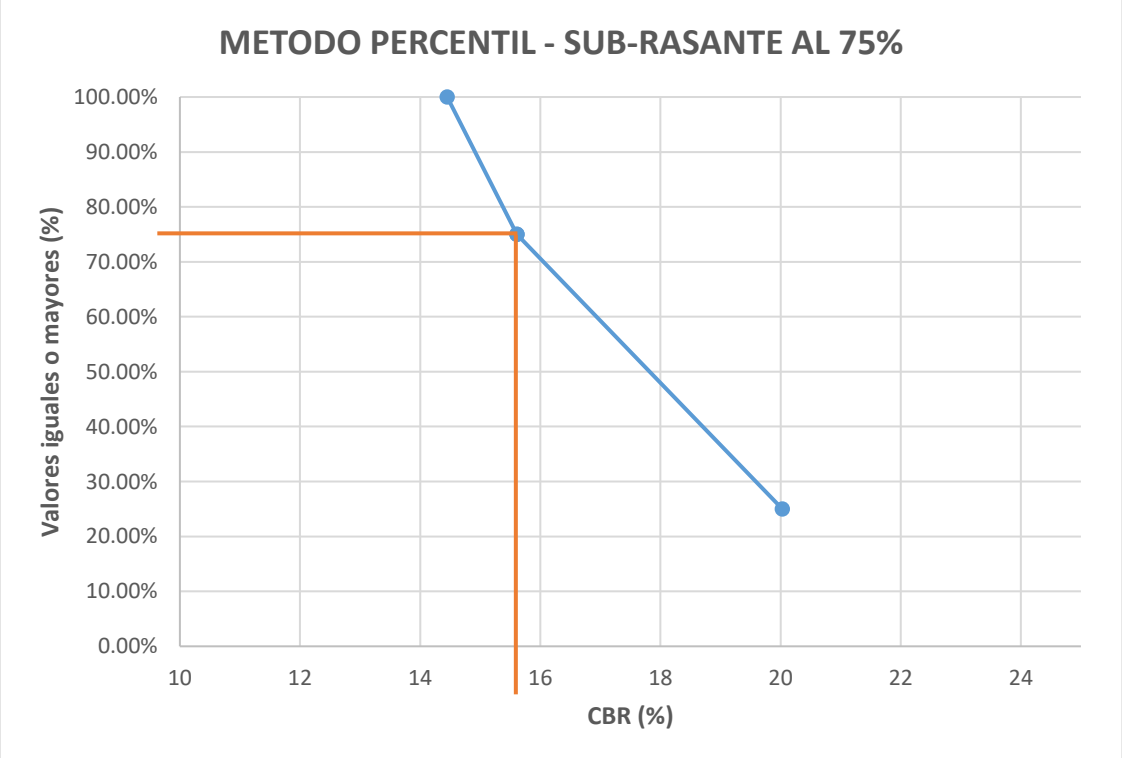
Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Tabla N° 196. Datos para el CBR al 75%

CBR (%)	Valores iguales o mayores	Valores iguales o mayores (%)
14,45	4	100,00%
15,61		75,00%
15,61	3	75,00%
20,03	1	25,00%

Fuente y elaboración: Propia

Figura N° 75. Percentil para el CBR óptimo



Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$CBR_{de\ diseño} = 15.61\ \%$$

MÓDULO DE RESILENCIA

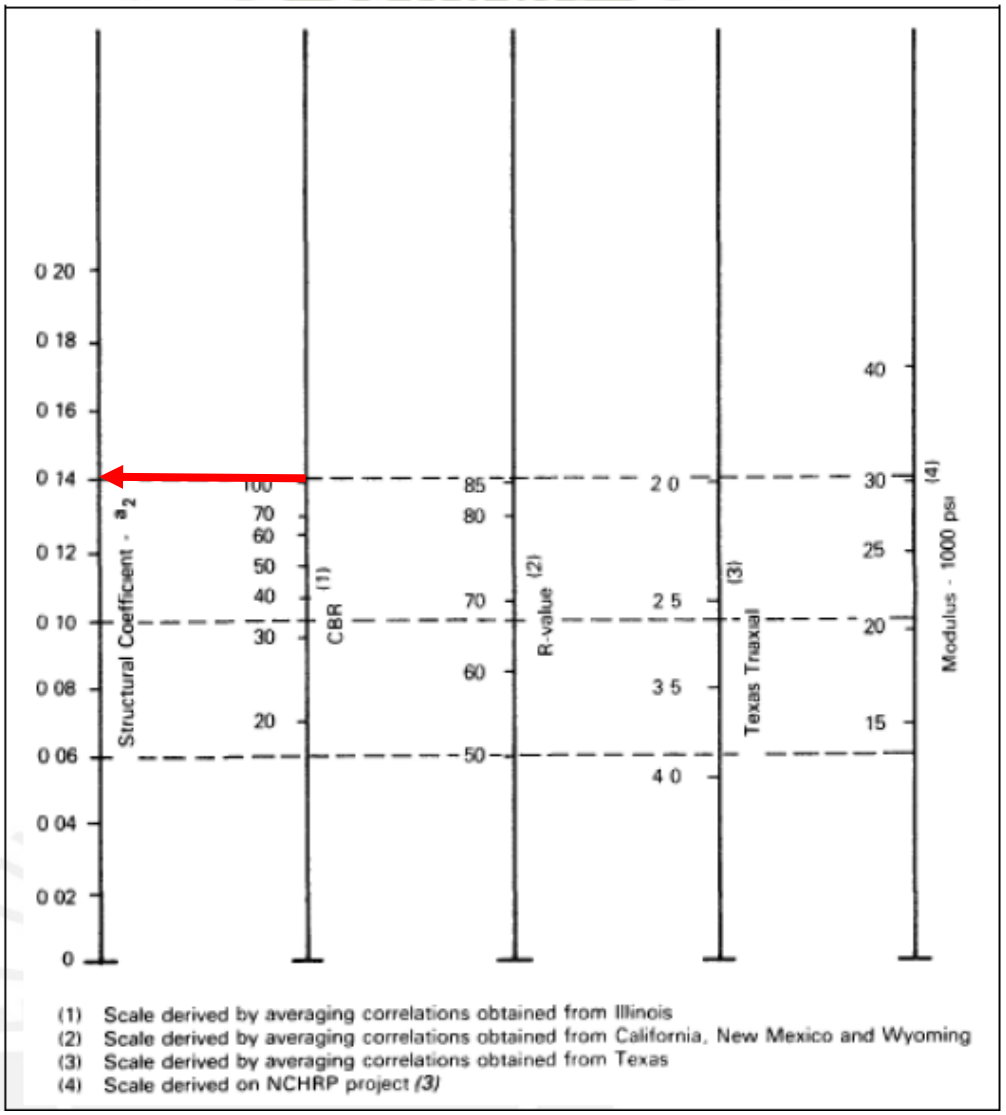
$$M_r = 2555 * 15.6^{0,64} = 50{,}228\ Mpa = 7285\ psi$$

MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE

- Hallar el coeficiente estructural a2

$$CBR_{base} = 105\%$$

Figura N° 76. Abaco para hallar el coeficiente estructural a2



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93 Elaboración: Propia

- Hallar el módulo de elasticidad de la base

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

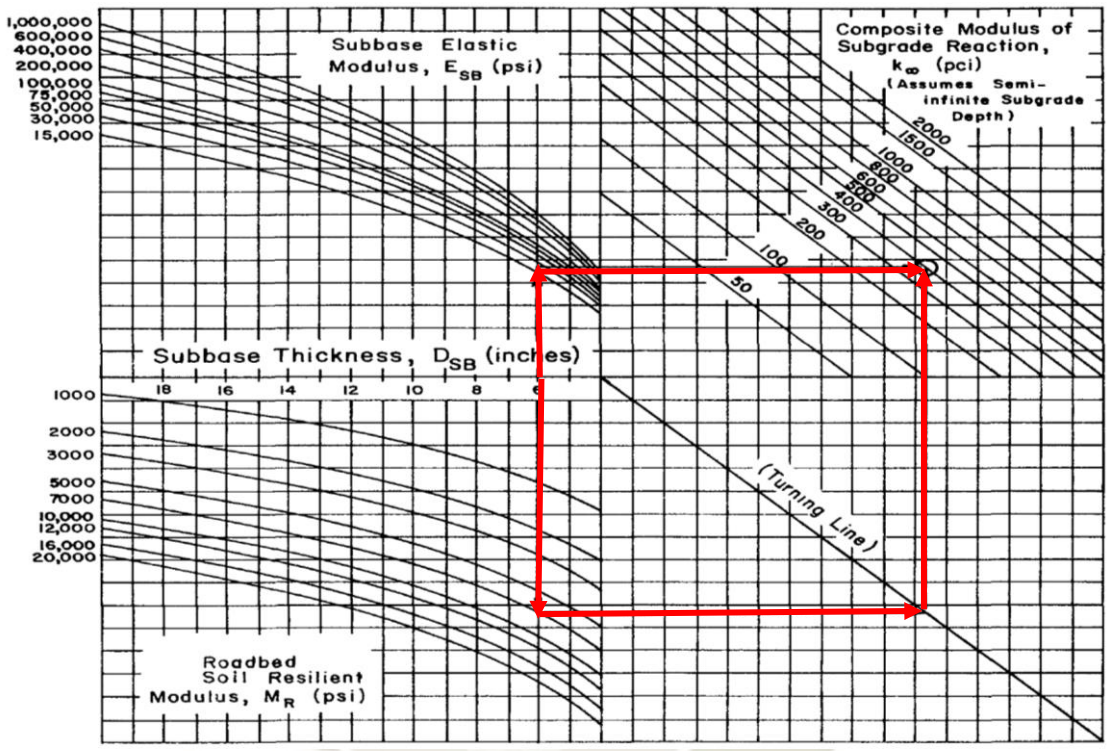
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$a2 = 0.249 \log(Mr\ base) - 0.977$$

$$Mr = E_b = 30616\ psi$$

- Con un espesor de 6 plg hallamos el k efectivo.

Figura N° 77. Abaco utilizado para hallar el k_c óptimo



Fuente y elaboración: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93

Haciendo uso de estos datos, hallamos que el módulo de reacción compuesto de la subrasante (kc) es de aproximadamente 420 pci.

Debido a que en las calicatas, hechas en el campo no se observó, presencia de roca no se realizara la corrección, por ese valor.

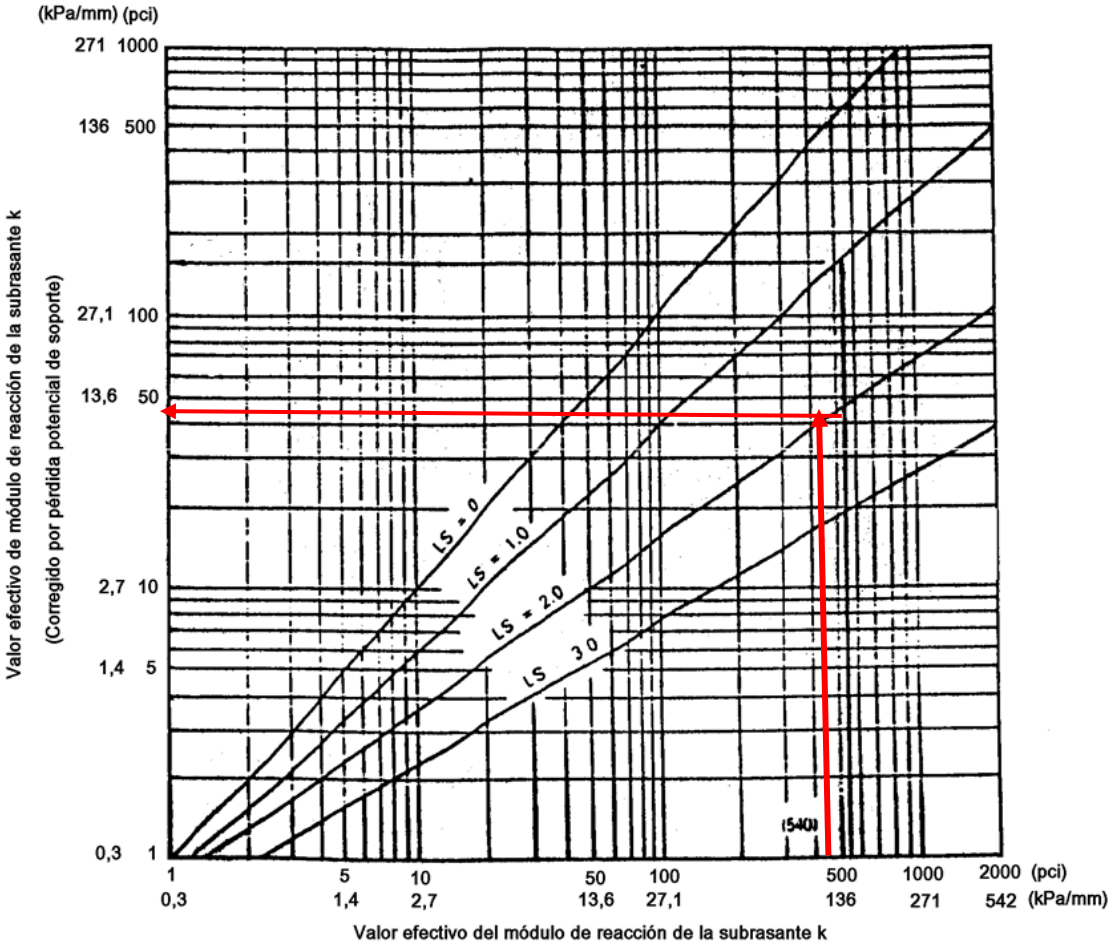
Finalmente, se considerará una reducción del valor del módulo de reacción compuesto, corregido por el factor de pérdida de soporte Ls. Este parámetro indica la pérdida de apoyo potencial de las losas debido a la erosionabilidad de la capa granular o a los asentamientos diferenciales de la subrasante. La reducción se hará haciendo uso de la siguiente gráfica:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Figura N° 78. Abaco de corrección de kc por incidencia de pérdida de soporte



57

Fuente y elaboración: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93

De acuerdo a la guía de la AASHTO el valor de Ls para materiales granulares sin tratar varía entre 1 y 3. Como se considerará en el diseño del pavimento buenas condiciones de drenaje, habrá poca posibilidad de erosión de la subbase o asentamiento de la subrasante por lo que se escogerá el menor valor de Ls, correspondiente al valor de 2. De esta manera hallamos el módulo de reacción efectivo de la subrasante (K efectivo) que tiene un valor aproximado de 45 pci.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Con este valor hallamos el espesor del pavimento.

4.4.8.2. CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA

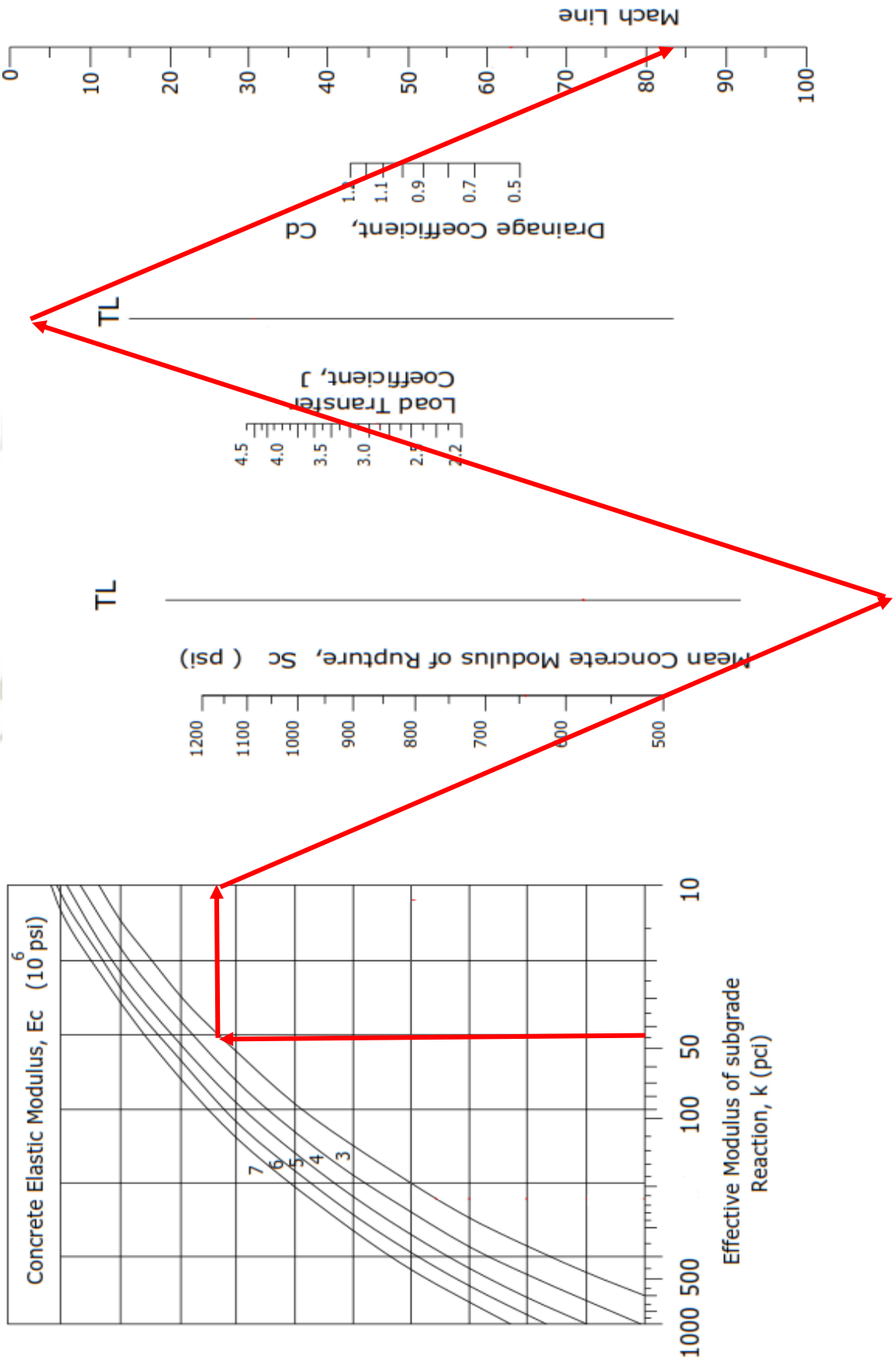
Luego de obtener todos los datos anteriores podemos pasar a determinar el espesor del pavimento, haciendo uso de los ábacos proporcionado por el AASHTO 93

Por lo tanto el espesor de la losa con el AASHTO nos da:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

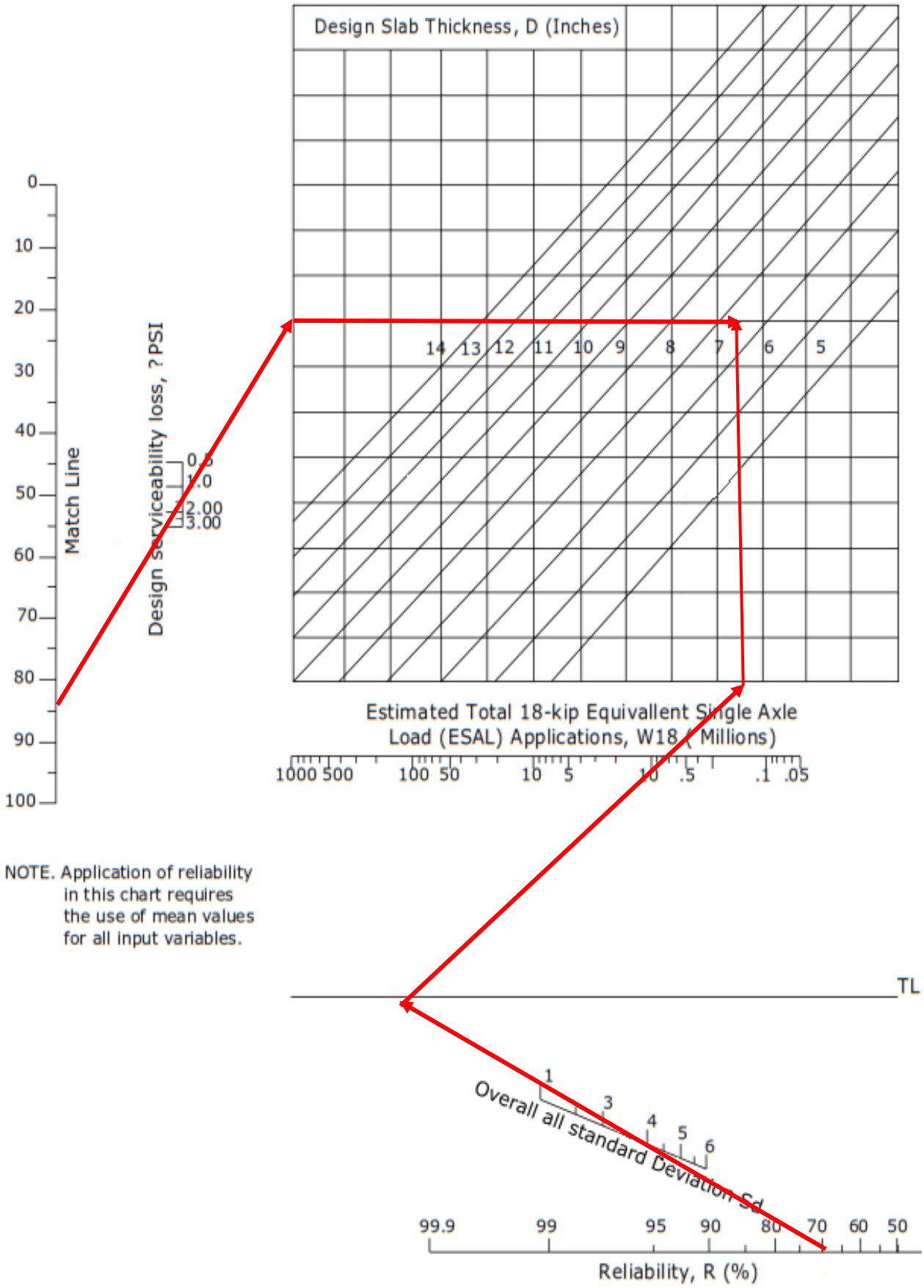
Figura N° 79. Abaco utilizado para el espesor del pavimento por el AASHTO 93



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93 Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

MÓDULO DE DISEÑO PARA EL PAVIMENTO RÍGIDO CON ADICIÓN DE FIBRA DE 30 kg/m^3

El método AASHTO solo considera el módulo de rotura para hallar el espesor del pavimento por lo cual consideraremos de igual manera los realizados por los ensayos de laboratorio. Lo que nos da los siguientes resultados

- ENSAYO A FLEXIÓN

De los ensayos hallados en laboratorio tenemos que el módulo de rotura promedio nos da 4 MPa para un uso de fibra de acero de 30 kg/m^3

- MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO: Mr

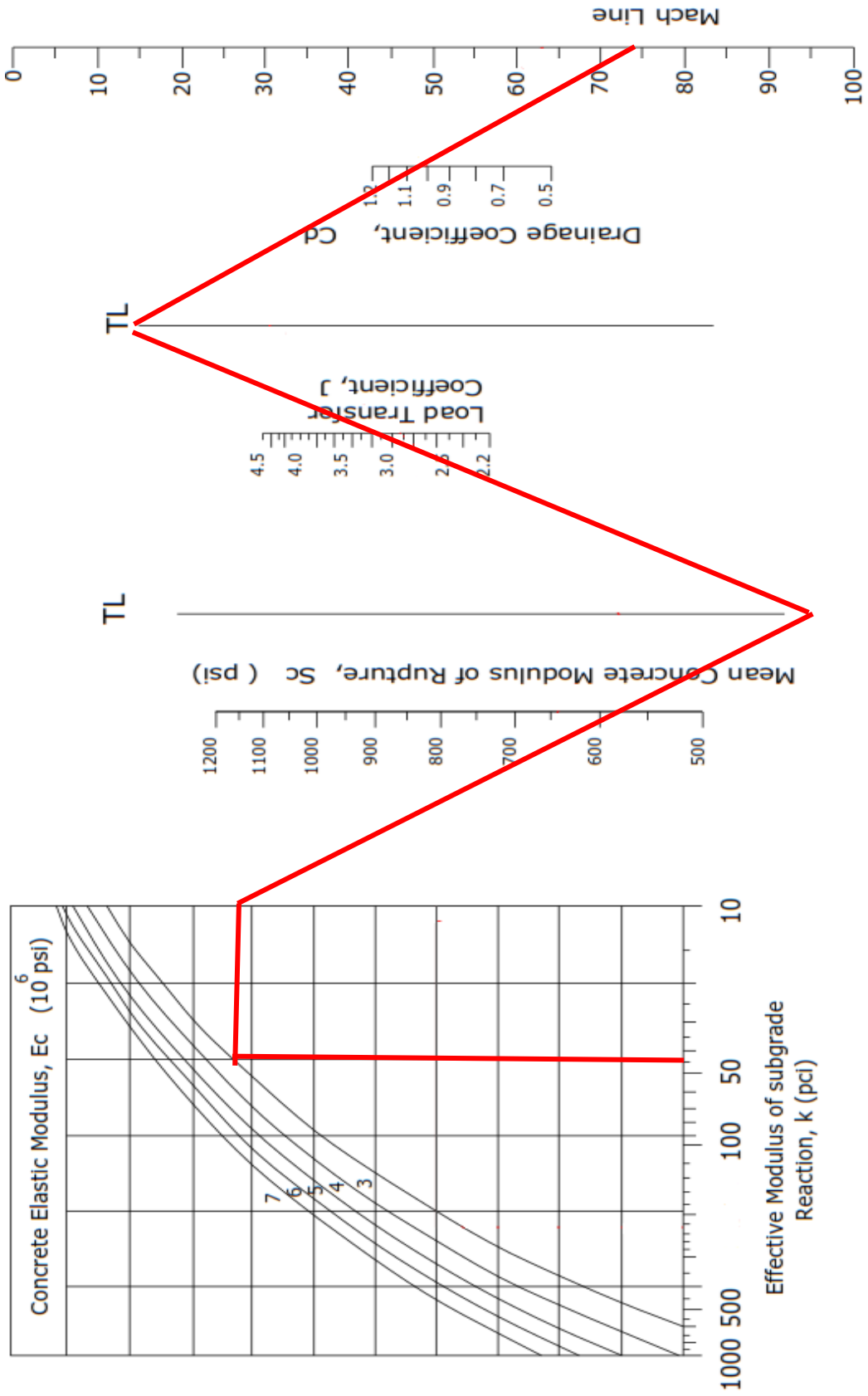
$$M_r = 4\ MPa$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

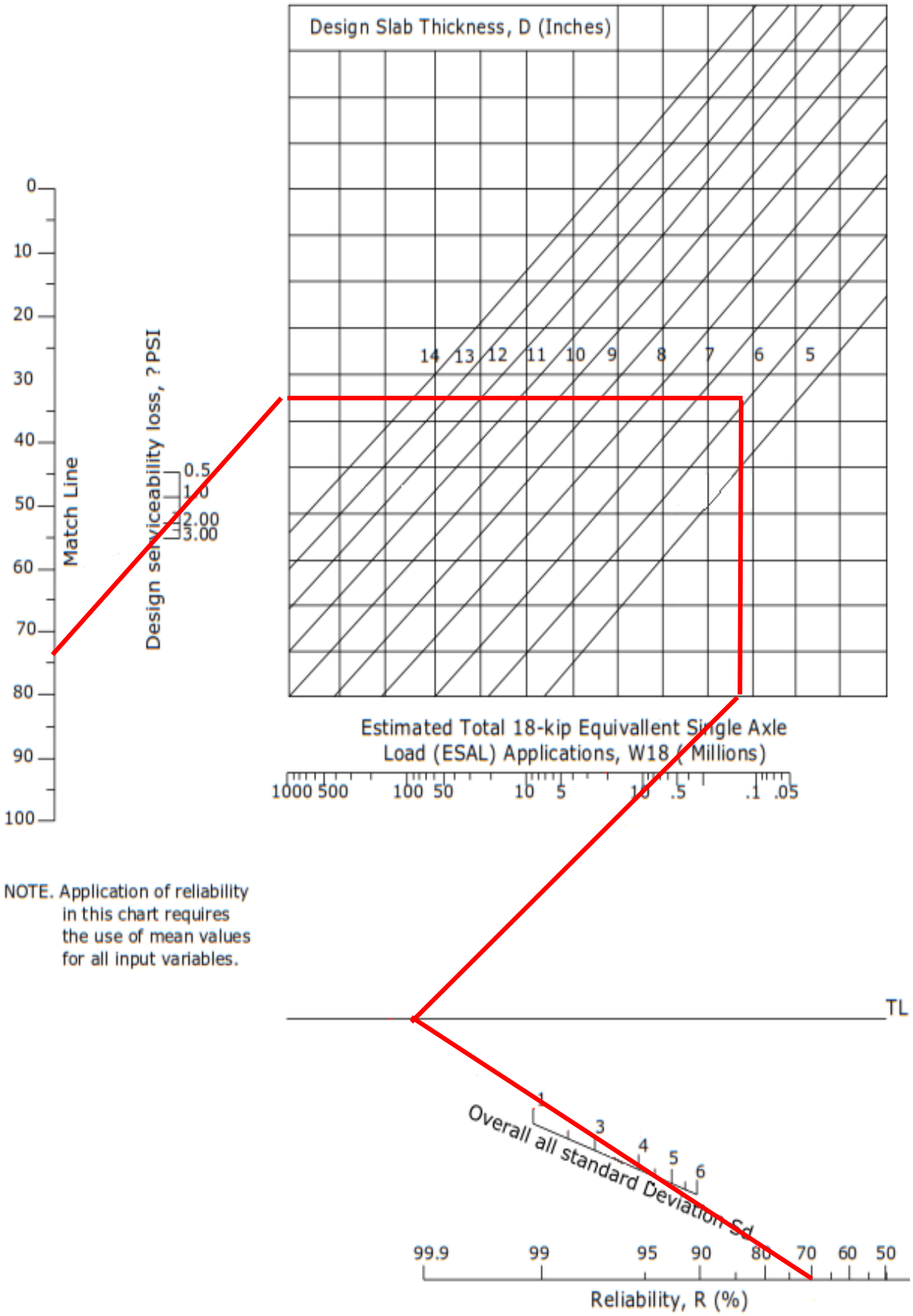
Figura N° 80. Abaco utilizado para el espesor del pavimento por el AASHTO 93



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos. AASHTO 93 Elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Por el método AASHTO 93 nos da un espesor de 15.24 cm, aproximando consideraremos un espesor de 15 cm.

4.4.9. RESUMEN DE ESPESORES POR LA METODOLOGÍA AASHTO 93 Y PCA

Después de haber utilizado las dos metodologías es necesario hacer un análisis de espesores, para posteriormente hacer un análisis de costos.

Tabla N° 197. Comparación de espesores haciendo uso de las guías AASHTO 93 y PCA, para pavimentos convencionales y con la adición de fibra 30 kg/m^3

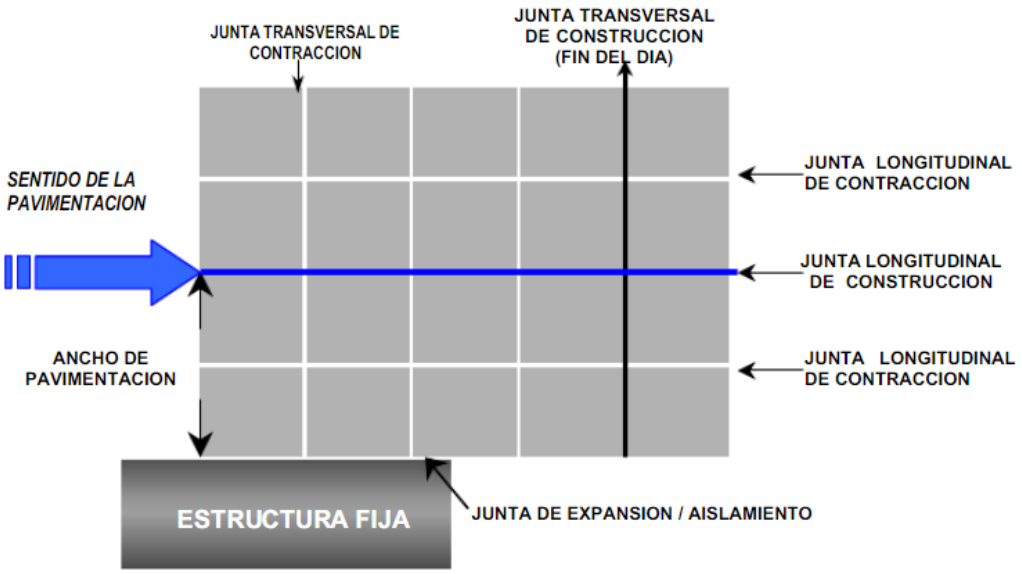
ESPESORES (cm)		Metodologías	
		AASHTO 93	PCA
PAVIMENTO RÍGIDO	Pavimento Convencional	20 cm	20 cm
	Pavimento con Fibra de acero 30 kg/m^3	15 cm	18 cm

Fuente y elaboración: Propia

4.4.10. DISEÑO DE JUNTAS PARA PAVIMENTOS CONVECIONALES POR LA GUÍA AASHTO 93 Y PCA.

A continuación pasamos a mostrar la estructura de las juntas que se diseñaran

Figura N° 81. Croquis de los tipos de juntas en un pavimento de concreto



Fuente y elaboración: CEMEX

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$$0.71 < \frac{x}{y} < 1.4 \text{ ------ (76)}$$

Tomando dos valores para las Avenidas principales de La Florida y las Begonias, tenemos

$$\frac{x}{y} = \frac{4.11}{3.00}$$

$$0.71 < 1.37 < 1.4 \ \ O.K.$$

Y para la avenida más pequeña que es el Pasaje Las Amapolas, obtenemos:

$$\frac{x}{y} = \frac{4.25}{3.40}$$

$$0.71 < 1.25 < 1.4 \ \ O.K.$$

4.4.10.1. DISEÑO DE JUNTAS LONGITUDINALES

Las barras de amarre irán paralelas a las juntas longitudinales para, enlazar las losas adyacentes, con la finalidad de que se mantengan las juntas, y de que la carga se transfiera a través de la junta, y no se vea perjudicado el sellado.

El MTC recomienda que estas barras sean de acero corrugado y que sirvan como mecanismos de transferencia de carga, para lo cual se utilizará la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 198. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas longitudinales

ESPESOR DE LOSA (mm)	TAMAÑO DE VARILLA (cm) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27 X 66	.@76 cm	.@76 cm
160	1.27 X 69	.@76 cm	.@76 cm
170	1.27 X 70	.@76 cm	.@76 cm
180	1.27 X 71	.@76 cm	.@76 cm
190	1.27 X 74	.@76 cm	.@76 cm
200	1.27 X 76	.@76 cm	.@76 cm
210	1.27 X 78	.@76 cm	.@76 cm
220	1.27 X 79	.@76 cm	.@76 cm
230	1.59 X 76	.@91 cm	.@91 cm
240	1.59 X 79	.@91 cm	.@91 cm
250	1.59 X 81	.@91 cm	.@91 cm
260	1.59 X 82	.@91 cm	.@91 cm
270	1.59 X 84	.@91 cm	.@91 cm
280	1.59 X 86	.@91 cm	.@91 cm
290	1.59 X 89	.@91 cm	.@91 cm
300	1.59 X 91	.@91 cm	.@91 cm

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Por lo tanto para un espesor de 20 cm para el pavimento convencional obtenemos según la tabla del MTC varillas de diámetro de ½" con una longitud de 76 cm espaciados cada 76 cm

4.4.10.2. DISEÑO DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN, CONSTRUCCIÓN.

Las juntas transversales servirán para compatibilizar las deformaciones verticales y la transferencia de carga, estas barras son de acero liso (cuyo diámetro aproximado es 1/8 del espesor de losa), insertadas en la mitad de las juntas permitiendo el alineamiento horizontal y vertical.

Por lo tanto haciendo uso de las recomendaciones del MTC utilizaremos la siguiente tabla en relación al espesor de las vías.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 199. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas transversales

RANGO DE ESPESORES DE LOSA (mm)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELS (mm)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (mm)
	mm	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 1/4"	460	300
300 - 430	38	1 1/2"	510	380

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

En conclusión colocaremos para un espesor de 20 cm para pavimentos simples, varillas de ϕ = 1” con una longitud de 41 cm espaciados cada 30 cm.

4.4.11. DISEÑO DE JUNTAS PARA PAVIMENTOS CON FIBRA DE ACERO DE 30 kg/m^3 POR LA GUÍA AASHTO 93 Y PCA

4.4.11.1. DISEÑO DE JUNTAS LONGITUDINALES

Las barras de amarre irán paralelas a las juntas longitudinales para, enlazar las losas adyacentes, con la finalidad de que se mantengan las juntas, y de que la carga se transfiera a través de la junta, y no se vea perjudicado el sellado.

El MTC recomienda que estas barras sean de acero corrugado y que sirvan como mecanismos de transferencia de carga, para lo cual se utilizará la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 200. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas longitudinales

ESPESOR DE LOSA (mm)	TAMAÑO DE VARILLA (cm) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27 X 66	.@76 cm	.@76 cm
160	1.27 X 69	.@76 cm	.@76 cm
170	1.27 X 70	.@76 cm	.@76 cm
180	1.27 X 71	.@76 cm	.@76 cm
190	1.27 X 74	.@76 cm	.@76 cm
200	1.27 X 76	.@76 cm	.@76 cm
210	1.27 X 78	.@76 cm	.@76 cm
220	1.27 X 79	.@76 cm	.@76 cm
230	1.59 X 76	.@91 cm	.@91 cm
240	1.59 X 79	.@91 cm	.@91 cm
250	1.59 X 81	.@91 cm	.@91 cm
260	1.59 X 82	.@91 cm	.@91 cm
270	1.59 X 84	.@91 cm	.@91 cm
280	1.59 X 86	.@91 cm	.@91 cm
290	1.59 X 89	.@91 cm	.@91 cm
300	1.59 X 91	.@91 cm	.@91 cm

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Por lo tanto para un espesor de 15 cm para el pavimento con fibra de acero de 30 kg/m^3 se utilizará fierro corrugado de ½" de diámetro y con longitud de 66 cm, siendo el espaciado apropiado cada 76 cm.

4.4.11.2. DISEÑO DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN, CONSTRUCCIÓN.

Las juntas transversales servirán para compatibilizar las deformaciones verticales y la transferencia de carga, estas barras son de acero liso (cuyo diámetro aproximado es 1/8 del espesor de losa), insertadas en la mitad de las juntas permitiendo el alineamiento horizontal y vertical.

Por lo tanto haciendo uso de las recomendaciones del MTC utilizaremos la siguiente tabla en relación al espesor de las vías.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 201. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas transversales

RANGO DE ESPESORES DE LOSA (mm)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELS (mm)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (mm)
	mm	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 1/4"	460	300
300 - 430	38	1 1/2"	510	380

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Para el pavimento rígido con la adición de fibra de acero de 30 kg/m^3 que nos da un espesor de 15 cm, también utilizaremos varillas de ϕ = 1” con una longitud de 41 cm a cada 30 cm

4.4.12. DISEÑO DE JUNTAS PARA PAVIMENTOS CON FIBRA DE ACERO DE 30 kg/m^3 POR LA GUÍA PCA

4.4.12.1. DISEÑO DE JUNTAS LONGITUDINALES

Las barras de amarre irán paralelas a las juntas longitudinales para, enlazar las losas adyacentes, con la finalidad de que se mantengan las juntas, y de que la carga se transfiera a través de la junta, y no se vea perjudicado el sellado.

El MTC recomienda que estas barras sean de acero corrugado y que sirvan como mecanismos de transferencia de carga, para lo cual se utilizará la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 202. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas longitudinales

ESPESOR DE LOSA (mm)	TAMAÑO DE VARILLA (cm) DIAM. X LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 m	3.60 m
150	1.27 X 66	.@76 cm	.@76 cm
160	1.27 X 69	.@76 cm	.@76 cm
170	1.27 X 70	.@76 cm	.@76 cm
180	1.27 X 71	.@76 cm	.@76 cm
190	1.27 X 74	.@76 cm	.@76 cm
200	1.27 X 76	.@76 cm	.@76 cm
210	1.27 X 78	.@76 cm	.@76 cm
220	1.27 X 79	.@76 cm	.@76 cm
230	1.59 X 76	.@91 cm	.@91 cm
240	1.59 X 79	.@91 cm	.@91 cm
250	1.59 X 81	.@91 cm	.@91 cm
260	1.59 X 82	.@91 cm	.@91 cm
270	1.59 X 84	.@91 cm	.@91 cm
280	1.59 X 86	.@91 cm	.@91 cm
290	1.59 X 89	.@91 cm	.@91 cm
300	1.59 X 91	.@91 cm	.@91 cm

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Por lo tanto para un espesor de 18 cm para el pavimento con fibra de acero de 30 kg/m^3 se utilizará fierro corrugado de ½" de diámetro y con longitud de 70 cm, siendo el espaciado apropiado cada 76 cm.

4.4.12.2. DISEÑO DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN, CONSTRUCCIÓN.

Las juntas transversales servirán para compatibilizar las deformaciones verticales y la transferencia de carga, estas barras son de acero liso (cuyo diámetro aproximado es 1/8 del espesor de losa), insertadas en la mitad de las juntas permitiendo el alineamiento horizontal y vertical.

Por lo tanto haciendo uso de las recomendaciones del MTC utilizaremos la siguiente tabla en relación al espesor de las vías.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 203. Espesores, longitud y espaciamiento para juntas transversales

RANGO DE ESPESORES DE LOSA (mm)	DIÁMETRO		LONGITUD DEL PASADOR O DOWELS (mm)	SEPARACIÓN ENTRE PASADORES (mm)
	mm	PULGADA		
150 - 200	25	1"	410	300
200 - 300	32	1 1/4"	460	300
300 - 430	38	1 1/2"	510	380

Fuente y elaboración: Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentación del MTC

Para el pavimento rígido con la adición de fibra de acero de 30 kg/m^3 que nos da un espesor de 18 cm, también utilizaremos varillas de ϕ = 1" con una longitud de 41 cm a cada 30 cm

4.4.13. RESUMEN DE JUNTAS

Después de establecer un resumen el diseño de las juntas, para mayor entendimiento se procede a realizar una tabla resumen:

Tabla N° 204. Resumen de juntas de acuerdo a las guías PCA y AASHTO 93

TIPO DE PAVIMENTO	AASHTO 93		PCA	
	Junta Longitudinal	Junta Transversal	Junta Longitudinal	Junta Transversal
Pavimento Rígido convencional e = 20 cm	Varillas corrugadas de 1/2 ", longitud de 76 cm cada 76 cm	Varillas lisas de 1" con una longitud de 41 cm cada 30 cm	Varillas corrugadas de 1/2 ", longitud de 76 cm cada 76 cm	Varillas lisas de 1" con una longitud de 41 cm cada 30 cm
Pavimento Rígido con fibra de acero de 30 kg/m^3 e = 15 cm y 18 cm respectivamente	Varillas corrugadas de 1/2 ", longitud de 66 cm cada 76 cm	Varillas lisas de 1" con una longitud de 41 cm cada 30 cm	Varillas corrugadas de 1/2 ", longitud de 70 cm cada 76 cm	Varillas lisas de 1" con una longitud de 41 cm cada 30 cm

Fuente y elaboración: Propia

4.4.14. DISEÑO DE SELLOS

Para hallar las juntas que usaremos utilizamos las siguientes formulas:

Es necesario calcular primero el movimiento de las juntas transversales para obtener un diseño adecuado. El movimiento se logra con la siguiente ecuación.

$$\% \, Elongación = \frac{\Delta L}{Sc} \text{ ------- (Ec. 4)}$$

$$\Delta L = CL \; x \; (a\Delta T + \epsilon) \text{ ------- (Ec. 5)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

- ΔL = movimiento de las losas.
- L = longitud de la losa
- a = Coeficiente de expansión térmica del concreto
- ΔT = Gradiente térmico (máxima temperatura que alcanza el concreto en su colocación y temperatura más baja del año)
- ϵ = Coeficiente de contracción del concreto.
- C =Factor de ajuste por fricción

Teniendo en cuenta que nuestro agregado grava tenemos un coeficiente de Expansión Térmica igual a 3.3 x 10^-6. El valor de la longitud de la losa, tomaremos un promedio de 4000 mm. Para la variación de temperatura, de los ensayos que hicimos obtuvimos un valor de 19° C. consideraremos en la temperatura de Cuzco durante el transcurso de la mañana hasta la tarde baja hasta 15° C, dándonos un gradiente de Temperatura: $\Delta T = 4\ °C$.

Para hallar ϵ tomaremos un valor de los ensayos de Tracción indirecta que nos dará un aproximado de 2.8 MPa, con lo cual el coeficiente de contracción equivaldría a 0.0005 mm/mm.

Reemplazando en la formula tenemos:

$$\Delta L = 0.8 * 400\ x\ (3.3 * 10^{-6}\ (4) +\ 0.0005)$$

$$\Delta L = 0.16$$

Para hallar el ancho de la caja de sello utilizamos la siguiente fórmula:

$$Sc = (1 - Pc)x\ W \text{ ----- (Ec. 6)}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Donde:

- *Sc* = ancho de corte en la junta.
- *W* = ancho de sello sin comprimir.
- *Pc* = % de compresión del sello en el momento de la instalación (decimal).

$$Pc = C\ \min + (\frac{temp.de\ inst. - temp.\min.}{(temp.max. - temp.min.}) \text{ x } (Cmax\ \ Cmin) \quad \text{------- (Ec. 7)}$$

Donde:

- *Cmin* = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.2)
- *Cmax* = compresión mínima recomendada del sello (generalmente 0.5)

Reemplazando datos tenemos

$$Pc = 0.2 + (\frac{20°\ C\ - 11°\ C}{21°\ C\ - 11\ °C}) \text{ x } (0.2 * 0.5)$$

$$Pc = 0.29$$

Reemplazando en la ecuación de la caja de sellos obtenemos:

$$Sc = (1 - 0.29)\ x\ 6$$

$$Sc = 4.26$$

El porcentaje de elongación será

$$\%\ Elongación = \frac{0.16}{4.26}$$

Dándonos un porcentaje de elongación = 3.75 %

Con este porcentaje cumpliríamos lo que pide el MTC que sea menor de 50%, y podríamos usar sellos de silicona que son capaces de soportar hasta el 100% de elongación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO V PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

5.1. METRADOS

5.1.1. COMPARACIÓN DE METRADOS

Tabla N° 205. Metrados del pavimento rígido convencional con la guía AASHTO 93 Y PCA

RESUMEN DE METRADOS - PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL GUIA AASHTO 93 Y PCA

Actividad:	EVALUACION, COMPARACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO, MEDIANTE LA GUIA AASHTO Y PCA
Ubicación:	AV. LA FLORIDA PASAJES ALEDAÑOS - SAN JERONIMO - CUSCO
Modalidad:	TESIS

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO
01	SUPERFICIE DE RODADURA E = 20cm (PAVIMENTO RIGIDO)		
1.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m²	7,910.08
1.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m²	672.61
1.03	CONCRETO f'c=210 kg/cm² e=20cm	m³	1,582.02
1.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m²	7,910.08
1.05	CORTE PARA JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION	m	1,977.52
1.06	ACERO DE TEMPERATURA D=1/4" MALLA 0.40 x 0.40 m	kg	10,225.96
1.07	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,395.00
1.08	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57
1.09	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	2,119.05

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 206. Metrados del pavimento rígido con fibra de 30 kg/m³ por la guía AASHTO 93 Y PCA

RESUMEN DE METRADOS - PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO DE e=17.5cm GUIA PCA

Actividad:	EVALUACION, COMPARACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO, MEDIANTE LA GUIA AASHTO Y PCA
Ubicación:	AV. LA FLORIDA PASAJES ALEDAÑOS - SAN JERONIMO - CUSCO
Modalidad:	TESIS

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO
01	SUPERFICIE DE RODADURA E = 17.5 cm		
1.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m²	7,910.08
1.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m²	588.53
1.03	CONCRETO f'c=210 kg/cm² e=17.5cm	m³	1,384.26
1.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m²	7,910.08
1.05	CORTE PARA JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION	m	1,977.52
1.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,302.00
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57
1.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	2,027.71

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 207. Metrados del pavimento rígido con fibra de 30 kg/m^3 por la guía AASHTO 93

RESUMEN DE METRADOS - PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO e = 15.0cm GUIA AASHTO

Actividad:	EVALUACION, COMPARACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO, MEDIANTE LA GUIA AASHTO Y PCA
Ubicación:	AV. LA FLORIDA PASAJES ALEDAÑOS - SAN JERONIMO - CUSCO
Modalidad:	TESIS

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO
01	SUPERFICIE DE RODADURA E = 15 cm		
1.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m²	7,910.08
1.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m²	504.46
1.03	CONCRETO f'c=210 kg/cm² e=15.0cm	m³	1,186.51
1.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m²	7,910.08
1.05	CORTE PARA JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION	m	1,977.52
1.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,302.00
1.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57
1.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	1,936.36

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.2. ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

5.2.1. COMPARACIÓN DE ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS

Tabla N° 208. Costos unitarios de transporte de materiales

Analisis de Precios Unitarios Transporte de Materiales

Partida	01,01	TRANSPORTE DE MATERIALES GRANULARES PARA DISTANCIAS MAYORES A 120M				
Rendimiento	m3k/DIA	609,0000	EQ. 609,0000	Costo unitario directo por : m3k		2,25
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
01010200010015	OPERARIO DE EQUIPO PESADO		hh	1,0000	0,0131	20,96	0,28
							0,28
	Equipos						
0301220012	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 M3		hm	1,0000	0,0131	150,00	1,97
							1,97

Partida	01,02	TRANSPORTE DE MATERIAL AGREGADO FINO PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m				
Rendimiento	m3k/DIA	751,5000	EQ. 751,5000	Costo unitario directo por : m3k		1,82
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
01010200010015	OPERARIO DE EQUIPO PESADO		hh	1,0000	0,0106	20,96	0,22
							0,22
	Equipos						
0301220012	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 M3		hm	1,0000	0,0106	150,00	1,60
							1,60

Partida	01,03	TRANSPORTE DE MATERIAL AGREGADO GRUESO PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m				
Rendimiento	m3k/DIA	751,5000	EQ. 751,5000	Costo unitario directo por : m3k		1,82
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
01010200010015	OPERARIO DE EQUIPO PESADO		hh	1,0000	0,0106	20,96	0,22
							0,22
	Equipos						
0301220012	CAMION VOLQUETE 330 HP DE 15 M3		hm	1,0000	0,0106	150,00	1,60
							1,60

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 209. Costos unitarios de pavimento rígido convencional

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1104001	PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.			
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL		Fecha presupuesto	26/10/2018
Partida	01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000	Costo unitario directo por : m2	0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0053	14.40	0.08
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0053	19.30	0.10
						0.18
	Materiales					
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0050	4.24	0.02
021303000010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	8.05	0.08
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0100	2.97	0.03
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0050	29.66	0.15
						0.28
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0053	12.71	0.07
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	0.5000	0.0027	12.71	0.03
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	0.5000	0.0027	2.12	0.01
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.18	0.01
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	0.1000	0.0005	21.19	0.01
						0.13

Partida	01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 18.0000	EQ. 18.0000	Costo unitario directo por : m2	47.43

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	19.30	8.58
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	16.01	7.11
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4444	14.40	6.40
						22.09
	Materiales					
0201040003	PETROLEO	gal		0.1200	16.86	2.02
0204010006	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.3000	4.24	1.27
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.1089	4.24	0.46
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2000	4.24	0.85
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1000	4.24	0.42
0231020002	PALO DE EUCALIPTO DE 4"x3M	pza		0.4400	11.86	5.22
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza		0.3500	10.17	3.56
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza		0.5300	20.34	10.78
						24.68
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	22.09	0.66
						0.66

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Subpresupuesto 001 PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL Fecha presupuesto 26/10/2018

Partida 01.03 ACERO DE TEMPERATURA D=1/4" MALLA 0.40 x 0.40 m

Rendimiento kg/DIA MO. 180.0000 EQ. 180.0000 Costo unitario directo por : kg 6.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0444	19.30	0.86
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0444	16.01	0.71
						1.57
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.57	0.05
						0.05

Partida 01.04 CONCRETO f'c=210Kg/cm2, e=0.20 m

Rendimiento m3/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000 Costo unitario directo por : m3 297.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	19.30	10.29
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	16.01	17.08
0101010005	PEON	hh	4.0000	2.1333	14.40	30.72
						58.09
	Materiales					
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.0667	11.86	0.79
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.4276	67.00	28.65
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.2401	60.00	14.41
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.5972	21.50	184.84
0290130022	AGUA	m3		0.1900	1.00	0.19
						228.88
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	58.09	1.74
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	4.0000	2.1333	4.24	9.05
						10.79

Partida 01.05 CURADO DE LOSA DE CONCRETO

Rendimiento m2/DIA MO. 120.0000 EQ. 120.0000 Costo unitario directo por : m2 1.10

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0667	14.40	0.96
						0.96
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.1120	1.00	0.11
						0.11
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.96	0.03
						0.03

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.06	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION				
Rendimiento	m/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000		Costo unitario directo por : m	2.19

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0400	14.40	0.58
						1.35
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.35	0.04
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.0400	20.00	0.80
						0.84

Partida	01.07	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000		Costo unitario directo por : kg	5.98

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0364	16.01	0.58
						1.28
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04
						0.04

Partida	01.08	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000		Costo unitario directo por : kg	6.29

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	16.01	0.64
						1.41
	Materiales					
0201020013	GRASA AMARILLA	kg		0.0150	12.25	0.18
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.41	0.04
						0.04

Partida	01.09	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES				
Rendimiento	m/DIA	MO. 150.0000	EQ. 150.0000		Costo unitario directo por : m	5.14

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0533	19.30	1.03
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	16.01	0.85
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1067	14.40	1.54
						3.42
	Materiales					
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal		0.0500	12.71	0.64
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0090	66.27	0.60
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2		0.0500	5.93	0.30
0231020003	LEÑA	qm		0.0200	3.84	0.08
						1.62
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.42	0.10
						0.10

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 210. Costos unitarios de pavimento rígido con fibra de acero de 30 kg/m^3 guía PCA e = 17.5 cm

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1104002	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 17.5cm	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO	Fecha presupuesto 26/10/2018

Partida	01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2	0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0053	14.40	0.08
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0053	19.30	0.10
						0.18
	Materiales					
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0050	4.24	0.02
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	8.05	0.08
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0100	2.97	0.03
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0050	29.66	0.15
						0.28
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0053	12.71	0.07
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	0.5000	0.0027	12.71	0.03
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	0.5000	0.0027	2.12	0.01
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.18	0.01
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	0.1000	0.0005	21.19	0.01
						0.13

Partida	01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO			
Rendimiento	m2/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por : m2	45.16

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	19.30	7.72
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	16.01	6.40
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	14.40	5.76
						19.88
	Materiales					
0201040003	PETROLEO	gal		0.1200	16.86	2.02
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.3000	4.24	1.27
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.1089	4.24	0.46
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2000	4.24	0.85
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1000	4.24	0.42
0231040002	ESTACAS DE METAL	und		1.2300	4.24	5.22
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza		0.3600	10.17	3.66
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza		0.5300	20.34	10.78
						24.68
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19.88	0.60
						0.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, PRE MEZCLADO e=0.175 m con Fibra de Acero					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 18.0000	EQ. 18.0000			Costo unitario directo por : m3	556.28
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.4444	19.30	8.58
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.8889	16.01	14.23
0101010005	PEON		hh	4.0000	1.7778	14.40	25.60
							48.41
	Materiales						
0201020014	FIBRA DE ACERO		kg		30.0000	9.00	270.00
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS		gal		0.0667	11.86	0.79
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"		m3		0.4276	67.00	28.65
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.2401	60.00	14.41
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		8.5972	21.50	184.84
0290130022	AGUA		m3		0.1900	1.00	0.19
							498.88
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	48.41	1.45
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"		hm	4.0000	1.7778	4.24	7.54
							8.99

Partida	01.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000			Costo unitario directo por : m2	1.10
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0667	14.40	0.96
							0.96
	Materiales						
0290130022	AGUA		m3		0.1120	1.00	0.11
							0.11
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.96	0.03
							0.03

Partida	01.05	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION					
Rendimiento	m/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000			Costo unitario directo por : m	1.99
Código	**Descripción Recurso**		**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.0364	14.40	0.52
							1.22
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.22	0.04
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO		hm	1.0000	0.0364	20.00	0.73
							0.77

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000		Costo unitario directo por : kg	5.98

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0364	16.01	0.58
						1.28
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04
						0.04

Partida	01.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000		Costo unitario directo por : kg	6.29

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	16.01	0.64
						1.41
	Materiales					
0201020013	GRASA AMARILLA	kg		0.0150	12.25	0.18
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.41	0.04
						0.04

Partida	01.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES				
Rendimiento	m/DIA	MO. 160.0000	EQ. 160.0000		Costo unitario directo por : m	4.93

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0500	19.30	0.97
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0500	16.01	0.80
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1000	14.40	1.44
						3.21
	Materiales					
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal		0.0500	12.71	0.64
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0090	66.27	0.60
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2		0.0500	5.93	0.30
0231020003	LEÑA	qm		0.0200	3.84	0.08
						1.62
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.21	0.10
						0.10

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 211. Costos unitarios de pavimento rígido con fibra de acero de 30 kg/m^3 guía AASHTO e = 15 cm

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1104003	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 15.0cm	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO	Fecha presupuesto 26/10/2018
Partida	01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000 EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2 0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0053	14.40	0.08
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0053	19.30	0.10
						0.18
	Materiales					
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0050	4.24	0.02
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	8.05	0.08
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0100	2.97	0.03
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0050	29.66	0.15
						0.28
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0053	12.71	0.07
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	0.5000	0.0027	12.71	0.03
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	0.5000	0.0027	2.12	0.01
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.18	0.01
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	0.1000	0.0005	21.19	0.01
						0.13

Partida	01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	
Rendimiento	m2/DIA	MO. 22.0000 EQ. 22.0000	Costo unitario directo por : m2 43.30

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	19.30	7.02
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.3636	16.01	5.82
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.3636	14.40	5.24
						18.08
	Materiales					
0201040003	PETROLEO	gal		0.1200	16.86	2.02
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.3000	4.24	1.27
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.1089	4.24	0.46
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2000	4.24	0.85
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1000	4.24	0.42
0231040002	ESTACAS DE METAL	und		1.2300	4.24	5.22
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza		0.3600	10.17	3.66
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza		0.5300	20.34	10.78
						24.68
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	18.08	0.54
						0.54

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, e=0.15 m con Fibra de Acero				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 22.0000	EQ. 22.0000		Costo unitario directo por : m3	545.84

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.3636	19.30	7.02
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.7273	16.01	11.64
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.4545	14.40	20.94
						39.60
	Materiales					
0201020014	FIBRA DE ACERO	kg		30.0000	9.00	270.00
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.0667	11.86	0.79
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.4276	67.00	28.65
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.2401	60.00	14.41
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.5972	21.50	184.84
0290130022	AGUA	m3		0.1900	1.00	0.19
						498.88
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	39.60	1.19
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	4.0000	1.4545	4.24	6.17
						7.36

Partida	01.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000		Costo unitario directo por : m2	1.10

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0667	14.40	0.96
						0.96
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.1120	1.00	0.11
						0.11
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.96	0.03
						0.03

Partida	01.05	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION				
Rendimiento	m/DIA	MO. 240.0000	EQ. 240.0000		Costo unitario directo por : m	1.82

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0333	19.30	0.64
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0333	14.40	0.48
						1.12
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.12	0.03
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.0333	20.00	0.67
						0.70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000		Costo unitario directo por : kg	5.98
Código	**Descripción Recurso**	**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0364	16.01	0.58
						1.28
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04
						0.04

Partida	01.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000		Costo unitario directo por : kg	6.29
Código	**Descripción Recurso**	**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	16.01	0.64
						1.41
	Materiales					
0201020013	GRASA AMARILLA	kg		0.0150	12.25	0.18
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.41	0.04
						0.04

Partida	01.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES				
Rendimiento	m/DIA	MO. 170.0000	EQ. 170.0000		Costo unitario directo por : m	4.73
Código	**Descripción Recurso**	**Unidad**	**Cuadrilla**	**Cantidad**	**Precio S/.**	**Parcial S/.**
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0471	19.30	0.91
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0471	16.01	0.75
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0941	14.40	1.36
						3.02
	Materiales					
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal		0.0500	12.71	0.64
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0090	66.27	0.60
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2		0.0500	5.93	0.30
0231020003	LEÑA	qm		0.0200	3.84	0.08
						1.62
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.02	0.09
						0.09

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 212. Costos unitarios de pavimento rígido más económico propuesto con fibra de acero de 15 kg/m^3 guía PCA e = 17.5 cm

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104006 PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 17.5cm con fibra 15kg/m3
Subpresupuesto 001 PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO — Fecha presupuesto 26/10/2018

Partida 01.01 TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA

Rendimiento m2/DIA MO. 1,500.0000 EQ. 1,500.0000 — Costo unitario directo por : m2 0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0053	14.40	0.08
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0053	19.30	0.10
						0.18
	Materiales					
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0050	4.24	0.02
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	8.05	0.08
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0100	2.97	0.03
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0050	29.66	0.15
						0.28
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0053	12.71	0.07
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	0.5000	0.0027	12.71	0.03
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	0.5000	0.0027	2.12	0.01
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.18	0.01
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	0.1000	0.0005	21.19	0.01
						0.13

Partida 01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO

Rendimiento m2/DIA MO. 20.0000 EQ. 20.0000 — Costo unitario directo por : m2 45.16

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	19.30	7.72
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	16.01	6.40
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4000	14.40	5.76
						19.88
	Materiales					
0201040003	PETROLEO	gal		0.1200	16.86	2.02
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.3000	4.24	1.27
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.1089	4.24	0.46
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2000	4.24	0.85
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1000	4.24	0.42
0231040002	ESTACAS DE METAL	und		1.2300	4.24	5.22
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza		0.3600	10.17	3.66
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza		0.5300	20.34	10.78
						24.68
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	19.88	0.60
						0.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, PRE MEZCLADO e=0.175 m con Fibra de Acero				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 18.0000	EQ. 18.0000		Costo unitario directo por : m3	421.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	19.30	8.58
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.8889	16.01	14.23
0101010005	PEON	hh	4.0000	1.7778	14.40	25.60
						48.41
	Materiales					
0201020014	FIBRA DE ACERO	kg		15.0000	9.00	135.00
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.0667	11.86	0.79
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.4276	67.00	28.65
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.2401	60.00	14.41
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.5972	21.50	184.84
0290130022	AGUA	m3		0.1900	1.00	0.19
						363.88
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	48.41	1.45
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	4.0000	1.7778	4.24	7.54
						8.99

Partida	01.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 120.0000	EQ. 120.0000		Costo unitario directo por : m2	1.10

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0667	14.40	0.96
						0.96
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.1120	1.00	0.11
						0.11
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.96	0.03
						0.03

Partida	01.05	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION				
Rendimiento	m/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000		Costo unitario directo por : m	1.99

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0364	14.40	0.52
						1.22
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.22	0.04
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.0364	20.00	0.73
						0.77

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Partida	01.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 220.0000	EQ. 220.0000		Costo unitario directo por : kg	5.98

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0364	16.01	0.58
						1.28
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04
						0.04

Partida	01.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")				
Rendimiento	kg/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000		Costo unitario directo por : kg	6.29

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	16.01	0.64
						1.41
	Materiales					
0201020013	GRASA AMARILLA	kg		0.0150	12.25	0.18
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.41	0.04
						0.04

Partida	01.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES				
Rendimiento	m/DIA	MO. 160.0000	EQ. 160.0000		Costo unitario directo por : m	4.85

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0500	19.30	0.97
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0500	16.01	0.80
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1000	14.40	1.44
						3.21
	Materiales					
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal		0.0500	12.71	0.64
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0090	66.27	0.60
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2		0.0500	5.93	0.30
						1.54
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.21	0.10
						0.10

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 213. Costos unitarios de pavimento rígido convencional con una relación a/c = 0.5

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1104007	PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.RELAC. A/C		
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL	Fecha presupuesto	26/10/2018
Partida	01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA		
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000 EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2	0.59

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0053	14.40	0.08
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0053	19.30	0.10
						0.18
	Materiales					
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.0050	4.24	0.02
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol		0.0100	8.05	0.08
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.0100	2.97	0.03
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0050	29.66	0.15
						0.28
	Equipos					
0301000011	TEODOLITO	hm	1.0000	0.0053	12.71	0.07
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	0.5000	0.0027	12.71	0.03
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	0.5000	0.0027	2.12	0.01
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.18	0.01
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	0.1000	0.0005	21.19	0.01
						0.13

Partida	01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	
Rendimiento	m2/DIA	MO. 18.0000 EQ. 18.0000	Costo unitario directo por : m2	47.43

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	19.30	8.58
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	16.01	7.11
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.4444	14.40	6.40
						22.09
	Materiales					
0201040003	PETROLEO	gal		0.1200	16.86	2.02
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg		0.3000	4.24	1.27
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		0.1089	4.24	0.46
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg		0.2000	4.24	0.85
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg		0.1000	4.24	0.42
0231040002	ESTACAS DE METAL	und		1.2300	4.24	5.22
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza		0.3600	10.17	3.66
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza		0.5300	20.34	10.78
						24.68
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	22.09	0.66
						0.66

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104007 PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.RELAC. A/C
Subpresupuesto 001 PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL — Fecha presupuesto 26/10/2018

Partida 01.03 ACERO DE TEMPERATURA D=1/4" MALLA 0.40 x 0.40 m

Rendimiento kg/DIA MO. 180.0000 EQ. 180.0000 — Costo unitario directo por : kg 6.28

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0444	19.30	0.86
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0444	16.01	0.71
						1.57
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.57	0.05
						0.05

Partida 01.04 CONCRETO f'c=210Kg/cm2, e=0.20 m

Rendimiento m3/DIA MO. 15.0000 EQ. 15.0000 — Costo unitario directo por : m3 304.92

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.5333	19.30	10.29
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	16.01	17.08
0101010005	PEON	hh	4.0000	2.1333	14.40	30.72
						58.09
	Materiales					
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal		0.0667	11.86	0.79
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3		0.4232	67.00	28.35
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.2412	60.00	14.47
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		8.9412	21.50	192.24
0290130022	AGUA	m3		0.1900	1.00	0.19
						236.04
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	58.09	1.74
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	4.0000	2.1333	4.24	9.05
						10.79

Partida 01.05 CURADO DE LOSA DE CONCRETO

Rendimiento m2/DIA MO. 120.0000 EQ. 120.0000 — Costo unitario directo por : m2 1.10

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0667	14.40	0.96
						0.96
	Materiales					
0290130022	AGUA	m3		0.1120	1.00	0.11
						0.11
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.96	0.03
						0.03

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 1104007 PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.RELAC. A/C
Subpresupuesto 001 PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL — Fecha presupuesto 26/10/2018

Partida 01.06 CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION

Rendimiento m/DIA MO. 200.0000 EQ. 200.0000 — Costo unitario directo por : m 2.19

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0400	14.40	0.58
						1.35
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.35	0.04
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	1.0000	0.0400	20.00	0.80
						0.84

Partida 01.07 JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")

Rendimiento kg/DIA MO. 220.0000 EQ. 220.0000 — Costo unitario directo por : kg 5.98

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0364	19.30	0.70
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0364	16.01	0.58
						1.28
	Materiales					
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.66
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04
						0.04

Partida 01.08 JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")

Rendimiento kg/DIA MO. 200.0000 EQ. 200.0000 — Costo unitario directo por : kg 6.29

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	19.30	0.77
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	16.01	0.64
						1.41
	Materiales					
0201020013	GRASA AMARILLA	kg		0.0150	12.25	0.18
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg		0.0500	4.24	0.21
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg		1.0500	4.24	4.45
						4.84
	Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.41	0.04
						0.04

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

5.3.1. COMPARACIÓN DE PRESUPUESTOS DEL PROYECTO

Tabla N° 214. Presupuesto de transporte de agregado de la cantera de Chiguata a la zona de proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Presupuesto Transporte de Materiales

Presupuesto 1104007 PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL f´c = 210 kg/cm²
Cliente UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA — Costo al 26/05/2019
Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUPERFICIE DE RODADURA E=0.20m PAVIMENTO RIGIDO				933.313,14
01.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m	m3-km	5.258,49	2,25	11.809,41
01.02	TRANSPORTE DE MATERIAL AGREGADO FINO PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m	m3-km	183.818,52	1,82	334.537,48
1,03	TRANSPORTE DE MATERIAL AGREGADO GRUESO PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m	m3-km	322.520,72	1,82	586.966,25
	COSTO DIRECTO				933.313,14

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 215. Presupuesto de transporte de agregado de la cantera de Vicho a la zona de proyecto

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL Y DEL AMBIENTE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Presupuesto Transporte de Materiales

Presupuesto 1104007 PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL f´c = 210 kg/cm²
Cliente UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA — Costo al 26/05/2019
Lugar AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	TRANSPORTE DE MATERIALES PAVIMENTO RIGIDO				
01.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m	m3-km	5.258,49	2,25	11.809,41
01.02	TRANSPORTE DE MATERIAL AGREGADO FINO CANTERA VICHO PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m	m3-km	10.845,29	1,90	20.563,25
1,03	TRANSPORTE DE MATERIAL AGREGADO GRUESO CANTERA VICHO PARA DISTANCIAS MAYORES A 120 m	m3-km	19.028,72	1,90	36.079,46
	COSTO DIRECTO				68.452,12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 216. Presupuesto de pavimento rígido convencional por las guías AASHTO 93 y PCA

Presupuesto

Presupuesto	1104001	PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL	
Cliente	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA	Costo al	26/10/2018
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUPERFICIE DE RODADURA E=0.20m PAVIMENTO RIGIDO				670,894.26
01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	7,910.08	0.59	4,666.95
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	672.61	47.43	31,901.89
01.03	ACERO DE TEMPERATURA D=1/4" MALLA 0.40 x 0.40 m	kg	10,225.96	6.28	64,219.03
01.04	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, e=0.20 m	m3	1,582.02	297.76	471,062.28
01.05	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	7,910.08	1.10	8,701.09
01.06	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION	m	1,977.52	2.19	4,330.77
01.07	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,395.00	5.98	8,342.10
01.08	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57	6.29	66,778.23
01.09	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	2,119.05	5.14	10,891.92
	Costo Directo				670,894.26

SON : SEISCIENTOS SETENTA MIL OCHOCIENTOS NOVENTICUATRO Y 26/100 NUEVOS SOLES

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 217. Presupuesto de pavimento rígido con la adición fibra de acero 30 kg/m^3 por la guía PCA

Presupuesto

Presupuesto	1104002	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 17.5cm	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO	
Cliente	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA	Costo al	26/10/2018
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUPERFICIE DE RODADURA E=0.175m PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO				898,478.26
01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	7,910.08	0.59	4,666.95
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	588.53	45.16	26,578.01
01.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, PRE MEZCLADO e=0.175 m con Fibra de Acero	m3	1,384.26	556.28	770,036.15
01.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	7,910.08	1.10	8,701.09
01.05	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION	m	1,977.52	1.99	3,935.26
01.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,302.00	5.98	7,785.96
01.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57	6.29	66,778.23
01.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	2,027.71	4.93	9,996.61
	Costo Directo				898,478.26

SON : OCHOCIENTOS NOVENTIOCHO MIL CUATROCIENTOS SETENTIOCHO Y 26/100 NUEVOS SOLES

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 218. Presupuesto de pavimento rígido con la adición de fibra de acero 30 kg/m^3 por la guía AASHTO 93

Presupuesto

Presupuesto	1104003	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 15.0cm	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO	
Cliente	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA	Costo al	26/10/2018
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUPERFICIE DE RODADURA E=0.15m PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO				770,178.04
01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	7,910.08	0.59	4,666.95
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	504.46	43.30	21,843.12
01.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, e=0.15 m con Fibra de Acero	m3	1,186.51	545.84	647,644.62
01.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	7,910.08	1.10	8,701.09
01.05	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION	m	1,977.52	1.82	3,599.09
01.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,302.00	5.98	7,785.96
01.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57	6.29	66,778.23
01.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	1,936.36	4.73	9,158.98
	Costo Directo				770,178.04

SON : SETECIENTOS SETENTA MIL CIENTO SETENTIOCHO Y 04/100 NUEVOS SOLES

Fuente y elaboración: Propia

Tabla N° 219. Presupuesto de pavimento rígido más económico con fibra de acero 15 kg/m^3 por la guía PCA

Presupuesto

Presupuesto	1104006	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 17.5cm con fibra 15kg/m3	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO	
Cliente	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA	Costo al	26/10/2018
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUPERFICIE DE RODADURA E=0.175m PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO				711,440.94
01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	7,910.08	0.59	4,666.95
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	588.53	45.16	26,578.01
01.03	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, PRE MEZCLADO e=0.175 m con Fibra de Acero	m3	1,384.26	421.28	583,161.05
01.04	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	7,910.08	1.10	8,701.09
01.05	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION	m	1,977.52	1.99	3,935.26
01.06	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,302.00	5.98	7,785.96
01.07	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57	6.29	66,778.23
01.08	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	2,027.71	4.85	9,834.39
	Costo Directo				711,440.94

SON : SETECIENTOS ONCE MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y 94/100 NUEVOS SOLES

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 220. Presupuesto de pavimento rígido vonvencional con una relación a/c = 0.5

Presupuesto

Presupuesto	1104007	PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.RELAC. A/C	
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL	
Cliente	UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA	Costo al	26/10/2018
Lugar	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA		

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	**SUPERFICIE DE RODADURA E=0.20m PAVIMENTO RIGIDO**				**682,221.52**
01.01	TRAZO DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA	m2	7,910.08	0.59	4,666.95
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	672.61	47.43	31,901.89
01.03	ACERO DE TEMPERATURA D=1/4" MALLA 0.40 x 0.40 m	kg	10,225.96	6.28	64,219.03
01.04	CONCRETO f'c=210Kg/cm2, e=0.20 m	m3	1,582.02	304.92	482,389.54
01.05	CURADO DE LOSA DE CONCRETO	m2	7,910.08	1.10	8,701.09
01.06	CORTE PARA JUNTAS DE CONTRACCION	m	1,977.52	2.19	4,330.77
01.07	JUNTA LONGITUDINAL (ACERO CORRUGADO D=1/2")	kg	1,395.00	5.98	8,342.10
01.08	JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION (ACERO LISO D=1")	kg	10,616.57	6.29	66,778.23
01.09	SELLADO DE JUNTAS DE CONTRACCION Y LONGITUDINALES	m	2,119.05	5.14	10,891.92
	Costo Directo				**682,221.52**

SON : SEISCIENTOS OCHENTIDOS MIL DOSCIENTOS VEINTIUNO Y 52/100 NUEVOS SOLES

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.4. RELACIÓN DE INSUMOS

Tabla N° 221. Relación de insumos para el pavimento rígido convencional por las guías PCA y AASHTO 93

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1104001	PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL
Fecha	26/10/2018	
Lugar	040101	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA				
0101010003	OPERARIO	hh	2,264.1192	19.30	43,697.50
0101010004	OFICIAL	hh	3,028.8682	16.01	48,492.18
0101010005	PEON	hh	4,548.5603	14.40	65,499.27
0101030000	TOPOGRAFO	hh	41.9234	19.30	809.12
					158,498.07
	MATERIALES				
0201020013	GRASA AMARILLA	kg	159.2485	12.25	1,950.79
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	105.5207	11.86	1,251.48
0201040003	PETROLEO	gal	80.7132	16.86	1,360.82
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal	105.9525	12.71	1,346.66
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	1,111.8750	4.24	4,714.35
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	201.7830	4.24	855.56
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	12,275.2552	4.24	52,047.08
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg	11,147.3985	4.24	47,264.97
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg	174.0708	4.24	738.06
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg	67.2610	4.24	285.19
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	676.4718	67.00	45,323.61
02070200010001	ARENA FINA	m3	19.0714	66.27	1,263.86
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	379.8430	60.00	22,790.58
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2	105.9525	5.93	628.30
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	13,600.9423	21.50	292,420.26
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	79.1008	8.05	636.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	79.1008	2.97	234.93
0231020002	PALO DE EUCALIPTO DE 4"x3M	pza	295.9484	11.86	3,509.95
0231020003	LEÑA	qm	42.3810	3.84	162.74
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza	242.1396	10.17	2,462.56
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza	356.4833	20.34	7,250.87
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	39.5504	29.66	1,173.06
0290130022	AGUA	m3	1,186.5128	1.00	1,186.51
					490,858.95
	EQUIPOS				
0301000011	TEODOLITO	hm	41.9234	12.71	532.85
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	21.3572	12.71	271.45
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	21.3572	2.12	45.28
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4,755.04
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	79.1008	20.00	1,582.02
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	3,374.9233	4.24	14,309.67
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	3.9550	21.19	83.81
					21,580.12
				Total S/.	**670,937.14**

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 222. Relación de insumos para el pavimento rígido con la adición de fibra de acero de 30 kg/m^3 por la guía PCA

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1104002	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 17.5cm
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO
Fecha	26/10/2018	
Lugar	040101	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA				
0101010003	OPERARIO	hh	1,495.9999	19.30	28,872.80
0101010004	OFICIAL	hh	2,039.3218	16.01	32,649.54
0101010005	PEON	hh	3,540.6278	14.40	50,985.04
0101030000	TOPOGRAFO	hh	41.9234	19.30	809.12
					113,316.50
	MATERIALES				
0201020013	GRASA AMARILLA	kg	159.2485	12.25	1,950.79
0201020014	FIBRA DE ACERO	kg	41,527.8000	9.00	373,750.20
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	92.3301	11.86	1,095.03
0201040003	PETROLEO	gal	70.6236	16.86	1,190.71
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal	101.3855	12.71	1,288.61
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	595.9269	4.24	2,526.73
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	176.5590	4.24	748.61
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,431.1909	4.24	6,068.25
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg	11,147.3985	4.24	47,264.97
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg	157.2547	4.24	666.76
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg	58.8530	4.24	249.54
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	591.9096	67.00	39,657.94
02070200010001	ARENA FINA	m3	18.2494	66.27	1,209.39
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	332.3608	60.00	19,941.65
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2	101.3855	5.93	601.22
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	11,900.7601	21.50	255,866.34
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	79.1008	8.05	636.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	79.1008	2.97	234.93
0231020003	LEÑA	qm	40.5542	3.84	155.73
0231040002	ESTACAS DE METAL	und	723.8919	4.24	3,069.30
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza	211.8708	10.17	2,154.73
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza	311.9209	20.34	6,344.47
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	39.5504	29.66	1,173.06
0290130022	AGUA	m3	1,148.9384	1.00	1,148.94
					768,994.66
	EQUIPOS				
0301000011	TEODOLITO	hm	41.9234	12.71	532.85
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	21.3572	12.71	271.45
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	21.3572	2.12	45.28
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3,398.61
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	71.9817	20.00	1,439.63
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	2,460.9374	4.24	10,434.37
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	3.9550	21.19	83.81
					16,206.00
				Total S/.	**898,517.16**

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 223. Relación de insumos para el pavimento rígido con la adición de fibra de acero 30 kg/m^3 por la guía de AASHTO 93

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1104003	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 15.0cm
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO
Fecha	26/10/2018	
Lugar	040101	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA				
0101010003	OPERARIO	hh	1,243.9463	19.30	24,008.16
0101010004	OFICIAL	hh	1,609.6286	16.01	25,770.15
0101010005	PEON	hh	2,726.7891	14.40	39,265.76
0101030000	TOPOGRAFO	hh	41.9234	19.30	809.12
					89,853.19
	MATERIALES				
0201020013	GRASA AMARILLA	kg	159.2485	12.25	1,950.79
0201020014	FIBRA DE ACERO	kg	35,595.3000	9.00	320,357.70
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	79.1402	11.86	938.60
0201040003	PETROLEO	gal	60.5352	16.86	1,020.62
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal	96.8180	12.71	1,230.56
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	595.9269	4.24	2,526.73
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	151.3380	4.24	641.67
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,422.0357	4.24	6,029.43
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg	11,147.3985	4.24	47,264.97
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg	140.4410	4.24	595.47
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg	50.4460	4.24	213.89
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	507.3517	67.00	33,992.56
02070200010001	ARENA FINA	m3	17.4272	66.27	1,154.90
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	284.8811	60.00	17,092.87
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2	96.8180	5.93	574.13
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	10,200.6638	21.50	219,314.27
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	79.1008	8.05	636.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	79.1008	2.97	234.93
0231020003	LEÑA	qm	38.7272	3.84	148.71
0231040002	ESTACAS DE METAL	und	620.4858	4.24	2,630.86
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza	181.6056	10.17	1,846.93
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza	267.3638	20.34	5,438.18
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	39.5504	29.66	1,173.06
0290130022	AGUA	m3	1,111.3659	1.00	1,111.37
					668,119.96
	EQUIPOS				
0301000011	TEODOLITO	hm	41.9234	12.71	532.85
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	21.3572	12.71	271.45
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	21.3572	2.12	45.28
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			2,694.66
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	65.8514	20.00	1,317.03
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	1,725.7788	4.24	7,317.30
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	3.9550	21.19	83.81
					12,262.38
				Total S/.	770,235.53

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 224. Relación de insumos para el pavimento rígido más económico con fibra de acero de 15 kg/m^3 por la guía PCA

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1104006	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO 17.5cm con fibra 15kg/m3
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CON FIBRA DE ACERO
Fecha	26/10/2018	
Lugar	040101	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA				
0101010003	OPERARIO	hh	1,495.9999	19.30	28,872.80
0101010004	OFICIAL	hh	2,039.3218	16.01	32,649.54
0101010005	PEON	hh	3,540.6278	14.40	50,985.04
0101030000	TOPOGRAFO	hh	41.9234	19.30	809.12
					113,316.50
	MATERIALES				
0201020013	GRASA AMARILLA	kg	159.2485	12.25	1,950.79
0201020014	FIBRA DE ACERO	kg	20,763.9000	9.00	186,875.10
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	92.3301	11.86	1,095.03
0201040003	PETROLEO	gal	70.6236	16.86	1,190.71
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal	101.3855	12.71	1,288.61
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	595.9269	4.24	2,526.73
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	176.5590	4.24	748.61
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,431.1909	4.24	6,068.25
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg	11,147.3985	4.24	47,264.97
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg	157.2547	4.24	666.76
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg	58.8530	4.24	249.54
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	591.9096	67.00	39,657.94
02070200010001	ARENA FINA	m3	18.2494	66.27	1,209.39
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	332.3608	60.00	19,941.65
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2	101.3855	5.93	601.22
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	11,900.7601	21.50	255,866.34
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	79.1008	8.05	636.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	79.1008	2.97	234.93
0231040002	ESTACAS DE METAL	und	723.8919	4.24	3,069.30
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza	211.8708	10.17	2,154.73
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza	311.9209	20.34	6,344.47
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	39.5504	29.66	1,173.06
0290130022	AGUA	m3	1,148.9384	1.00	1,148.94
					581,963.83
	EQUIPOS				
0301000011	TEODOLITO	hm	41.9234	12.71	532.85
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	21.3572	12.71	271.45
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	21.3572	2.12	45.28
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3,398.61
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	71.9817	20.00	1,439.63
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	2,460.9374	4.24	10,434.37
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	3.9550	21.19	83.81
					16,206.00
				Total S/.	**711,486.33**

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 225. Relación de insumos para el pavimento rígido convencional con una relación a/c =0.5

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1104007	PAVIMENTO RIGIDO CONCRETO CONVENCIONAL.RELAC. A/C
Subpresupuesto	001	PAVIMENTO RIGIDO CONVECIONAL
Fecha	26/10/2018	
Lugar	040101	AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	MANO DE OBRA				
0101010003	OPERARIO	hh	2,264.1192	19.30	43,697.50
0101010004	OFICIAL	hh	3,028.8682	16.01	48,492.18
0101010005	PEON	hh	4,548.5603	14.40	65,499.27
0101030000	TOPOGRAFO	hh	41.9234	19.30	809.12
					158,498.07
	MATERIALES				
0201020013	GRASA AMARILLA	kg	159.2485	12.25	1,950.79
0201030002	GASOLINA 84 OCTANOS	gal	105.5207	11.86	1,251.48
0201040003	PETROLEO	gal	80.7132	16.86	1,360.82
02010500010006	ASFALTO RC-250	gal	105.9525	12.71	1,346.66
02040100020001	ALAMBRE NEGRO N° 16	kg	1,111.8750	4.24	4,714.35
0204010008	ALAMBRE NEGRO N° 8	kg	201.7830	4.24	855.56
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	12,275.2552	4.24	52,047.08
02040600010018	ACERO LISO EN VARILLAS DE 1" X 6 m fy=4200kg/cm2	kg	11,147.3985	4.24	47,264.97
0204120006	CLAVO PARA MADERA C/C 3"	kg	174.0708	4.24	738.06
0204120007	CLAVO PARA MADERA C/C 4"	kg	67.2610	4.24	285.19
02070100010003	PIEDRA CHANCADA 3/4"	m3	669.5109	67.00	44,857.23
02070200010001	ARENA FINA	m3	19.0714	66.27	1,263.86
02070200010002	ARENA GRUESA	m3	381.5832	60.00	22,894.99
0210040005	TECKNOPORT E=1/2"	m2	105.9525	5.93	628.30
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	14,145.1572	21.50	304,120.88
02130300010001	YESO BOLSA 28 kg	bol	79.1008	8.05	636.76
0231010001	MADERA TORNILLO	p2	79.1008	2.97	234.93
0231020003	LEÑA	gm	42.3810	3.84	162.74
0231040002	ESTACAS DE METAL	und	827.3103	4.24	3,507.80
0231100002	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 2"x3"x10'	pza	242.1396	10.17	2,462.56
0231100003	MADERA CORRIENTE PARA ENCOFRADO 1 1/2"x8"x10'	pza	356.4833	20.34	7,250.87
0240020017	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal	39.5504	29.66	1,173.06
0290130022	AGUA	m3	1,186.5128	1.00	1,186.51
					502,195.45
	EQUIPOS				
0301000011	TEODOLITO	hm	41.9234	12.71	532.85
0301000020	NIVEL TOPOGRAFICO	hm	21.3572	12.71	271.45
0301000021	MIRAS Y JALONES	hm	21.3572	2.12	45.28
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			4,755.04
0301110003	CORTADORA DE CONCRETO	hm	79.1008	20.00	1,582.02
0301290006	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	hm	3,374.9233	4.24	14,309.67
0301470002	WINCHA DE 50 m	he	3.9550	21.19	83.81
					21,580.12
				Total S/.	**682,273.64**

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla N° 226. Resumen de presupuesto de acuerdo a la metodología AASHTO 93 y PCA

RESUMEN DE PRESUPUESTOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO			
METODO AASHTO		METODO PCA	
SIN FIBRA DE ACERO e = 20 cm	CON FIBRA DE ACERO 30kg/m^3 e = 15 cm	SIN FIBRA DE ACERO e = 20 cm	CON FIBRA DE ACERO 30kg/m^3 e = 18 cm
S/. 670,894.26	S/. 770,178.04	S/. 670,894.26	S/. 898,478.26

RESUMEN DE PRESUPUESTOS PARA DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO MAS ECONOMICO	
METODO AASHTO Y PCA	METODO PCA
SIN FIBRA DE ACERO e = 20 cm	CON FIBRA DE ACERO 15 kg/m^3 e = 18 cm
S/. 670,894.26	S/. 711,440.94
Mr = 3.11 MPa	Mr = 3.50 MPa
NO CUMPLE CON LA NORMA CE. 010	SI CUMPLE CON LA NORMA CE. 010

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1) La Norma CE.010 Pavimentos Urbanos establece que el Módulo de Rotura sea superior a 3.40 MPa, en el presente estudio de investigación de uso comparativo de Fibra de Acero para diferentes cantidades, encontramos resultados importantes, es así que para 15 kg/m^3, 25 kg/m^3, 35 kg/m^3 y 45 kg/m^3 de fibra de acero, supera el valor mínimo de 3.40 MPa, obteniendo respectivamente: 3.50 MPa, 3.79 MPa, 4.19 MPa y 4.65 MPa, a diferencia del pavimento convencional que nos da un Mr de 3.11 MPa, lo cual no cumple con la norma. Así mismo, los espesores obtenidos por las diferentes metodologías AASHTO 93 y PCA, nos indica un menor espesor de un pavimento con fibra de acero, que uno sin fibra, obteniendo 15 cm como mínimo con fibra de acero y 20 cm para el pavimento convencional.
2) Del estudio de tráfico se obtuvo que el número de ejes equivalentes (ESAL) fue de 7.06 E+05 para el pavimento rígido tanto convencional como para el que contiene Fibras de acero. Es necesario recalcar que el estudio de tráfico fue usado tanto para los diseños por los métodos AASHTO 93 y el PCA. El periodo asumido de diseño para el ESAL fue de 20 años.
3) Para el estudio de Subrasante, se realizaron 04 calicatas en las avenidas principales, tomándose las respectivas muestras para los ensayos, determinándose sus propiedades, las cuales cumplen con la normativa de Pavimentos Urbanos CE 010.
4) Para el estudio de la Base Granular se usó el material de la cantera “MUNAY HUARMI”, ubicada en la carretera Cusco – Paruro (km 02+700), más cercana al lugar del proyecto, de cuyas muestras se obtuvieron sus propiedades y encontrándose que los resultados obtenidos cumplen con la normativa de Pavimentos Urbanos CE 010.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5) Del estudio del Agregado Grueso y Agregado Fino de la Cantera de Chiguata se obtuvo que cumplen con las especificaciones establecidas en la norma de "Pavimentos Urbanos CE 010" para el uso de Pavimentos Rígidos.

6) De los Estudios de Concreto en estado fresco; respecto a la temperatura, al añadirle fibras de acero al concreto reduce su temperatura respecto al concreto convencional sin fibras de acero; asimismo el asentamiento del concreto con fibra de acero disminuye cuando esta se incrementa fibra de acero, mientras que utilizando el concreto convencional el asentamiento es superior.

7) De los de Estudios de Concreto en estado endurecido, en la resistencia a la Compresión, el concreto con fibras de acero proporciona un aumento en la Resistencia a la Compresión en un 30% considerando el promedio, respecto al concreto convencional sin fibra; en la Resistencia a la Tracción Indirecta, el concreto con fibras de acero proporciona un aumento considerable en la resistencia a la Tracción Indirecta respecto al concreto convencional sin fibra en un 45% también considerando el promedio; en la Resistencia a la Flexión, el concreto con fibras de acero proporciona un aumento en un valor del 30% cumpliendo con la normativa de Pavimentos Urbanos CE 010 respecto al concreto convencional sin fibra.

8) Del capítulo de diseño del pavimento rígido se obtuvieron dos alternativas de diseño; una por la metodología de la AASHTO 93 y otra por la PCA. Las diferencias entre ambas radica en el enfoque aplicado; mientras que la AASHTO 93, como se mencionó, utiliza conceptos de confiabilidad, desviación estándar combinada (que toma en cuenta la variabilidad del tránsito y otros factores que afectan el comportamiento del pavimento) y pérdida de serviciabilidad, por otro lado la PCA se basa en un análisis por fatiga y por erosión donde se evalúa el porcentaje de daño al que estará expuesto el pavimento. Una clara diferencia entre ambas metodologías es que la AASHTO 93 usa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

el ESAL como resultado final del estudio de tráfico mientras que la PCA usa el número de repeticiones esperadas acumuladas al periodo de diseño por tipo y peso de cada eje.

9) Después de haber utilizado las guías PCA y AASHTO 93 estas variaron en su parte estructural en su espesor, haciendo uso del CBR de diseño al 75% con un valor de 15.61 obtuvimos un espesor de 20 cm para un pavimento convencional con ambas guías, y espesores de 15 cm con la adición de fibra de acero utilizando la guía AASHTO 93 y 17.5 cm con la adición de fibra de acero utilizando la guía PCA.

10) En relación a los costos estos varían también según el espesor del pavimento obteniendo un espesor optimo pavimento convencional con 20 cm de espesor un costo igual S/. 670 894.26, para el pavimento rígido con fibra de acero de 30 kg/m^3 por la guía AASHTO 93, con espesor de 15 cm el presupuesto fue de S/. 770,178.04 y por la guía PCA, con espesor de 17.5cm el presupuesto fue de S/. 898,478.26

11) Haciendo un análisis entre el diseño de un pavimento rígido con la adición 15 kg/m^3 de fibra de acero que satisface las necesidades de un pavimento rígido de acuerdo a la Norma CE.010 – Pavimentos Urbanos, teniendo una diferencia frente al Pavimento Rígido Convencional el cual no cumple con las necesidades de un pavimento rígido utilizando el criterio del módulo de rotura; asimismo se aprecia una mínima diferencia respecto a costos, siendo los costos respectivamente de, S/. 711,440.94 (pavimento rígido para la adición 15 kg/m^3 de fibra de acero) y de S/. 670,894.26 (pavimento rígido convencional), observando que es más conveniente aún el uso del pavimento rígido convencional.

12) Se puede apreciar que la diferencia del presupuesto y procedimiento constructivo se dan en las partidas.

- Concreto f´c = 210 kg/cm^2 simple vs Concreto f´c = 210 kg/cm^2 simple añadido con la adición fibra de acero, se nota la diferencia a favor del Concreto f´c =210

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

kg/cm^2 simple, debido a que el Pavimento con Fibra de acero se añade el material "Fibra de acero" aumentando el costo de la partida.

- Encofrado y desencofrado de pavimento rígido vs encofrado y desencofrado de pavimento rígido con la adición fibra, se nota la diferencia de costo debido al espesor de la losa a favor del pavimento rígido con la adición fibra.
- Sellado de juntas de contracción y longitudinales, en esta partida se presenta una disminución de presupuesto a favor del pavimento rígido con la adición fibra debido al espesor de la losa.

13) Estableciendo un comparativo en la relación a/c entre el diseño de pavimento rígido convencional y uno con la adición fibra de acero 15 kg/m3 obteniendo:

- Comparación respecto al costo pavimento rígido convencional par la relación (a/c=0.5) S/. 682,221.52 vs Pavimento Rígido con la adición de fibra de acero 15 kg/m3 con S/. 711,440.94, teniendo una variación de 4.28% entre dichos costos, a favor del pavimento convencional.

Concluimos que el pavimento rígido convencional relación a/c=0.50 vendría a ser una opción más óptima a nivel de costo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

1. El estudio de tráfico es el dato de entrada más importante en la metodología de diseño de pavimentos y es por ello que en proyectos como el de la presente tesis se recomienda hacer uso de un plan de gestión para pavimentos con poca transitabilidad, que este diseñado para pavimentos urbanos.
2. Del diseño de pavimentos rígidos para tener un beneficio económico a favor del diseño de pavimentos rígidos con fibras de acero, debe ser aplicado a concretos con gran demanda de vehículos, puesto que ahí se tendrá una variación más notoria del espesor del pavimento y se encontraran más beneficios económicos y estructurales.
3. Se recomienda que los ensayos de laboratorio deber de ser desarrollados de acuerdo a la normativa que se selecciona, puesto que en el ensayo de Tracción indirecta se verifico la diferencia al ensayar unas briquetas con el molde de sujeción y sin el molde, donde se notó una diferencia en los resultados, que pueden afectar en el diseño de juntas.
4. Se recomienda para el ensayo de Resistencia a Flexión de Viguetas, cuando se añade alguna fibra usar la norma ASTM C1609 y el equipo necesario para determinar con mayor precisión el trabajo, y las resistencias alcanzadas a favor de la fibra incorporada al concreto.
5. Se recomienda hacer estudios con las nuevas tecnologías que ayuden a mejorar el diseño y desempeño de los pavimentes rígidos, ya sean microfibras o microfibras u otros aditivos.
6. Se recomienda hacer uso de las fibras de acero para zonas de trabajo solicitadas a mayores pesos vehiculares, para ver el comportamiento que tienen las fibras de acero con el concreto a una mayor transitabilidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

2016 "Manual de Ensayos de Materiales (EM 2000). Editorial: Dirección general de caminos y ferrocarriles. 2016. Lima, Perú.

VEN TE CHOW.

1994 "Hidrología Aplicada" Editorial: Martha Edna Suarez R. En Santa fé Bogotá. Colombia 1994

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN

2010 "Manual Completo de Diseño de Pavimentos". Editorial: Facultad de Ciencias y Tecnología.

MONTEJO FONSECA, Alfonso

2006 "Ingeniería de Pavimentos". Fundamentos, estudios básicos y diseño, Editorial: Stella Valbuena García. Edición: 3ra. En Bogotá Colombia – 2006.

MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

2010 "Norma CE.010 Pavimentos Urbanos". Editorial: Industrial Gráfica Apolo S.A.C. Edición: Primera – Marzo 2010.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

2013 "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos"

CEMEX CONCRETOS

2012 "Manual de Pavimentos de Concreto". México

PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

1995 "Diseño de espesores para pavimentos de Hormigón en carreteras y calles" Editorial: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigon.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

2015 “Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete”. Norma ASTM C1116/C1116M. Editorial: Subcommittee C09.42

SIKA

2016 “Hoja Técnica SIKA fiber CHO 80/60 NB”. Fibra de Acero para refuerzo del concreto losas y concreto pre fabricado. Edición: 4ta. En Lima, Perú 2016.

RIVERA L., Gerardo A.

S/A “Resistencia del Concreto”. Concreto Simple.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

2015 “Resistencia a la Flexión de vigas de concreto (carga a los tercios)”. Norma ASTM C78.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

2012 “Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber – Reinforced Concrete (Using Beam With Third – Point Loading). Norma ASTM C78. Norma ASTM C1609/C1609M. Editorial: Subcommittee C09.42

SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

2010 “Curso Completo de Topografía”.

INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA.

2005 “Manual de Diseño Geométrico de Vías Urbanas”. En: Empresa VCHI ingenieros consultores. Edición 2004. Lima, Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

2003 “Reglamento Nacional de Vehículos”. Decreto Supremo N°58-2003.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N° 1

ESTUDIO GEOTECNICO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

<table>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
</table>

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TESIS: "EVALUACION, COMPARACION Y DISENO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUIA DE LA AASHTO 93 Y LA GUIA DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) APLICADO A LA AV, LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, EN EL DISTRTITO DE SAN JERONIMO – CUSCO".		C-01
UBICACIÓN: Av. La Florida, Progresiva 0+050 Km.	**LADO:** Derecho	

PROFUNDIDAD (M)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.50	GP	0.30 m	GP		Material Lastre, color marrón, en estado compactado
	GM	1.25 m	GM		Grava con limos, en estado semi compactado y regular contenido de humedad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TESIS: "EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUIA DE LA AASHTO 93 Y LA GUIA DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) APLICADO A LA AV, LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, EN EL DISTRTITO DE SAN JERONIMO – CUSCO".					C-02
UBICACIÓN: Av. La Florida, Progresiva 0+360 Km.			**LADO:** Centro		
PROFUNDIDAD (M)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.50	GP	0.25 m	GP		Material Lastre, color marrón, con rastros blancos
	GM	1.25 m	GM		Grava con cantidad de limos y arena en estado semi compactado, con contenido de humedad regular.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TESIS: "EVALUACION, COMPARACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUIA DE LA AASHTO 93 Y LA GUIA DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) APLICADO A LA AV, LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, EN EL DISTRTITO DE SAN JERONIMO – CUSCO".					C-03
UBICACIÓN: Av. La Florida, Progresiva 0+545Km.			**LADO:** Izquierdo		
PROFUNDIDAD (M)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00 0.20 0.40	GP	0.25 m	GP		Material Lastre, color marrón en estado compactado y regular contenido de humedad
0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.50	GC	1.25 m	GC		Poca cantidad de Grava y arena con limo y arcilla, en estado compactado y con contenido de humedad notable.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TESIS: "EVALUACION, COMPARACION Y DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICION DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUIA DE LA AASHTO 93 Y LA GUIA DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) APLICADO A LA AV, LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, EN EL DISTRTITO DE SAN JERONIMO – CUSCO".		C-04
UBICACION: Av. La Florida, Progresiva 0+835 Km.	**LADO:** Centro	

PROFUNDIDAD (M)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.50	GP	0.30 m	GP		Material Lastre, color marrón, con limos y bajo contenido de humedad, en estado bajo de compactación
	GM	1.20 m	GM		Grava con limos, en estado semi- compactado y regular contenido de humedad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

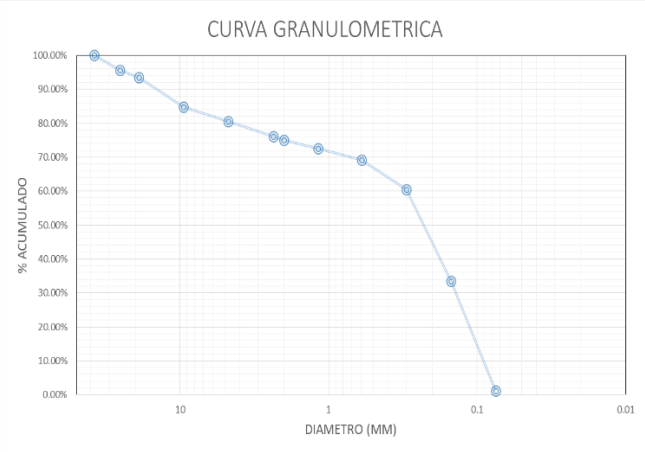
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

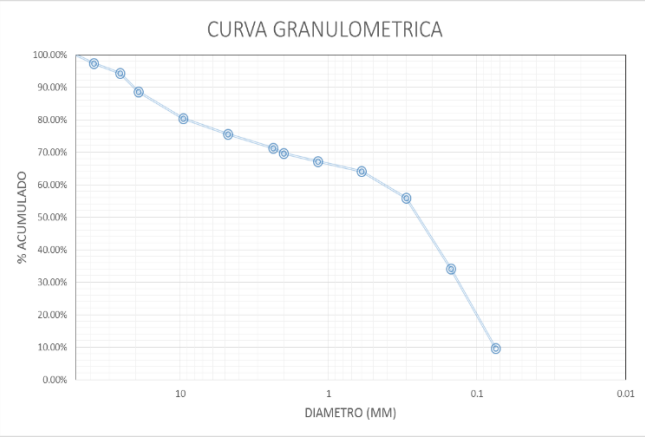
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

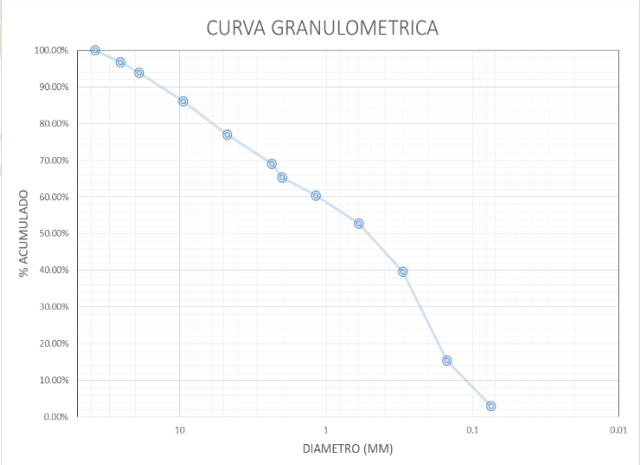
	MUESTRA N° 01			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0.00%	100.00%
1"	25.4	160	4.32%	95.68%
3/4"	19.05	80	2.16%	93.52%
3/8"	9.525	320	8.64%	84.89%
# 4	4.75	160	4.32%	80.57%
#8	2.36	163.2	4.40%	76.16%
# 10	2	44.8	1.21%	74.95%
# 16	1.18	89.6	2.42%	72.53%
# 30	0.6	122.4	3.30%	69.23%
# 50	0.3	320.8	8.66%	60.57%
# 100	0.15	1001.6	27.03%	33.54%
# 200	0.075	1201.6	32.43%	1.11%
FONDO	0	40.96	1.11%	0.00%
		3704.96		



	MUESTRA N° 02			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	40	2.68%	97.32%
1"	25.4	45.1	3.02%	94.31%
3/4"	19.05	85.4	5.71%	88.59%
3/8"	9.525	124	8.30%	80.29%
# 4	4.75	70.4	4.71%	75.58%
#8	2.36	63.4	4.24%	71.34%
# 10	2	25.6	1.71%	69.63%
# 16	1.18	35.8	2.40%	67.23%
# 30	0.6	45.4	3.04%	64.20%
# 50	0.3	124	8.30%	55.90%
# 100	0.15	325	21.75%	34.15%
# 200	0.075	365.4	24.45%	9.70%
FONDO	0	145	9.70%	0.00%
		1494.5		



	MUESTRA N° 03			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0.00%	100.00%
1"	25.4	90	3.18%	96.82%
3/4"	19.05	80.2	2.83%	93.99%
3/8"	9.525	220.6	7.79%	86.20%
# 4	4.75	260	9.18%	77.02%
#8	2.36	226	7.98%	69.04%
# 10	2	102.4	3.62%	65.42%
# 16	1.18	143	5.05%	60.37%
# 30	0.6	214.2	7.56%	52.81%
# 50	0.3	373.6	13.19%	39.61%
# 100	0.15	682.6	24.10%	15.51%
# 200	0.075	354.2	12.51%	3.00%
FONDO	0	85	3.00%	0.00%
		2831.8		

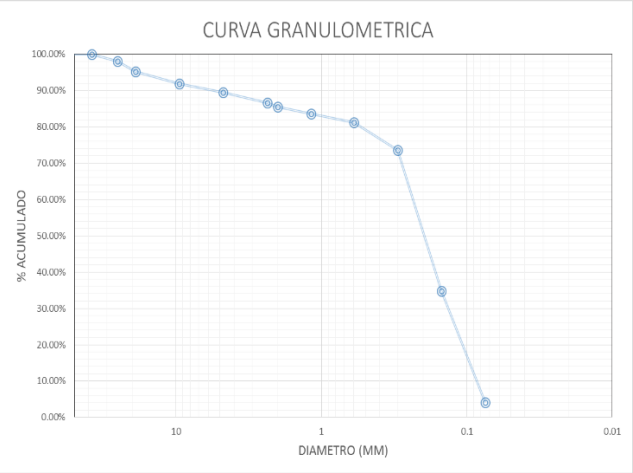


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

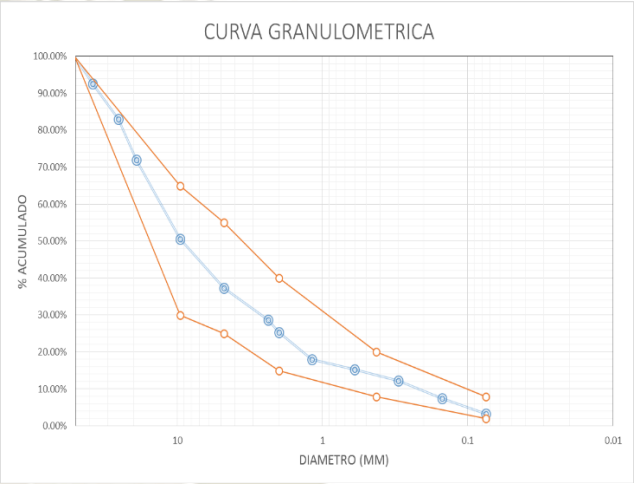
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	MUESTRA N° 04			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0.00%	100.00%
1"	25.4	25.2	1.87%	98.13%
3/4"	19.05	40	2.97%	95.15%
3/8"	9.525	43.4	3.23%	91.92%
# 4	4.75	32.5	2.42%	89.51%
#8	2.36	38.6	2.87%	86.64%
# 10	2	16	1.19%	85.45%
# 16	1.18	24.7	1.84%	83.61%
# 30	0.6	31.2	2.32%	81.29%
# 50	0.3	102.8	7.65%	73.64%
# 100	0.15	522.4	38.85%	34.79%
# 200	0.075	412.9	30.71%	4.08%
FONDO	0	54.9	4.08%	0.00%
		1344.6		



	MUESTRA CANTERA			CANTERA
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	400.8	7.42%	92.58%
1"	25.4	512.8	9.49%	83.09%
3/4"	19.05	600	11.11%	71.98%
3/8"	9.525	1153.2	21.35%	50.63%
# 4	4.75	720.4	13.34%	37.29%
#8	2.36	461.6	8.55%	28.75%
# 10	2	182	3.37%	25.38%
# 16	1.18	396.8	7.35%	18.03%
# 30	0.6	152.4	2.82%	15.21%
# 50	0.3	161.2	2.98%	12.23%
# 100	0.15	260.4	4.82%	7.41%
# 200	0.075	220	4.07%	3.33%
FONDO	0	180	3.33%	0.00%
		5401.6		

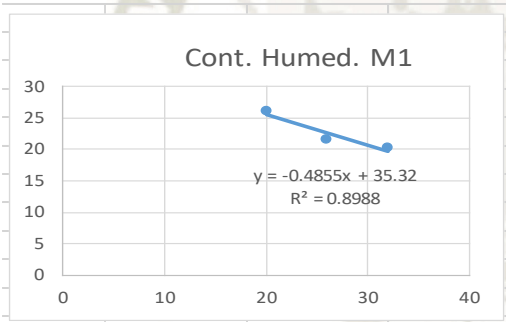


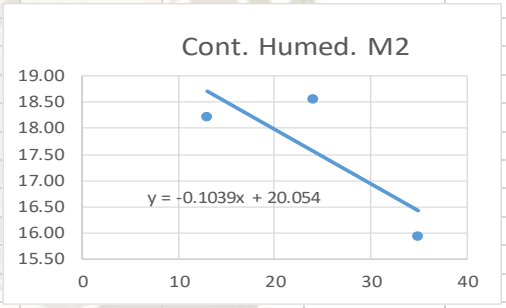
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

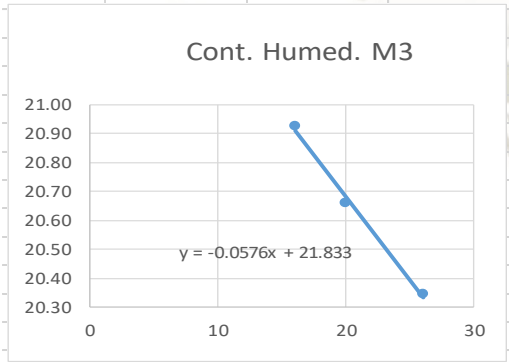
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

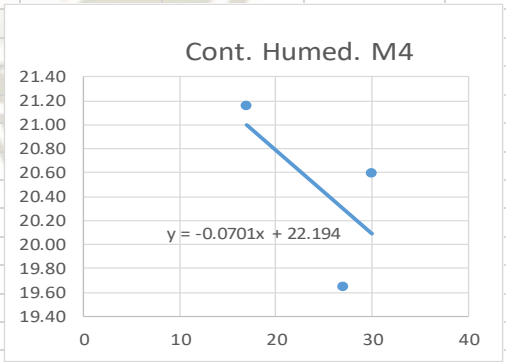
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

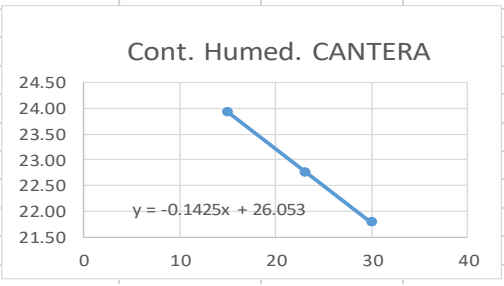
LIMITE LIQUIDO	Wc Lata (gr)	N° de Golpes	(Wc + Wh) gr	(Wc + Ws) gr	Ws (gr)	Wh (gr)	Cont. Humed. (%)
M-1							
Ca10	11.2	20	48.8	41	29.8	7.8	26.17
Ca15	11.1	26	54.5	46.8	35.7	7.7	21.57
Ca24	11	32	52.4	45.4	34.4	7	20.35
		25					23.18
M-2							
Ca11	11	13	57.1	50	39	7.1	18.21
Ca16	11.2	35	57.8	51.4	40.2	6.4	15.92
Ca23	11.1	24	53.9	47.2	36.1	6.7	18.56
		25					17.46
M-3							
Ca3	10.9	16	60.6	52	41.1	8.6	20.92
Ca8	11.1	20	51.4	44.5	33.4	6.9	20.66
Ca9	11	26	53	45.9	34.9	7.1	20.34
		25					20.39
M-4							
Ca1	11	30	55.5	47.9	36.9	7.6	20.60
Ca27	10.8	27	57.7	50	39.2	7.7	19.64
Ca20	10.8	17	61.2	52.4	41.6	8.8	21.15
		25					20.44
CANTERA							
Ca22	11.2	15	68.7	57.6	46.4	11.1	23.92
Ca26	11.1	23	61.8	52.4	41.3	9.4	22.76
Ca19	11.1	30	45.2	39.1	28	6.1	21.79
		25					22.49











Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

LIMITE PLASTICO	Wc (gr)	(Wc + Wh) (gr)	(Wc + WhS) (gr)	WSH (gr)	WSS (gr)
M-1					
Cz5	11.1	19.1	17.8	1.3	6.7
Ca21	11	20.1	18.6	1.5	7.6
Ca26	11.1	23.2	21.2	2.028	10.072
M-2					
Ca4	11	17.7	16.7	1	5.7
Ca18	11.1	17.4	16.5	0.9	5.4
Ca31	11	14.7	14.2	0.5	3.2
M-3					
Ca1	10.9	ARENA	ARENA	#¡VALOR!	#¡VALOR!
Ca27	11.1	ARENA	ARENA	#¡VALOR!	#¡VALOR!
Ca20	11	ARENA	ARENA	#¡VALOR!	#¡VALOR!
M-4					
Ce4-01	11	15.4	14.7	0.7	3.7
Ce4-02	11.1	15.4	14.8	0.6	3.7
Ce1-01	10.9	15.3	14.6	0.7	3.7
CANTERA					
Ca27	10.9	12.7	12.4	0.3	1.5
Ca11	11.2	14.4	13.9	0.5	2.7
Ca20	11.1	14.3	13.9	0.4	2.8

	Wfiola (gr)	Wfiola + H2O (gr)	Wmuestra(gr)	Wfiola + muestra 24h. (gr)
Muestra 1	164.4	662.1	100	723.2
Muestra 2	166.3	663.2	100	720.5
Muestra 3	177.1	674.7	100	736.2
Muestra 4	164	685.8	100	740.8
Cantera	160.3	658.2	100	719.6

$$Gs = \frac{Ws}{Wi + Ws - Wf}$$

CALICATA N°01

	Wfiola (gr)	Wfiola + H2O (gr) (prom.)	Wmuestra(gr)	Wfiola + muestra 24h. (gr)	Gs
Muestra 1	164.4	662.1	100.2	723.2	2.563
Muestra 2	164.4	662.1	102.4	723.6	2.504
Muestra 3	164.4	662.1	103.2	723.9	2.493
					2.520

CALICATA N°02

	Wfiola (gr)	Wfiola + H2O (gr) (prom.)	Wmuestra(gr)	Wfiola + muestra 24h.(gr)	Gs
Muestra 1	166.3	663.2	101.1	720.5	2.308
Muestra 2	166.3	663.2	100.8	720.1	2.296
Muestra 3	166.3	663.2	102.3	721.2	2.309
					2.305

CALICATA N°03

	Wfiola (gr)	Wfiola + H2O (gr)	Wmuestra(gr)	Wfiola + muestra 24h. (gr)	Gs
Muestra 1	177.1	674.7	100	736.2	2.597
Muestra 2	177.1	674.7	100.5	736.4	2.590
Muestra 3	177.1	674.7	102.1	737.1	2.572
					2.586

CALICATA N°04

	Wfiola (gr)	Wfiola + H2O (gr) (prom.)	Wmuestra(gr)	Wfiola + muestra 24h.	Gs
Muestra 1	164	685.8	102.2	740.8	2.165
Muestra 2	164	685.8	100	739.2	2.146
Muestra 3	164	685.8	103.2	741.2	2.159
					2.157

CANTERA

	Wfiola (gr)	Wfiola + H2O (gr)	Wmuestra(gr)	Wfiola + muestra 24h.	Gs
Muestra 1	160.3	658.2	100.7	719.6	2.562
Muestra 2	160.3	658.2	100.5	719.4	2.557
Muestra 3	160.3	658.2	101.8	720.5	2.577
					2.566

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compactación

Prueba Nº	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6129	6174.5	6220.5	6191
Peso molde (gr.)	4235.5	4235.5	4235.5	4235.5
Peso suelo compactado (gr.)	1893.5	1939	1985	1955.5
Volumen del molde (cm^3)	1256.64	1256.64	1256.64	1256.64
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.507	1.543	1.580	1.556

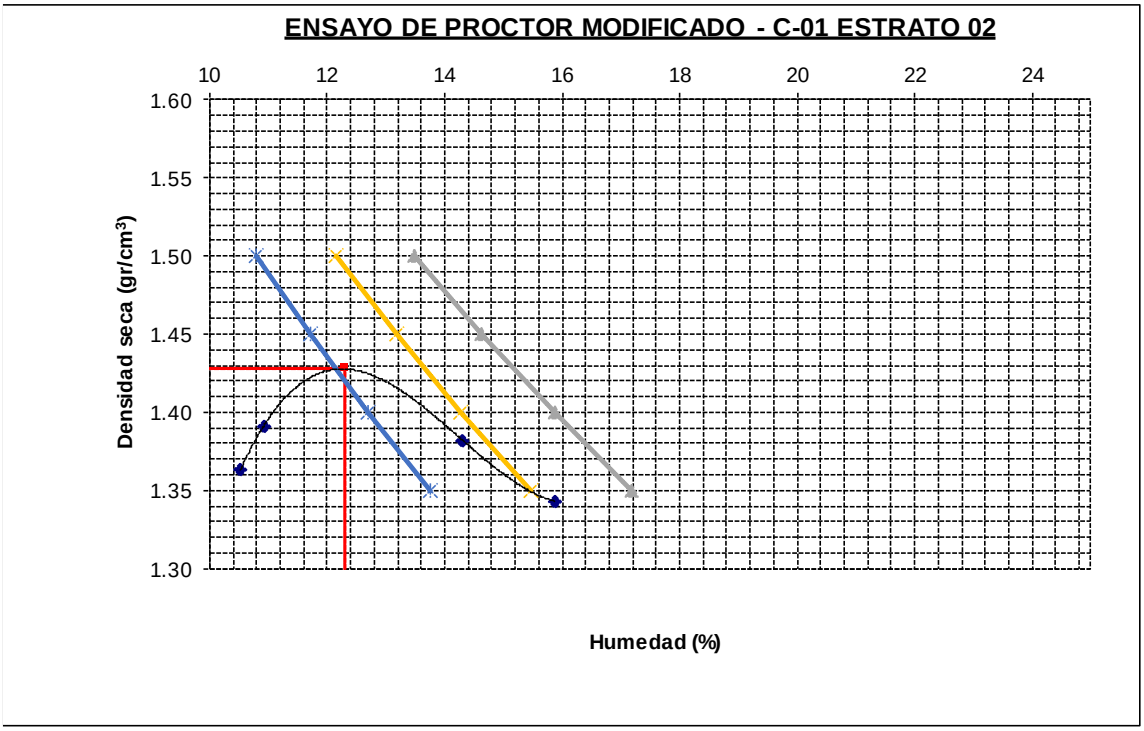
Humedad (%)

Tara Nº	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	111.30	116.30	93.70	115.30
Tara + suelo seco (gr.)	103.30	107.50	85.50	103.20
Peso de agua (gr.)	8.00	8.80	8.20	12.10
Peso de tara (gr.)	27.30	26.90	28.20	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	76.00	80.60	57.30	76.20
Humedad (%)	10.5	10.9	14.3	15.9
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.363	1.391	1.382	1.343

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.428

Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.3

SATURACION (%)		y (gr/cm^3)	w% - 100%	w% - 90%	w% - 80%
Gs	2.52	1.35	17.193	15.474	13.755
vw	1	1.4	15.871	14.284	12.696
vd	y	1.45	14.639	13.175	11.711
		1.5	13.490	12.141	10.792



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compactación

Prueba Nº	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6129	6174.5	6220.5	6191
Peso molde (gr.)	4235.5	4235.5	4235.5	4235.5
Peso suelo compactado (gr.)	1893.5	1939	1985	1955.5
Volumen del molde (cm^3)	1256.64	1256.64	1256.64	1256.64
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.507	1.543	1.580	1.556

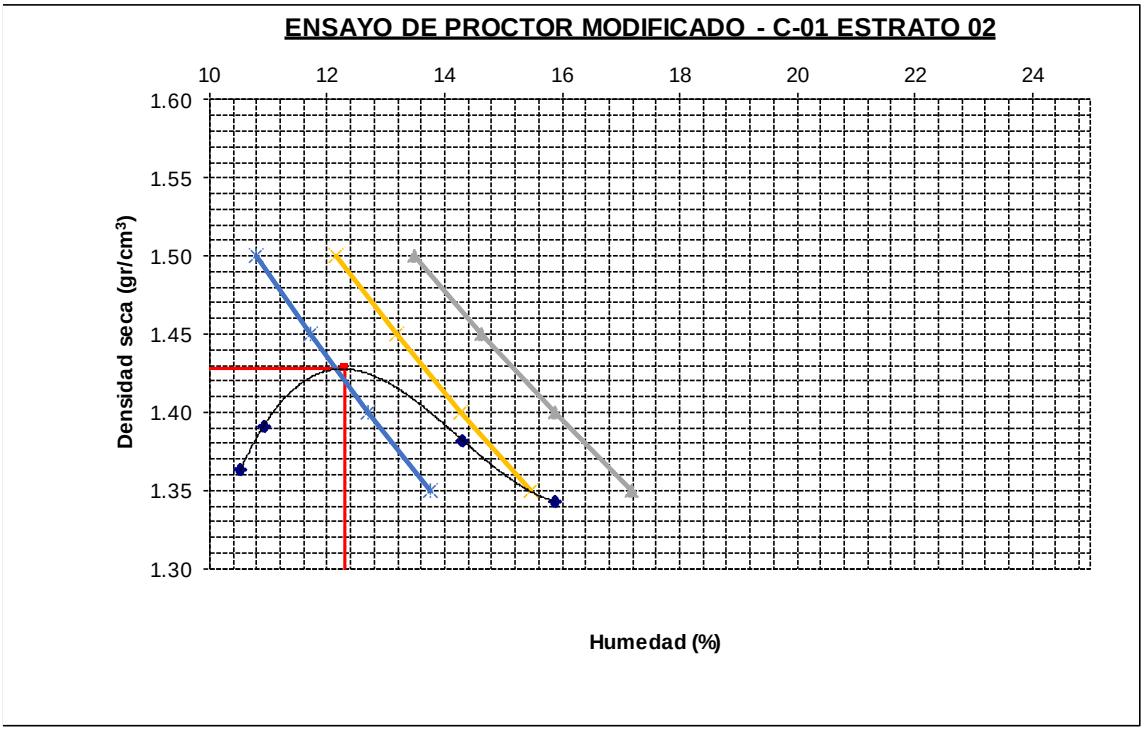
Humedad (%)

Tara Nº	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	111.30	116.30	93.70	115.30
Tara + suelo seco (gr.)	103.30	107.50	85.50	103.20
Peso de agua (gr.)	8.00	8.80	8.20	12.10
Peso de tara (gr.)	27.30	26.90	28.20	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	76.00	80.60	57.30	76.20
Humedad (%)	10.5	10.9	14.3	15.9
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.363	1.391	1.382	1.343

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.428

Optimo Contenido de Humedad (%) : 12.3

SATURACION (%)		y (gr/cm3)	w% - 100%	w% - 90%	w% - 80%
Gs	2.52	1.35	17.193	15.474	13.755
vw	1	1.4	15.871	14.284	12.696
vd	y	1.45	14.639	13.175	11.711
		1.5	13.490	12.141	10.792



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compactación

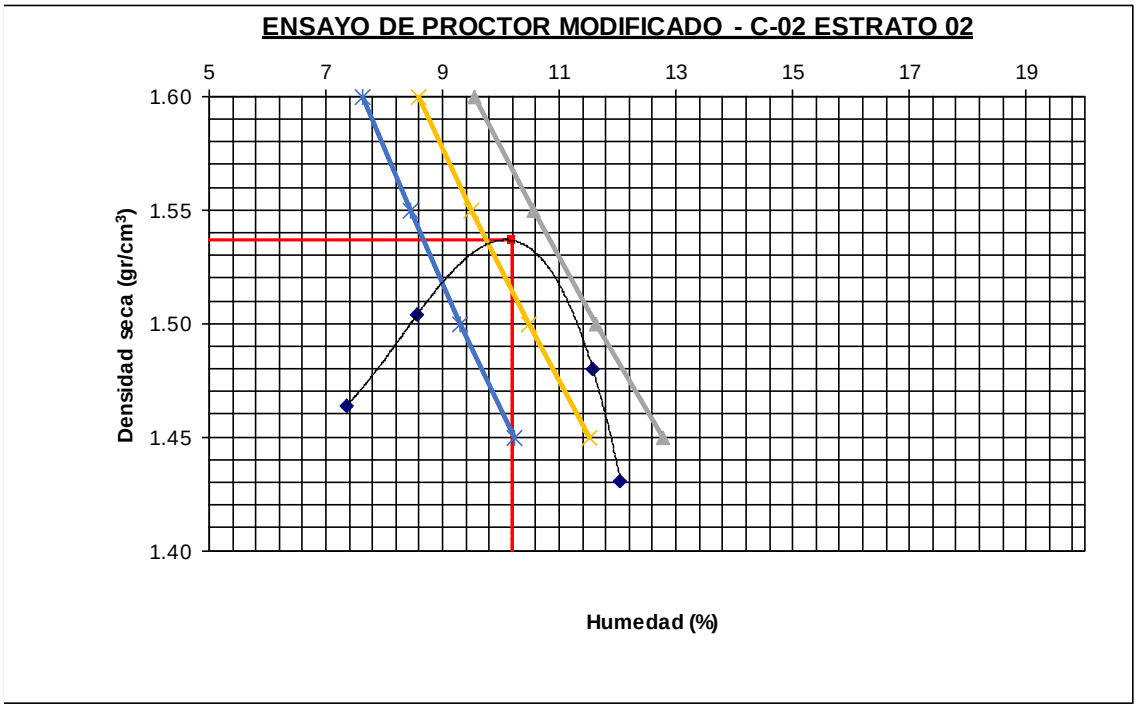
Prueba Nº	1	2	3	4	
Numero de capas	5	5	5	5	
Numero de golpes	25	25	25	25	
Peso suelo + molde (gr.)	5183	6287	6311	6250.5	
Peso molde (gr.)	3278.5	4235.5	4235.5	4235.5	
Peso suelo compactado (gr.)	1904.5	2051.5	2075.5	2015	
Volumen del molde (cm^3)	1212.12	1256.64	1256.64	1256.64	
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.571	1.633	1.652	1.603	

Humedad (%)

Tara Nº	1	2	3	4	
Tara + suelo húmedo (gr.)	137.60	98.70	82.00	108.60	
Tara + suelo seco (gr.)	130.10	92.80	76.40	99.90	
Peso de agua (gr.)	7.50	5.90	5.60	8.70	
Peso de tara (gr.)	28.00	23.90	28.00	27.70	
Peso de suelo seco (gr.)	102.10	68.90	48.40	72.20	
Humedad (%)	7.3	8.6	11.6	12.0	
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.464	1.504	1.480	1.431	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.537
Optimo Contenido de Humedad (%) : 10.2

SATURACION (%)		y (gr/cm^3)	w% - 100%	w% - 90%	w% - 80%
Gs	2.30	1.45	12.786	11.508	10.229
vw	1	1.5	11.637	10.473	9.310
vd	y	1.55	10.562	9.506	8.449
		1.6	9.554	8.598	7.643



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compactación

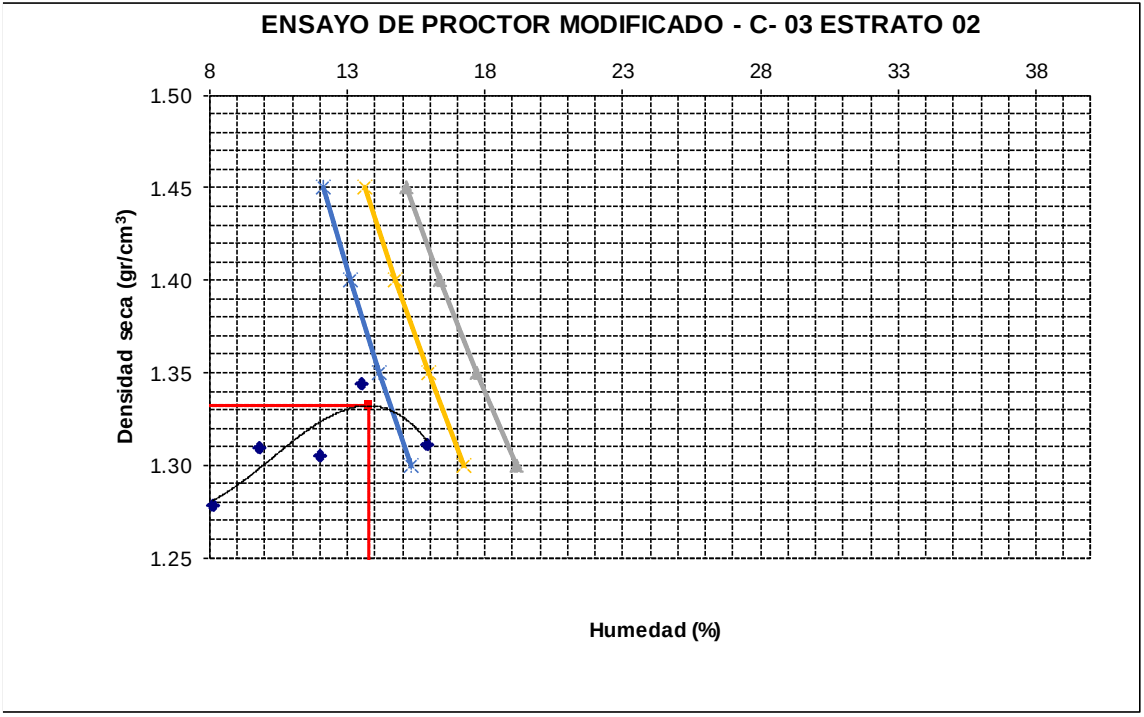
Prueba Nº	1	2	3	4	5
Numero de capas	5	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5972	6042.5	6072.5	6153.5	6145
Peso molde (gr.)	4235.5	4235.5	4235.5	4235.5	4235.5
Peso suelo compactado (gr.)	1736.5	1807	1837	1918	1909.5
Volumen del molde (cm^3)	1256.64	1256.64	1256.64	1256.64	1256.64
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.382	1.438	1.462	1.526	1.520

Humedad (%)

Tara Nº	1	2	3	4	5
Tara + suelo húmedo (gr.)	150.40	119.10	180.70	144.10	170.30
Tara + suelo seco (gr.)	141.15	110.90	164.30	130.30	150.60
Peso de agua (gr.)	9.25	8.20	16.40	13.80	19.70
Peso de tara (gr.)	27.60	27.40	27.50	28.40	26.50
Peso de suelo seco (gr.)	113.55	83.50	136.80	101.90	124.10
Humedad (%)	8.1	9.8	12.0	13.5	15.9
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.278	1.309	1.305	1.344	1.311

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.332
Optimo Contenido de Humedad (%) : 13.8

SATURACION (%)		y (gr/cm^3)	w% - 100%	w% - 90%	w% - 80%
Gs	2.59	1.3	19.13013987	17.21712589	15.3041119
vw	1	1.35	17.70563845	15.9350746	14.16451076
vd	y	1.4	16.38288713	14.74459841	13.1063097
		1.45	15.15136003	13.63622403	12.12108803



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compactación

Prueba Nº	1	2	3
Numero de capas	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6148	6192	6169
Peso molde (gr.)	4235.5	4235.5	4235.5
Peso suelo compactado (gr.)	1912.5	1956.5	1933.5
Volumen del molde (cm^3)	1256.64	1256.64	1256.64
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.522	1.557	1.539

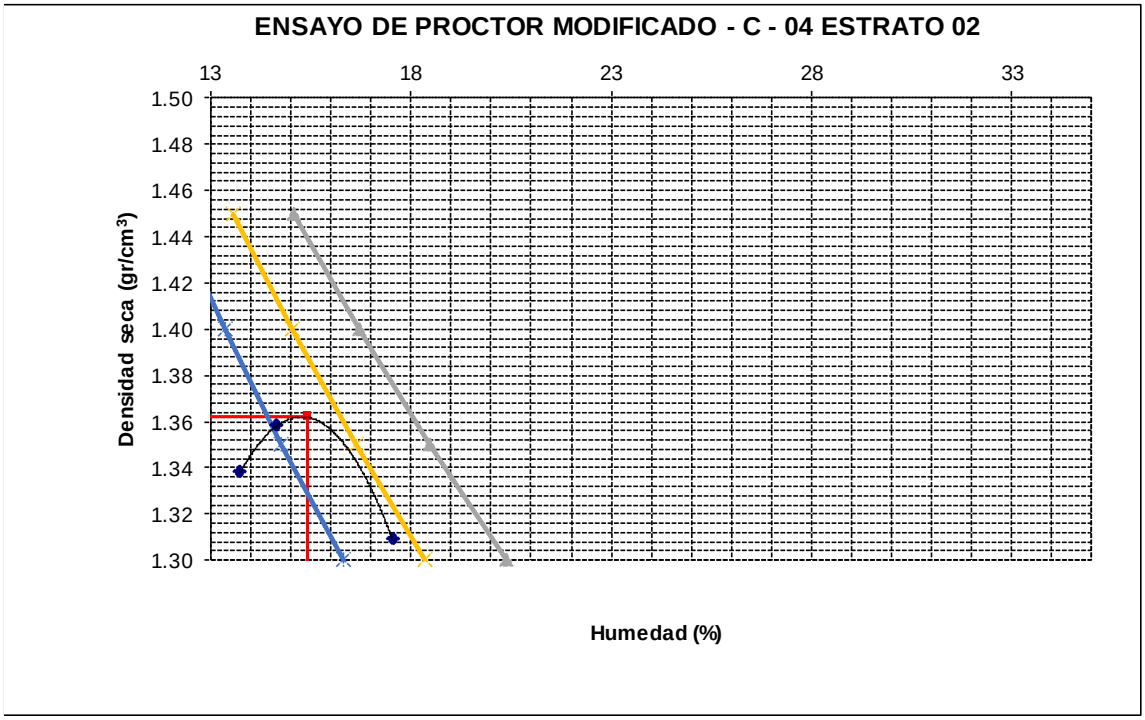
Humedad (%)

Tara Nº	1	2	3
Tara + suelo húmedo (gr.)	137.40	132.90	144.30
Tara + suelo seco (gr.)	124.10	119.50	126.90
Peso de agua (gr.)	13.30	13.40	17.40
Peso de tara (gr.)	27.30	28.00	27.70
Peso de suelo seco (gr.)	96.80	91.50	99.20
Humedad (%)	13.7	14.6	17.5
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.338	1.358	1.309

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.362

Optimo Contenido de Humedad (%) : 15.4

SATURACION (%)		y (gr/cm^3)	w% - 100%	w% - 90%	w% - 80%
Gs	2.16	1.3	20.371	18.334	16.297
vw	1	1.35	18.472	16.624	14.777
vd	y	1.4	16.708	15.037	13.366
		1.45	15.066	13.559	12.053



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Compactación

Prueba Nº	1	2	3	4
Numero de capas	5	5	5	5
Numero de golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	6018	6117.5	6147	6103
Peso molde (gr.)	4235.5	4235.5	4235.5	4235.5
Peso suelo compactado (gr.)	1782.5	1882	1911.5	1867.5
Volumen del molde (cm^3)	1256.64	1256.64	1256.64	1256.64
Densidad humeda (gr/cm^3)	1.418	1.498	1.521	1.486

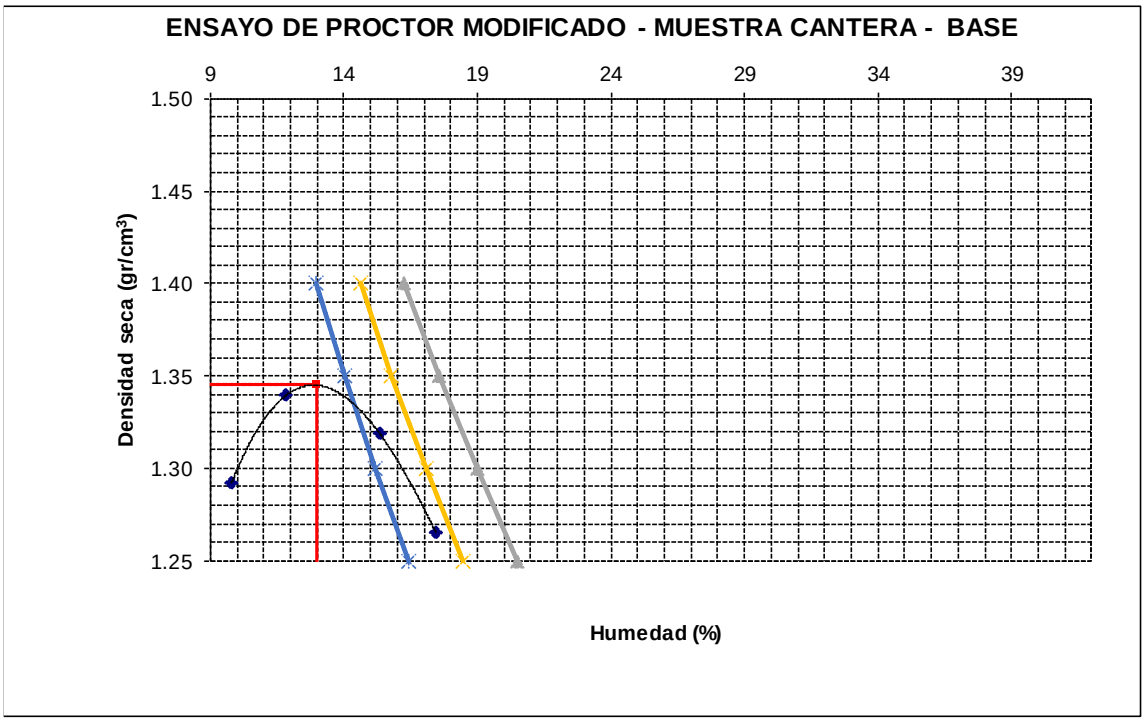
Humedad (%)

Tara Nº	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	91.20	150.80	129.80	167.80
Tara + suelo seco (gr.)	85.50	137.70	116.30	146.90
Peso de agua (gr.)	5.70	13.10	13.50	20.90
Peso de tara (gr.)	27.30	26.90	28.20	27.00
Peso de suelo seco (gr.)	58.20	110.80	88.10	119.90
Humedad (%)	9.8	11.8	15.3	17.4
Densidad Seca (gr/cm^3)	1.292	1.339	1.319	1.266

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.345

Optimo Contenido de Humedad (%) : 13.0

SATURACION (%)		y (gr/cm^3)	w% - 100%	w% - 90%	w% - 80%
Gs	2.57	1.25	20.511	18.460	16.409
vw	1	1.3	18.973	17.076	15.178
vd	y	1.35	17.548	15.794	14.039
		1.4	16.226	14.603	12.981



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ENSAYO DE CBR - CALICATA 01 ESTRATO 02

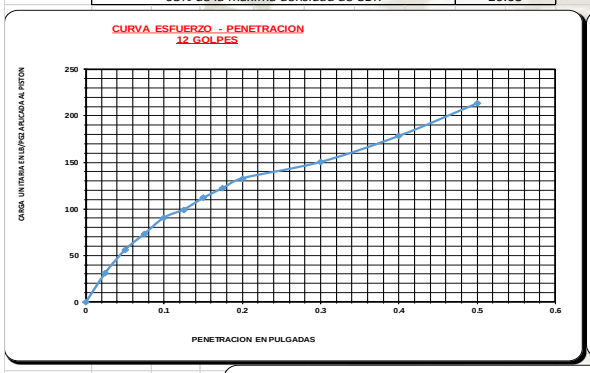
MOLDE N°			1		2		3	
N° DE CAPAS			5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA			12		25		56	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			No saturado		No saturado		No saturado	
Peso de molde + suelo humedo			11412		12088		12030	
Peso de molde			8320.5		8432		8372.5	
Peso de suelo humedo			3091.5		3656		3657.5	
Volumen de molde			2317		2317		2317	
Densidad humeda			1.334		1.578		1.579	
Porcentaje de humedad								
Densidad seca								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			No saturado		No saturado		No saturado	
Cápsula N°			1	2	1	2	1	2
Peso de la cápsula			26.8	28.5	30	26.3	27.6	27.8
Peso de la cáp. + suelo humedo			100.8	121.4	107.2	138	120.4	105.8
Peso de la cáp. + suelo seco			92.8	111.1	99	125.3	110.5	97.1
Peso del agua			8	10.3	8.2	12.7	9.9	8.7
Peso del suelo seco			66	82.6	69	99	82.9	69.3
% de humedad			12.12%	12.47%	11.88%	12.83%	11.94%	12.55%
% promedio de humedad			12.30%		12.36		12.25	

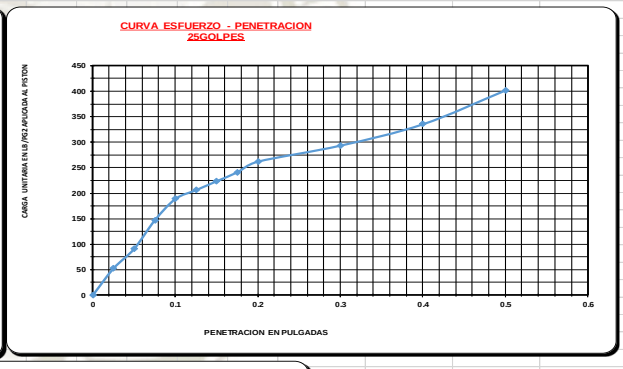
PENETRACIÓN

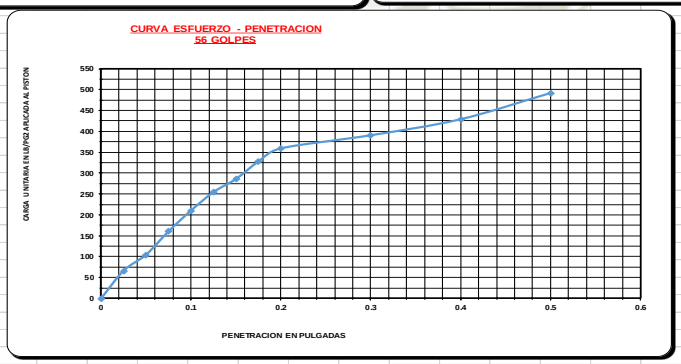
CTE. DE DEFORMACION: 7.279476*DIAL+11.81			AREA DE PENETRACION: 3.00 pulg.2											
Molde N°			12				25				56			
Penetr.	Carga	Area	Carga		Corregido		Carga		Corregido		Carga		Corregido	
DIAL	PSI	Pulg^2	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.
0		3	0	0			0	0			0	0		
0.025		3	9	31.45			15	52.42			19	66.4		
0.05		3	16	55.92			26	90.87			30	104.8		
0.075		3	21	73.39			42	146.8			46	160.8		
0.1	1000	3	26	90.73	90.73	9.07	54	188.9	188.9	18.89	60	210.8	210.8	21.08
0.125	1100	3	28	99.25	99.25	9.02	59	206.2	206.2	18.75	73	255.1	255.1	23.19
0.15	1200	3	32	111.8	111.8	9.32	64	223.7	223.7	18.64	82	286.6	286.6	23.88
0.175	1300	3	35	122.3	122.3	9.41	69	241.1	241.1	18.55	94	328.5	328.5	25.27
0.2	1500	3	38	132.8	132.8	8.85	75	262.1	262.1	17.47	103	360	360	24
0.3	1900	3	43	150.3	150.3	7.91	84	293.6	293.6	15.45	112	391.4	391.4	20.6
0.4	2300	3	51	178.2	178.2	7.75	96	335.5	335.5	14.59	123	429.9	429.9	18.69
0.5	2600	3	61	213.2	213.2	8.20	115	401.9	401.9	15.46	141	492.8	492.8	18.95

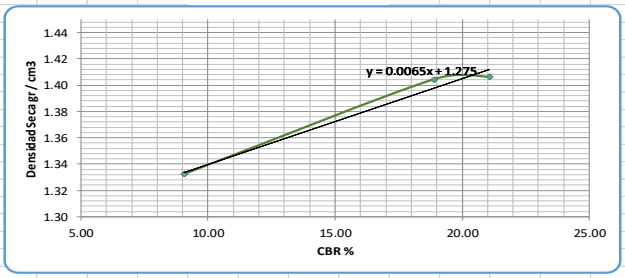
Máximo CBR	9.07	18.89	21.08
Densidad	1.33	1.40	1.41

Densidad de compactación	1.41
95% de la máxima densidad de CBR	20.03









Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

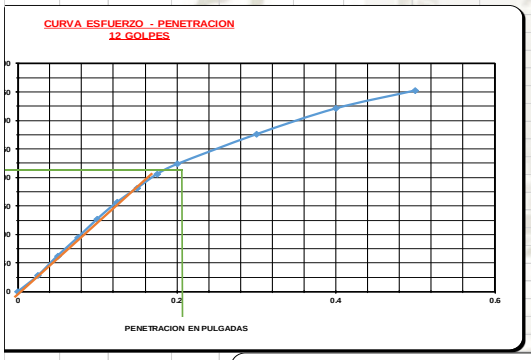
ENSAYO DE CBR - CALICATA 02 ESTRATO 02

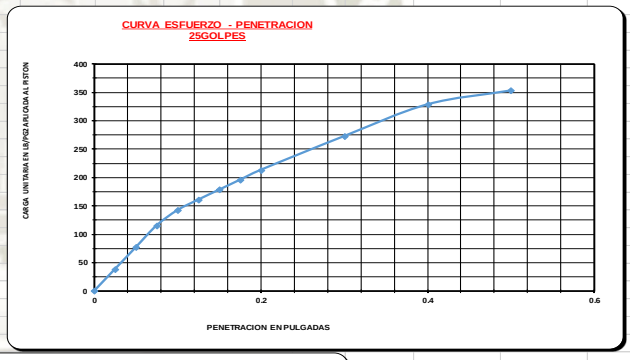
MOLDE N°	1		1		3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	No saturado		No saturado		No saturado	
Peso de molde + suelo humedo	11970.5		11573.5		10894.5	
Peso de molde	8331		7790		7068.5	
Peso de suelo humedo	3639.5		3783.5		3826	
Volumen de molde	2317		2317		2317	
Densidad humeda	1.571		1.633		1.651	
Porcentaje de humedad						
Densidad seca						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	No saturado		No saturado		No saturado	
Cápsula N°	1	2	1	2	1	2
Peso de la cápsula	30	27	27.5	28	27	26.5
Peso de la cáp. + suelo humedo	103.3	100.4	76.6	77.7	79	82.5
Peso de la cáp. + suelo seco	96.5	93.7	72	73.1	74.1	77.4
Peso del agua	6.8	6.7	4.6	4.6	4.9	5.1
Peso del suelo seco	66.5	66.7	44.5	45.1	47.1	50.9
% de humedad	10.23%	10.04%	10.34%	10.20%	10.40%	10.02%
% promedio de humedad	10.14%		10.27%		10.21%	

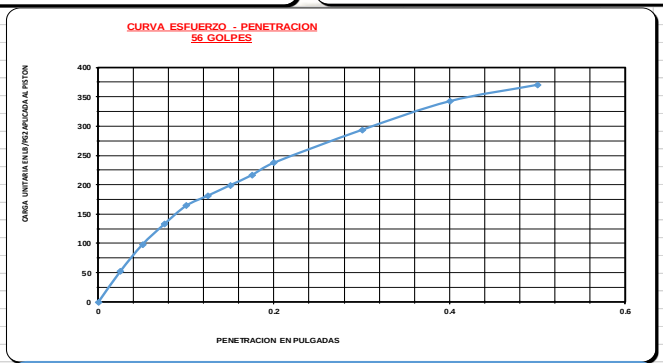
PENETRACIÓN													
CTE. DE DEFORMACION: 7.279476*DIAL+11.81							AREA DE PENETRACION: 3.00 pulg.2						
Molde N°			10				25				56			
Penetr.	Carga	Area	Carga		Corregido		Carga		Corregido		Carga		Corregido	
DIAL	PSI	Pulg^2	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.
0		3	0	0			0	0			0	0		
0.025		3	8	27.959			11	38.443			15	52.423		
0.05		3	18	62.907			22	76.887			28	97.856		
0.075		3	27	94.361			33	115.330			38	132.805		
0.1	1000	3	37	127.562	127.6	12.76	41	142.241	142.24	14.22	47	164.328	164.33	16.43
0.125	1100	3	45	157.269	157.3	14.30	46	160.764	160.76	14.61	52	181.733	181.73	16.52
0.15	1200	3	52	181.733	181.7	15.14	51	178.238	178.24	14.85	57	199.207	199.21	16.60
0.175	1300	3	59	206.197	206.2	15.86	56	195.712	195.71	15.05	62	216.681	216.68	16.67
0.2	1500	3	64	223.671	223.7	14.91	61	213.187	213.19	14.21	68	237.651	237.65	15.84
0.3	1900	3	79	276.094	276.1	14.53	78	272.599	272.60	14.35	84	293.568	293.57	15.45
0.4	2300	3	92	321.527	321.5	13.98	94	328.517	328.52	14.28	98	342.496	342.50	14.89
0.5	2600	3	101	352.981	353.0	13.58	101	352.981	352.98	13.58	106	370.455	370.46	14.25

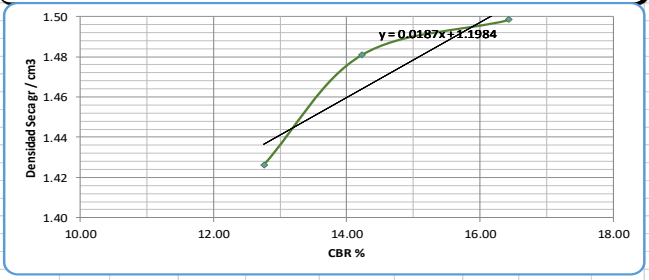
Máximo CBR	12.76	14.22	16.43
Densidad	1.43	1.48	1.50

Densidad de compactación	1.50
95% de la máxima densidad de CBR	13.51









Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ENSAYO DE CBR - CALICATA 03 ESTRATO 02

MOLDE N°	1	2	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	No saturado	No saturado	No saturado
Peso de molde + suelo humedo	10991.6	11717.9	10603.5
Peso de molde	7790	8331	7068.5
Peso de suelo humedo	3201.6	3386.9	3535
Volumen de molde	2317	2317	2317
Densidad humeda	1.3818	1.4618	1.526
Porcentaje de humedad			
Densidad seca			

CONDICIÓN DE LA MUESTRA	No saturado		No saturado		No saturado	
Cápsula N°	1	2	1	2	1	2
Peso de la cápsula	30	27	27.5	28	27	26.5
Peso de la cáp. + suelo humedo	102.5	101.8	78.6	82.2	81.6	83.1
Peso de la cáp. + suelo seco	93.7	92.7	72.4	75.6	75.1	76.2
Peso del agua	8.8	9.1	6.2	6.6	6.5	6.9
Peso del suelo seco	63.7	65.7	44.9	47.6	48.1	49.7
% de humedad	13.81%	13.85%	13.81%	13.87%	13.51%	13.88%
% promedio de humedad	13.83%		13.84%		13.70%	

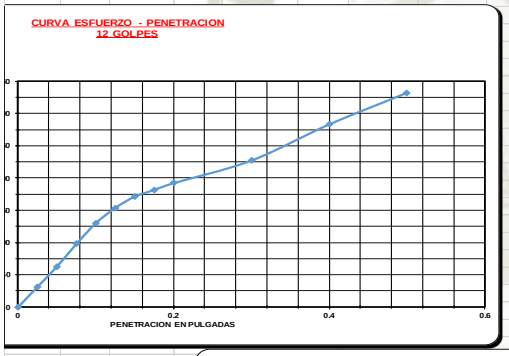
PENETRACIÓN

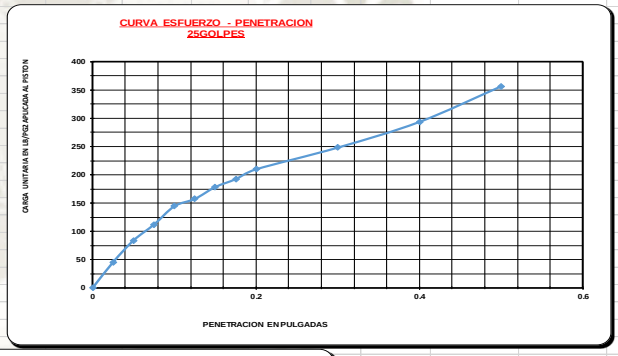
CTE. DE DEFORMACION: 7.279476*DIAL+11.81 — AREA DE PENETRACION: 3.00 pulg.2

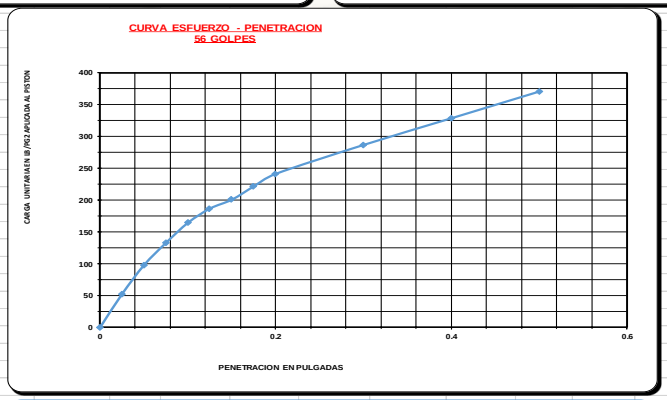
Molde N°			10				25				56			
Penetr.	Carga	Area	Carga		Corregido		Carga		Corregido		Carga		Corregido	
DIAL	PSI	Pulg^2	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.
0		3	0	0.000			0	0			0	0		
0.025		3	9	31.454			13	45.433			15	52.423		
0.05		3	18	62.907			24	83.877			28	97.856		
0.075		3	28	97.856			32	111.836			38	132.805		
0.1	1000	3	37	130.009	130	13.00088	41	144.338	144.338	14.43378	47	164.328	164.3	16.433
0.125	1100	3	44	153.774	153.8	13.97944	45	157.269	157.269	14.29716	53	186.626	186.6	16.966
0.15	1200	3	49	171.248	171.2	14.27068	51	178.238	178.238	14.85316	57	200.605	200.6	16.717
0.175	1300	3	52	181.733	181.7	13.97944	55	192.217	192.217	14.78595	63	221.574	221.6	17.044
0.2	1500	3	55	192.217	192.2	12.81449	60	209.692	209.692	13.97944	69	241.145	241.1	16.076
0.3	1900	3	65	227.166	227.2	11.9561	71	248.135	248.135	13.05974	82	286.579	286.6	15.083
0.4	2300	3	81	283.084	283.1	12.30799	84	293.568	293.568	12.76384	94	328.517	328.5	14.283
0.5	2600	3	95	332.012	332	12.76968	102	356.476	356.476	13.71061	106	370.455	370.5	14.248

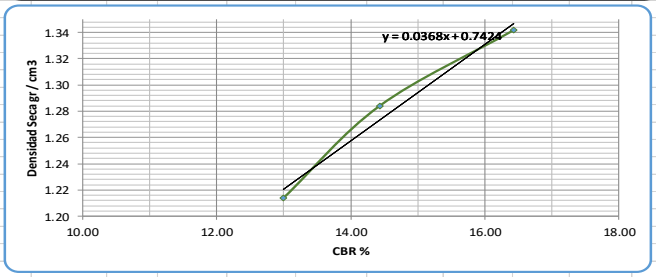
Máximo CBR	13.00	14.43	16.43
Densidad	1.21	1.28	1.34

Densidad de compactación	1.95
95% de la máxima densidad de CBR	15.61









Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

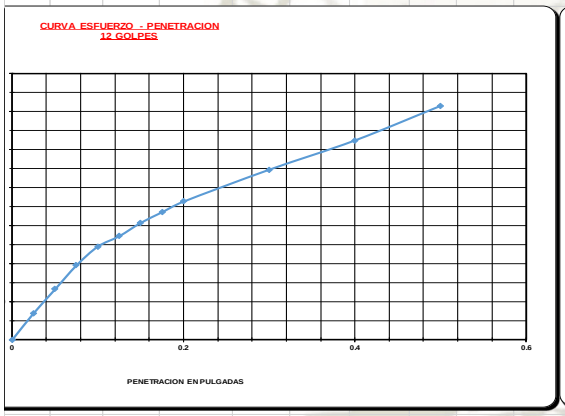
ENSAYO DE CBR - CALICATA 04 ESTRATO 02

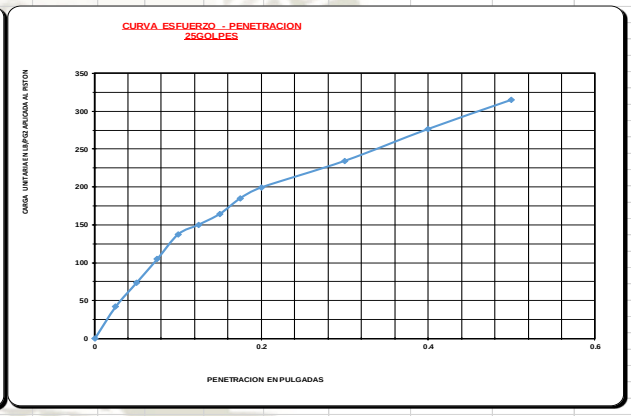
MOLDE N°			1		2		3	
N° DE CAPAS			5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA			12		25		56	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			No saturado		No saturado		No saturado	
Peso de molde + suelo humedo			11140		12291.5		12293	
Peso de molde			7613.5		8684.5		8663.5	
Peso de suelo humedo			3526.5		3607		3629.5	
Volumen de molde			2317		2317		2317	
Densidad humeda			1.522		1.5568		1.566	
Porcentaje de humedad								
Densidad seca								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			No saturado		No saturado		No saturado	
Cápsula N°			1	2	1	2	1	2
Peso de la cápsula			25.5	30.5	27.2	29.8	25.4	27.7
Peso de la cáp. + suelo humedo			124	89.5	75.8	99	93.8	143.5
Peso de la cáp. + suelo seco			110.2	82	69.6	89.4	85	127.4
Peso del agua			13.8	7.5	6.2	9.6	8.8	16.1
Peso del suelo seco			84.7	51.5	42.4	59.6	59.6	99.7
% de humedad			16.29%	14.56%	14.62%	16.11%	14.77%	16.15%
% promedio de humedad			15.43%		15.37%		15.46%	

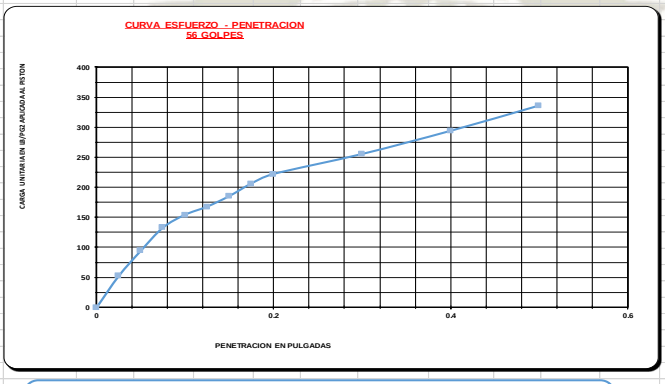
PENETRACIÓN														
CTE. DE DEFORMACION: 7.279476*DIAL+11.81							AREA DE PENETRACION: 3.00 pulg.2							
Molde N°			10				25				56			
Penetr.	Carga	Area	Carga		Corregido		Carga		Corregido		Carga		Corregido	
DIAL	PSI	Pulg^2	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.
0		3	0	0.000			0	0.000			0	0		
0.025		3	10	34.949			12	41.938			15	52.4229		
0.05		3	19	66.402			21	73.392			27	94.3612		
0.075		3	28	97.856			30	104.846			38	132.805		
0.1	1000	3	35	122.670	122.67	12.27	39	137.383	137.38	13.74	44	154.193	154.19	15.42
0.125	1100	3	39	136.300	136.30	12.39	43	150.279	150.28	13.66	48	167.753	167.75	15.25
0.15	1200	3	44	153.774	153.77	12.81	47	164.258	164.26	13.69	53	185.228	185.23	15.44
0.175	1300	3	48	167.753	167.75	12.90	53	185.228	185.23	14.25	59	206.197	206.20	15.86
0.2	1500	3	52	181.733	181.73	12.12	57	199.207	199.21	13.28	64	221.924	221.92	14.79
0.3	1900	3	64	223.671	223.67	11.77	67	234.156	234.16	12.32	73	255.125	255.12	13.43
0.4	2300	3	75	262.115	262.11	11.40	79	276.094	276.09	12.00	84	293.568	293.57	12.76
0.5	2600	3	88	307.548	307.55	11.83	90	314.537	314.54	12.10	96	335.507	335.51	12.90

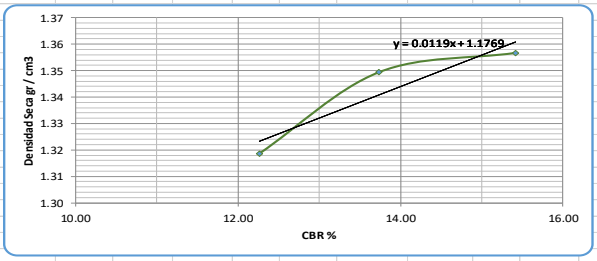
Máximo CBR	12.27	13.74	15.42
Densidad	1.32	1.35	1.36

Densidad de compactación	1.36
95% de la máxima densidad del CBR	14.65









Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ENSAYO DE CBR - CANTERA PARA BASE GRANULAR

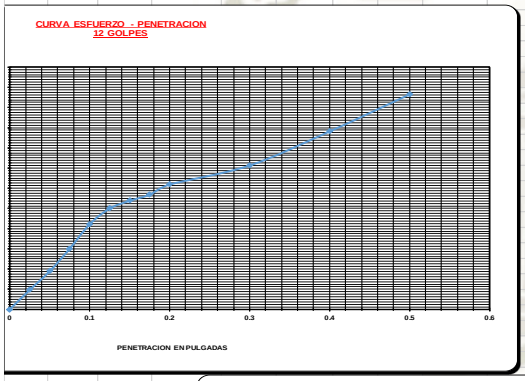
MOLDE N°			1			2			3		
N° DE CAPAS			5			5			5		
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			No saturado			No saturado			No saturado		
Peso de molde + suelo humedo			10900			12154.5			12187		
Peso de molde			7613.5			8684.5			8663.5		
Peso de suelo humedo			3286.5			3470			3523.5		
Volumen de molde			2317			2317			2317		
Densidad humeda			1.42			1.498			1.521		
Porcentaje de humedad											
Densidad seca											
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			No saturado			No saturado			No saturado		
Cápsula N°			1	2	1	2			1	2	
Peso de la cápsula			25.5	30.5	27.2	29.8			25.4	27.7	
Peso de la cáp. + suelo humedo			124	89.5	75.8	99			93.8	143.5	
Peso de la cáp. + suelo seco			110.2	82	69.6	89.4			85	127.4	
Peso del agua			13.8	7.5	6.2	9.6			8.8	16.1	
Peso del suelo seco			84.7	51.5	42.4	59.6			59.6	99.7	
% de humedad			16.29%	14.56%	14.62%	16.11%			14.77%	16.15%	
% promedio de humedad			15.43%		15.37%				15.46%		

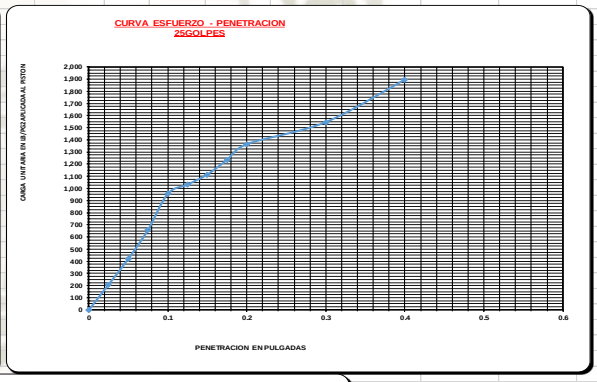
PENETRACIÓN

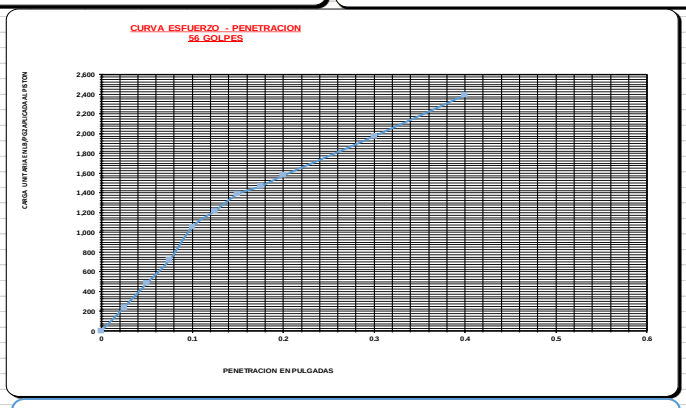
CTE. DE DEFORMACION: 7.279476*DIAL+11.81							AREA DE PENETRACION: 3.00 pulg.2							
Molde N°			10				25				56			
Penetr.	Carga	Area	Carga		Corregido		Carga		Corregido		Carga		Corregido	
DIAL	PSI	Pulg^2	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.	DIAL	PSI	CORR.	CBR.
0		3	0	0			0	0.000			0	0		
0.025		3	55	193.16			60	208.818			68	238.55		
0.05		3	108	378.96			120	420.432			138	483.34		
0.075		3	172	601.96			188	658.608			206	719.94		
0.1	1000	3	242	844.53	844.535	84.45	273	955.742	955.74	95.57	302	1056.01	1056.01	105.60
0.125	1100	3	287	1001.28	1001.28	91.03	295	1031.860	1031.86	93.81	349	1218.84	1218.84	110.80
0.15	1200	3	308	1077.87	1077.87	89.82	319	1114.276	1114.28	92.86	398	1389.40	1389.40	115.78
0.175	1300	3	326	1138.02	1138.02	87.54	353	1234.213	1234.21	94.94	420	1466.10	1466.10	112.78
0.2	1500	3	354	1238.77	1238.77	82.58	390	1364.396	1364.40	90.96	451	1576.19	1576.19	105.08
0.3	1900	3	409	1428.00	1428.00	75.16	442	1545.153	1545.15	81.32	565	1974.60	1974.60	103.93
0.4	2300	3	505	1765.61	1765.61	76.77	542	1894.215	1894.21	82.36	685	2393.98	2393.98	104.09
0.5	2600	3	610	2132.72	2132.72	82.03								

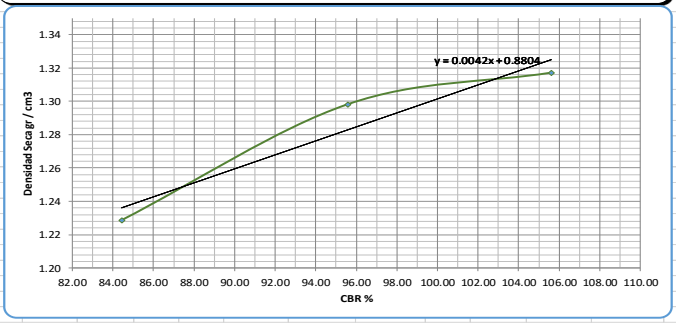
Máximo CBR	84.45	95.57	105.60
Densidad	1.23	1.30	1.32

Densidad de compactación	1.317
100% de la máxima densidad del CBR	105.598









Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N° 2

ENSAYOS DE LABORATORIO

PARA AGREGADO DE

CONCRETO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

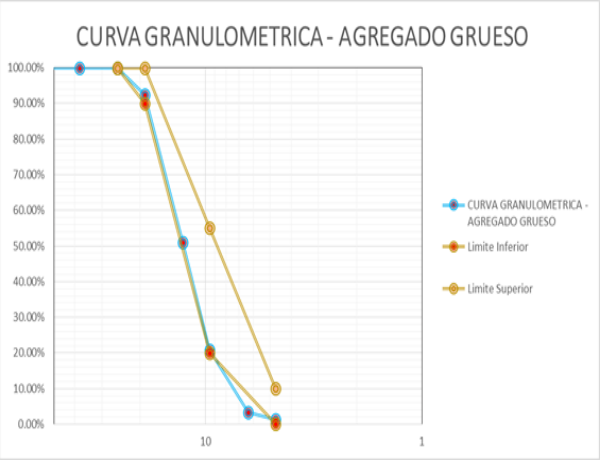
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

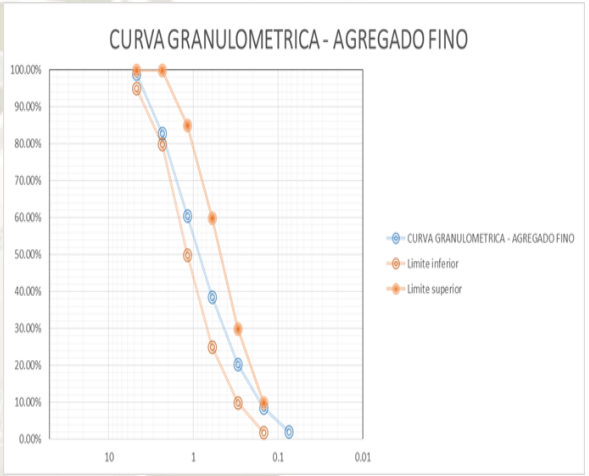
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ENSAYOS DE LABORATORIO.

	MUESTRA AGREGADO GRUESO			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
2"	50.8	0	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.1	0	0.00%	100.00%
1"	25.4	0	0.00%	100.00%
3/4"	19.05	379	7.62%	92.38%
1/2"	12.7	2058	41.37%	51.02%
3/8"	9.525	1499	30.13%	20.88%
1/4"	6.35	877	17.63%	3.26%
# 4	4.75	99	1.99%	1.27%
FONDO	0	63	1.27%	0.00%
		4975		



	MUESTRA AGREGADO FINO			
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO SECO (gr)	% RETENIDO	% ACUMULADO
# 4	4.75	53	1.07%	98.93%
#8	2.36	797	16.09%	82.84%
# 16	1.18	1105	22.31%	60.54%
# 30	0.6	1084	21.88%	38.66%
# 50	0.3	905	18.27%	20.39%
# 100	0.15	589	11.89%	8.50%
# 200	0.075	318	6.42%	2.08%
FONDO	0	103	2.08%	0.00%
		4954		



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

GRAVEDAD ESPECÍFICA

AGREGADO FINO

$$GE = \frac{Wo}{V - Vo}$$

Wo	492		B	500		
V	1000		C	232		
Vo	793		D	1525		

GE 2.3768

Wo	492			A	
v	100			W	

$$GEsss = \frac{B}{V - Vo}$$

Gess 2.4155

0.008	0.3	0.00235619	
0.014			
0.6			

$$absorcion\,\% = \frac{B - Wo}{Wo}.100$$

Adsorc. % 1.626%

$$\gamma = GE\ x\ \gamma w$$

γ 2376.81159 kg/m3

AGREGADO GRUESO

$$GE = \frac{A}{B - w}$$

A	1976		B	2000	
V	1000		E	815	
W	1195		D	2010	
C					

A	2964		B	3000	
	1500			1222.5	
	1792.5			3015	

GE 2.4547

$$GEsss = \frac{B}{B - w}$$

Gess 2.4845

$$absorcion\,\% = \frac{B - A}{A}.100$$

Adsorc. % 1.215%

$$\gamma = GE\ x\ \gamma w$$

γ 2454.65839 kg/m3

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONTENIDO DE HUMEDAD

AGREGADO FINO								
					A	1000		
					B	993.3		
		%w	0.67%					
AGREGADO GRUESO								
					A	2000	3000	
					B	1995.3	2992.95	
		%w	0.24%			7.05		
						0.00235554		

$$\%w = \frac{A - B}{B}$$

$$\%w = \frac{A - B}{B}$$

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

PESO UNITARIO AGREGADOS

Volumen del molde:

$V_M = 1/10\ pie^3 = 2831.685\ cm^3$

	V molde	2831.685					
	W molde	1607					
SUELTO							
	Wm + AgS	5930					
	AgS	4323					
	γ	1.52665286	gr/cm3				
		1526.65286	kg/m3				
COMPACTADO							
	Wm + AgS1	6252					
	Wm + AgS2	6341					
	Wm + AgS3	6318					
	AgS1	4645					
	AgS2	4734					
	AgS3	4711					

$$\gamma_{Ag} = \frac{W_{Ag}}{V_M}$$

	γ1	1.64036607	gr/cm3			
		1640.36607	kg/m3			
	γ2	1.67179612	gr/cm3	γp	1.66	gr/cm3
		1671.79612	kg/m3		1658.612	kg/m3
	γ3	1.66367375	gr/cm3			
		1663.67375	kg/m3			

AGREGADO GRUESO

Volumen del molde:

$V_M = 1/3\ pie^3 = 9438.949\ cm^3$

	V molde	9438.949					
	W molde	4820					
SUELTO							
	Wm + AgS	16929					
	AgS	12109					
	γ	1.28287588	gr/cm3				
		1282.87588	kg/m3				
COMPACTADO							
	Wm + AgS1	18275					
	Wm + AgS2	18163					
	Wm + AgS3	18126					
	AgS1	16668					
	AgS2	16556					
	AgS3	16519					

$$\gamma_{Ag} = \frac{W_{Ag}}{V_M}$$

	γ1	1.76587457	gr/cm3			
		1765.87457	kg/m3			
	γ2	1.75400884	gr/cm3	γp	1.76	gr/cm3
		1754.00884	kg/m3		1756.657	kg/m3
	γ3	1.75008891	gr/cm3			
		1750.08891	kg/m3			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N° 3

DISEÑO DE MEZCLAS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1) MATERIALES

1	Cemento	
	Portland ASTM "Yura" Tipo I	
	Peso especifico	3,15

2	Agua
	Potable, de la red de servicio de Arequipa

3	Agregado Fino	
	Peso específico de masa	2,38
	Absorción	1,63%
	Contenido de Humedad	0,67%
	Módulo de Fineza	3,1

4	Agregado Grueso	
	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
	Peso seco compactado	1756,66
	Peso específico de masa	2,43
	Absorción	1,02%
	Contenido de humedad	0,24%

2) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Resistencia en comprensión de diseño especificada	210	kg/cm2
No se tienen ensayos con anterioridad		

f´c < 210	Usar	f´cr= f´c + 70
210 <=f'c<=350	Usar	f´cr= f´c + 84
f'c < 350	Usar	f´cr= f´c + 98

Tomando en cuenta la siguiente ecuación		
210 <=f'c<=350		f´cr= f´c + 84
f'cr=	294	kg/cm2

3) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Del ensayo de granulometria	
TMN	3/4"

4) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo al proyecto el asentamiento a ser considerado es para una losa de pavimentación					
1"	a	3"			

5) VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Haciendo uso de tablas se determinas el volumen unitario de agua, o agua de diseño			
necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 1"a 3"			
en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo			
	nominal de	3/4"	

V.U.A.	190	l/m3

6) CONTENIDO DE AIRE

Sin condiciones de interperismo severo, no se considera necesario incorporar aire atrapado		
TMN=	3/4"	
Contenido de aire		2%

7) RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Viendo que el proyecto no presenta problemas de interperismo ni de ataques por sulfatos	
Se seleccionara la relación agua-cemento unicamente por resistencia.	

f'cr=	294
Sin aire incorporado	
Relación agua-cemento	0,54

8) FACTOR CEMENTO

Factor cemento	380,00	kg/m3	8,94	bolsas/m3

9) CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Módulo de Fineza de Fino	3,1
TMN agregado grueso	3/4"
Peso de agregado grueso	1036,43

10) CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Volumen Absoluto de:

Cemento	124,183007	0,12
Agua	190	0,19
Aire	2%	2%
Agregado grueso	426,514156	0,43
Suma de volumenes conocido		0,76

11) CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto de agregado fino	0,24
Peso de agregado fino seco	569,54

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

12) VALORES DE DISEÑO

Cantidades de los materiales		
Cemento	380,00	kg/m3
Agua de diseño	190,00	lt/m3
Agregado fino seco	569,54	kg/m3
Agregado grueso seco	1036,43	kg/m3

13) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Agregado fino	573,36	kg/m3
Agregado grueso	1038,92	kg/m3

Humedad superficial

Agregado fino	-0,96%
Agregado grueso	-0,78%

14) APORTE DE LA HUMEDAD EN LOS AGREGADOS

Aporte de humedad del:		
Agregado fino	-5,47	lt/m3
Agregado grueso	-8,08	lt/m3
Aporte de humedad de los agregados	-13,55	lt/m3
Agua efectiva	203,55	lt/m3

15) PESOS CORREGIDOS POR LA HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento	380,00	kg/m3
Agua efectiva	203,55	lt/m3
Agregado fino húmedo	573,36	kg/m3
Agregado grueso húmedo	1038,92	kg/m3
Aditivo	0,00	kg/m3

16) PROPORCIÓN DE PESO

CEMENTO	AGREG. FINO	AGREG. GRUESO	AGUA
1	1,50	2,73	21,25
1	1,51	2,73	22,77

17) PESOS POR TANDA DE UN SACO

Cemento	42,50	kg/saco
Agua Efectiva	21,25	lt/saco
Agregado fino	64,13	kg/saco
Agregado grueso	116,19	kg/saco

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1) MATERIALES

1	Cemento	
	Portland ASTM "Yura" Tipo I	
	Peso especifico	3,15

2	Agua
	Potable, de la red de servicio de Arequipa

3	Agregado Fino	
	Peso específico de masa	2,38
	Absorción	1,63%
	Contenido de Humedad	0,67%
	Módulo de Fineza	3,1

4	Agregado Grueso	
	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
	Peso seco compactado	1756,66
	Peso específico de masa	2,43
	Absorción	1,02%
	Contenido de humedad	0,24%

2) DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Resistencia en comprensión de diseño especificada	210	kg/cm2
No se tienen ensayos con anterioridad		

f´c < 210	Usar	f´cr= f´c + 70
210 <=f'c<=350	Usar	f´cr= f´c + 84
f'c < 350	Usar	f´cr= f´c + 98

Tomando en cuenta la siguiente ecuación		
210 <=f'c<=350		f´cr= f´c + 84
f'cr=	294	kg/cm2

3) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Del ensayo de granulometria	
TMN	3/4"

4) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo al proyecto el asentamiento a ser considerado es para una losa de pavimentación					
1"	a	3"			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5) VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA

Haciendo uso de tablas se determinas el volumen unitario de agua, o agua de diseño			
necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 1"a 3"			
en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo			
	nominal de	3/4"	

V.U.A.	190	l/m3

6) CONTENIDO DE AIRE

Sin condiciones de interperismo severo, no se considera necesario incorporar aire atrapado		
TMN=	3/4"	
Contenido de aire		2%

7) RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Viendo que el proyecto no presenta problemas de interperismo ni de ataques por sulfatos		
Se seleccionara la relación agua-cemento unicamente por resistencia.		

f'cr=	294	
Sin aire incorporado		
Relación agua-cemento		0,5

8) FACTOR CEMENTO

Factor cemento	380,00	kg/m3	8,94	bolsas/m3

9) CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Modulo de Fineza de Fino	3,1
TMN agregado grueso	3/4"
Peso de agregado grueso	1036,43

10) CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Volumen Absoluto de:

Cemento	124,183007	0,12
Agua	190	0,19
Aire	2%	2%
Agregado grueso	426,514156	0,43
Suma de volumenes conocido		0,76

11) CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto de agregado fino	0,24
Peso de agregado fino seco	569,54

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

12) VALORES DE DISEÑO

Cantidades de los materiales		
Cemento	380,00	kg/m3
Agua de diseño	190,00	lt/m3
Agregado fino seco	569,54	kg/m3
Agregado grueso seco	1036,43	kg/m3

13) CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Agregado fino	573,36	kg/m3
Agregado grueso	1038,92	kg/m3

Humedad superficial

Agregado fino	-0,96%
Agregado grueso	-0,78%

14) APORTE DE LA HUMEDAD EN LOS AGREGADOS

Aporte de humedad del:		
Agregado fino	-5,47	lt/m3
Agregado grueso	-8,08	lt/m3
Aporte de humedad de los agregados	-13,55	lt/m3
Agua efectiva	203,55	lt/m3

15) PESOS CORREGIDOS POR LA HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Cemento	380,00	kg/m3
Agua efectiva	203,55	lt/m3
Agregado fino húmedo	573,36	kg/m3
Agregado grueso húmedo	1038,92	kg/m3
Aditivo	30,00	kg/m3

16) PROPORCIÓN DE PESO

CEMENTO	AGREG. FINO	AGREG. GRUESO	AGUA	ADITIVO
1	1,50	2,73	21,25	3,36
1	1,51	2,73	22,77	3,36

17) PESOS POR TANDA DE UN SACO

Cemento	42,50	kg/saco
Agua Efectiva	21,25	lt/saco
Agregado fino	64,13	kg/saco
Agregado grueso	116,19	kg/saco
Aditivo	142,60	kg/saco

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N°4

ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO A COMPRESIÓN, TRACCIÓN INDIRECTA, Y FLEXIÓN

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO CONVENCIONAL F'C = 210 kg/cm2

CONCRETO CONVENCIONAL 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.25	10.08	10.16	81.113	7895	100	97.33
MUESTRA 02	10.13	10.18	10.15	80.954	8115	103	100.24
MUESTRA 03	10.17	10.16	10.16	81.113	8525	108	105.10
MUESTRA 04	10.20	10.17	10.18	81.393	7906	101	97.13
					PROMEDIO		99.95
					DESVIACION ESTANDAR (S)		3.71

CONCRETO CONVENCIONAL 14 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.27	10.05	10.16	81.033	12796	163	157.91
MUESTRA 02	10.23	10.18	10.20	81.753	11584	147	141.70
MUESTRA 03	10.30	10.11	10.20	81.713	13955	178	145.00
MUESTRA 04	10.25	10.10	10.17	81.273	11635	148	143.16
					PROMEDIO		146.94
					DESVIACION ESTANDAR (S)		7.44

CONCRETO CONVENCIONAL 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.32	10.17	10.24	82.355	16952	215	205.84
MUESTRA 02	10.22	10.30	10.26	82.677	17652	224	213.51
MUESTRA 03	10.27	10.22	10.24	82.395	17958	223	217.95
MUESTRA 04	10.31	10.17	10.24	82.315	17750	225	215.64
					PROMEDIO		213.23
					DESVIACION ESTANDAR (S)		5.25

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 15 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 15KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.35	10.23	10.29	83.121	9062	122	109.02
MUESTRA 02	10.33	10.23	10.28	82.919	8457	114	101.99
MUESTRA 03	10.30	10.20	10.25	82.516	8066	111	97.75
MUESTRA 04	10.40	10.20	10.30	83.323	8712	117	104.56
					PROMEDIO		103.33
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.72

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 15KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.18	10.07	10.13	80.516	12558	166	155.97
MUESTRA 02	10.30	10.07	10.18	81.433	13565	185	166.58
MUESTRA 03	10.30	10.10	10.20	81.633	12789	163	156.67
MUESTRA 04	10.23	10.06	10.14	80.754	13085	173	162.03
					PROMEDIO		160.31
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.98

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 15KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.31	10.23	10.27	82.758	18903	247	228.41
MUESTRA 02	10.26	10.11	10.18	81.433	19182	250	235.56
MUESTRA 03	10.23	10.17	10.20	81.633	19065	249	233.55
MUESTRA 04	10.31	10.12	10.21	81.913	18685	244	228.11
					PROMEDIO		231.41
					DESVIACION ESTANDAR (S)		3.73

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 25 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.24	10.14	10.19	81.513	9554	134	117.21
MUESTRA 02	10.34	10.08	10.21	81.873	8958	127	109.41
MUESTRA 03	10.24	10.10	10.17	81.153	9112	129	112.28
MUESTRA 04	10.29	10.13	10.21	81.873	8855	126	108.16
					PROMEDIO		111.76
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.02

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.34	10.19	10.26	82.677	15245	207	184.39
MUESTRA 02	10.34	10.10	10.22	82.034	15884	215	193.63
MUESTRA 03	10.39	10.14	10.27	82.758	14991	204	181.14
MUESTRA 04	10.30	10.19	10.24	82.355	14863	202	180.47
					PROMEDIO		184.91
					DESVIACION ESTANDAR (S)		6.06

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.32	10.18	10.25	82.516	20540	274	248.92
MUESTRA 02	10.26	10.11	10.18	81.393	21625	288	265.69
MUESTRA 03	10.32	10.15	10.24	82.275	20899	279	254.02
MUESTRA 04	10.22	10.15	10.18	81.393	21215	293	260.65
					PROMEDIO		257.32
					DESVIACION ESTANDAR (S)		7.36

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 35 kg/m3							
CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 35KG/M3 7 DIAS							
RESISTENCIA A LA COMPRESION	**D1 (cm)**	**D2 (cm)**	**DP (cm)**	**AREA (cm2)**	**COMPRESION**	**RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)**	**RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)**
MUESTRA 01	10.15	10.11	10.13	80.516	10602	141	131.68
MUESTRA 02	10.26	10.17	10.21	81.873	10356	138	126.49
MUESTRA 03	10.25	10.08	10.16	81.113	10724	143	132.21
MUESTRA 04	10.19	10.18	10.18	81.433	10022	134	123.07
					PROMEDIO		128.36
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.37

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 35KG/M3 14 DIAS							
RESISTENCIA A LA COMPRESION	**D1 (cm)**	**D2 (cm)**	**DP (cm)**	**AREA (cm2)**	**COMPRESION**	**RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)**	**RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)**
MUESTRA 01	10.30	10.28	10.29	83.121	17398	228	209.31
MUESTRA 02	10.28	10.23	10.25	82.516	17720	232	214.75
MUESTRA 03	10.35	10.25	10.30	83.323	17905	234	214.89
MUESTRA 04	10.35	10.30	10.33	83.728	18402	241	219.78
					PROMEDIO		214.68
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.28

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 35KG/M3 28 DIAS							
RESISTENCIA A LA COMPRESION	**D1 (cm)**	**D2 (cm)**	**DP (cm)**	**AREA (cm2)**	**COMPRESION**	**RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)**	**RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)**
MUESTRA 01	10.18	10.21	10.19	81.553	23952	311	293.70
MUESTRA 02	10.13	10.29	10.21	81.793	24498	318	299.51
MUESTRA 03	10.16	10.24	10.20	81.713	24618	320	301.27
MUESTRA 04	10.13	10.21	10.17	81.153	24386	317	300.49
					PROMEDIO		298.75
					DESVIACION ESTANDAR (S)		3.44

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 45 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 45KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.20	10.09	10.14	80.754	10642	142	131.78
MUESTRA 02	10.12	10.14	10.13	80.555	11320	151	140.52
MUESTRA 03	10.19	10.18	10.19	81.473	11490	153	141.03
MUESTRA 04	10.23	10.25	10.24	82.355	11520	153	139.88
					PROMEDIO		138.30
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.37

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 45KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.23	10.23	10.23	82.114	19354	253	235.70
MUESTRA 02	10.33	10.23	10.28	82.919	18725	245	225.82
MUESTRA 03	10.38	10.25	10.31	83.525	18363	240	219.85
MUESTRA 04	10.23	10.23	10.23	82.114	18465	241	224.87
					PROMEDIO		226.56
					DESVIACION ESTANDAR (S)		6.63

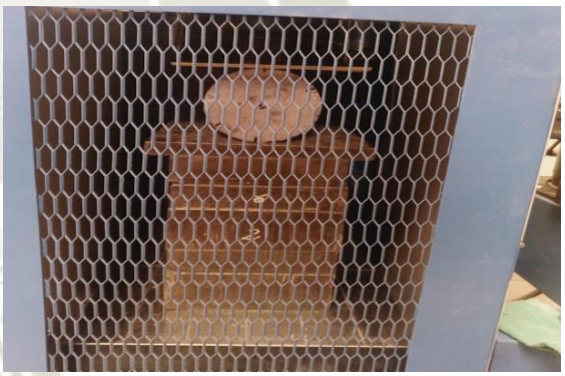
CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 45KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA COMPRESION	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	COMPRESION	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	10.31	10.12	10.21	81.893	25952	337	316.90
MUESTRA 02	10.25	10.05	10.15	80.874	26444	343	326.98
MUESTRA 03	10.19	10.19	10.19	81.513	26332	342	323.04
MUESTRA 04	10.27	10.16	10.21	81.873	26521	344	323.93
					PROMEDIO		322.71
					DESVIACION ESTANDAR (S)		4.23

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO CONVENCIONAL F'C = 210 kg/cm2

CONCRETO CONVENCIONAL 7 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.12	20.14	20.13	318.257	5121	16	16.09
MUESTRA 02	20.31	20.05	20.18	319.840	5356	17	16.75
MUESTRA 03	20.18	20.20	20.19	320.157	5924	19	18.50
MUESTRA 04	19.98	20.11	20.05	315.575	5664	18	17.95
					PROMEDIO		17.32
					σt (MPa)		1.70
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.10

CONCRETO CONVENCIONAL 14 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.27	20.06	20.17	319.364	5436	17	17.02
MUESTRA 02	20.42	20.20	20.31	323.974	7140	23	22.04
MUESTRA 03	20	20.12	20.06	316.047	7198	23	22.78
MUESTRA 04	20.21	20.21	20.21	320.791	7425	24	23.15
					PROMEDIO		21.25
					σt (MPa)		2.08
					DESVIACION ESTANDAR (S)		2.85

CONCRETO CONVENCIONAL 28 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.16	20.06	20.11	317.625	6895	22	21.71
MUESTRA 02	20.22	20.20	20.21	320.791	7425	24	23.15
MUESTRA 03	20.35	20.12	20.24	321.585	7502	24	23.33
MUESTRA 04	20.21	20.11	20.16	319.206	7335	23	22.98
					PROMEDIO		22.79
					σt (MPa)		2.23
					DESVIACION ESTANDAR (S)		0.74

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 15 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 15KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.31	20.18	20.25	321.903	5984	19	18.59
MUESTRA 02	20.26	20.16	20.21	320.791	5821	18	18.15
MUESTRA 03	20.18	20.15	20.17	319.364	6204	20	19.43
MUESTRA 04	20.25	20.18	20.22	320.950	6315	20	19.68
					PROMEDIO		18.96
					σt (MPa)		1.86
					DESVIACION ESTANDAR (S)		0.71

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 15KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.29	20.11	20.20	320.474	7621	24	23.78
MUESTRA 02	20.17	20.21	20.19	320.157	7396	23	23.10
MUESTRA 03	20.25	20.15	20.20	320.474	8055	26	25.13
MUESTRA 04	20.12	20.24	20.18	319.840	7525	24	23.53
					PROMEDIO		23.89
					σt (MPa)		2.34
					DESVIACION ESTANDAR (S)		0.88

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 15KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.23	20.14	20.184	319.966	8026	25	25.08
MUESTRA 02	20.16	20.19	20.18	319.681	8456	27	26.45
MUESTRA 03	20.24	20.18	20.21	320.791	9002	29	28.06
MUESTRA 04	20.22	20.17	20.20	320.315	9105	29	28.43
					PROMEDIO		27.01
					σt (MPa)		2.65
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.54

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 25 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.22	20.11	20.17	319.364	6954	22	21.77
MUESTRA 02	20.27	20.17	20.22	321.109	7192	23	22.40
MUESTRA 03	20.19	20.16	20.18	319.681	7625	24	23.85
MUESTRA 04	20.15	20.19	20.17	319.523	6785	22	21.23
					PROMEDIO		22.31
					σt (MPa)		2.19
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.13

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.23	20.14	20.19	319.998	8525	27	26.64
MUESTRA 02	20.25	20.14	20.20	320.315	8106	26	25.31
MUESTRA 03	20.13	20.15	20.14	318.573	7962	25	24.99
MUESTRA 04	20.22	20.12	20.17	319.523	8721	28	27.29
					PROMEDIO		26.06
					σt (MPa)		2.56
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.09

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.08	20.08	20.08	316.678	9361	30	29.56
MUESTRA 02	20.14	20.10	20.12	317.940	8981	28	28.25
MUESTRA 03	20.22	20.11	20.17	319.364	10096	32	31.61
MUESTRA 04	20.19	20.09	20.14	318.573	10012	32	31.43
					PROMEDIO		30.21
					σt (MPa)		2.96
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 35 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.22	20.11	20.17	319.364	6954	22	21.77
MUESTRA 02	20.27	20.17	20.22	321.109	7192	23	22.40
MUESTRA 03	20.19	20.16	20.18	319.681	7625	24	23.85
MUESTRA 04	20.15	20.19	20.17	319.523	6785	22	21.23
					PROMEDIO		22.31
					σt (MPa)		2.19
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.13

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.23	20.14	20.19	319.998	8525	27	26.64
MUESTRA 02	20.25	20.14	20.20	320.315	8106	26	25.31
MUESTRA 03	20.13	20.15	20.14	318.573	7962	25	24.99
MUESTRA 04	20.22	20.12	20.17	319.523	8721	28	27.29
					PROMEDIO		26.06
					σt (MPa)		2.56
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.09

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 25KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.08	20.08	20.08	316.678	9361	30	29.56
MUESTRA 02	20.14	20.10	20.12	317.940	8981	28	28.25
MUESTRA 03	20.22	20.11	20.17	319.364	10096	32	31.61
MUESTRA 04	20.19	20.09	20.14	318.573	10012	32	31.43
					PROMEDIO		30.21
					σt (MPa)		2.96
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.60

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BRIQUETAS DE CONCRETO F'C = 210 kg/cm2 Y FIBRA DE ACERO 45 kg/m3

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 45KG/M3 7 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.11	20.12	20.12	317.782	9663	31	30.41
MUESTRA 02	20.12	20.13	20.13	318.099	9506	30	29.88
MUESTRA 03	20.16	20.18	20.17	319.523	9815	31	30.72
MUESTRA 04	20.17	20.14	20.16	319.048	9302	29	29.16
					PROMEDIO		30.04
					σt (MPa)		2.95
					DESVIACION ESTANDAR (S)		0.68

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 45KG/M3 14 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.23	20.09	20.16	319.206	10615	34	33.25
MUESTRA 02	20.05	20.15	20.10	317.309	10125	32	31.91
MUESTRA 03	20.20	20.13	20.17	319.364	10265	33	32.14
MUESTRA 04	20.15	20.16	20.16	319.048	10552	33	33.07
					PROMEDIO		32.59
					σt (MPa)		3.20
					DESVIACION ESTANDAR (S)		0.67

CONCRETO CON ADICION DE FIBRA DE ACERO 45KG/M3 28 DIAS

RESISTENCIA A LA TRACCION INDIRECTA	D1 (cm)	D2 (cm)	DP (cm)	AREA (cm2)	TRACCION INDIRECTA	RESISTENCIA MAQUINA (kg/cm2)	RESISTENCIA CALCULADA (kg/cm2)
MUESTRA 01	20.13	20.21	20.17	319.523	12014	38	37.60
MUESTRA 02	20.08	20.16	20.12	317.940	11585	37	36.44
MUESTRA 03	20.15	20.21	20.18	319.840	11365	36	35.53
MUESTRA 04	20.17	20.22	20.20	320.315	10915	35	34.08
					PROMEDIO		35.91
					σt (MPa)		3.52
					DESVIACION ESTANDAR (S)		1.49

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCRETO CONVENCIONAL F´C = 210 KG/CM2

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA C°C 14D - 1	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	19.27	2.57
VIGA C°C 14D - 2	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	16.46	2.19
VIGA C°C 14D - 3	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	17.16	2.29
VIGA C°C 14D - 4	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	18.04	2.40
						PROMEDIO		**17.73**	**2.36**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA C°C 21D – 1	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	21.14	2.82
VIGA C°C 21D – 2	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	19.13	2.55
VIGA C°C 21D – 3	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	20.77	2.77
						PROMEDIO		**20.35**	**2.71**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA C°C 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	23.92	3.19
VIGA C°C 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	22.64	3.02
VIGA C°C 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	23.35	3.11
VIGA C°C 28D - 4	150	150	150	450	7500	0.02	4.0	23.84	3.18
						PROMEDIO		**23.30**	**3.11**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCRETO F´C = 210 KG/CM2 Y FIBRA METALICA 15KG/M3

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 15kg/m^3 14D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	20.98	2.80
VIGA 15kg/m^3 14D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	19.83	2.64
VIGA 15kg/m^3 14D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	18.42	2.46
						PROMEDIO		19.74	2.63

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 15kg/m^3 21D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	22.35	2.98
VIGA 15kg/m^3 21D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	21.56	2.87
VIGA 15kg/m^3 21D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	22.90	3.05
VIGA 15kg/m^3 21D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	23.88	3.18
						PROMEDIO		22.67	3.02

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 15kg/m^3 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	27.08	3.61
VIGA 15kg/m^3 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	25.76	3.43
VIGA 15kg/m^3 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	26.00	3.47
						PROMEDIO		26.28	3.50

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCRETO f´c = 210 kg/cm^2 Y FIBRA METALICA 25kg/m^3

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 25kg/m^3 14D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	23.59	3.15
VIGA 25kg/m^3 14D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	21.74	2.90
VIGA 25kg/m^3 14D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	22.14	2.95
VIGA 25kg/m^3 14D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	23.28	3.10
						PROMEDIO		**22.69**	**3.03**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 25kg/m^3 21D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	25.39	3.39
VIGA 25kg/m^3 21D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	25.05	3.34
VIGA 25kg/m^3 21D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	26.12	3.48
						PROMEDIO		**25.52**	**3.40**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 25kg/m^3 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	29.00	3.87
VIGA 25kg/m^3 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	29.91	3.99
VIGA 25kg/m^3 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	27.53	3.67
VIGA 25kg/m^3 28D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	27.24	3.63
						PROMEDIO		**28.42**	**3.79**

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCRETO F´C = 210 kg/cm^2 Y FIBRA METALICA 35kg/m^3

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 35kg/m^3 14D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	26.38	3.52
VIGA 35kg/m^3 14D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	27.51	3.67
VIGA 35kg/m^3 14D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	27.84	3.71
						PROMEDIO		**27.25**	**3.63**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 35kg/m^3 21D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	31.80	4.24
VIGA 35kg/m^3 21D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	31.84	4.25
VIGA 35kg/m^3 21D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	29.94	3.99
						PROMEDIO		**31.20**	**4.16**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 35kg/m^3 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	31.00	4.13
VIGA 35kg/m^3 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	31.37	4.18
VIGA 35kg/m^3 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	32.66	4.35
VIGA 35kg/m^3 28D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	30.48	4.06
						PROMEDIO		**31.38**	**4.18**

Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCRETO F´C = 210 kg/cm^2 Y FIBRA METALICA 45kg/m^3

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 45kg/m^3 14D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	29.70	3.96
VIGA 45kg/m^3 14D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	32.84	4.38
VIGA 45kg/m^3 14D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	31.65	4.22
						PROMEDIO		**31.40**	**4.19**

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (kN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 45kg/m^3 21D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	32.52	4.34
VIGA 45kg/m^3 21D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	33.50	4.47
VIGA 45kg/m^3 21D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	33.86	4.51
VIGA 45kg/m^3 21D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	32.55	4.34
						PROMEDIO		**33.10**	**4.41**

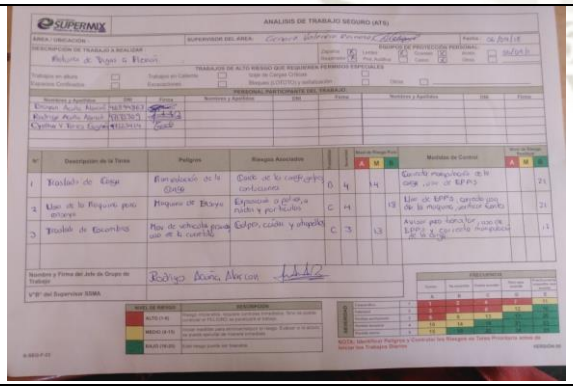
CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)	CARGA MAXIMA (KN)	MODULO DE ROTURA (MPa)
	Ancho	Alto							
VIGA 45kg/m^3 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	37.09	4.94
VIGA 45kg/m^3 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	36.34	4.85
VIGA 45kg/m^3 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	38.64	5.15
VIGA 45kg/m^3 28D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0	36.29	4.84
						PROMEDIO		**37.09**	**4.95**

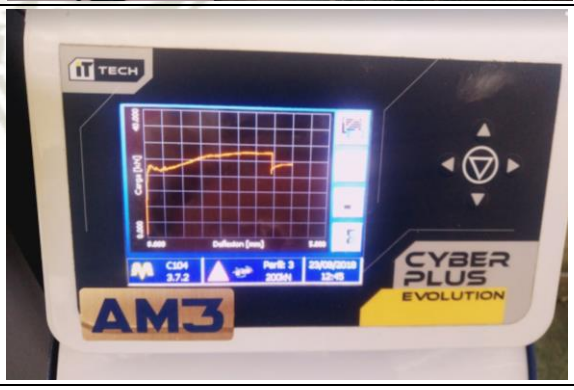
Fuente y elaboración: Propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

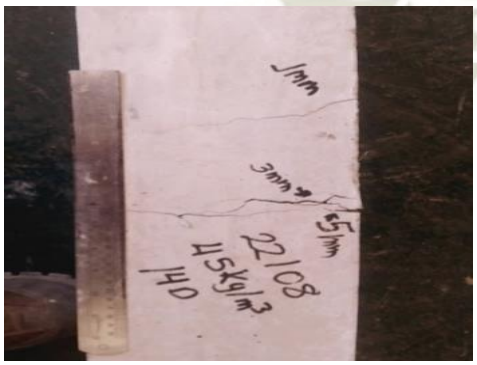




Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



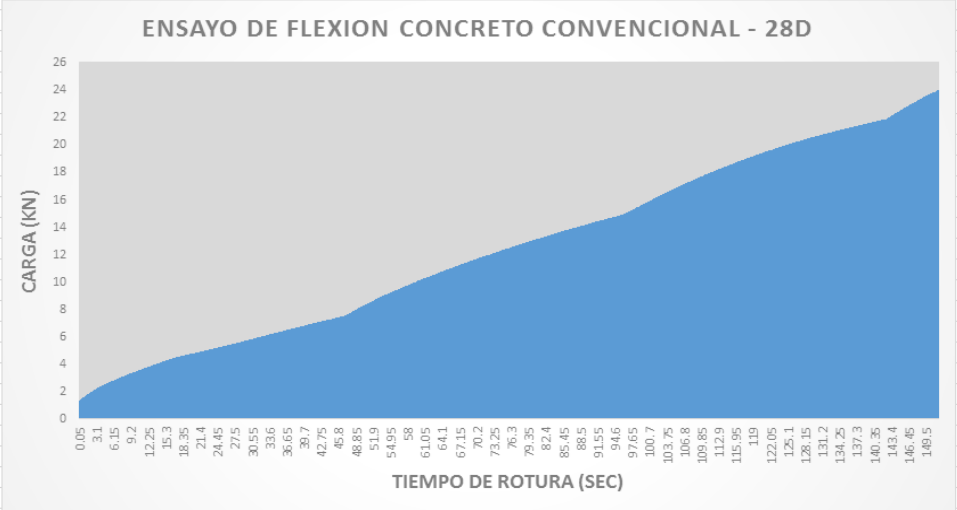
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

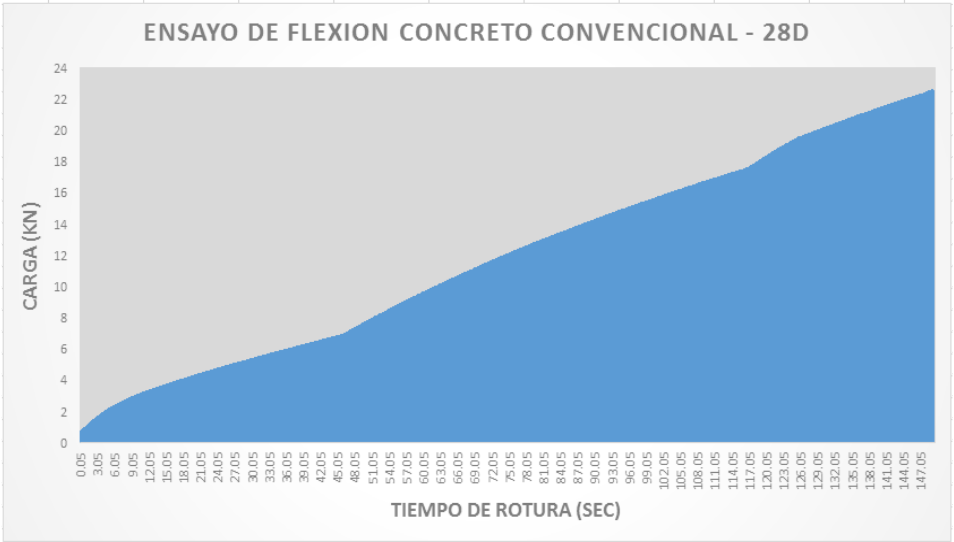
CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA C°C 28 D - 1	150	150	150	450	7500	0.02	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Carga Máxima	(Peak Load)	23.915	kN
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.128	MPa
Tiempo de Rotura		138.15	Sec



CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA C°C 28 D - 2	150	150	150	450	7500	0.02	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Carga Máxima	(Peak Load)	22.637	kN
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.018	MPa
Tiempo de Rotura		149.35	Sec



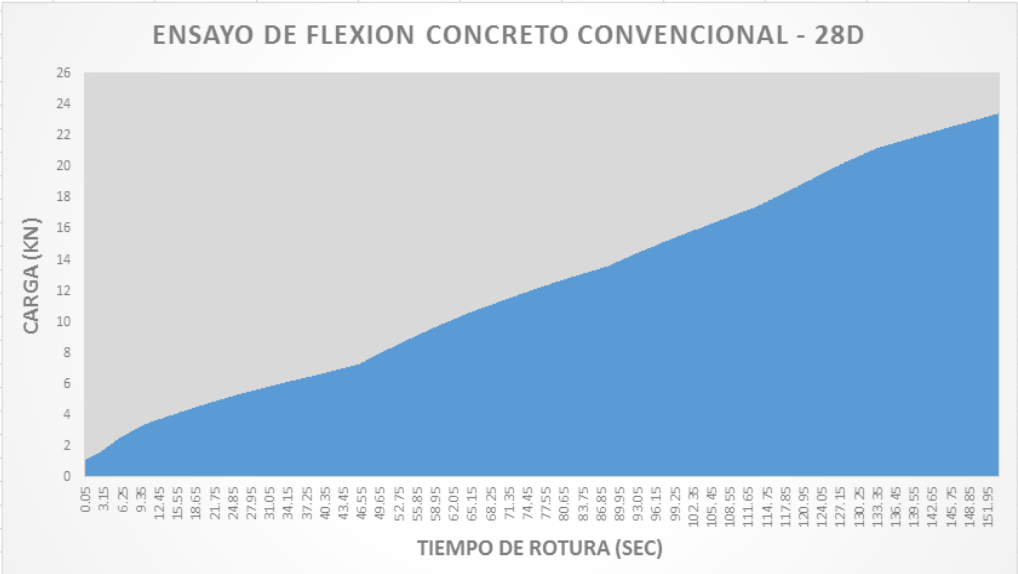
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

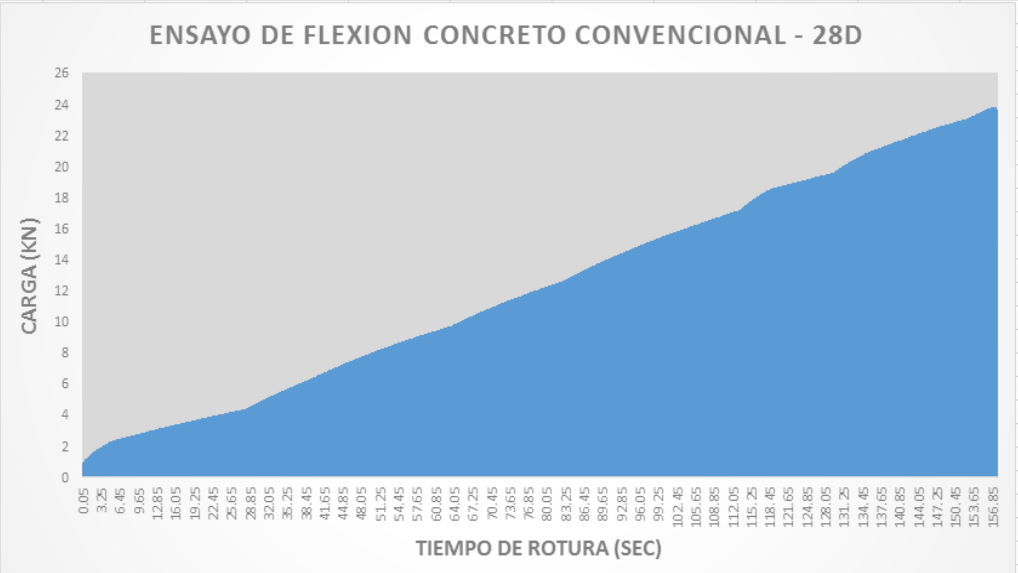
CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA C°C 28 D - 3	150	150	150	450	7500	0.02	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Carga Máxima	(Peak Load)	23.353	kN
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.134	MPa
Tiempo de Rotura		149.35	Sec



CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA C°C 28 D - 4	150	150	150	450	7500	0.02	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Carga Máxima	(Peak Load)	23.838	kN
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.178	MPa
Tiempo de Rotura		157.65	Sec



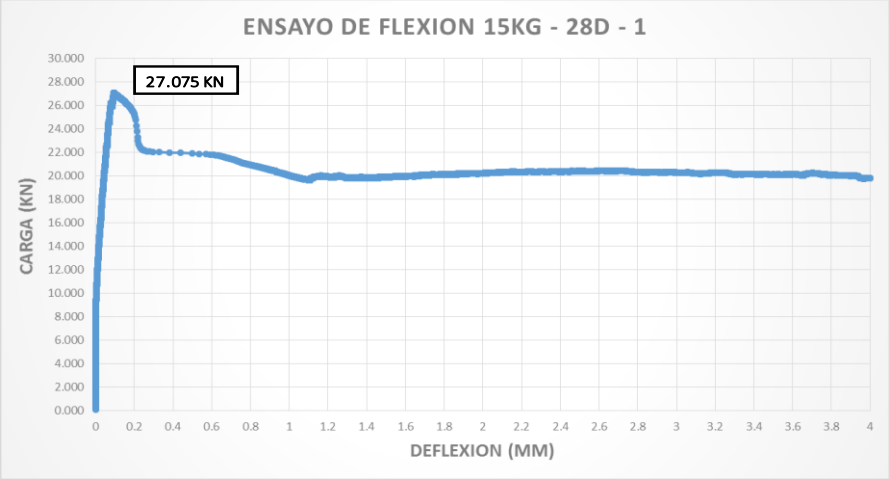
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

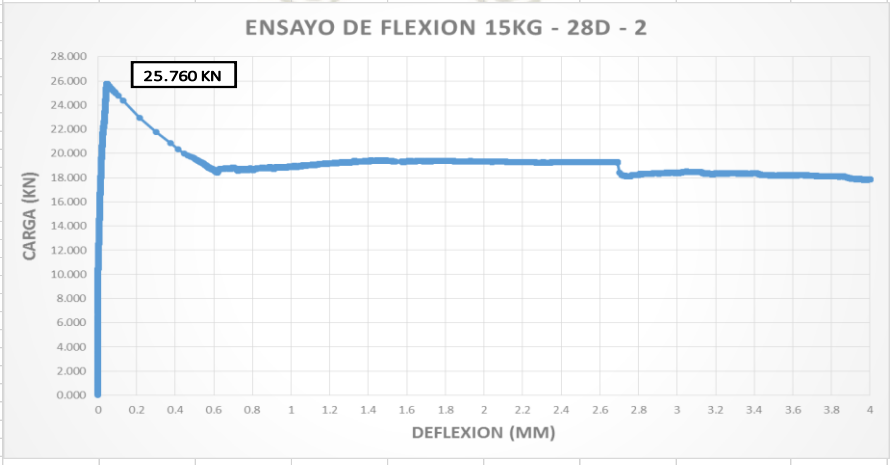
CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)
	Ancho	Alto					
VIGA 15 Kg/m3 - 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	27.075	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.096	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	2.610	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	27.075	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.096	**mm**
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	2.610	MPa
Carga Residual (L/150)		20.285	kN
Resistencia Residual (L/150)		1.705	MPa
Carga Residual (L/600)		21.156	kN
Resistencia Residual (L/600)		1.821	Mpa
Indice de Dureza		51.834	J
Factor de Resistencia Residual		73.922	%
Relación entre fuerza y flexión		0.079	%



CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)
	Ancho	Alto					
VIGA 15 Kg/m3 - 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	25.760	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.046	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	3.435	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	25.760	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.046	**mm**
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.435	MPa
Carga Residual (L/150)		18.385	kN
Resistencia Residual (L/150)		2.451	MPa
Carga Residual (L/600)		18.627	kN
Resistencia Residual (L/600)		2.484	Mpa
Indice de Dureza		49.315	J
Factor de Resistencia Residual		71.370	%
Relación entre fuerza y flexión		0.076	%



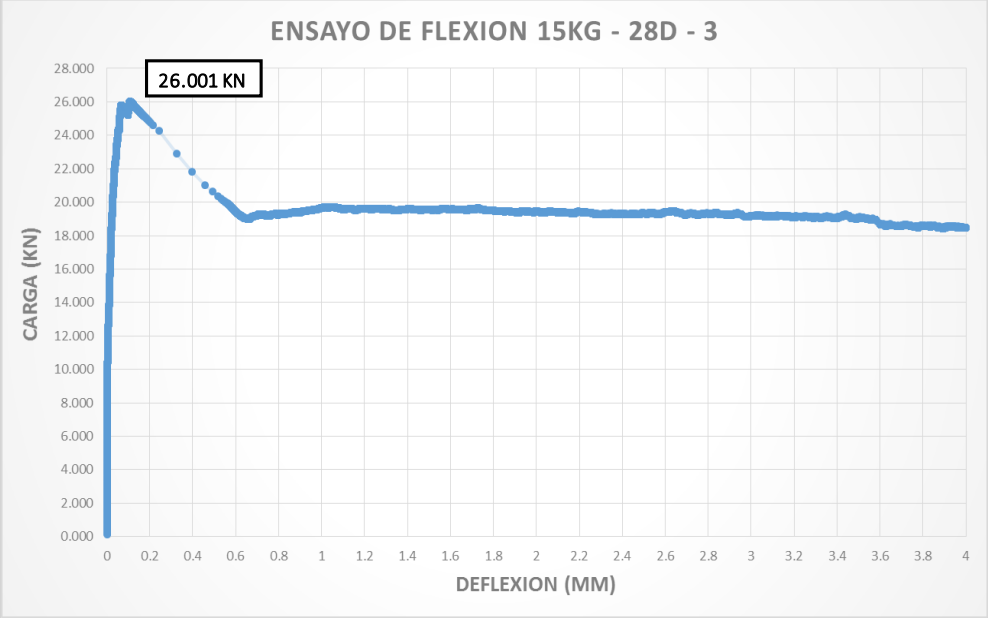
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CÓDIGO	DIMENSIONES (mm)		DISTANCIA RODILLOS SUP (mm)	DISTANCIA RODILLOS INF (mm)	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓN (mm)
	Ancho	Alto					
VIGA 15 Kg/m3 - 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	26.001	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.107	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	3.467	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	26.001	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.107	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.467	MPa
Carga Residual (L/150)		19.175	kN
Resistencia Residual (L/150)		2.557	MPa
Carga Residual (L/600)		19.207	kN
Resistencia Residual (L/600)		2.561	Mpa
Indice de Dureza		49.777	J
Factor de Resistencia Residual		73.747	%
Relación entre fuerza y flexión		0.077	%



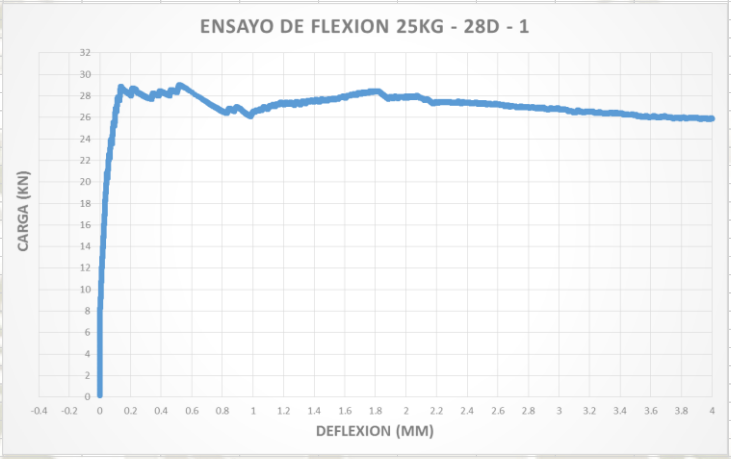
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 25Kg 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	29.000	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.518	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	3.867	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	29.000	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.518	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.867	MPa
Carga Residual (L/150)		26.802	kN
Resistencia Residual (L/150)		3.217	MPa
Carga Residual (L/600)		26.983	kN
Resistencia Residual (L/600)		3.523	Mpa
Indice de Dureza		78.647	J
Factor de Resistencia Residual		83.20	%
Relación entre fuerza y flexión		0.093	%



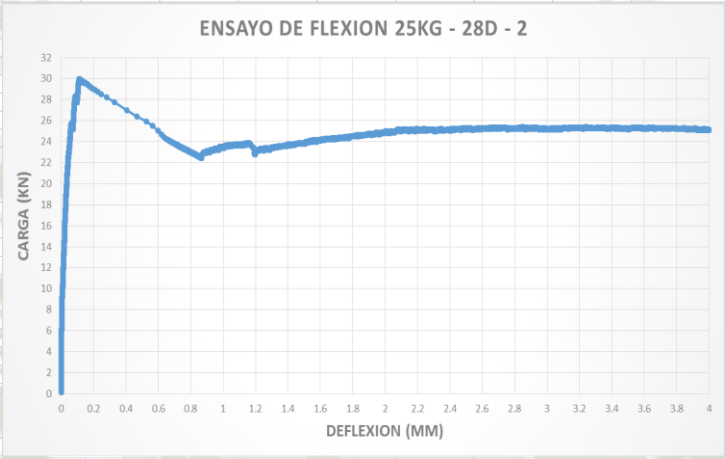
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

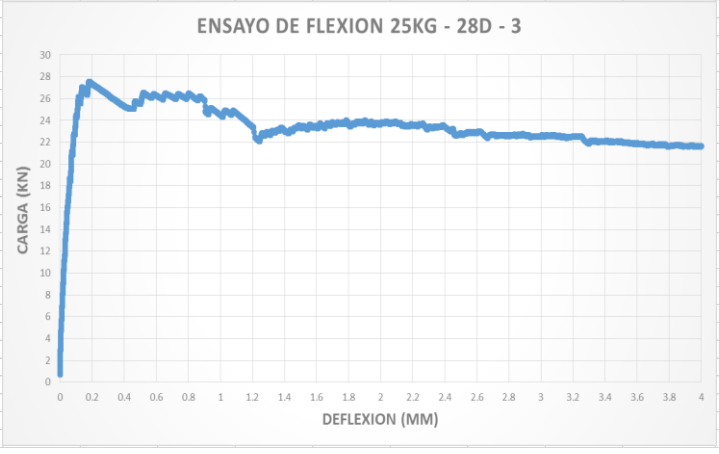
CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 25Kg 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	29.910	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.113	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	3.988	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	29.910	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.113	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.988	MPa
Carga Residual (L/150)		29.165	kN
Resistencia Residual (L/150)		2.913	MPa
Carga Residual (L/600)		27.394	kN
Resistencia Residual (L/600)		2.586	Mpa
Indice de Dureza		62.428	J
Factor de Resistencia Residual		73.04	%
Relación entre fuerza y flexión		0.080	%



CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 25Kg 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	27.531	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.181	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	3.671	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	27.531	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.181	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.671	MPa
Carga Residual (L/150)		22.556	kN
Resistencia Residual (L/150)		3.007	MPa
Carga Residual (L/600)		26.309	kN
Resistencia Residual (L/600)		3.508	Mpa
Indice de Dureza		71.579	J
Factor de Resistencia Residual		81.91	%
Relación entre fuerza y flexión		0.087	%



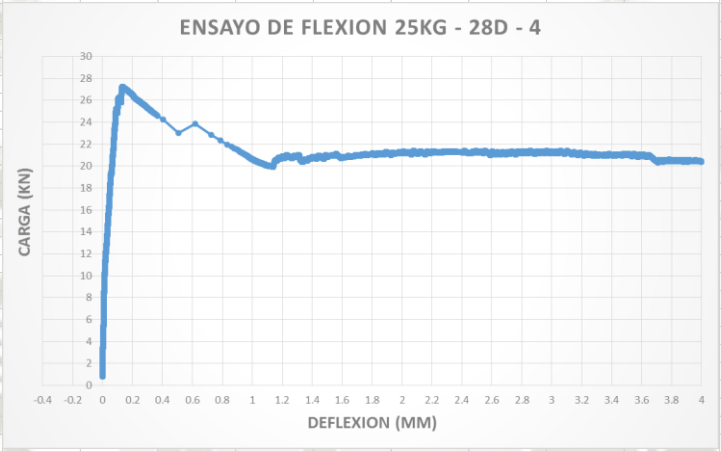
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 25Kg 28D - 4	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	27.237	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.133	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)	3.632	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	27.237	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.133	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength) (Modulo de Rotura)	3.632	MPa
Carga Residual (L/150)		21.225	kN
Resistencia Residual (L/150)		2.576	MPa
Carga Residual (L/600)		22.667	kN
Resistencia Residual (L/600)		2.756	Mpa
Indice de Dureza		60.233	J
Factor de Resistencia Residual		70.93	%
Relación entre fuerza y flexión		0.074	%



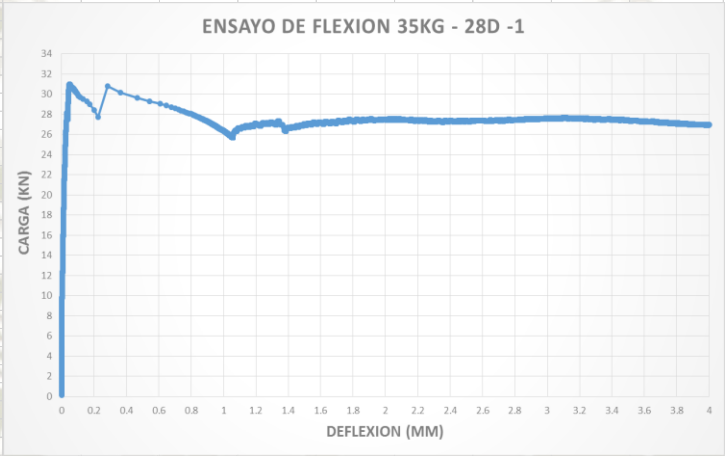
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

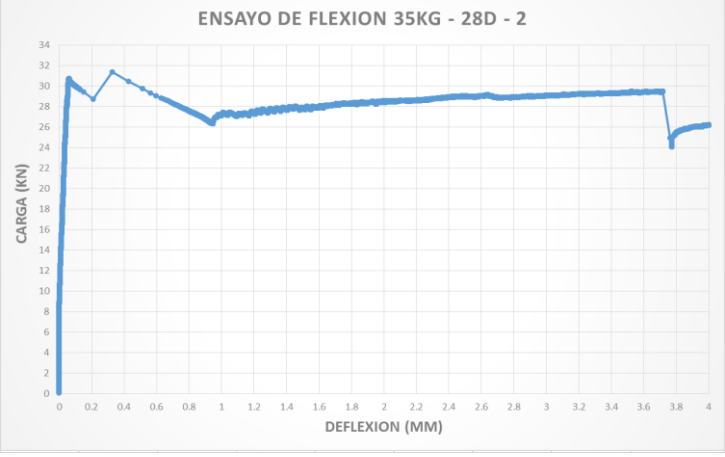
CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 35Kg 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	30.999	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.049	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength) (Modulo de Rotura)	4.133	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	30.999	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.049	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength)	4.133	MPa
Carga Residual (L/150)		26.959	kN
Resistencia Residual (L/150)		2.344	MPa
Carga Residual (L/600)		18.498	kN
Resistencia Residual (L/600)		2.466	Mpa
Indice de Dureza		54.715	J
Factor de Resistencia Residual		56.71	%
Relación entre fuerza y flexión		0.073	%



CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 35Kg 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	31.370	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.060	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)(Modulo de Rotura)	4.183	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	31.370	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.060	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength)	4.183	MPa
Carga Residual (L/150)		29.037	kN
Resistencia Residual (L/150)		2.405	MPa
Carga Residual (L/600)		27.923	kN
Resistencia Residual (L/600)		2.256	Mpa
Indice de Dureza		53.271	J
Factor de Resistencia Residual		92.56	%
Relación entre fuerza y flexión		0.075	%



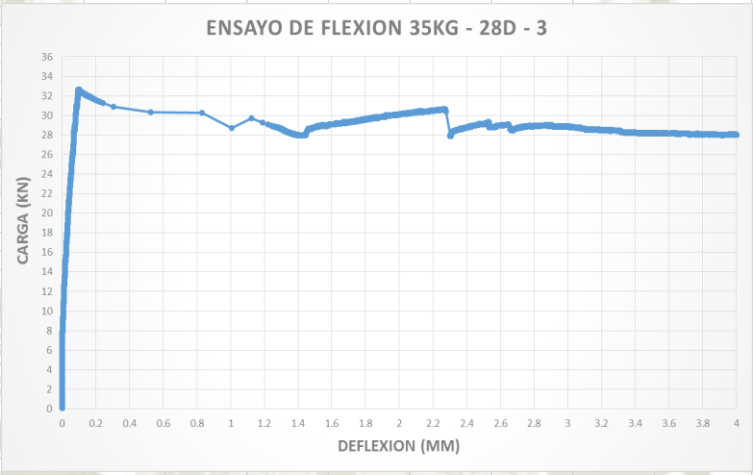
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 35Kg 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	32.657	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.098	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)(Modulo de Rotura)	4.354	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	32.657	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.098	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength)	4.354	MPa
Carga Residual (L/150)		28.873	kN
Resistencia Residual (L/150)		3.850	MPa
Carga Residual (L/600)		30.280	kN
Resistencia Residual (L/600)		4.037	Mpa
Indice de Dureza		54.099	J
Factor de Resistencia Residual		88.41	%
Relación entre fuerza y flexión		0.068	%



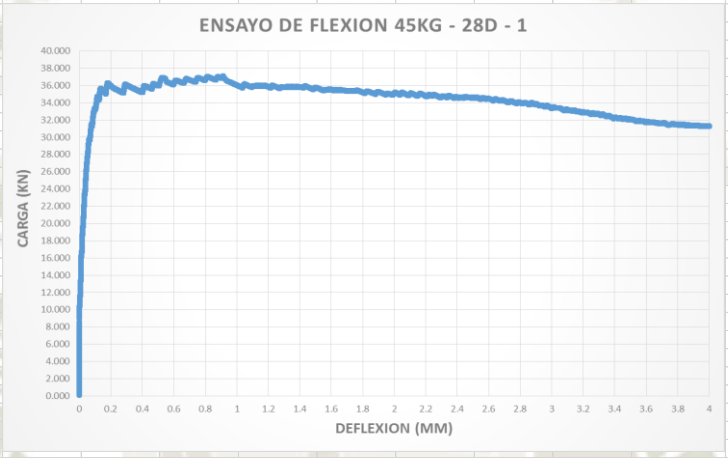
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

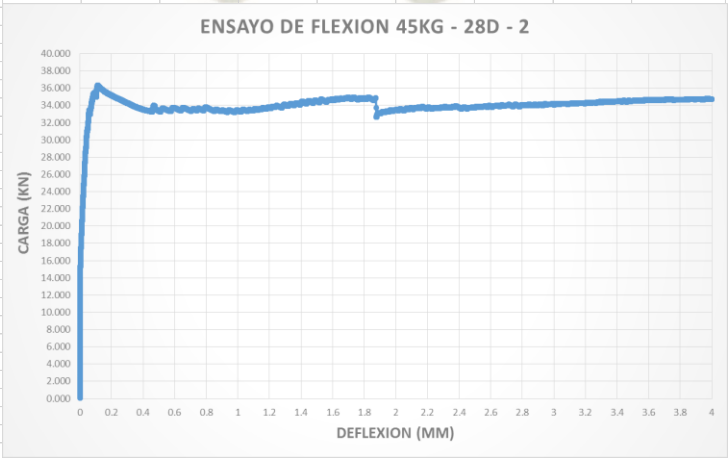
CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 45Kg 28D - 1	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	37.085	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.914	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength) (Modulo de Rotura)	4.945	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	37.085	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.914	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength)	4.945	MPa
Carga Residual (L/150)		33.324	kN
Resistencia Residual (L/150)		4.443	MPa
Carga Residual (L/600)		36.887	kN
Resistencia Residual (L/600)		4.918	Mpa
Indice de Dureza		81.097	J
Factor de Resistencia Residual		89.86	%
Relación entre fuerza y flexión		0.093	%



CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 45Kg 28D - 2	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	36.339	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.113	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength) (Modulo de Rotura)	4.845	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	36.339	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	0.113	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength)	4.845	MPa
Carga Residual (L/150)		33.634	kN
Resistencia Residual (L/150)		4.485	MPa
Carga Residual (L/600)		34.105	kN
Resistencia Residual (L/600)		4.547	Mpa
Indice de Dureza		63.010	J
Factor de Resistencia Residual		92.56	%
Relación entre fuerza y flexión		0.089	%



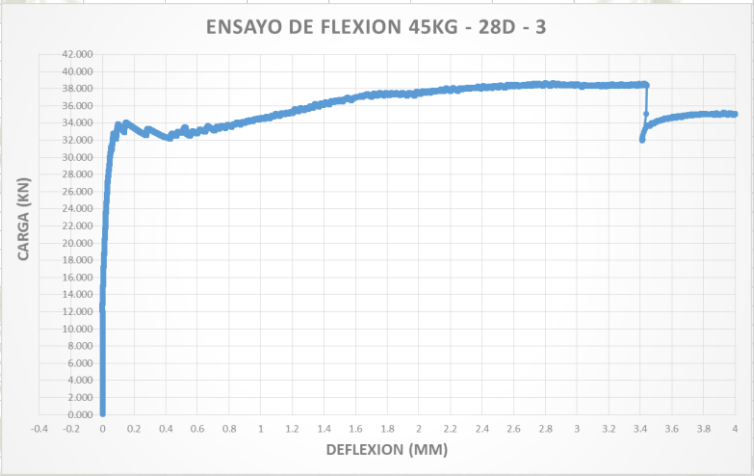
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CÓDIGO	DIMENSIONES		DISTANCIA RODILLOS	DISTANCIA RODILLOS INF	AREA (mm^2)	GRADIENTE (mm/min)	UMBRAL DEFORMACIÓ
	Ancho	Alto					
VIGA 45Kg 28D - 3	150	150	150	450	7500	0.035	4.0

DESCRIPCIÓN		RESULTADO	UND
Primer Pico de Carga	(First Peak Load)	34.032	kN
Primer Pico de Deflexión	(First Peak Deflection)	0.148	mm
Primer Pico de Fuerza	(First Peak strength)(Modulo de Rotura)	4.538	Mpa
Carga Máxima	(Peak Load)	38.636	kN
Máxima Deflexión	(Peak Deflection)	2.845	mm
Máxima Fuerza	(Peak Strength)	5.151	MPa
Carga Residual (L/150)		27.535	kN
Resistencia Residual (L/150)		3.671	MPa
Carga Residual (L/600)		22.673	kN
Resistencia Residual (L/600)		3.023	Mpa
Indice de Dureza		74.352	J
Factor de Resistencia Residual		80.91	%
Relación entre fuerza y flexión		0.108	%



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO N°5

CONSTANCIAS DE

LABORATORIO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CONCRETOS SUPERMIX
Productos de Alta Resistencia

CONSTANCIA

El que suscribe, Ing. Eduardo Vásquez, líder de optimización de procesos

Hace constar:

Que los señores Bachiller en Ingeniería Civil:

JERSEN RODRIGO ACUÑA ALARCON DNI N° 47175309
BRAYAM RODNEY ACUÑA ALARCON DNI N° 46544863

Han realizado los ensayos de laboratorio para complementar su trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Civil cuyo título es: **"EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL Y CON LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUÍA DE LA AASHTO 93 Y LA GUIA DE LA PORTLAND CEMENT ASOCIATION (PCA), APLICADO A LA AV. LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, EN EL DISTRITO DE SAN JERONIMO - CUSCO"**

Los trabajos realizados en las instalaciones del Laboratorio de control de Calidad de Planta Gloria han sido elaborados entre 15/08/2018 y el 07/09/2018.

Los ensayos efectuados por los tesistas fueron los siguientes:

Norma: ASTM C78:

Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (utilizando viga simple con carga de tercer punto).

- Se sometieron al ensayo 12 viguetas de concreto convencional F'c = 210 Kg/cm2.

Norma: ASTM C1609/1609M:

Standard test method for flexural Performance of fiber-reinforced concrete (Using beam with third point loading)

- 12 Viguetas de Concreto F'C=210 kg/cm2 con 15 kg/m3 de Fibra.
- 12 Viguetas de Concreto F'C=210 kg/cm2 con 25 kg/m3 de Fibra.
- 12 Viguetas de Concreto F'C=210 kg/cm2 con 35 kg/m3 de Fibra.
- 12 Viguetas de Concreto F'C=210 kg/cm2 con 45 kg/m3 de Fibra.

Se expide la presente constancia a solicitud del tesista para los fines que estime conveniente.

CONCRETOS SUPERMIX
Productos de Alta Resistencia
Ing. Eduardo Vásquez
LÍDER OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

Carretera Variante de Uchumayo Km 5.5 – Cerro Colorado-Arequipa
www.supermix.com.pe
Teléf.: (054) 28 1128 -59 9370-Anexo: 3671
contactenos@supermix.com.pe

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

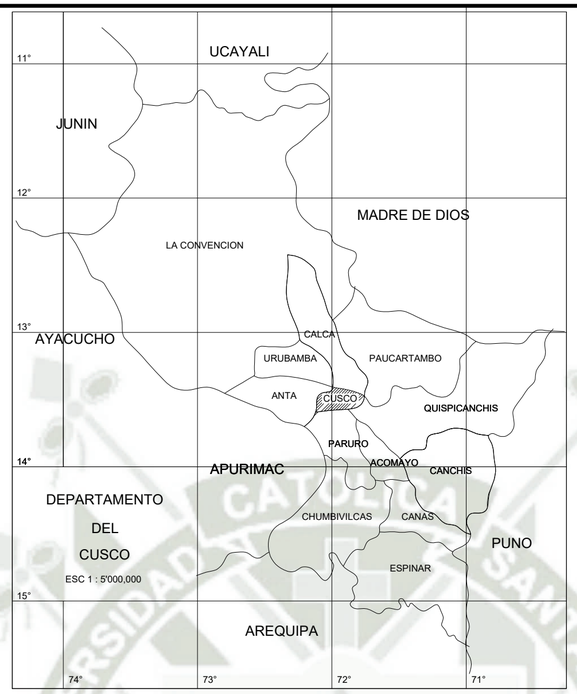
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

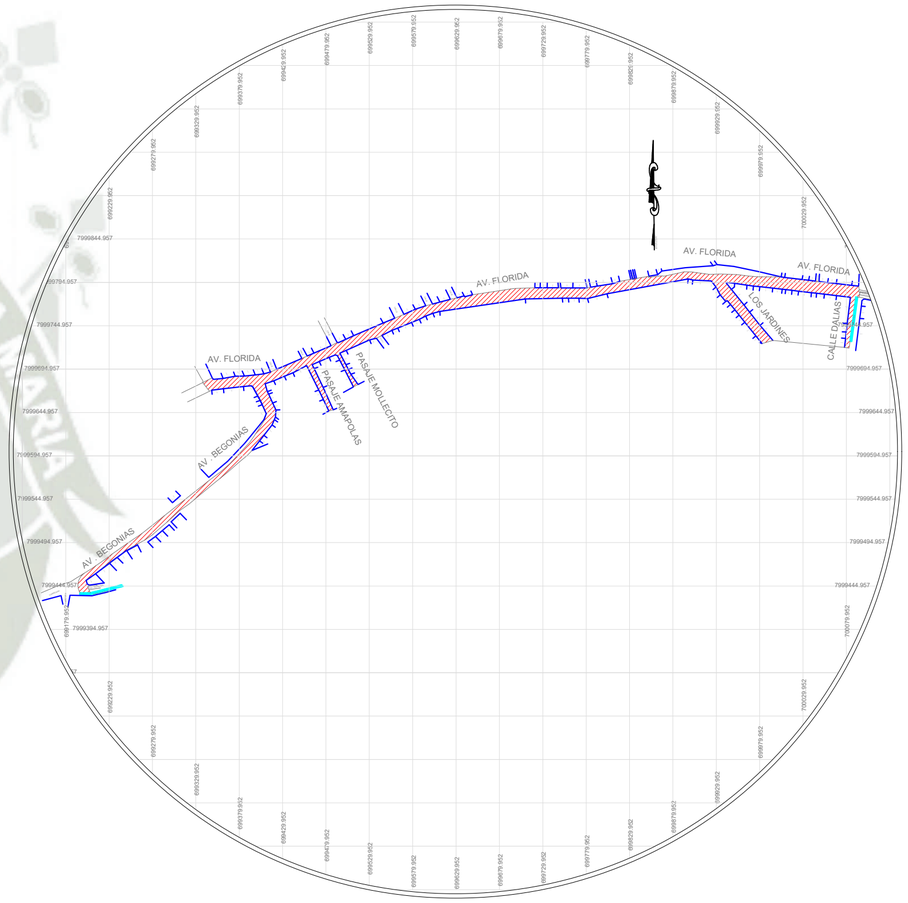
PLANOS DEL PROYECTO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

PLANO UBICACION NACIONAL

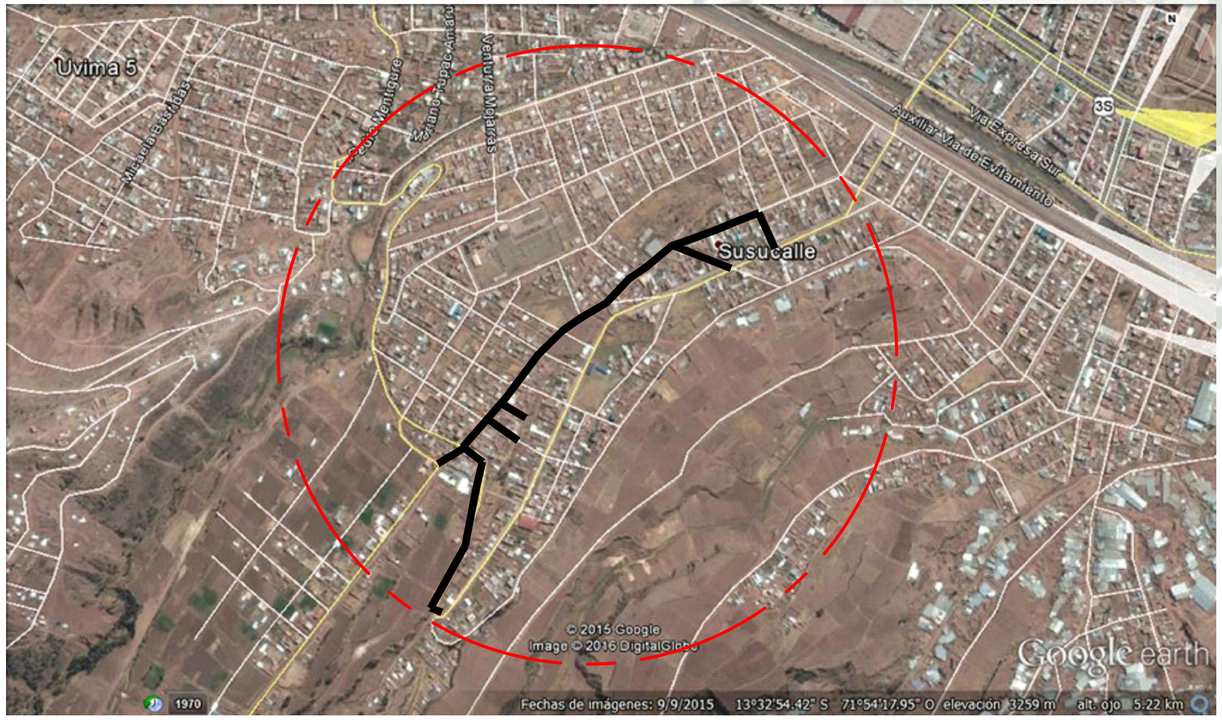


PLANO UBICACION REGIONAL



PLANTA GENERAL DEL PROYECTO

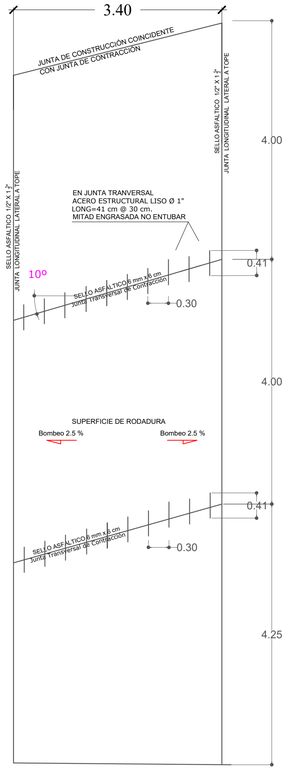
ESC: 1/3500



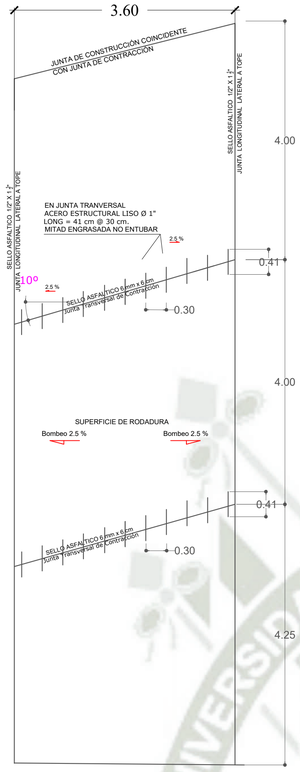
PLANO DE LOCALIZACION

ESC: S/E

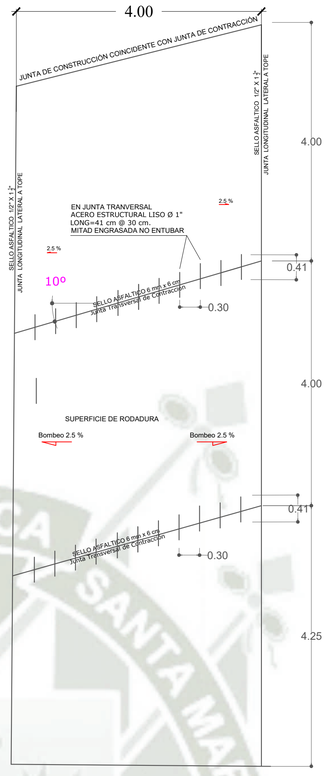
FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	"EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL VS PAVIMENTO RÍGIDO CON LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUÍA AASHTO 93 Y LA GUÍA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) EN EL CENTRO POBLADO VALLECITO, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO." DEPARTAMENTO: CUSCO · PROVINCIA: CUSCO · DISTRITOS: SAN JERONIMO	PLANO: PLANTA DE UBICACION GENERAL DEL PROYECTO	TESISTAS: BACH. BRAYAM RODNEY ACUÑA ALARCON BACH. RODRIGO JERSEN ACUÑA ALARCON	ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO - 2019	CODIGO: PU-01



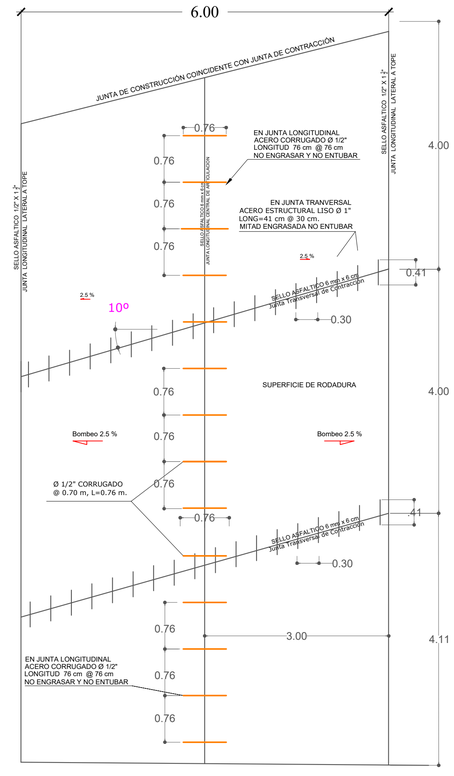
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
PSJE. AMAPOLAS ESC:1/50



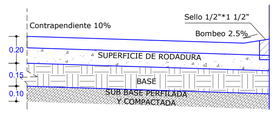
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
CA. DALIAS ESC:1/50



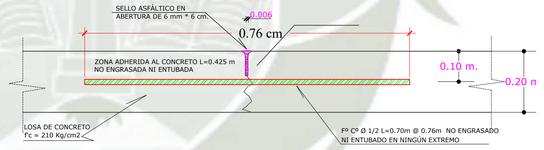
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
PSJE. MOLLECITO ESC:1/50



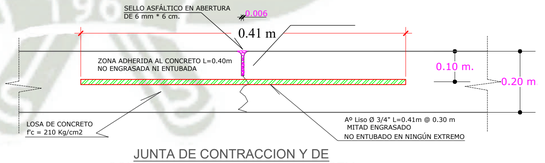
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
AV. LA FLORIDA Y BEGONIAS ESC:1/50



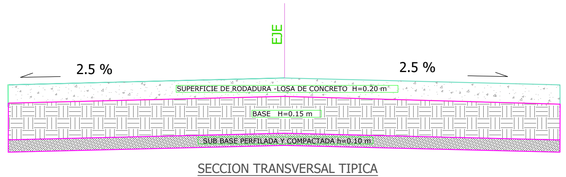
DETALLE DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC:1/20



JUNTA LONGITUDINAL BARRAS DE
UNION F°C°FY=4200 Kg/cm2
ESC: 1/10



JUNTA DE CONTRACCION Y DE
CONSTRUCCION UNION A°L°G°60 ASTM
A36 Ø 3/4" ESC: 1/10



SECCION TRANSVERSAL TIPICA
ESC:1/25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUBRASANTE
Perfilada debidamente compactada. h=0.10 m

BASE
Altura H=0.15 m

LOSA DE RODADURA
Concreto f'c=210 Kg/cm2 de altura h=0.20 m

JUNTAS
-Juntas longitudinales central de articulacion al centro y costados de la via.
Pasadores de acero corrugado de $\frac{1}{2}$" @0.70 m L=0.76

-Juntas de Contraccion y Construccion
Espaciado @ 0.30 m, inclinadas 10° c/r a las perpenti culares al eje y en el sentido del trafico.
Pasadores de acero estructural liso de 1" @0.30 m L=0.41 m

-SELLADO DE JUNTAS
Sardinel: Mezcla 1:4 asfalto RC 250, e=$\frac{3}{4}$", h=0.15 m @ 3 m, coincidentes con pavimento.

CUADRO DE VIAS - PROPUESTA

N°	NOMBRE DE LA VIA	DE CALLE A CALLE	PROGRESIVA Y LONG DE VIA			ANCHO DE VIA			LONG. VIA TOTAL
			PROG. INICIO (m t)	PROG. FINAL (m t)	LONG VIA (mt)	INICIO	MEDIO	FINAL	
1.00	**AV. LA FLORIDA**	ENTRE CA. DALIAS Y CA. SIN NOMBRE	0+000	0+776.08	776.08	6.00	6.00	6.00	**776.08**
2.00	**AV. BEGONIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+349.95	349.95	6.00	6.00	6.00	**349.95**
3.00	**CA. LOS DALIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+060.53	60.53	3.60	3.60	3.60	**60.53**
4.00	**CA. LOS DALIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+061.10	61.10	3.60	3.60	3.60	**61.10**
5.00	**CA. LOS JARDINES**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+090.58	90.58	6.00	6.00	6.00	**90.58**
6.00	**PSJE. MOLLECITO**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL MURO DE CONTENCION	0+000	0+044.87	44.87	4.00	4.00	4.00	**44.87**
7.00	**PSJE. AMAPOLAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL MURO DE CONTENCION	0+000	0+059.31	59.31	3.40	3.40	3.40	**59.31**

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL VS PAVIMENTO RÍGIDO CON LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUÍA AASHTO 93 Y LA GUÍA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) EN LA AV. LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO."

DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: CUSCO | DISTRITO: SAN JERONIMO

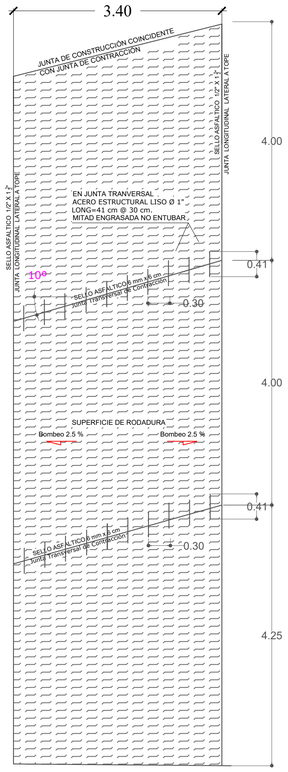
PLANO: DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO Y JUNTAS DE DILATACIÓN PCA 95 Y AASHTO 93

TESISTAS:
BACH. BRAYAM RODNEY ACUÑA ALARCON
BACH. RODRIGO JERSEN ACUÑA ALARCON

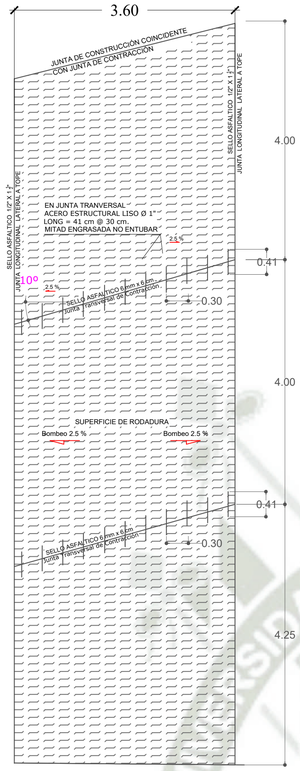
ESCALA: INDICADA

FECHA: JULIO - 2019

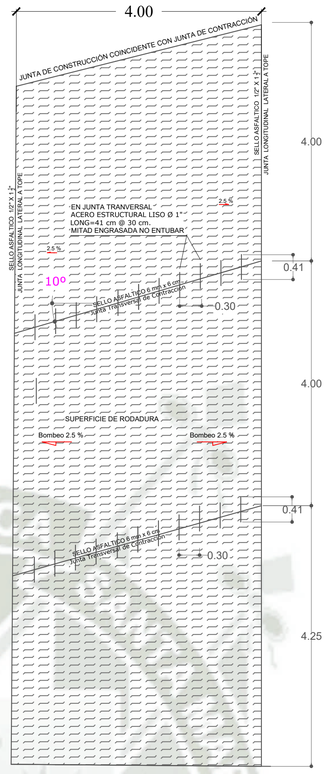
CODIGO: PD-01



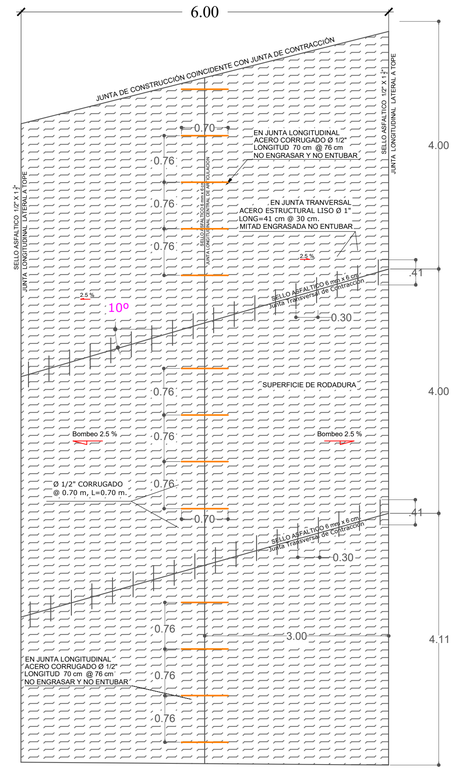
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
PSJE. AMAPOLAS ESC:1/50



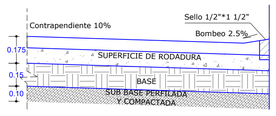
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
CA. DALIAS ESC:1/50



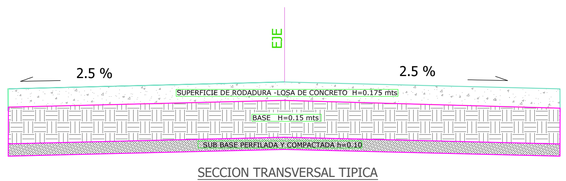
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
PSJE. MOLLECITO ESC:1/50



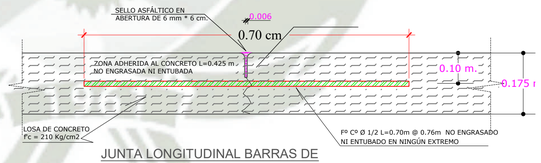
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
AV. LA FLORIDA Y BEGONIAS ESC:1/50



DETALLE DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC:1/20

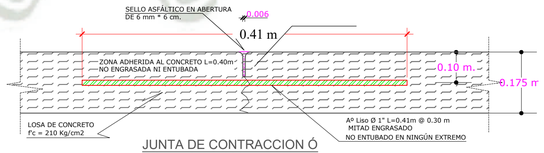


SECCION TRANSVERSAL TIPICA
ESC:1/25



JUNTA LONGITUDINAL BARRAS DE
UNION F°C°FY=4200 Kg/cm2

ESC: 1/10



JUNTA DE CONTRACCION Ó
TRANSVERSAL F°C°FY=4200 Kg/cm2

ESC: 1/10

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUBRASANTE
Perfilada debidamente compactada. h=0.10 m

BASE
Altura H=0.15 m

LOSA DE RODADURA
Concreto f'c=210 Kg/cm2 de altura h=0.175 m

JUNTAS
-Juntas longitudinales central de articulacion al centro y costados de la via.
Pasadores de acero corrugado de $\frac{1}{2}$" @0.76 m L=0.70

-Juntas de Contraccion ó transversales
Espaciado @ 0.30 m, inclinadas 10° c/r a las perpenti culares al eje y en el sentido del trafico.
Pasadores de acero estructural liso de 1" @0.30 m L=0.41 m

SELLADO DE JUNTAS
Sardinel: Mezcla 1:4 asfalto RC 250, e=$\frac{3}{4}$", h=0.15 m @ 3 m, coincidentes con pavimento.

FIBRA DE ACERO SIKA CHO ⛓ DE 30 KG/M3
La fibra se insertará después de los agregados, hasta ver una mezcla uniforme.

CUADRO DE VIAS - PROPUESTA

N°	NOMBRE DE LA VIA	DE CALLE A CALLE	PROGRESIVA Y LONG DE VIA			ANCHO DE VIA			LONG. VIA TOTAL
			PROG. INICIO (m t)	PROG. FINAL (m t)	LONG VIA (mt)	INICIO	MEDIO	FINAL	
1.00	**AV. LA FLORIDA**	ENTRE CA. DALIAS Y CA. SIN NOMBRE	0+000	0+776.08	776.08	6.00	6.00	6.00	**776.08**
2.00	**AV. BEGONIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+349.95	349.95	6.00	6.00	6.00	**349.95**
3.00	**CA. LOS DALIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+060.53	60.53	3.60	3.60	3.60	**60.53**
4.00	**CA. LOS DALIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+061.10	61.10	3.60	3.60	3.60	**61.10**
5.00	**CA. LOS JARDINES**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+090.58	90.58	6.00	6.00	6.00	**90.58**
6.00	**PSJE. MOLLECITO**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL MURO DE CONTENCION	0+000	0+044.87	44.87	4.00	4.00	4.00	**44.87**
7.00	**PSJE. AMAPOLAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL MURO DE CONTENCION	0+000	0+059.31	59.31	3.40	3.40	3.40	**59.31**

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL VS PAVIMENTO RÍGIDO CON LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUÍA AASHTO 93 Y LA GUÍA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) EN LA AV. LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO."

DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: CUSCO | DISTRITO: SAN JERONIMO

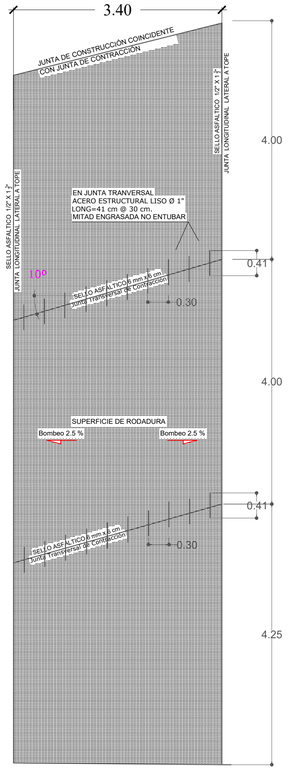
PLANO: DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO Y JUNTAS DE DILATACIÓN PCA 95

TESISTAS:
BACH. BRAYAM RODNEY ACUÑA ALARCON
BACH. RODRIGO JERSEN ACUÑA ALARCON

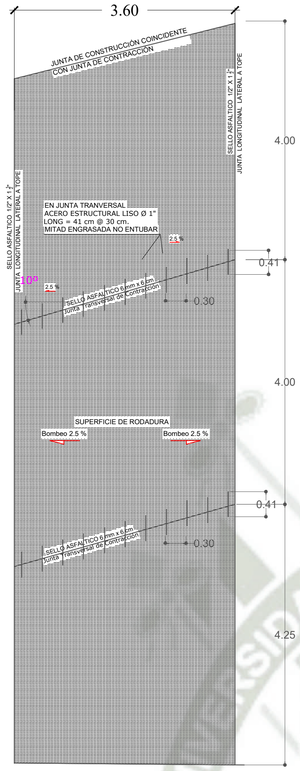
ESCALA: INDICADA

FECHA: JULIO - 2019

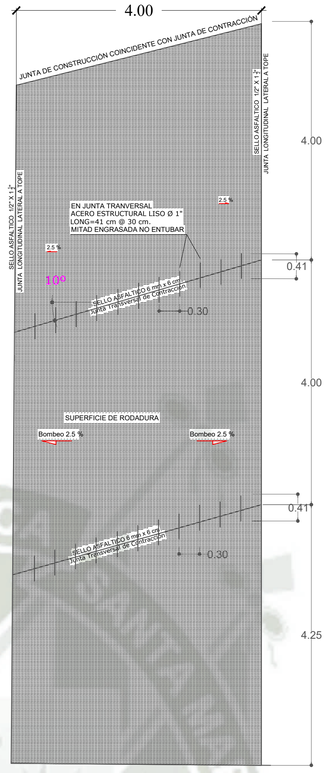
CODIGO: PD-02



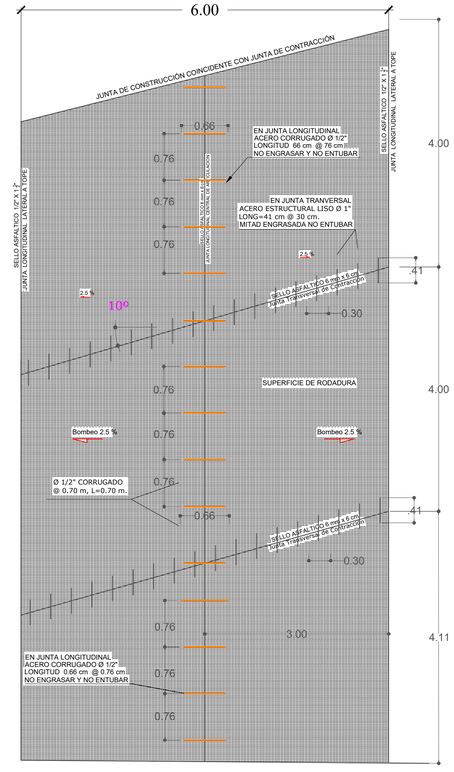
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
PSJE. AMAPOLAS ESC:1/50



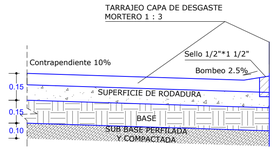
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
CA. DALIAS ESC:1/50



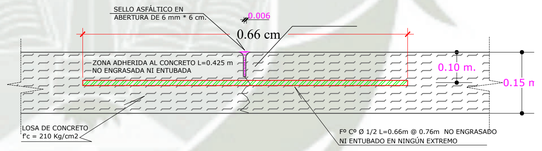
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
PSJE. MOLLECITO ESC:1/50



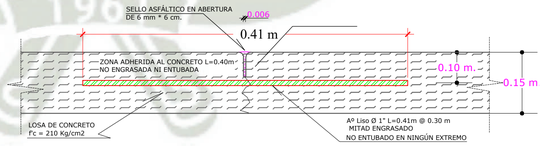
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
AV. LA FLORIDA Y BEGONIAS ESC:1/50



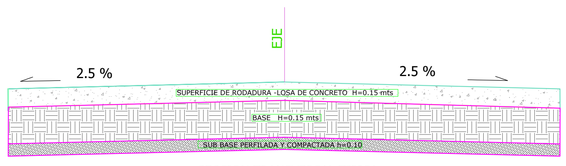
DETALLE DE PAVIMENTO RIGIDO
ESC:1/20



JUNTA LONGITUDINAL BARRAS DE
UNION F°C°FY=4200 Kg/cm2
ESC: 1/10



JUNTA DE CONTRACCION Y DE
CONSTRUCCION UNION A°L°G°60 ASTM
A36 Ø 3/4" ESC: 1/10



SECCION TRANSVERSAL TIPICA
ESC:1/25

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUBRASANTE
Perfilada debidamente compactada. h=0.10 m

BASE
Altura H=0.15 m

LOSA DE RODADURA
Concreto f'c=210 Kg/cm2 de altura h=0.15 m

JUNTAS
-Juntas longitudinales central de articulacion al centro y costados de la via.
Pasadores de acero corrugado de $\frac{1}{2}$" @0.76 m L=0.66

-Juntas de Contraccion y Construccion
Espaciado @ 0.30 m, inclinadas 10° c/r a las perpenti culares al eje y en el sentido del trafico.
Al inicio y final de la via
Pasadores de acero estructural liso de 1" @0.30 m L=0.41 m

SELLADO DE JUNTAS
Sardinel: Mezcla 1:4 asfalto RC 250, e=$\frac{3}{4}$", h=0.15 m @ 3 m, coincidentes con pavimento.

FIBRA DE ACERO SIKA CHO ⛓ DE 30 KG/M3
La fibra se insertará después de los agregados, hasta ver una mezcla uniforme.

CUADRO DE VIAS - PROPUESTA

N°	NOMBRE DE LA VIA	DE CALLE A CALLE	PROGRESIVA Y LONG DE VIA			ANCHO DE VIA			LONG. VIA TOTAL
			PROG. INICIO (m t)	PROG. FINAL (m t)	LONG VIA (mt)	INICIO	MEDIO	FINAL	
1.00	**AV. LA FLORIDA**	ENTRE CA. DALIAS Y CA. SIN NOMBRE	0+000	0+776.08	776.08	6.00	6.00	6.00	**776.08**
2.00	**AV. BEGONIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+349.95	349.95	6.00	6.00	6.00	**349.95**
3.00	**CA. LOS DALIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+060.53	60.53	3.60	3.60	3.60	**60.53**
4.00	**CA. LOS DALIAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+061.10	61.10	3.60	3.60	3.60	**61.10**
5.00	**CA. LOS JARDINES**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL PAVIMENTO EXISTENTE	0+000	0+090.58	90.58	6.00	6.00	6.00	**90.58**
6.00	**PSJE. MOLLECITO**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL MURO DE CONTENCION	0+000	0+044.87	44.87	4.00	4.00	4.00	**44.87**
7.00	**PSJE. AMAPOLAS**	ENTRE AV. LA FLORIDA Y EL MURO DE CONTENCION	0+000	0+059.31	59.31	3.40	3.40	3.40	**59.31**

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"EVALUACIÓN, COMPARACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO CONVENCIONAL VS PAVIMENTO RÍGIDO CON LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO MEDIANTE LA GUÍA AASHTO 93 Y LA GUÍA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA) EN LA AV. LA FLORIDA Y PASAJES ALEDAÑOS, DISTRITO DE SAN JERÓNIMO - CUSCO - CUSCO."

DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: CUSCO | DISTRITO: SAN JERONIMO

PLANO: DETALLE DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO Y JUNTAS DE DILATACIÓN AASHTO 93

TESISTAS:
BACH. BRAYAM RODNEY ACUÑA ALARCON
BACH. RODRIGO JERSEN ACUÑA ALARCON

ESCALA: INDICADA

FECHA: JULIO - 2019

CODIGO: PD-03