

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“MODELO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO RIGIDO
HIDRAULICO CON INFLUENCIA DE LOS ALABEOS
POR TEMPERATURA, HUANCAYO”**

PRESENTADO POR:

Bach. ROMANI MUÑOZ, RONIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:

TRANSPORTES Y URBANISMO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL
HUANCAYO – PERÚ**

2023

FALSA PORTADA

ASESOR

Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

DEDICATORIA

A Dios por su guía en el largo camino para lograr este reto.

A mis padres por ser mi fuente de soporte e inspiración.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los docentes de la universidad por brindarme sus enseñanzas, y que me apoyaron en mi formación intelectual y lograr mis objetivos.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 335

Que, el (la) bachiller: Bachilleres, Bachiller **RONIL, ROMANI MUÑOZ**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada **“MODELO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO RIGIDO HIDRAULICO CON INFLUENCIA DE LOS ALABEOS POR TEMPERATURA, HUANCAYO”**, la misma que cuenta con **149 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **13%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 27 de Octubre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Decano

Mg. Julio Fredy Porras Mayta
Jurado

Mg. Rando Porras Olarte
Jurado

Ing. Nataly Lucia Córdova Zorrilla
Jurado

Ing. Dayana Mary Montalván Salcedo
Jurado Suplente

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente

INDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
INDICE DE TABLA	X
INDICE DE ILUSTRACIONES	XI
INDICE DE FOTOGRAFIAS	XIII
INDICE DE GRAFICOS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	17
1.2. Formulación del problema.....	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos.....	18
1.3. Justificación de la investigación	19
1.3.1. Justificación práctica	19
1.3.2. Justificación teórica	19
1.3.3. Justificación metodológica.....	19
1.4. Delimitación de la investigación	20
1.4.1. Delimitación Espacial.....	20
1.4.2. Delimitación Temporal.....	20
1.4.3. Delimitación Económica	20
1.5. Limitaciones	20
1.5.1. Limitación de espacio	20
1.5.2. Limitación de tiempo.....	20
1.6. Objetivos de la investigación.....	21
1.6.1. Objetivo general	21
1.6.2. Objetivos específicos.....	21

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	22
2.1.1. Antecedentes Internacionales	22
2.1.2. Antecedentes Nacionales	23
2.2. Bases conceptuales	24
2.2.1. Pavimentos rígidos	24
2.2.2. Tipos de pavimentos de concreto.....	24
2.2.3. Esfuerzo y deformaciones	28
2.2.4. Método AASHTO y MTC para el diseño de pavimentos sin esfuerzo	47
2.2.5. Diseño de Juntas.....	51
2.3. Definición de términos.....	63
2.4. Formulación de Hipótesis.....	64
2.4.1. Hipótesis general.....	64
2.4.2. Hipótesis específicas	65
2.5. Variables	65
2.5.1. Definición conceptual de las variables.....	65
2.5.2. Definición operacional de las variables	65
2.5.3. Operacionalización de variables.....	67

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de la Investigación.....	68
3.2. Tipo de Investigación	68
3.3. Nivel de la Investigación	68
3.4. Diseño de la Investigación	69
3.5. Población y muestra.....	70
3.5.1. Población.....	70
3.5.2. Muestra.....	70
3.6. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos	71
3.6.1. Fichas de Campo	71

3.6.2. Técnicas de recolección de datos	71
3.7. Procesamiento de información.....	73
3.7.1. Obtención de los agregados.....	75
3.8. Técnicas y análisis de datos	76
3.8.1. Análisis de Agua.....	76
3.8.2. Cemento	77

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Caracterización físico-mecánica de los agregados	79
4.1.1. Caracterización físico-mecánica del agregado fino	79
4.1.2. Caracterización del agregado grueso	80
4.1.3. Determinación método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland (Slump).....	80
4.1.4. Contenido de aire en el concreto fresco método de presión.....	82
4.1.5. Exudación de la mezcla de concreto	84
4.1.6. Tiempo de fraguado de la mezcla de concreto.....	86
4.2. Propiedades del concreto en estado endurecido	89
4.2.1. Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas de (4"x8").....	89
4.2.2. Prueba de alabeos por temperatura en el tramo de prueba ensayada.....	91
4.3. Análisis de los alabeos en el comportamiento en el pavimento rígido	98
4.3.1. Definición y caracterización del modelamiento.....	98
4.3.2. Resultados de modelamiento y análisis de modelo estructural	100

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales.....	104
5.2. Discusión de resultados con antecedentes Nacionales	105
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES.....	108

6. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	109
Anexo N°01: Matriz de consistencia.....	111
Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables	110
Anexo N°03: Panel fotográfico.....	109
Anexo N°04: Certificados de los ensayos	110

INDICE DE TABLA

Tabla 1. El módulo de reacción en subrasantes compuestas por una base granular o base con un tratamiento de cemento (Packard, 1984)	43
Tabla 2: N° de repeticiones de ejes acumulados equivalentes para un carril de diseño (MTC. 2014).....	48
Tabla 3. Rango recomendado según el tráfico de diseño (MTC, 2014).....	50
Tabla 4. Valores tomados como referencia para el coeficiente de expansión térmica (PPC)	57
Tabla 5. Características de pasadores recomendados (Packard, 1984)	60
Tabla 6. Características estándares de pasadores según la MTC	61
Tabla 7. Reporte de Análisis de agua tratada.....	76
Tabla 8. Ensayos físicos del cemento según ASTM.....	77
Tabla 9. Análisis químico del cemento Portland	78
Tabla 10. Calidad del agregado fino requisitos.....	79
Tabla 11. Calidad del agregado grueso requisitos.....	80
Tabla 12. Revenimiento de la mezcla de concreto Hidráulico.	81
Tabla 13. Interpretación de la prueba estadística	82
Tabla 14. Contenido de aire en la mezcla patrón	82
Tabla 15. Interpretación de la prueba estadística	83
Tabla 16. Exudación de la mezcla de concreto patrón	84
Tabla 17. Dosificación por una tanda.....	85
Tabla 18. Exudación por unidad de áreas	85
Tabla 19. Interpretación de la prueba estadística	86
Tabla 20. Exudación en la muestra patrón molde N°01.....	86
Tabla 21. Exudación en la muestra patrón molde N°02.....	87
Tabla 22. Resistencia a la compresión	89

Tabla 23. Interpretación de la prueba estadística 91
Tabla 24. Alabeos por temperatura con 150 watts de energía 91
Tabla 25. Alabeos por temperatura con 500 watts de energía 93
Tabla 26. Alabeos por temperatura con 1000 watts de energía 95
Tabla 27. Ingreso de datos para visualización de alabeos 98
Tabla 28. Resultados obtenidos de modelamiento 100

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructura de un pavimento en base a un concreto simple sin pasadores 25
Ilustración 2. Empleo de pasadores en pavimento de CS 26
Ilustración 3. Estructura de un pavimento que es reforzado con juntas 27
Ilustración 4. Pavimento de concreto con refuerzo continuo 27
Ilustración 5. Ensayos realizados para calcular el módulo elástico 29
Ilustración 6. Ensayos realizados con el objeto de representar los efectos de las cargas en el pavimento 30
Ilustración 7. Esfuerzos en la esquina: carga concentrada 33
Ilustración 8. Esfuerzos en la esquina: carga circular 34
Ilustración 9. Alabeo de la losa debido al gradiente de temperatura 35
Ilustración 10. Gradiente de temperatura en la losa de concreto. 35
Ilustración 11. Esfuerzos debido a la fricción: diagrama de cuerpo libre. 38
Ilustración 12. Esfuerzos debido a la fricción: variación de los esfuerzos de fricción. ... 38
Ilustración 13. Posición crítica de las cargas de acuerdo al método de diseño PCA. ... 41
Ilustración 14. Posición en las que se tomara en cuenta la imposición de cargas para realizar un análisis de erosión 46
Ilustración 15. Esquema de conceptos de confiabilidad optima 49
Ilustración 16. Detalle de junta de contracción: (a) con pasador de refuerzos (b) sin pasador de refuerzo. 53
Ilustración 17. Junta de expansión sin pasador 53
Ilustración 18. Juntas de construcción transversales. 54

Ilustración 19. Muestra de juntas longitudinales de ancho completo: (a) este tipo de junta es simulada, (b) esta junta muestra una cinta o franja premoldeada, (c) esta junta muestra una losa deformada.....	55
Ilustración 20. Tipos de espaciamientos de juntas.....	58
Ilustración 21. Junta con sello preformado- detalles	59
Ilustración 22. Junta con sello ejecutado en campo.....	59
Ilustración 23. Efecto de la colocación del pasador en el sistema de transferencia de cargas: mal sistema de transferencia.....	60
Ilustración 24. Efecto de la colocación del pasador en el sistema de transferencia de cargas: Buen sistema de transferencia.....	60
Ilustración 25. Pasadores: Deformación del pasador bajo carga.....	62
Ilustración 26. Transferencia de carga en la junta.....	63
Ilustración 27. Croquis del esquema de la exploración	69
Ilustración 28. Croquis del procedimiento Experimental.....	70
Ilustración 29. Cemento portland andino Tipo I.....	77
Ilustración 30. Trabajabilidad de la mezcla de concreto.....	81
Ilustración 31. Contenido de aire de la mezcla patrón.....	83
Ilustración 32. Exudación de la mezcla patrón	87
Ilustración 33. Exudación de la mezcla patrón molde N°02.....	88
Ilustración 34. Resistencia a la compresión	90
Ilustración 35. Comportamiento de la mezcla de concreto con 150 watts de energía...	93
Ilustración 36. Comportamiento de la mezcla de concreto con 500 watts de energía...	95
Ilustración 37. Comportamiento de la mezcla de concreto con 1000 watts de energía.	97
Ilustración 38. Alabeos por diferentes temperaturas	97

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Peso del cemento a utilizar.....	72
Fotografía 2. Prueba de densidad de campo	72
Fotografía 3. Toma de datos en las losas de vaciado de prueba.....	72
Fotografía 4. Ubicación geográfica del laboratorio.....	73
Fotografía 5. Trabajos en la caracterización del agregado	74
Fotografía 6. Verificación de la mezcla de concreto hidráulico.	74
Fotografía 7. Toma de datos de las losas para control de la gradiente.....	75
Fotografía 8. Visita a cantera de agregados	75
Fotografía 9. Verificación de los agregados.....	75
Fotografía 10, 11 y 12: Rotura de probeta por compresión, tipo de falla, carga y esfuerzo. NTP 339.034	108
Fotografía 13, 14 y 15: Rotura de probeta a compresión, donde se puede observar el tipo de falla, carga y esfuerzo. NTP 339.034.	109

INDICE DE GRAFICOS

Gráfica 1. Exudación de la mezcla de concreto patron	84
---	----

RESUMEN

La tesis titulada: “Modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo”, partió del problema: ¿Cómo es el comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo?, cuyo objetivo general fue Analizar cómo es el comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo, la hipótesis general que se verificó fue: El comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico se tiene una gran influencia significativa de los alabeos por temperatura, Huancayo. Se empleó el método científico como parte metodológica para solucionar el problema, es una investigación de tipo aplicada y se empleó un diseño experimental. Obteniendo así resultados que llegan a estar dentro de los límites establecidos en la norma para concreto hidráulico.

Palabras claves: Pavimento hidráulico, alabeos, temperatura, modelo estructural.

ABSTRACT

The thesis entitled: "Structural model of a rigid hydraulic pavement influenced by warping due to temperature, Huancayo", started from the problem: How is the behavior of the structural model of a rigid hydraulic pavement influenced by warping due to temperature, Huancayo? , whose general objective was to determine the behavior of the structural model of a hydraulic rigid pavement with the influence of warping due to temperature, Huancayo, the general hypothesis that was verified was: The behavior of the structural model of a hydraulic rigid pavement has a great Significant influence of warping due to temperature, Huancayo. The scientific method was used as a methodological part to solve the problem, it is an applied type of research and an experimental design was used. Thus, obtaining results that are within the limits established in the standard for hydraulic concrete.

Keywords: Hydraulic pavement, warping, temperature, structural model.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: Modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo. Elaborada a consecuencia de los fenómenos resultantes por una variación de las condiciones naturales que provocan un levantamiento de los bordes y sección media de la losa de pavimentación, generando así una pérdida en la base de apoyo al generar grandes esfuerzos en los bordes del material.

Se realizó pruebas a nivel de laboratorio sustentado en base a pruebas experimentales a condición climática normal realizando así una comparación del comportamiento hidráulico por el efecto de la temperatura.

De esta forma la tesis se desarrolló en capítulos para dar un mejor entendimiento de la investigación en todos los aspectos detalla de la siguiente forma:

CAPITULO I:

En este capítulo se realizó el planteamiento de la realidad problemática identificada de la que sale los problemas y objetivos planteados en este capítulo, también se muestra las limitaciones y las justificaciones de la investigación.

EL CAPÍTULO II:

En esta sección se desarrolló los antecedentes nacionales e internacionales, se muestra el marco teórico referente a las variables y dimensiones, que muestra una lista de definición de términos y se plantea la hipótesis.

EL CAPÍTULO III:

En este capítulo de muestran una descripción de la metodología empleada, las técnicas instrumentos que ayudaron en la investigación, así como el procesamiento de la información.

EL CAPÍTULO IV:

En esta sección se muestra un análisis de los resultados obtenidos en comparación de resultados con antecedentes mencionados.

EL CAPÍTULO V:

De forma final en este capítulo se realiza una descripción de discusión de resultados y las conclusiones, recomendaciones y anexos.

Bach. Romaní Muñoz, Ronil

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Las diferentes estructuras de un pavimento rígido son compuestas por un sistema multicapa conformado por materiales evaluados. Este sistema sirve para poder resistir una demanda de tráfico en una zona determinada en la cual se va empezar las construcciones, ya que a su vez esta superficie tiene que garantizar una comodidad, sea seguro y confortable para el libre tránsito.

En el mundo se ha venido desarrollando diversas investigaciones en relación a los alabeos por temperatura, en Colombia el 28.27% de sus vías principales presentan una diversidad de desniveles en las losas de concreto construidas, es por ello que ante la alta necesidad de controlar este fenómeno se ha desarrollado estas investigaciones relacionadas con el tema.

El concreto hidráulico es una mezcla que genera grandes beneficios para el transporte vehicular y es de uso muy constante en el desarrollo urbano de las localidades, se sabe que el concreto hidráulico ofrece una frecuencia relativamente menor, ya que en la superficie de rodadura reduce notablemente el costo de mantenimiento.

Cuando se construyen pavimentos rígidos estos son expuestos durante sus procesos constructivos a cambios térmicos debido al medio ambiente, la

deformación de la carpeta del pavimento se debe a diversos factores las cargas vehiculares, el cambio térmico del medio ambiente, las dilataciones y contracciones de las mezclas de concreto en estado endurecido ya dentro de los análisis que se presenta es que la cara superior de la losa se encuentra a mayor exposición a cambios que la cara inferior de la losa generando en esta losa efectos de contracción y dilatación, ya que durante el día cuando la temperatura en la parte superior de la losa es mayor que en la parte inferior, la parte superior tiende a dilatarse con respecto al eje neutral mientras la parte inferior tiende a contraerse. Durante la noche, cuando la temperatura en la parte superior de la losa es menor que en la parte inferior, la parte superior tiende a contraerse con respecto a la inferior; por lo tanto, los cambios de humedad en la cara superior de la losa, de dichas condiciones o fenómenos naturales del material hacen que surja un levantamiento de los bordes o en la sección media de la losa, la cual genera una pérdida en el apoyo de la base y esto genera grandes esfuerzos a los bordes del material. Al construir las losas de concreto estas son inducidas a la falla del material, y el comportamiento deformacional de las losas son efectos causados por la variación de la temperatura.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo es el análisis de sensibilidad de las variables que inciden en la determinación de los esfuerzos por alabeo del pavimento rígido hidráulico, Huancayo?
- b) ¿Cómo influye la temperatura ambiente en el comportamiento del pavimento rígido hidráulico con incidencia de los alabeos, Huancayo?

- c) ¿De qué manera el modelamiento estructural influye en el monitoreo de la temperatura de la losa del pavimento rígido hidráulico en diferentes espesores, Huancayo?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación práctica

“Una investigación practica llega a ser desarrollada al presentarse un problema que se puede resolver”. (Hernandez Sampieri, 2014)

En la investigación se presenta un problema real y muy frecuente lo cual ha presentado diversas incomodidades en el tránsito vehicular, para ello se busca determinar los alabeos generados por la temperatura en los bordes de las losas de un pavimento rígido.

1.3.2. Justificación teórica

“Se sustenta en los resultados de la investigación y podrán generalizarse e incorporarse al conocimiento, y además sirven para solucionar espacios incognitos existentes”. (Hernandez Sampieri, 2014)

La información utilizada sirvió como un sustento para demostrar que este fenómeno de alabeos por temperatura en los pavimentos rígidos son una problemática real y frecuente lo cual llevo mediante las normas a poder reducir este fenómeno propio de los materiales.

1.3.3. Justificación metodológica

“La justificación metodológica propone que los vitales juicios que pueden ocasionar el desarrollo de una tesis y a futuras exploraciones sean de propósito que pueda demostrar una conciencia suficiente para poder ejecutar una exploración en un período breve o largo”. (Hernandez Sampieri, 2014)

Para el desarrollo de la investigación se empleó formatos y fichas que puedan ayudar a seguir un marco metodológico desde la captación de datos de manera observacional hasta la interpretación estadísticas de

estas ya que al mantener una correlación permitirá justificar científicamente el proceso y los resultados obtenidos. Pudiéndose así emplear en futuras investigaciones con un problema similar.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Delimitación Espacial

La delimitación espacial para la investigación será desarrollada para condiciones climáticas de nuestra ciudad de Huancayo a 3259 m.s.n.m. con una variación térmica propia de la zona de 18°C (horario diurno) hasta -2°C (horario nocturno).

1.4.2. Delimitación Temporal

La investigación está delimitada temporalmente por el tiempo de ejecución total de la investigación fue de noviembre del 2019- julio 2021

1.4.3. Delimitación Económica

La delimitación económica en la presente investigación fue que no se pudo aplicar a todo el tramo ya que repercutía en un alto costo económico el cual ha sido difícil de alcanzar para mi investigación.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación de espacio

Las limitaciones de espacio para la investigación fue que no se pudo aplicar en todo el tramo de la av. Huancavelica desde el Jr. Angaraes hasta la Av. Ferrocarril en ambos sentidos de la ciudad de Huancayo.

1.5.2. Limitación de tiempo

La limitación de tiempo para la presente investigación pertenece a los cambios climáticos son considerados más críticos en los meses de junio y julio para lo cual se obtiene temperaturas más bajas y altas durante el

día, siendo que esta investigación las losas de prueba fueron desarrolladas en el mes de marzo.

1.6. Objetivos de la investigación

1.6.1. Objetivo general

Analizar cómo es el comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la sensibilidad de las variables que inciden en la determinación de los esfuerzos por alabeo del pavimento rígido hidráulico, Huancayo.
- b) Determinar la influencia de la temperatura ambiente en el comportamiento del pavimento rígido hidráulico con incidencia de los alabeos, Huancayo.
- c) Evaluar de qué manera el modelamiento estructural influye en el monitoreo de la temperatura de la losa del pavimento rígido hidráulico en diferentes espesores, Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según (Lucia Rincon, 2018), muestra en su tesis de pregrado **Titulado:** *“Efectos de la retracción por secado y cargas térmicas en el comportamiento deformacional de losas de un concreto de ultra alto desempeño (UHPC) empleadas como pavimento rígido”*, en el cual fijó como **objetivo general:** Determinar los efectos de las cargas térmicas en el comportamiento deformacional del pavimento rígido, empleando una **metodología:** Aplicada en el método científico, es de tipo aplicada, es de nivel explicativo y con un diseño experimental, teniendo como **resultado:** Las temperaturas de las losas analizadas son mayores a menor espesor, **concluyendo:** La pérdida de humedad ocasiona que la gradiente térmica aumente y este produzca que no se presenten buenos resultados.

Según (Yela Quijada, 2017), es su tesis de pregrado **Titulada:** *“Determinación del gradiente térmico en losas de pavimentos de concreto hidráulico”*, en el cual fijó como **objetivo general:** Determinar el comportamiento de losa al analizar el comportamiento estructural a temperatura ambiente. Aplicando una **metodología:** Se aplico una

metodología de tipo aplicada, es de nivel explicativo y con un diseño experimental, llegando a obtener el siguiente resultado **resultados**: La losa del pavimento rígido se ve afectada cuando la sección de contacto se encuentra más expuesta y finalmente **concluyo**: La temperatura más crítica en la losa del pavimento es las laterales ya que están se enfrían más rápido y centran a un proceso de deformacional acelerado.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según (Mendoza García, 2017), muestra en su tesis de pregrado **Titulado**: “*Evaluación del diseño de losas cortas(TCP) en pavimentos según tensiones*”, en el cual fijó como **objetivo general**: Determinar los resultados de tensiones en las losas estudiadas, la **metodología**: Aplicada es el método científico, la investigación fue de nivel explicativo y se empleó un diseño experimental, teniendo como **resultado**: Para materiales de 3/8” como agregado grueso ayuda a poder obtener mejores resultados, **concluyendo**: Las tensiones encontradas por las cargas dinámicas en los alabeos de las losas fueron menores con el diseño de AASHTO.

Según (Condorchoa Anculle, 2019), la tesis que elaboro para optar el grado de ingeniero tiene como **Título**: “*Factor clima y su relación con el deterioro de pavimentos rígidos en Ica año 2019*”, en el cual fijó como **objetivo general**: Evaluar el comportamiento del pavimento ante efectos climáticos. Aplico una **metodología**: De tipo aplicada, es de nivel explicativo, uso un diseño experimental y aplico una metodología científica, llegando a obtener así **resultados**: Donde los principales daños son producidos en las losas del pavimento rígido y se desarrollan en las juntas y finalmente **concluyo**: Las diferentes deformaciones producidas en el pavimento rígido se dan en los bordes de las losas del pavimento producto de la temperatura ambiental.

Según (Tipo Mamani, 2019), es su tesis elaborada en pregrado **Titulada**: “*Influencia del gradiente térmico y el espesor de la losa en el comportamiento estructural de losas cortas de concreto en la ciudad de*

Juliaca”, en el cual fijó como **objetivo general**: Explicar la intervención de la gradiente térmica del concreto en el espesor de la losa. Aplicando una **metodología**: Científica al realizar ensayos en laboratorio, es de nivel explicativo y se basa en un diseño experimental, llegando a obtener así los **resultados**: Afirmando que el espesor de losa tiene relación directa con el comportamiento estructural de las losas de concreto y finalmente **concluyo**: Mencionando que la gradiente térmica de las losas muestra esfuerzos laterales provocando una deformación en la losa.

2.2. Bases conceptuales

2.2.1. Pavimentos rígidos

Según Rondón Quintana & Reyes Lizcano (2015), definen “los pavimentos rígidos como: estructura que consiste en una losa de concreto en un espesor que varía de los 18 a 30 cm que va sobre una capa granular. Muestra un elevado valor de módulo elástico, estos esfuerzos que llegan a ser inducidos por los vehículos llegan a ser transmitidos a esta estructura, para así transmitir estos esfuerzos a capas inferiores a esta”. (pág. 03).

2.2.2. Tipos de pavimentos de concreto

El pavimento se clasifica en función al diseño inicial que se planteó y los costos presentados de forma inicial en el proyecto:

a) Pavimentos con una estructura de concreto simple

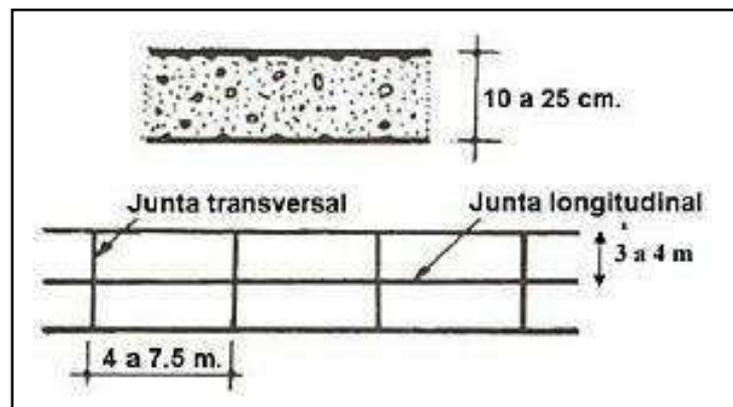
- Pavimentos sin el empleo de pasadores

AASHTO (1993) “Este tipo de pavimento no muestran un refuerzo por elementos de acero u otro tipo de elemento que ayude en la transferencia de cargas, lograda a través de la trabazón (interlock) donde los agregados interactúan por sus caras agrietadas por bajo las

juntas aserradas o formadas. Para lograr una transferencia efectiva se empleará un espaciamiento corto entre las juntas.”

Este tipo de pavimento sin pasadores se aplica siempre y cuando el clima sea templado, el tráfico sea ligero ya que usualmente su apoyo estará en la sub rasante. Está constituido por losas con dimensiones pequeñas relativamente, eso indica que su longitud debe ser menor a 6 m de largo y 3.5 m de ancho. (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006)

Ilustración 1. Estructura de un pavimento en base a un concreto simple sin pasadores



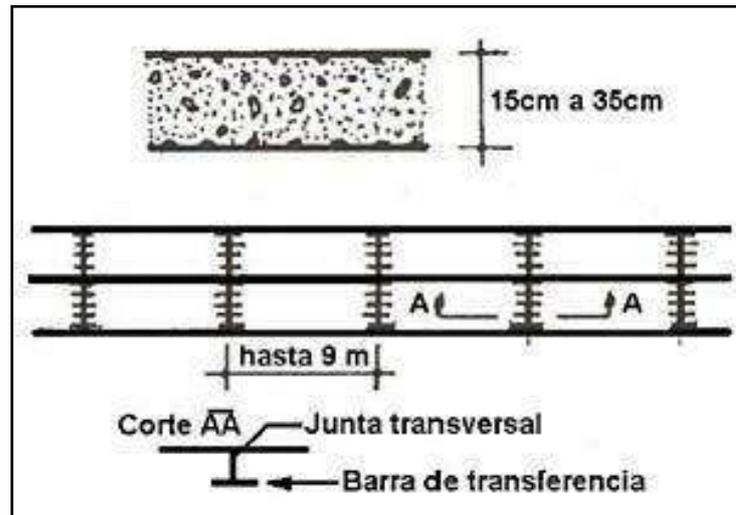
Fuente: AASHTO (1993)

- Con pasadores

AASHTO (1993) “Los pasadores llegan a definirse como pequeñas barras de acero liso que vienen a ser colocadas en una sección transversal del pavimento específicamente en las juntas de contracción. Estos cumplen una función estructural donde se encargan de la transmisión entre losas continuas, de esta forma llegando a mejorar la condición de deformación entre las juntas”.

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA), el empleo de este tipo de pavimentos se viene a recomendar para tráficos diarios que lleguen a exceder los 500 ejes simples logrando así el diseño de pavimento con un espesor de 15 cm a más.

Ilustración 2. Empleo de pasadores en pavimento de CS



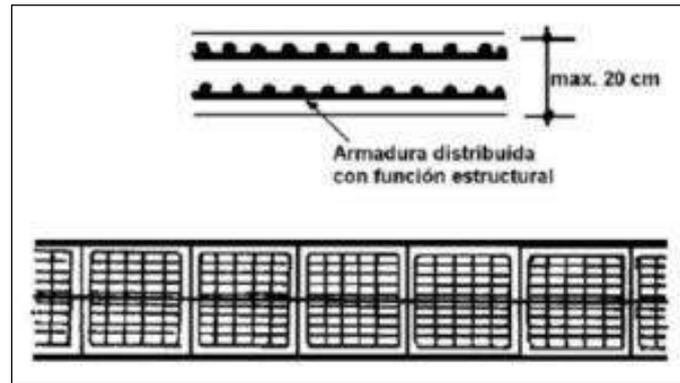
Fuente: Guía AASHTO (1993)

b) Pavimentos de concreto con un refuerzo por juntas

AASHTO (1993) “En este tipo de pavimentos se observa espaciamientos de entre 6.10 y 36.60 m o 20 a 120 pies y llevando armaduras que están distribuidas en la losa con el objeto de mantener y controlar la aparición de fisuras por efecto de contracción”.

Los pavimentos de concreto reforzados que cuentan con juntas muestran además del refuerzo pasadores que transfieren las cargas de tráfico en las juntas de contracción. Este refuerzo se da en forma de malla en barras de acero o de acero electrosoldado. El objetivo de emplear estas armaduras es evitar la propagación de grietas permitiendo así una adecuada transferencia de las cargas y de esta manera el pavimento se comporta como una unidad estructural.

Ilustración 3. Estructura de un pavimento que es reforzado con juntas

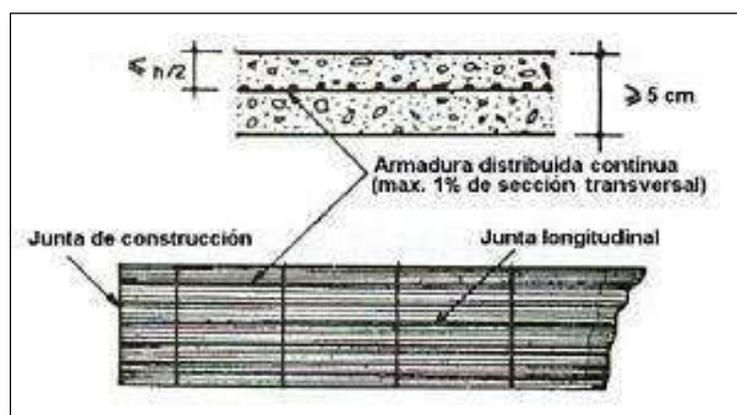


Fuente: Guía AASHTO (1993)

c) Pavimentos de concreto con un refuerzo continuo.

Este pavimento muestra un refuerzo continuo aumentando la cantidad de acero en comparación de los pavimentos con refuerzo en las juntas estas llegan a construirse así sin juntas de contracción, de esta forma el total de los refuerzos llegan a asumir las deformaciones a causa de las cargas que le transmite el tráfico. El acero longitudinal es considerado como un refuerzo principal en la estructura, colocándose de esta forma a lo largo de la longitud correspondiente al pavimento. Para este tipo de pavimentos no es necesario el requerimiento de refuerzo transversal.

Ilustración 4. Pavimento de concreto con refuerzo continuo



Fuente: Guía AASHTO (1993)

2.2.3. Esfuerzo y deformaciones

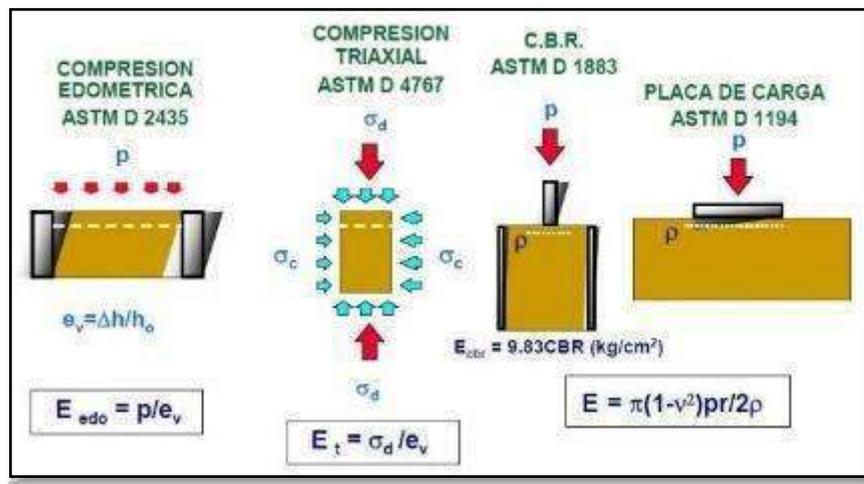
a) Análisis del módulo Elástico

Minaya González & Ordóñez Huamán (2006) manifiestan que el módulo de elasticidad es un factor que se utiliza para estimar las deformaciones bajo cargas estáticas. El módulo elástico relaciona las deformaciones resultantes y los esfuerzos aplicados.

El esfuerzo que se le aplica al suelo a través de la estructura del pavimento debe de ser soportada por la estructura evitando una deformación permanente de esta forma se debe realizar un análisis de las propiedades por medio de ensayos, de esta forma llegando a simular el comportamiento resultante del suelo a esfuerzos de compresión.

El comportamiento deformacional del suelo bajo confinamiento se llega a ser estudiado por un ensayo triaxial lo que permite la obtención de los módulos elásticos ante diversos niveles de presión de deformación y confinamiento. En caso que la presión vertical que se aplica llega a una alta profundidad se emplearan los parámetros. De esta forma al realizar un ensayo triaxial no será posible medir el efecto de hundimiento. De esta forma se llega a obtener parámetros elásticos durante la evaluación de la sub – rasante donde se realizan ensayos de carga y C.B.R., con este último ensayo se podrá evaluar la influencia del hundimiento y su densidad natural. (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006, pág. 32).

Ilustración 5. Ensayos realizados para calcular el módulo elástico

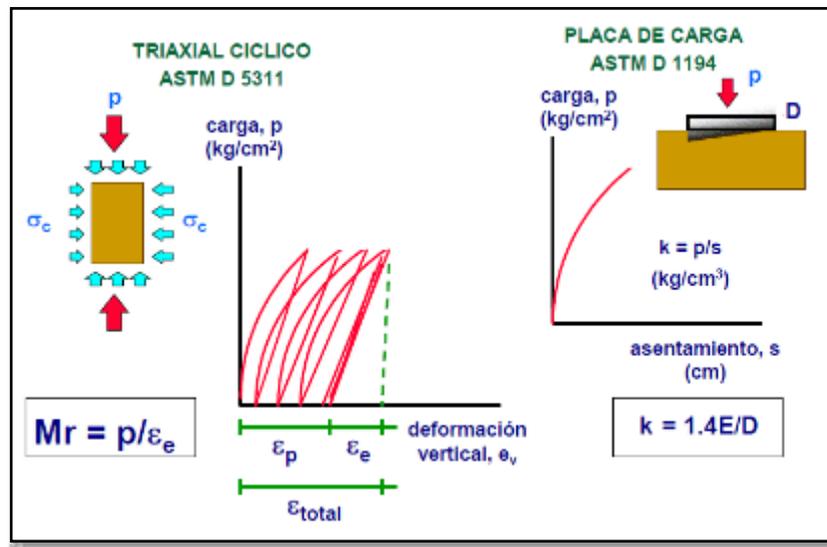


Fuente: A. Ordoñez (2001)

Al calcular el módulo resiliente no se muestra el comportamiento total del suelo. El MR llega a enlazar la deformación elástica en una condición estable o residual en cuanto el suelo muestre un comportamiento elástico y el esfuerzo aplicado. El MR llega a unir las deformaciones resultantes instantáneas donde las cargas sean móviles o rápidas, el valor que este adquiera podrá ser de 10 veces el valor del Módulo Elástico (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006, pág. 32)

Durante el proceso de construcción las deformaciones plásticas llegan a anularse. Los suelos granulares que vienen a conformar las capas del pavimento deben de mostrar una adecuada gradación y compactación. El comportamiento de las capas granular, bajo los ciclos de carga, no muestra una deformación plástica significativas. De esta forma debe ser adecuado realizar un modelamiento del comportamiento de capas con el Módulo Resiliente (MR). Tomando en consideración la Guía AASHTO 93 muestran valores que están establecidos en el laboratorio, basados en el valor CBR. (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006, pág. 32)

Ilustración 6. *Ensayos realizados con el objeto de representar los efectos de las cargas en el pavimento*



Fuente: A. Ordoñez (2001)

En el caso la subrasante este formada por material fino (arcillas y limos) representaran casos críticos. Además, se sabe que los suelos limo arcillosos que llegan a estar sometidos a cargas estáticas permanentes presentan deformaciones permanentes que lleva a un fenómeno de consolidación. En caso por cargas de tránsito que no son permanentes al ser cargas de paso el proceso de consolidación tardará más, lo que significa que será necesario una mayor cantidad de ciclo para lograr una consolidación permanente. Afirmando así que un proceso constructivo no es suficiente para llegar a anular las deformaciones plásticas. Para llegar a un estado final de resiliencia se conseguirá a causa de un gran número de ciclos obteniendo así una acumulación significativa. De esta forma el (MR) modulo resiliente representa el comportamiento deformacional final. (Minaya González & Ordoñez Huamán, 2006, pág. 32)

Las sub-rasante con componentes importantes limo-arcillosas sujetas a deformaciones plásticas acumulables significativas (bajo valor de 6% CBR), estarán sujetas a dos alternativas: estabilizar primero el subsuelo para luego diseñar el pavimento o alejar el subsuelo de la influencia de

las cargas (considerando un espesor mayor de relleno granular) esto es, del bulbo de presiones generadas por las cargas de tránsito. (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006, pág. 33)

2.2.3.1. Esfuerzos y deflexiones debidos a la carga

Menéndez Acurio (2016) Menciona que: para determinar los esfuerzos y deflexiones en pavimentos de concreto se pueden usar tres (3) métodos: programas para computadoras, diagramas de influencia y fórmulas directas. (pág. 107).

Para facilitar el cálculo, Westergaard planteó simplificar el análisis del cálculo y considera la cimentación como líquida, asumiendo a la subrasante como un conjunto de resortes independientes. En cualquier punto la deflexión que se logra determinar es proporcional a la fuerza en un punto e independiente de las fuerzas en otros puntos (Menendez Acurio, 2016, pág. 107)

Los métodos de fórmulas directas son:

a) Esfuerzo en el borde:

Menéndez Acurio (2016) determinó que los esfuerzos resultantes de las cargas en los bordes inicialmente fueron planteados analíticamente por Westergaard en el año 1948, posteriormente revisadas por Leonnides en el año 1985 resultando finalmente una fórmula general. Teniendo en cuenta que para las cargas elípticas o semi elípticas se puede usar las ecuaciones considerando la menor y mayor distancia de los ejes de la elipse como si fueran el valor del radio de carga. En las cargas semicirculares se presume que el borde de la losa coincide con el lado recto (pág. 107).

Esfuerzo de la carga semicircular:

$$\sigma_{b(\text{semicircular})} = \frac{3(1 + \mu)P}{\pi(3 + \mu)h^2} \left[\ln \left(\frac{Eh^3}{100ka^4} \right) + 3.84 - \frac{4\mu}{3} + \frac{(1 + 2\mu)a}{2l} \right]$$

Esfuerzo de la carga circular:

$$\sigma_{b(\text{círculo})} = \frac{3(1 + \mu)P}{\pi(3 + \mu)h^2} \left[\ln \left(\frac{Eh^3}{100ka^4} \right) + 1.84 - \frac{4\mu}{3} + \frac{(1 - \mu)}{2} + \frac{1.18(1 + 2\mu)a}{l} \right]$$

Deflexión de la carga semicircular:

$$\Delta_{b(\text{círculo})} = \frac{\sqrt{2 + 1.2\mu P}}{\sqrt{Eh^3k}} \left[1 - \frac{(0.76 + 0.4\mu)a}{l} \right]$$

Donde:

μ = módulo de Poisson

P = carga aplicada por neumático

h = espesor de la losa

E = módulo de elasticidad del concreto

k = módulo de reacción de la subrasante

a = radio de aplicación de la carga

ℓ = radio de rigidez relativa

$$\ell = \left[\frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)} \right]$$

b) Esfuerzos al interior de la losa

Según Westergaard, plantea la siguiente expresión la cual se desarrolló para calcular el esfuerzo al interior de la losa:

$$\sigma_{i(\text{interior})} = \frac{3(1 + \mu)P}{\pi(3 + \mu)h^2} \left[\ln \left(\frac{\ell^3}{b} \right) + 0.6159 \right]$$

Mientras que para calcular la deflexión al interior se utiliza:

$$\Delta_{i(\text{interior})} = \frac{P}{8k\ell^2} \left\{ 1 + \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{a}{2\ell} \right) - 0.673 \right] \left(\frac{a}{\ell} \right)^2 \right\}$$

c) Esfuerzo en esquina

Según Menéndez Acurio (2016). Para realizar el diseño del pavimento es realizada en función a una carga P concentrada, que llega a ser aplicada en la esquina de la losa. Al aplicarse esta carga en la esquina el esfuerzo de la losa llega a ser simétrico con respecto a la diagonal. A una distancia X del borde en una sección de la losa, el momento flector será Px y el ancho de la sección es $2x$ (pág. 108).

El esfuerzo de la tensión en la parte superior de la losa actúa como una viga en voladizo de la siguiente manera:

$$\sigma_{c(esquina)} = \frac{Px}{\frac{1}{6}(2x)h^2} = \frac{3P}{h^2}$$

Donde:

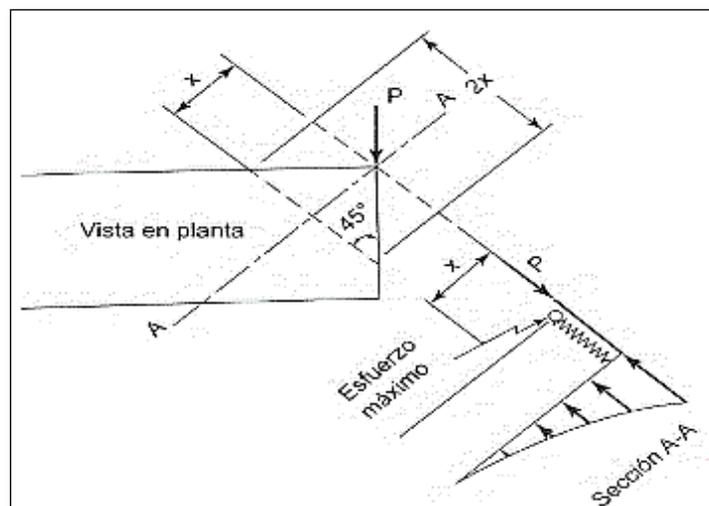
$\sigma_{c(esquina)}$ = Esfuerzo en la esquina

P = carga concentrada

x = distancia desde el borde hasta la sección de análisis

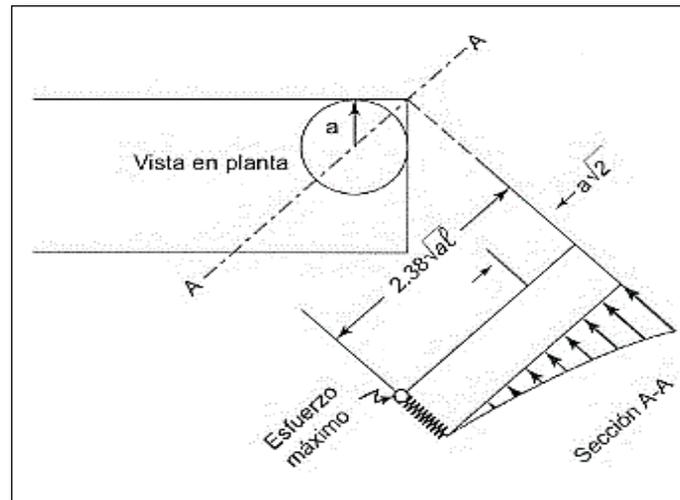
h = espesor de la losa

Ilustración 7. Esfuerzos en la esquina: carga concentrada



Fuente: Menéndez Acurio (2016)

Ilustración 8. Esfuerzos en la esquina: carga circular.



Fuente: Menéndez Acurio (2016)

d) Conversión de carga dual a carga simple

Según Menéndez Acurio (2016). Las fórmulas para las cargas semicirculares, circulares y cuadradas han sido desarrolladas, pero no para las cargas duales. Por tanto, Huang en el año 2004 plantea un procedimiento de conversión de cargas duales a una carga circular equivalente (pág.111).

El área de cada neumático se expresa:

$$\frac{P_d}{q} = \pi(0.3 L)^2 + (0.4 L)(0.6 L) = 0.5227L^2$$

O también:

$$L = \sqrt{\frac{P_d}{0.5227q}}$$

2.2.3.2. Esfuerzo debido a la temperatura

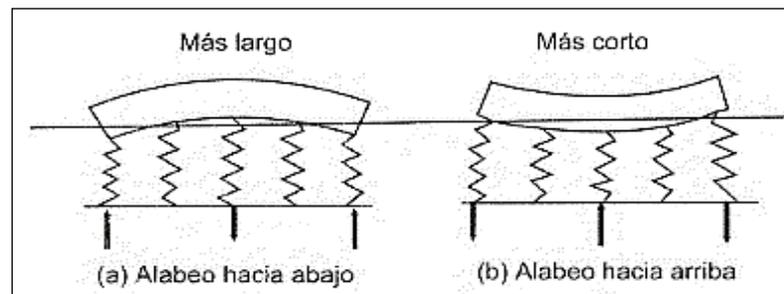
Según Menéndez Acurio (2016). Cuando la temperatura de la losa en la parte superior llega a ser mayor en comparación de la parte inferior, la estructura superior llega a agrandarse en función al eje neutral por lo contrario la parte inferior se llega a contraer. En este caso el peso de la

losa ayuda en la restricción del proceso de expansión y contracción, donde los esfuerzos a tracción se dan en la parte inferior. Cuando la temperatura descienda en la noche en la parte superior sufrirá una contracción mayor al de la parte inferior. (pág. 113).

a) Distribución lineal de la temperatura

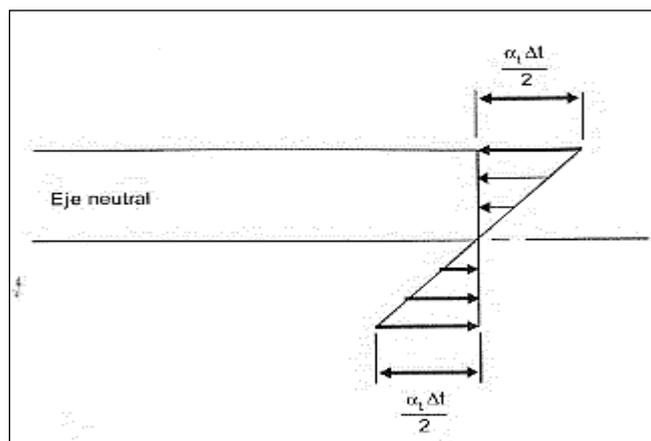
Según Menéndez Acurio (2016). El esfuerzo de alabeo se puede hacer a partir de la teoría de Winkler y placas en una cimentación líquida. La cimentación de Winkler tiene como característica particular una serie de resortes que se adosan a la placa (113).

Ilustración 9. Alabeo de la losa debido al gradiente de temperatura



Fuente: Menéndez Acurio (2016)

Ilustración 10. Gradiente de temperatura en la losa de concreto.



Fuente: Menéndez Acurio (2016)

b) Distribución de la temperatura al interior de la losa

Según Menéndez Acurio (2016). La distribución de tipo cuadrático se aproxima a la distribución real, por eso en los casos donde se necesite realizar un análisis detallado de los esfuerzos inducidos por el gradiente térmico se puede usar la metodología planteada por Leonnides y Khazanovich en el año 1998. Estos autores realizan la descomposición en tres elementos: temperatura constante, temperatura con variación lineal y temperatura con variación no lineal (pág. 116).

Temperatura constante de contracción:

$$T_{C_z} = \frac{1}{h} \int_{-h/2}^{h/2} T(z) dz = A + \frac{C}{12} h^2$$

Temperatura con variación lineal:

$$T_{L_z} = T_0 + \frac{12z}{h^3} \int_{-h/2}^{h/2} T(z) dz = T_0 + B_z$$

Temperatura con variación no lineal:

$$\begin{aligned} T_N &= T_0 + T_{(z)} - \frac{1}{h} \int_{-h/2}^{h/2} T(z) dz = T_0 + B_z - \frac{12z}{h^3} \int_{-h/2}^{h/2} T(z) dz \\ &= T_0 - \frac{C}{12} h^2 + Cz^2 \end{aligned}$$

Donde: $T(z) = A + Bz + Cz^2$; z = profundidad donde se requiere conocer la temperatura:

$$A = T_m$$

$$B = \frac{T_b - T_t}{h}$$

$$C = \frac{2(T_b + T_t - 2T_m)}{h^2}$$

h = espesor de la losa

T_b = temperatura en la base de la losa

T_t = temperatura en la parte superior de la losa

T_m = temperatura en la parte media de la losa

2.2.3.3. Esfuerzos combinados

Los esfuerzos de alabeo generalmente no se consideran en el cálculo del espesor por las siguientes razones:

- Para prevenir y aliviar los esfuerzos de alabeo se utilizan las juntas y el acero. Cuando el concreto muestra agrietamiento los esfuerzos de alabeo se alivian. En tanto se mantenga la el proceso de transferencia de carga por las grietas, estas grietas disminuidas diminutas no llegan a afectar la capacidad de carga del pavimento.
- Es complicado lograr una combinación de esfuerzos de alabeo y de carga cuando este principio de fatiga llega a ser empleado en el proceso de diseño. El pavimento llega a estar sujeto a diversas repeticiones en el periodo de diseño donde el número de alteraciones de esfuerzos por un limitado alabeo.
- Para obtener los esfuerzos combinados, los esfuerzos de alabeo pueden ser sustraídos de los esfuerzos por carga o añadidos. Los esfuerzos de alabeo deberían ser agregados a los esfuerzos por carga durante el día, pero sustraídos durante la noche, si el diseño es rígido por el esfuerzo de borde. Por este efecto compensatorio y al hecho de que gran cantidad de camiones pesados por manejos durante horas de la noche, puede no ser tan crítico que se ignoren a los esfuerzos de alabeo (Menendez Acurio, 2016, pág. 119).

2.2.3.4. Esfuerzo debido a la fricción

En caso de existir en los pasadores de unión y en el acero, el fenómeno de fricción entre la cimentación y la losa llega a ocasionar esfuerzo de tensión en el concreto. En losas de concreto simple el espaciamiento entre las juntas de contracción debe ser proporcional al esfuerzo debido a la fricción para no ocasionar el origen de fisuras. Para un espaciamiento mayor de juntas se

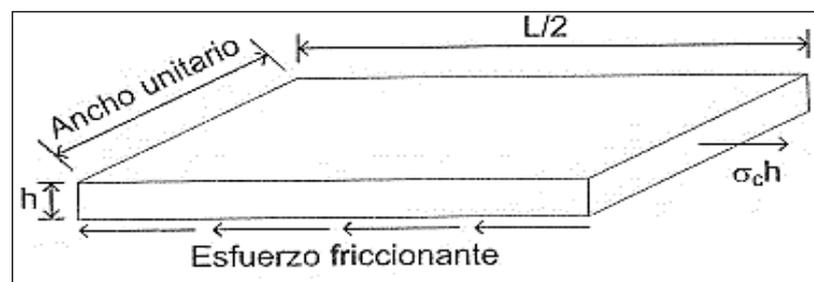
deberá adicionar la colocación de refuerzo metálico para que este asuma el esfuerzo que ocasiona la fricción (Menendez Acurio, 2016, pág. 124)

a) Efecto del cambio de volumen en el concreto

Según Menéndez Acurio (2016). El efecto del cambio de volumen en el concreto es a causa de la variación de la humedad y la temperatura, este provoca la producción de esfuerzos de tensión que pueden generar finalmente fisuras en el concreto y a su vez provoca que se genere una abertura entre las juntas y pérdida de eficiencia en el proceso de transferir cargas en las juntas (pág. 124).

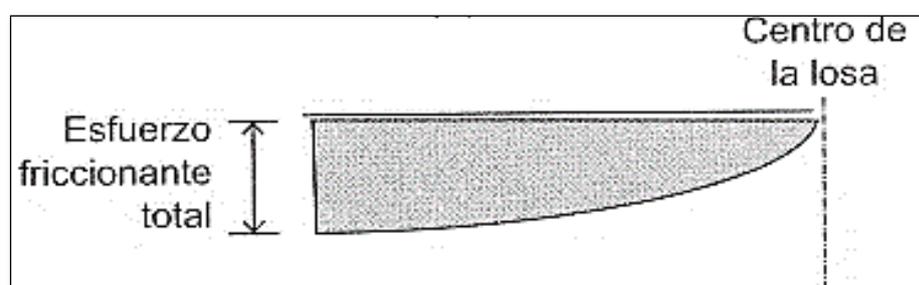
Las losas de concreto suelen moverse desde los bordes hacia el centro debido a la disminución de temperatura, pero la que evita este movimiento será la fricción, por esto se generan esfuerzos de fricción entre la losa y la subrasante.

Ilustración 11. Esfuerzos debido a la fricción: diagrama de cuerpo libre.



Fuente: Menéndez Acurio (2016)

Ilustración 12. Esfuerzos debido a la fricción: variación de los esfuerzos de fricción.



Fuente: Menéndez Acurio (2016)

El centro es menor que el esfuerzo de tensión del concreto, ese último se puede calcular igualando la fuerza de fricción por unidad de ancho con la fuerza de tensión como se observa en las figuras anteriores y se expresa matemáticamente:

$$\sigma_c = \frac{\gamma_c L f_a}{2}$$

Donde:

σ_c = Esfuerzo en el concreto

γ_c = Peso unitario del concreto

L = Longitud perteneciente a la losa

Fa = El coeficiente de fricción que se muestra entre la losa y la subrasante de forma usual llega a considerar un valor de 1.5.

2.2.3.5. Soporte de Losa

Según (Menendez Acurio, 2016, pág. 125), una losa de concreto necesita contar con un apoyo firme, no erosionable y uniforme, la función de esta estructura es el soporte y disminución de las cargas transmitidas por el tránsito, así como evitar acumulaciones de esfuerzos, también debe proveer una plataforma constante de operación que facilite la construcción, en especial si se emplean pavimentadores tipo encofrado deslizante, también una lámina de soporte apropiado apoya a mejorar la claridad de carga en las juntas y disminuir las alteración durante el desarrollo de la edificación.

Las divisiones más difíciles de adquirir en el apoyo de la losa es la igualdad, es decir que existen múltiples factores que alteran la homogeneidad del componente, las apariencias más sobresalientes son, la influencia del agua y la temperatura, la variabilidad inherente del suelo, la influencia de las actividades de construcción, por otra parte, este tipo de suelo, que está compuesta por humedad y densidad.

Se quiere obtener con la lámina de fundación de la losa que no sea expansiva, no sea susceptible al congelamiento no pierda finos por bombeo y no

asentamiento, con la falta de homogeneidad del apoyo está asociada a la falla prematura tanto como las fisuras transversales y longitudinales disensos, bombeos, rotura de esquinas. (Menendez Acurio, 2016, pág. 125).

a) Influencia de la capa de base o subbase

Las ganancias de colocación de una capa granular o estabilizada de soporte son: (Menendez Acurio, 2016, pág. 125).

- Incrementan soporte por parte de la capa de subrasante.
- Previenen una pérdida del soporte de la capa de subrasante en las juntas por un bombeo o sustitución del suelo de la subrasante.
- Ayudan a proporcionar un soporte de la subrasante uniforme.
- Ayudan a reducir el hinchamiento debido a penetración de heladas de suelos plásticos.

b) Nomenclatura Empleada para el Módulo de Reacción

Denominaciones conectadas con el módulo de reacción, estas son mostradas:

- Módulo de reacción de la subrasante: El módulo de placa de apoyo medida en una capa homogénea de gran espesor por debajo del pavimento rígido.
- Modulo efectivo de reacción de la subrasante: Se aplica a un sistema de apoyo de subrasante en láminas para la tensión de tracción calculada utilizada el módulo de Westergaard, sea la misma que si la subrasante como si fuera una capa homogénea de un solo espesor.
- Modulo equivalente de elasticidad: Se define como la relación entre el módulo de elasticidad de la subrasante y el módulo de

reacción de la subrasante cuando esta se considera como solo una sola capa homogénea.

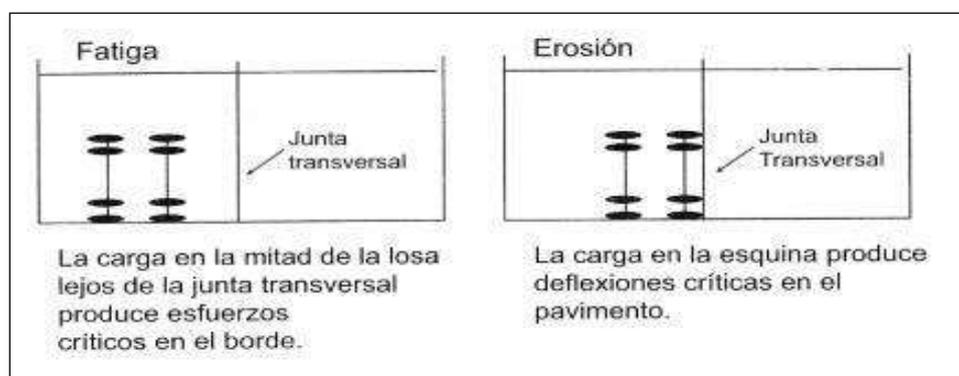
- Módulo de la placa de soporte: con una pendiente de la curva de carga-deflexión de la prueba realizada a la placa de apoyo.
- Módulo de reacción de la subrasante: el módulo de placa de apoyo medida en una capa homogénea de gran espesor por debajo del pavimento rígido. (Menendez Acurio, 2016, pág. 125)

2.2.3.6. Método PCA aplicado en pavimentos sin refuerzo

Para el cálculo del espesor está en base a la Asociación de Cemento Portland (PCA) para cálculo de carreteras y calles de concreto. (Menendez Acurio, 2016, pág. 126)

También se puede emplear un programa en elementos finitos llamado J-SLAD que ayuda al cálculo de esfuerzos críticos y deflexiones. Estos resultados son empleados basado con un criterio de diseño. Los criterios de diseño están hechos para trabajar donde el pavimento muestra comportamientos a los que es sometido, conteniendo relaciones al comportamiento de pavimentos en el ensayo de carretera de la AASHTO y a estudios de fallas de pavimento, la resolución de problemas que se pueden encontrar dificultades de diseño. (Menendez Acurio, 2016, pág. 126) .

Ilustración 13. Posición crítica de las cargas de acuerdo al método de diseño PCA.



Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario

Procedimiento de diseño

- Primero se debe determinar el Módulo de rotura (M_r) del concreto luego de un periodo de 28 días.
- Calcular el número esperado de repeticiones de ejes de diseño.
- Determinar la distribución de ejes de diseño.
- Se determina un módulo de reacción K (equivalente) de la subrasante. (Menendez Acurio, 2016, pág. 126)

a. Análisis de tipo de junta y berma

Para analizar el tipo de junta se puede emplear pasadores o no. En este caso las bermas de concreto dando así una mejor continuidad de pavimentos lo que permite resistir una mayor cantidad de cargas aumentando el costo mayor de las bermas de concreto, siendo así definido en el proceso de diseño. (Menendez Acurio, 2016, pág. 126)

b. Módulo de rotura (M_r) del concreto

El módulo de rotura en el concreto muestra la resistencia a la flexión que tienen en un periodo de 28 días con una prueba de viga cargada a un tercio de luz esto tomando como base la teoría planteada en el ASTM C78 estas propiedades de ensayo llegaron a ser detalladas.

c. Módulo de reacción en la estructura de la subrasante

En la subrasante la reacción del módulo debe ser modificado en función al espesor de subbase según se muestra en la siguiente tabla siguiente: (Menendez Acurio, 2016, pág. 126).

Tabla 1. El módulo de reacción en subrasantes compuestas por una base granular o base con un tratamiento de cemento (Packard, 1984)

Relación de la subbase granular con el factor K				
Valor (K) - subrasante	Valores (K) - subbase (PCI)			
	4- pulg	6- pulg	9 -pulg	12 -pulg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430
Efecto de la subbase granular con un tratamiento de cemento en el valor K				
Valor (K) - subrasante	(K) de la subbase (PCI)			
	4-pulg	6-pulg	9-pulg	12-pulg
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
300	470	640	830	-

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario

d. Factor que define la seguridad de carga

El factor de seguridad llega a ser multiplicada por un factor de seguridad de carga en función a las siguientes consideraciones. (Menendez Acurio, 2016, pág. 127).

- LSF= (1,2) será empleada en caso se trabaja con carreteras interestatales y proyectos de varios carriles que muestren un flujo sin interrupciones y haya tránsito de altos volúmenes de tráfico de carga pesada.

- LSF= (1,1) empleado en el diseño de carreteras y aquellas calles arteriales con un moderado tráfico de carga pesada.
- LSF= (1,0) Esto es empleado en carreteras de calles residuales y aquellas calles con bajos volúmenes de tráfico pesado.

e. Análisis de la distribución de los ejes de carga

“Para realizar un análisis de los ejes se debe conocer la clasificación que se les dio las que están divididas en simples, tándem y trídem, para luego ser agrupados en cada 2 kips con ejes simples y cada 4 kips para los ejes tándem y trídem”. (Menendez Acurio, 2016, pág. 127).

f. Repeticiones admisibles de ejes

- Es necesario realizar un cálculo del daño acumulativo D en caso este valor sea superior a 1 se deberá escoger un espesor mayor.
- Es necesario realizar una consideración del espesor a asignar en caso D sea menor o igual a uno.
- Para la obtención de cada eje i, por repeticiones de carga N por un efecto de fatiga y de erosión. (Menendez Acurio, 2016, pág. 127)

Criterios de falla

Para evitar una falla por efecto de fatiga se busca evitar la aparición de fisuras provocadas por un trabajo de tracción o flexión que son la consecuencia de asignaciones de cargas de borde de esta forma se trabaja considerando los daños por fatiga. El espesor de diseño planteado debe asegurar que el total de fatiga que consuma no supere el 100%, y el cálculo de la fatiga se requiere obtener el esfuerzo equivalente basado en el máximo esfuerzo de flexión para carga en el borde el cálculo mediante el programa J-SLAB para diferentes tipos de ejes, el diseño de las dimensiones de losa empleadas, así como el

módulo de reacción que resultan en la subrasante. (Menendez Acurio, 2016, pág. 127).

Considero PCA para el análisis que el módulo de la losa era $E = 4$ Mpsi, módulo de Poisson $\mu = 0.15$, longitud de la losa $L = 180$ pulg, ancho de la losa $W = 144$ pulg, y su eje estándar simple dual con cada neumático con una carga de 5400 lb (SA), el radio de contacto $a = 4.72$ pulg, espaciamiento entre neumáticos $s = 12$ pulg, ancho de eje $D = 72$ pulg, y en este caso de las cargas tándem, el eje estándar fue de 36 kips, espaciamiento entre ejes $t = 50$ pulg (TA) el resto de la configuración similar al eje simple, y en el caso de bermas unidas a la losa, se consideró un factor de trabazón de los agregados $AGG = 25,000$ psi, PCA también incorporó los resultados del programa MATS para tomar en cuenta el soporte que proporciona la subrasante más allá de los bordes de la losa cuando no se tiene una berma de concreto (NS) y los factores indicados así como algunos otros fueron considerados para el cálculo de esfuerzo equivalente. (Menendez Acurio, 2016, pág. 127).

$$\sigma_{eq} = \frac{6M_e}{h^2} \cdot f_1 f_2 f_3 f_4$$

Donde:

σ_{eq} = esfuerzo equivalente

M_e = momento equivalente

h = espesor de losa

f_1 = factor de ajuste por el efecto de las cargas por eje y el área de contacto

f_2 = factor de ajustes por la presencia de berma

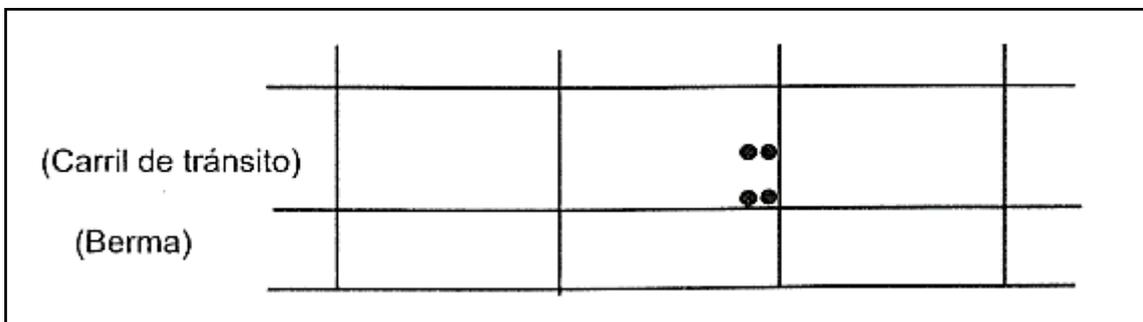
f_3 = factor de ajuste para tomar en cuenta la posición de la rueda con respecto al borde de la losa (se asume 0.894 considerando que el 6% de los camiones circularan por el borde de la losa)

f_4 = factor de ajustes por el incremento de la resistencia del concreto luego de 28 días de edad y la reducción de una unidad de coeficiente de variación para tomar en cuenta la variabilidad de material.

g. Análisis del proceso de erosión

Al momento de realizar el diseño de la losa se debe plantear un espesor adecuado de losa con el objeto de evitar la producción de fallas por una consecuencia del bombeo erosión de la fundación y descenso en juntas. Las fallas mencionadas están directamente relacionadas con la deflexión de la losa, el efecto de deformación crítica encontrada debe ser considerada en la esquina, en caso haya una presencia de pasadores y bermas en las juntas llegan a afectar el espesor final a considerar. (Menendez Acurio, 2016, pág. 129).

Ilustración 14. Posición en las que se tomara en cuenta la imposición de cargas para realizar un análisis de erosión



Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario

h. Espesor resultante final

Para llegar a afirmar que el espesor elegido para la losa es correcto los casos de fatiga y daño por un efecto de erosión deberán de ser menores o semejantes a un 100%, en caso estos parámetros no sean cumplidos con estos requisitos será necesario repetir el procedimiento de cálculo

hasta lograr un diseño adecuado del espesor de losa en pulgadas. (Menendez Acurio, 2016, pág. 133).

2.2.4. Método AASHTO y MTC para el diseño de pavimentos sin refuerzo

“Las consideraciones a tomar en cuenta para realizar el diseño en pavimentos rígidos viene a emplear ecuaciones empíricas que son el resultado de la AASHTO en donde se emplean algunas modificaciones en donde se tomó en cuenta teoría y práctica”. (Menendez Acurio, 2016, pág. 140)

Las cosas que no se puede hacer de este diseño son:

- Estas pistas de prueba fueron realizadas tomando en cuenta solo un tipo de clima y una sola subrasante.
- Estas pruebas se llevaron a cabo en un periodo de dos años con una limitada cantidad de efectos ambientales.
- En este caso solo se empleó un tipo de mezcla.

El procedimiento tomado en cuenta para el caso de diseño fue el siguiente:

- Es necesario estimar el tráfico para un periodo de diseño (W_{18}).
- Es necesario determinar la el valor de confiabilidad R así como la desviación estándar total (S_0).
- El módulo de reacción efectivo en la subrasante (K).
- La obtención del espesor de losa (D)
- Se debe establecer aquellos espesores. (Menendez Acurio, 2016, pág. 140)

a. Proceso de diseño

En la fase de diseño que se debe tomar en cuenta expectativas y requerimientos, en el caso de los pavimentos rígidos se tendrá en cuenta

un periodo de diseño con una alternativa viable financieramente. (Menendez Acurio, 2016, pág. 140).

b. Análisis del tránsito de diseño

El tránsito de diseño está en función a las repeticiones de equivalencia para un periodo de diseño la que es determinado tomando en cuenta el procedimiento descrito en función al tráfico. (Menendez Acurio, 2016, pág. 141).

Tabla 2: N° de repeticiones de ejes acumulados equivalentes para un carril de diseño (MTC. 2014)

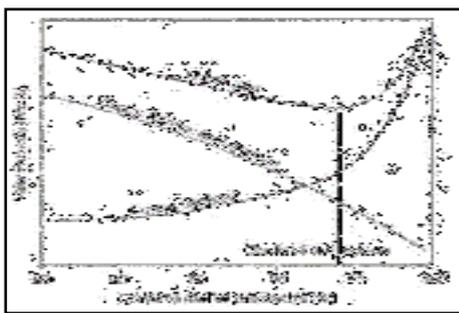
Trafico	Tipos de tráfico pesado en EE	Rangos del tráfico pesado expresado - EE
Categoría 1: bajo volumen	TP-1	>150.000 (EE)
		≤300.000 (EE)
	TP-2	>300.000 (EE)
		≤500.000 (EE)
	TP-3	>500.000 (EE)
		≤750.000 (EE)
	TP-4	>750.000 (EE)
		≤1'000.000 (EE)
Categoría 2: volumen medio	TP-5	>1'000.000 (EE)
		≤1'000.000 (EE)
	TP-6	>1'000.000 (EE)
		≤3'.000.000 (EE)
	TP-7	>3'.000.000 (EE)
		≤5'.000.000 (EE)
	TP-8	>5'.000.000 (EE)
		≤7'.500.000 (EE)
	TP-9	>7'.500.000 (EE)
		≤10'.000.000 (EE)
	TP-10	>10'.000.000 (EE)
		≤12'.000.000 EE)
	TP-11	>12'.000.000 (EE)
		≤15'.000.000 (EE)
TP-12	>15'.000.000 (EE)	
	≤20'.000.000 (EE)	
TP-13	>20'.000.000 (EE)	
	≤25'.000.000 (EE)	
TP-14	>25'.000.000 (EE)	
	≤30'.000.000 (EE)	
Categoría 3: volumen alto	TP-15	>30'.000.000 (EE)

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario.

c. Análisis variabilidad y confiabilidad

Se tomo como guía el método AASHTO que incorpora un factor de diseño para el análisis de confiabilidad R% se debe tener en cuenta la incertidumbre para predecir de esta forma un posible desempeño del pavimento y predicción del tráfico, este factor indicar la probabilidad que el pavimento diseñado tiene ante un nivel de desempeño en función a un nivel de serviciabilidad en el momento de concluir el periodo de diseño. Los rangos de correspondencia y sugeridos por la AASTHO son 85 a 99.99% del 80% al 99%, 80% a 95% y de 50 a 80%, respectivamente por carreteras interestatales urbanas, arterias principales, colectoras y carretas locales. (Menendez Acurio, 2016, pág. 141).

Ilustración 15. Esquema de conceptos de confiabilidad optima



Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario.

d. Serviciabilidad

La serviciabilidad es un parámetro que vienen a representar el grado de confort que presenta la vía tiene y que varía de 0 a 5. La ecuación de diseño se representa a través de dos valores; índice de servicio inicial (p_0) e índice como servicio final o terminal (p_1). (Menendez Acurio, 2016, pág. 142)

e. Propiedades que muestra el concreto

El módulo elástico (E_c) que se mide en un periodo de 28 días de rotura del concreto S_c , requerida para los parámetros de entrada. En este

capítulo se muestra una relación de parámetros. (Menendez Acurio, 2016, pág. 142)

Tabla 3. Rango recomendado según el tráfico de diseño (MTC, 2014)

Rangos de tráfico pesado	Concreto (resistencia a la flexo tracción) - (M_R)	Concreto ($f'c$)
≤ 500.000 EE	40 (kg/cm^2)	280 (kg/cm^2)
> 500.000 EE \leq $15'000.000$ EE	42 (kg/cm^2)	300 (kg/cm^2)
$> 15'000.000$ EE $\leq 30'000.000$ EE	45 (kg/cm^2)	350 (kg/cm^2)

Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario

f. (Módulo de reacción) subrasante y la subbase

El módulo resiliente M_r , llega a ser transformado en un módulo de reacción de la subrasante tomando así en cuenta una variación a través de los años, para luego ser corregido por presencia de la subbase y el lecho rocoso que se encuentra en el terreno. (Menendez Acurio, 2016, pág. 143)

g. Coeficiente por transferencia de carga

El coeficiente de transferencia de carga J es una representación de índice numérico que da cuenta de la eficiencia para la transferencia de carga según en los diseños. Estos valores bajos se llegan a asociar a los dispositivos de transferencia como en los pasadores y bermas.

h. Coeficiente para análisis de drenaje

El coeficiente de drenaje C_d es incluido para el diseño de espesor tal como se muestra en el AASHTO con el objeto de tomar en cuenta una

diferencia en las propiedades del drenaje de las capas en el suelo y el pavimento, considerando así un valor de $C_d = 1$ según las condiciones del AASHTO Road Test, durante el año el pavimento viene a estar expuesto a niveles de humedad que están cercanos a la saturación se estima por una precipitación anual y condición de drenaje predominante. (Menendez Acurio, 2016, pág. 145)

i. Requerimiento de espesor de losa

El espesor de losa requerida es calculado en función de un monograma y ecuación correspondiente donde se toma en cuenta una expansión por lamina de soporte que muestra un hinchamiento por efecto de congelamiento y deterioro por desgaste resultante en perdida agregada por una carga de tráfico por motivos de diseño. (Menendez Acurio, 2016, pág. 146).

2.2.5. Diseño de Juntas

Según (Menendez Acurio, 2016, pág. 153) las juntas son equilibrados en el pavimento de concretos empleados con el objeto de eludir las rajaduras en fase prematura por un cambio de temperatura, de esta forma se muestra 4 tipos de juntas: junta de contracción o transversales son de uso común, juntas de expansión, juntas de construcción y longitudinal:

- Cumple una función de acceso de movimiento y alabeo de las losas.
- Empleado para dividir el pavimento bajo secciones adecuadas en función a la dirección de tránsito.
- Acceder la caja como un material de sello.

Transferencia de carga en la junta

Las cargas aplicadas por este medio son realizadas de forma adecuada minimizando así las desviaciones verticales por junta en base a dos métodos principales las cuales son manejadas con el objeto de

desarrollar la transferencia de carga por medio de una junta son: trabadas y con dispositivos de transferencia de carga, y se recomienda utilizar aquella que tiene los pasadores. (Menendez Acurio, 2016, pág. 153).

Juntas con los agregados trabados

Se podría decir que el desarrollo de los agregados se logra a través de la fricción por cizallamiento en las cargas irregulares de las grietas que se forma debajo del corte trabajado con el disco de corte un impacto muy importante tiene el clima y la dureza ya que se puede mejorar mediante el uso de agregados grandes angulares y durables, y no obstante no tenemos que olvidarnos la eficiencia de trabazón del agregado baja rápidamente con el aumento del ancho de la grieta y la aplicación frecuente de cargas pesadas hasta el punto que el comportamiento del pavimento puede verse dañado. (Menendez Acurio, 2016, pág. 153)

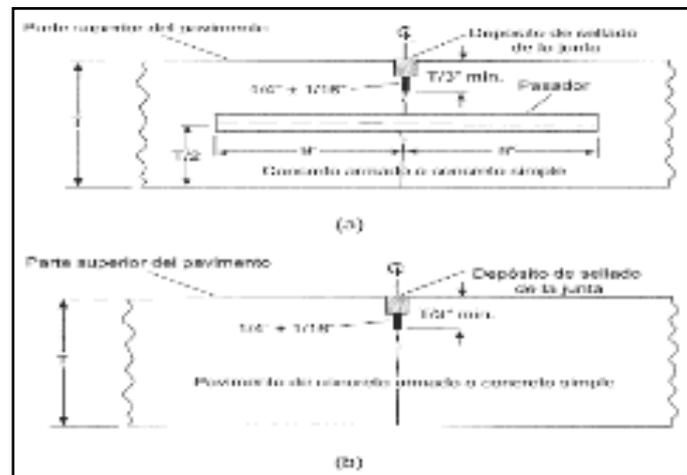
Juntas con pasadores

Nos dan a conocer que los pasadores se deben utilizar en todas las rutas que llevan mayor volumen de camiones pesados, y el trabajo de los pasadores es transmitir cargas entre los paños del pavimento sin llegar a restringir el movimiento debido a la contracción térmica y expansión del concreto. (Menendez Acurio, 2016, pág. 153)

a) Juntas de contracción o juntas transversales

El objetivo principal de las juntas de contracción o transversales es controlar el agrietamiento que resulta de los esfuerzos de tracción y de flexión en losas de concreto causados por el proceso de hidratación de cemento, cargas y tráfico y el medioambiente, debido a estas uniones son tan numerosas su desempeño afecta en comportamiento del pavimento. (Menendez Acurio, 2016, pág. 154)

Ilustración 16. Detalle de junta de contracción: (a) con pasador de refuerzos (b) sin pasador de refuerzo.



Fuente: Brockenbrough and Boedecker (2003)

b) Juntas de separación y expansión

Se define a las juntas de expansión como juntas transversales empleadas con el fin de aliviar esfuerzos de compresión, esto porque las juntas de expansión llegan a ser difíciles de mantener y son susceptibles al bombeo estas llegan a no ser usadas excepto como conexión entre pavimento y estructura, el manual del MTC (2014) señala que los pavimentos de concreto, no llega a requerir juntas similares. (Menendez Acurio, 2016, pág. 156).

Ilustración 17. Junta de expansión sin pasador

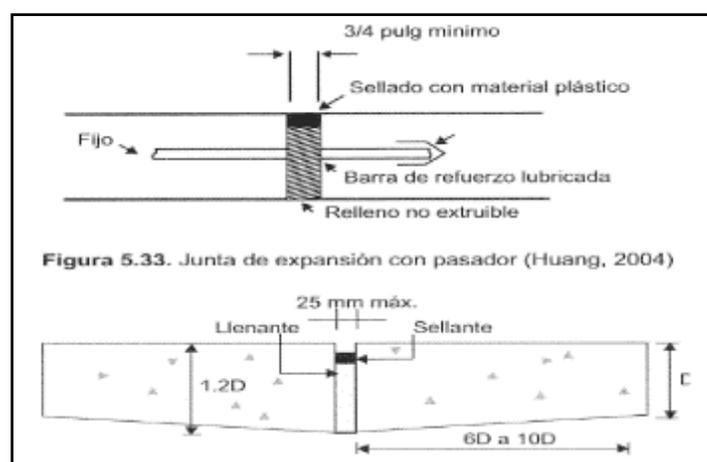


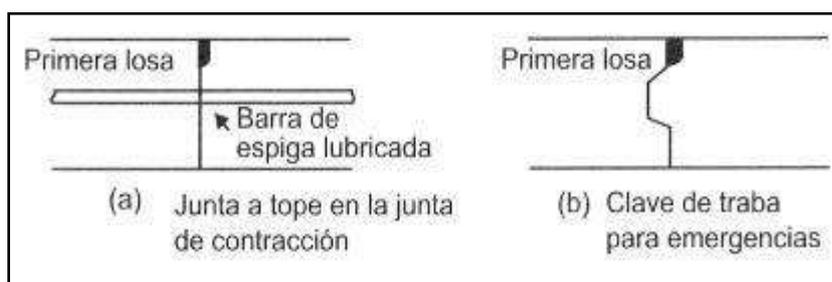
Figura 5.33. Junta de expansión con pasador (Huang, 2004)

Fuente: MTC (2014)

c) Juntas de construcción

Las juntas que muestran una sección transversal deben ser colocados en la junta de contracción, el trabajo que cumple este deberá de parar en caso suceda una emergencia, estas barras deben de ser colocadas en el tercio del intervalo de la junta normal. (Menendez Acurio, 2016, pág. 157)

Ilustración 18. *Juntas de construcción transversales.*



Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario

d) Juntas de sentido transversal

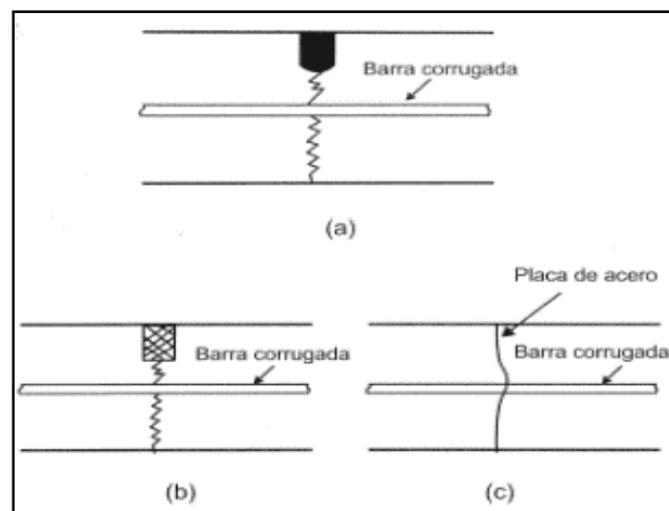
“Estas deben remplazar las juntas de contracción prevista sin embargo no deben estar sesgadas ya que la colocación del concreto y su consolidación son difíciles de obtener, también se recomienda que sean aserradas y selladas. Las direcciones del reservorio deben ser las mismas que las utilizadas para las juntas de contracción transversales. Se recomienda que las juntas de construcción transversales sean con pasadores en vez del empleo de llaves que tienden a astillarse”. (Menendez Acurio, 2016, pág. 157).

e) Juntas en un sentido longitudinal

“Para emplear las juntas longitudinales con trabe o llave son empleadas en la parte superior de la losa encima de la ranura suele fallar con frecuencia de porte y por esta razón se recomienda que las llaves no se utilicen, cuando el espesor del pavimento sea menos de 10 pulgadas”. (Menendez Acurio, 2016, pág. 157).

Estas juntas llegan a ser empleadas con el objeto de aliviar los esfuerzos por causa de alabeo, el tipo de uso que se le dé depende si la construcción muestra un ancho total o abarca de un carril a otro recomendando de esta forma que se llegue a colocar cuando el ancho de carril sea mayor a los 4 m.

Ilustración 19. Muestra de juntas longitudinales de ancho completo: (a) este tipo de junta es simulada, (b) esta junta muestra una cinta o franja premoldeada, (c) esta junta muestra una losa deformada.



Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario.

2.2.6. Diseño de longitud de losa

(Menendez Acurio, 2016) El espesor del pavimento, la rigidez de base y el clima; según estudios han demostrado que afectan a la separación máxima de la junta prevista a partir de la cual se espera un agrietamiento transversal. Investigaciones previas indican que hay una relación entre el radio de rigidez relativa (ℓ), la longitud de losa (L) y el agrietamiento transversal. Definiendo así el radio de rigidez relativa como una técnica para cuantificar la relación que tiene la rigidez de fundación y la rigidez por un efecto de flexión de losa. El radio como rigidez relativa muestra una dimensión lineal determinada por la siguiente ecuación:

$$\ell = \left[\frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)k} \right]^{0.25}$$

Donde:

ℓ = radio por rigidez relativa

E = módulo de elasticidad en el concreto

h = espesor que tienen el pavimento

μ = módulo de Poisson

k = coeficiente de balasto

“Teniendo en consideración el costo inicial el espaciamiento es diferente en cada ubicación, el tipo de losa ya sea armada o simple, el tipo de transferencia de carga y sus condiciones locales de temperatura y clima. Se debe incluir los efectos de movimiento de la losa longitudinal sobre sellador y la eficiencia de transferencia de carga como consideraciones de diseño”. (Menendez Acurio, 2016, pág. 159).

El desplazamiento longitudinal total que influye en la losa se encuentra en función de la distancia entre las articulaciones, juntas y cambios de temperatura. Estas influyen directamente en las características de expansión de los agregados usados en el concreto y fricción del inferior de la losa y de la subbase. El movimiento de la junta se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$\Delta L = CL(\alpha\Delta T + \varepsilon)$$

Donde:

ΔL = Cambio esperado de longitud de losa por un cambio de temperatura y la pérdida de humedad durante el curado.

C = Factor de fricción entre base y losa (0.80 para las bases estabilizadas, 0.65 para bases granulares)

L = Longitud de la losa.

α = Coeficiente de PCC de expansión térmica

ΔT = Rango de la temperatura máxima

ϵ = $(10^{-6}/^\circ)$ coeficiente por contracción del concreto

Esta ecuación nos sirve para estimar movimientos de la junta previstos y también para medir físicamente los movimientos de la junta o junta en pavimentos existentes.

Tabla 4. Valores tomados como referencia para el coeficiente de expansión térmica (PPC)

	PCC - $(10^{-6}/^\circ F)$					
Coeficiente de expansión - cuarzo	(6,6)					
Coeficiente de expansión - arenisca		(6,5)				
Coeficiente de expansión - grava			(6,0)			
Coeficiente de expansión - granito				(5,3)		
Coeficiente de expansión - basalto					(4,8)	
Coeficiente de expansión - caliza						(3,8)

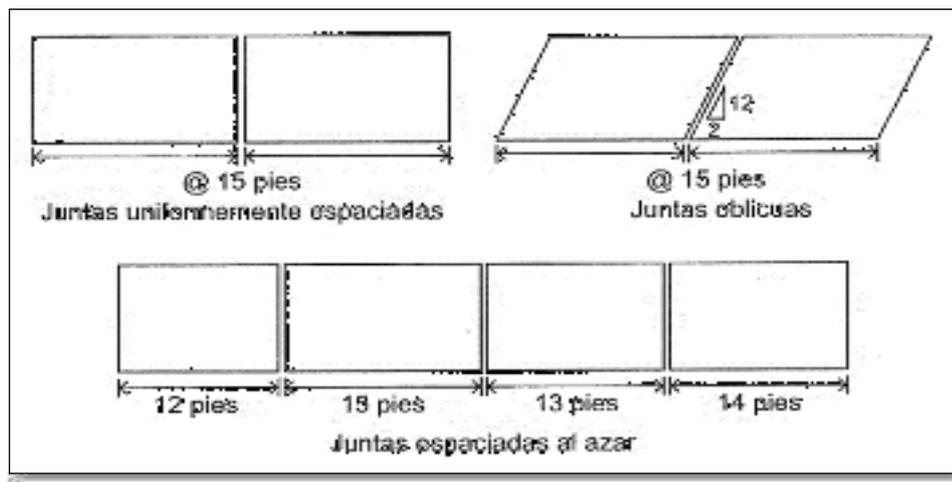
Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

Para losas de concreto armado, es recomendado utilizar una distancia máxima conjunta de 30 pies (9m). Cuando las losas tengan longitudes más largas tendrán una mayor tendencia a desarrollar fisuras a mitad de la losa. Los estudios han demostrado que si el espacio entre juntas es superior a 9 metros el rendimiento del sellante de la junta disminuye y la cantidad de fallas aumenta (Menendez Acurio, 2016, pág. 159).

Para proporcionar una mejor regularidad superficial se han utilizado las juntas oblicuas. Se recomienda realizar una desviación de 0.61m. por cada 3.67 m., con esta se logra que la rueda interior cruce por delante de la

rueda exterior. Se utilizan las juntas oblicuas cuando los dispositivos de transferencia de carga no estén presentes. En las juntas oblicuas los dowells o pasadores se deben colocar en paralelo a la calzada y no perpendiculares a las juntas.

Ilustración 20. *Tipos de espaciamientos de juntas.*



Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

2.2.7. Sellado de las juntas

(Menendez Acurio, 2016), menciona que "al momento que ingrese agua a las juntas se contribuye en el deterioro de la estructura del pavimento en todas sus capas al causar una pérdida en el soporte de apoyo, una de las soluciones más confiables es el sellado de juntas en los pavimentos rígidos". De esta forma se recomienda el uso de material termoplásticos para realizar el proceso de sellado aplicados en forma líquida o que vienen a ser colocados con cierta presión en la junta. Al momento de colocar el sellador, no debe de sobresalir de la superficie para proveer un espacio menor al tamaño del preformado en un 25% a 50% para estar comprimido. Este ancho de la junta transversal se calcula con la siguiente expresión:

$$W = \Delta L/S$$

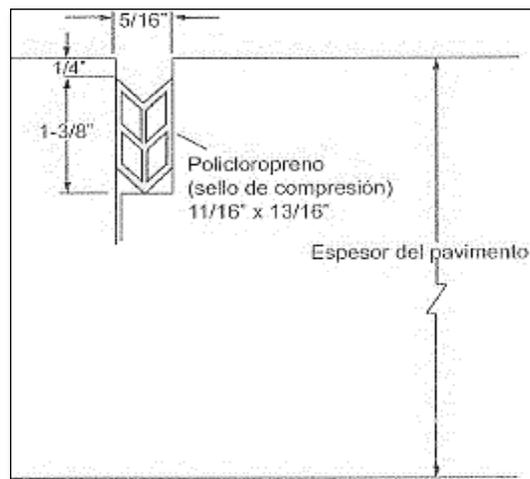
Donde:

W = Ancho de diseño de la junta transversal

ΔL = Cambio esperado en la longitud de losa por variación en la humedad y la temperatura.

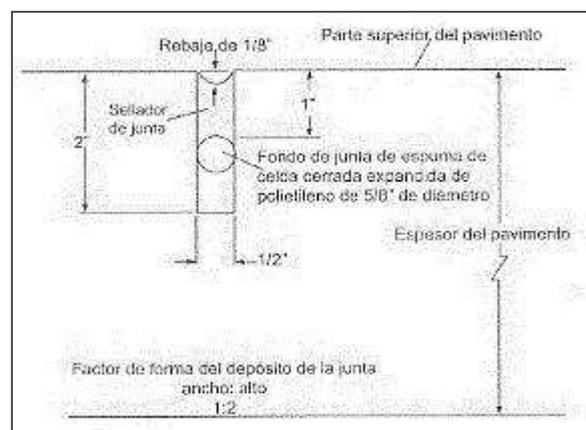
S = Deformación permisible especificada por el fabricante del sellador preformado.

Ilustración 21. Junta con sello preformado- detalles



Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

Ilustración 22. Junta con sello ejecutado en campo.



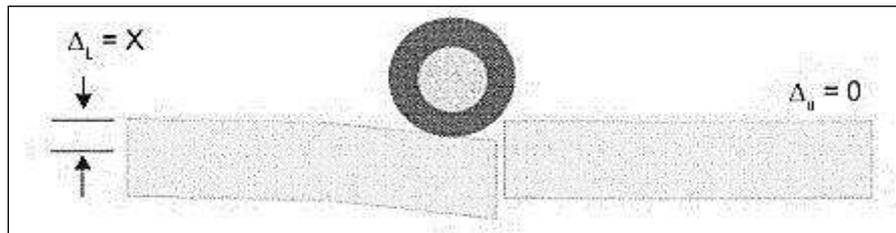
Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

2.2.8. Diseño de pasador o dowells

(Menendez Acurio, 2016), de acuerdo a esto se elegirá las dimensiones de los pasadores. Packard recomendó usar los pasadores con 1.25 pulg. de diámetro en pavimentos de carretera de espesor menor a 10 pulg y pasadores con diámetro de 1.5 pulg. para pavimentos de 10 pulg. o más

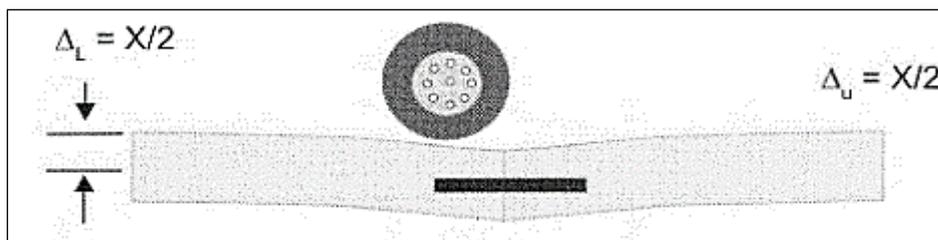
de espesor. Un diámetro mínimo de pasador de 1.25 a 1.5 pulg es necesario para controlar el escalonamiento reduciendo el esfuerzo de soporte en el concreto (pág. 161).

Ilustración 23. Efecto de la colocación del pasador en el sistema de transferencia de cargas: mal sistema de transferencia.



Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

Ilustración 24. Efecto de la colocación del pasador en el sistema de transferencia de cargas: Buen sistema de transferencia.



Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

(Menendez Acurio, 2016), menciona que de forma usual “los pasadores llegan a ser empleados en las juntas transversales con el objeto de transferir las cargas de los paños colindantes. Los esfuerzos a flexión que soportan las juntas llegan a ser menores que las cargas a las que llegan a estar expuestas las losas. Al emplear estos pasadores se minimiza el fenómeno de bombeo y escalonamiento al considerar el PCA como un factor durante el diseño de pavimento.” (pág. 162).

Tabla 5. Características de pasadores recomendados (Packard, 1984)

Espesor de la losa (plg)	Diámetro nominal del pasador (plg)	Longitud del pasador (plg)
5	5/8	12
6	3/4	14

7	7/8	14
8	1	14
9	1 1/8	16
10	1 1/4	18
11	1 3/8	18
12	1 1/2	20

Fuente: MTC (2014).

Tabla 6. Características estándares de pasadores según la MTC

Espesor de la losa (m)	Diámetro		Longitud del pasador o dowells (m)	Separación entre pasadores (m)
	mm	pulg		
0.15 m – 0.20 m	25	1"	0.41 m	0.30 m
0.20 m – 0.30m	32	1 1/4 "	0.46 m	0.30 m
0.30 m – 0.43m	38	1 1/2"	0.51 m	0.38 m

Fuente: MTC (2014).

Esfuerzo de carga permitido

(Menendez Acurio, 2016) Ya que el concreto es más débil que el acero, el espaciamiento de los pasadores requeridos y tamaño estarán determinados por los esfuerzos de soporte entre el pasador y el concreto. Este esfuerzo se determina por la siguiente expresión:

$$f_b = \left[\frac{4 - d}{3} \right] f'_c$$

Donde:

f_b = Esfuerzo de soporte permitido en psi

d = Diámetro del pasador en pulgadas

f'_c = Resistencia a compresión en el concreto (pág. 162).

Carga en un pasador

(Menendez Acurio, 2016) Si se quiere determinar la carga crítica aplicada en un pasador se debe calcular que parte de la carga de diseño será asumida por el pasador crítico (el más cargado).

Según Timochenko, considera que el esfuerzo máximo de carga puede ser determinado teóricamente asumiendo al pasador como viga y el concreto como una fundación Winkler. El ya mencionado autor, indicó también que la deformación máxima del concreto la podemos expresar de la siguiente manera:

$$y_o = \frac{P_t(2 + \beta z)}{4\beta^3 EdI_d}$$

Donde:

y_o = Deformación del pasador en la cara de la junta

P_1 = Carga en el pasador

Z = Ancho nominal de la junta

E_d = (Módulo de Young) del pasador

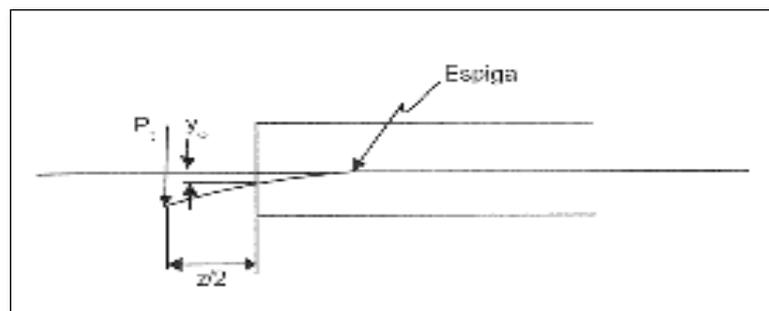
I_d = Momento de Inercia en el pasador.

β = Rigidez relativa de un pasador integrado al concreto (pág. 162).

El esfuerzo del soporte σ_b es proporcional a la deformación:

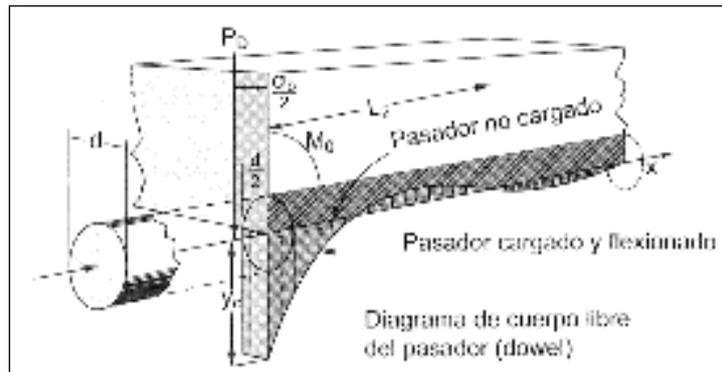
$$\sigma_b = Ky_o = \frac{KP_t(2 + \beta z)}{4\beta^3 EdI_d}$$

Ilustración 25. Pasadores: Deformación del pasador bajo carga.



Fuente: (Menendez Acurio, 2016)

Ilustración 26. *Transferencia de carga en la junta.*



Fuente: Ingeniería de Pavimentos (diseño de pavimentos) Ing. José Rafael Menéndez Acuario

2.3. Definición de términos

De forma continua se muestran conceptos para un mejor entendimiento de la investigación:

a. Alabeo

“Se reconoce como alabeo a un fenómeno de distorsión que sufre una losa tomando una forma curvada hacia arriba o hacia abajo encorvando sus bordes. Esta distorsión puede levantar los bordes de la losa respecto a la base, dando lugar a un borde o esquina sin apoyo que pueden agrietarse cuando se aplican cargas verticales. Algunas veces el alabeo es evidente a edad temprana, en otros casos la losa puede alabearse durante un periodo de tiempo mayor”. (Mendoza García, 2017)

b. Durabilidad:

“Esta es una propiedad que presenta el material o mezcla que le permite resistir una desintegración a consecuencia de un efecto mecánico, acción ambiental o de tráfico”. (Minaya González & Ordóñez Huamán, 2006)

c. Durabilidad del concreto hidráulico:

“Capacidad para resistir a una desintegración a causa por efectos ambientales o en consecuencia del tráfico, incluyendo cambios en las propiedades del concreto (oxidación, volatilización fenómeno de congelamiento y deshielo)”. (Tipo Mamani, 2019)

d. Pavimento rígido:

“Es una mezcla conformada por aglomerante, cemento, agregados y aditivos. (Aliaga Quispe, 2017)

e. Resistencia

“Capacidad de oposición de un material ante un caso de fuerzas aplicadas sobre distintos ejes sin llegar a sufrir una deformación o efecto de rotura”. (Rondón Quintana & Reyes Lizcano, 2015).

f. Vida de servicio o vida útil

“Período de tiempo durante el cual una estructura será capaz de desempeñar las funciones para las cuales fue proyectada”. (Tipo Mamani, 2019).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico se tiene una gran influencia significativa de los alabeos por temperatura, Huancayo.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La sensibilidad de las variables influye parcialmente en la determinación de los refuerzos por alabeo del pavimento rígido hidráulico, Huancayo.
- b) La influencia de la temperatura en el comportamiento del pavimento rígido hidráulico tiene una gran incidencia en los alabeos, Huancayo.
- c) Al evaluar el modelamiento estructural influye de gran manera en el monitoreo de la temperatura de la losa del pavimento rígido hidráulico en diferentes espesores, Huancayo.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X):

Alabeos por temperatura

Los alabeos son distorsiones presentadas en las losas que toman una forma curvatura desde la parte superior hasta la parte inferior realizando un encorvamiento de los bordes, esta distorsión se eleva en los bordes dejando sin apoyo en los bordes de la losa.

Variable dependiente (Y):

Modelo estructural

El modelo estructural de un pavimento es una representación esquemática simplificada que se elabora con el fin de poder analizar el comportamiento de una estructura.

2.5.2. Definición operacional de las variables

Variable Independiente (X): Alabeos por temperatura. – Los alabeos son producidos por la temperatura y presentan un fenómeno de contracción y retracción en las losas de concreto ya que al gran cambio térmico producen estas deformaciones.

Variable dependiente (Y): Modelo estructural. – El modelo estructural del pavimento nos permitirá poder tener una interpretación grafica del efecto de la temperatura y su efecto en la losa del pavimento rígido ya que este genera deformación por las dilataciones y contracción del pavimento.

2.5.3. Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Alabeos por temperatura	Los alabeos son distorsiones presentadas en las losas que toman una forma curvatura desde la parte superior hasta la parte inferior realizando un encorvamiento de los bordes, esta distorsión se eleva en los bordes dejando sin apoyo en los bordes de la losa.	Los alabeos producidos por la temperatura presentan un fenómeno de contracción y retracción en las losas de concreto ya que al gran cambio térmico éstas producen unas deformaciones en los bordes de la losa.	Resistencia a la Compresión	Probetas cilíndricas	NTP 300.034	X				
			Módulo de Elasticidad	Probetas cilíndricas	NTP 300.034	X				
			Deformaciones	Tramo de prueba	Regla milimétrica	X				
2: Variable Dependiente Modelo estructural	El modelo estructural de un pavimento es una representación esquemática simplificada que se elabora con el fin de poder analizar el comportamiento de una estructura.	El modelo estructural del pavimento nos permitirá poder tener una interpretación grafica del efecto de la temperatura y su efecto en la losa del pavimento rígido ya que este genera deformación por las dilataciones del pavimento.	Forma de la losa	Perfil de la losa	Textura final	X				
			Sección	Forma geométrica	Cóncava	X				
			Asimilación de carga	Deformaciones laterales	Desnivel lateral	X				

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de la Investigación

(Lino Q, 2004), menciona que “el método cuantitativo viene a realizar una manipulación del conocimiento hipotético como un método para la visualización de la prueba maniobrando una variable para realizar un estudio del contratamiento de resultante”.

En la presente investigación se aplicó el método Cuantitativo.

3.2. Tipo de Investigación

(Carrasco, 2005), afirma que “la investigación de tipo aplicada busca entender, resolver y comprender un determinado problema mediante métodos que empleen recursos existentes”

De esta forma en la investigación hay un manejo de la ciencia y una suposición existente para lograr un progreso se empleó un método de tipo aplicada.

3.3. Nivel de la Investigación

(Sabino Muñoz, Ledesma (2008, p. 19), menciona que “*el nivel de investigación explicativo representa estas expresiones de las variables con el objeto de*

determinar un anónimo exploratorio este método es empleado con el objeto de perfeccionar un contexto problemático”.

En la presente investigación se usó baso en una metodología de explicativo.

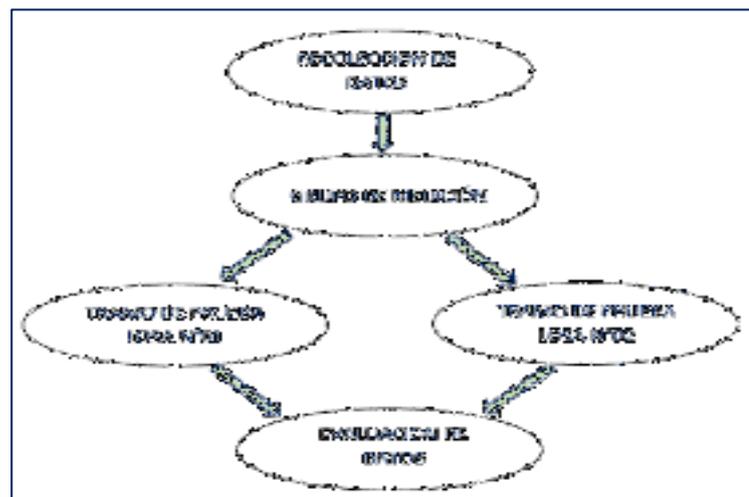
3.4. Diseño de la Investigación

“El procedimiento de exploración experimental este método ayuda a mejorar las inconstantes al fundamentarse por una investigación que inicia por la observación seguido por un método de análisis en base a ensayos de laboratorio o análisis crítico intelectual”. (Hernández Fernández y Bonilla, 2010, pág. 120)

La presente investigación emplea un diseño experimental.

Siendo el diseño sintetizado manifestado de la siguiente manera:

Ilustración 27. Croquis del esquema de la exploración



Fuente: (Morodías, 2018).

Ilustración 28. *Croquis del procedimiento Experimental*



Fuente: (Morodías, 2018)

En la formación del método experimental se constituyen a través de la observación el cual se va en base a las variables analizadas y poder seleccionar los datos en base a un punto de control para poder obtener una conclusión en base a las teorías analizadas.

3.5. Población y muestra

Para el reconocimiento de la población y muestra se emplearon las siguientes consideraciones.

3.5.1. Población

“Se denomina una cantidad global que comprende el área de estudio unidos por presentar características iguales que son observables o medibles”. (Hernández Sampieri, 2014)

El pavimento rígido de la Av. Huancavelica de la ciudad de Huancayo.

3.5.2. Muestra

(Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) menciona: “La muestra se considera como un subgrupo de la población en total que muestran características similares que los unen”. (pág. 251)

La muestra en este caso desde el Jr. Angaraes (0+000 km) hasta la Av. Ferrocarril (0+400 km) en ambos sentidos de la vía.

3.5.2.1. Método de Muestreo

El tipo de muestreo no probalístico es donde el evaluador va a seleccionar las muestras aleatoriamente basada sobre un criterio subjetivo y de forma arbitraria, ya que a través del muestreo dependerá del evaluador, ya que, a través de los métodos establecidos mediante la observación cuantitativa, siendo que las muestras analizadas serán evaluadas a través de la zona indicada bajo un mismo criterio empleado.

3.6. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos analizados de la investigación están determinados por la caracterización de los agregados, el diseño de mezcla, la temperatura climática.

- a. Calidad de los agregados
- b. Parámetros de diseño de los agregados
- c. Diseño de mezcla.
- d. Propiedades en estado fresco de la mezcla.

3.6.1. Fichas de Campo

Se ha escogido como información como:

- a. Temperatura
- b. Deformación
- c. Densidad vehicular
- d. Alabeos en la muestra de prueba

3.6.2. Técnicas de recolección de datos

Método empleado con el objeto comprobar la veracidad de estos datos, y su recopilación en fichas técnicas, o formatos utilizados, en el procesamiento de la información.

Fotografía 1. *Peso del cemento a utilizar y proporción adecuada según diseño*



Fotografía 2. *Prueba de densidad de campo realizadas a las muestras*



Fotografía 3. *Toma de datos de las muestras a diferentes T° (100watts, 500watts, 1000watts)*



3.7. Procesamiento de información

Esta investigación fue desarrollada en dos fases, siendo la primera fase la de caracterización de los agregados, como la calidad de los agregados hasta la obtención de un diseño de mezcla acorde al diseño de un concreto hidráulico.

Ubicación Política:

Referencia : Parque Puzo
Distrito : Chilca
Provincia : Huancayo
Departamento : Junín

Ubicación Geográfica:

Referencia : Parque Puzo
Coordenadas UTM : 8664426.12 N 477030.42 E
Altitud : 3237 m.s.n.m

Fotografía 4. *Ubicación geográfica del laboratorio*



LABORATORIO DE
ANALISIS DE
MUESTRAS FASE I

Fotografía 5. *Trabajos en la caracterización del agregado mediante ensayos de granulometría*



La segunda fase desarrollada en mi investigación fue poner a condiciones climáticas las losas del pavimento rígido.

Fotografía 6. *Verificación de la mezcla de concreto hidráulico mediante el ensayo de slump de acuerdo al diseño.*



Fotografía 7. Toma de datos de las losas para control de la gradiente de las muestras empleados los reflectores de 150watts, 500watts y 1000watts.



3.7.1. Obtención de los agregados

Para la obtención de los agregados se ha optado de la cantera de Sicaya la piedra chancada, el agregado fino, siendo esta para el ensayo y diseño correspondiente.

Fotografía 8. Visita a cantera de agregados gruesos- Sicaya



Fotografía 9. Verificación de los agregados de piedra chancada para los ensayos correspondientes.



3.8. Técnicas y análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos se obtuvo la recopilación de fichas técnicas, certificados de calidad del agua y estas serán validadas por la estadística.

3.8.1. Análisis de Agua

Para el análisis de agua tratada de biodigestor se ha llevado a la universidad Nacional del centro del Perú (UNCP), para lo cual se realizó el muestreo del agua según la Normativa Técnica Peruana.

3.8.1.1. Análisis fisicoquímico del agua tratada

Hemos realizado el estudio de los parámetros fisicoquímicos del agua tratada de biodigestor.

Tabla 7. Reporte de Análisis de agua tratada

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO
Dureza Total	CaCO ₃ (mg/L)	25
Dureza Cálcica	CaCO ₃ (mg/L)	10
Alcalinidad	CaCO ₃ (mg/L)	185
Cloruros	Cl ⁻ (mg/L)	11.26
Sulfatos	SO ₄ ⁻² (mg/L)	20
Conductividad	μS/cm	445
Solidos Disueltos	(mg/L)	263.50

Sólidos Suspendidos	(mg/L)	70
Sólidos Totales	(mg/L)	333.5
Potencial de Hidrogeno	pH	6.05
Oxígeno Disuelto	mg/L	1.89
Turbidez	NTU	0.13

Fuente: Certificado FIQ-UNCP N°073-2021

3.8.2. Cemento

El cemento utilizado es de Tipo I ya que para la investigación es de uso comercial (el más vendido) en la zona lo cual cumple con las características de la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009.

Ilustración 29. Cemento portland andino Tipo I



Fuente: Productos Andino tipo I

3.8.2.1. Ensayos Físicos del cemento Portland tipo I Andino

Tabla 8. Ensayos físicos del cemento según ASTM

DESCRIPCION	Unidad	Requisitos	Portland Tipo I
Finura	% Retenido	100M	0.34
		170M	3.07
		200M	5.66
		325M	20.42
Superficie específica	cm ² /gr	-	3300
Densidad	gr/cm ³	-	3.11
Expansión Autoclave	%	-	0.02
Calor de Hidratación	cal/gr	7 días	64.93

Consistencia Normal	%	-	23.38
Falso Fraguado	%	-	68.44
Contenido de aire	%	-	6.5
Fraguado Vicat	Hr : min	Inicial Final	02:50 03:45
Fluidez (a/c)	a/c		0.485
Resistencia a la Compresión	kg/cm ²	3 días 7 días 28 días	204 289 392

Fuente: Pasquel, 1998

3.8.2.2. Análisis químico del cemento Portland tipo I Andino

Tabla 9. Análisis químico del cemento Portland

Requisitos Químicos	Portland Tipo I
SiO ₂ (%)	21.36
Al ₂ O ₃ (%)	4.81
Fe ₂ O ₃ (%)	3.23
CaO (%)	64.18
MgO (%)	0.96
SO ₃ (%)	2.41
Na ₂ O	0.15
K ₂ O (%)	0.65
TiO ₂ (%)	0.24
P ₂ O ₅ (%)	0.14
Mn ₂ O ₃ (%)	0.07
SrO (%)	0.10
P. Ignición (%)	1.24
TOTAL	100.04
Cal libre (%)	0.59
R. insoluble	0.42
Alcalisis total (%)	0.58
Fases de bogue considerando cal libre	
C ₃ S (%)	48.93
C ₂ S (%)	25.76
C ₃ A (%)	7.28
C ₄ AF (%)	9.83

Fuente: Pasquel, 1998

CAPITULO IV

RESULTADOS

En el desarrollo de este capítulo se presenta los resultados obtenidos en la presente investigación, así como gráficos comparativos que intervienen en la interpretación de datos obtenidos para ello primero se detalla los materiales usados y la caracterización de los materiales empleados en la dosificación de la mezcla.

4.1. Caracterización físico-mecánica de los agregados

4.1.1. Caracterización físico-mecánica del agregado fino

Los ensayos realizados al agregado fino fueron desarrollados en el laboratorio de GEO TEST V está ubicada en la Jr. Grau N° 211 – Chilca, siguiendo las especificaciones de la Norma técnica peruana.

Tabla 10. Calidad del agregado fino requisitos.

Ensayo		NORMA MTC	REQUISITO	RESULTADO	CONDICION
Durabilidad					
Perdidas en ensayo de solides en sulfatos % máximo $\geq 3\ 000$ msnm	Sulfato de sodio	NTP 400.016	10 %	-	-
	Sulfato de magnesio	NTP 400.016	15 %	5.25	CUMPLE
Limpieza					
Índice de plasticidad, % máximo		NTP 399.129	NP		
Equivalente de arena, % mínimo	$f'c \leq 21$ Mpa (210 Kg/cm ²)	NTP 399.146	65 %	-	-
	$f'c \geq 21$ Mpa (210 Kg/cm ²)	NTP 399.146	75 %	79.3 %	CUMPLE

Terrones de arcilla y partículas deleznales % máximo	NTP 400.015	3 %	0.07 %	CUMPLE
Carbón y lignito, % máximo	NTP 400.023	0.5 %	-	-
Material que pasa por el tamiz de 75 µm (N° 200) % máximo.	NTP 400.018	3 %	1.85 %	CUMPLE
Contenido de materia orgánica				
Color más oscuro permisible	NTP 400.024 NTP 400.013	Muestra Patrón	-	-
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , % máximo	NTP 400.042	1.2 %	-	-
Contenido de cloruros expresado como cl, % máximo	NTP 400.042	0.1 %	-	-
Absorción				
Absorción del agua % máximo	NTP 400.022	4 %	2.04 %	CUMPLE

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.2. Caracterización del agregado grueso

Los ensayos realizados al agregado fino fueron desarrollados en el laboratorio de GEO TEST V está ubicada en la Jr. Grau N° 211 – Chilca, siguiendo las especificaciones de la Norma técnica peruana.

Tabla 11. Calidad del agregado grueso requisitos.

Ensayo	NORMA MTC	REQUISITO	RESULTADO	CONDICION
Desgaste en la máquina de Los Ángeles % máximo	NTP 400.019 NTP 400.020	40 %	20.0 %	CUMPLE
Durabilidad				
Perdidas en ensayo de solidos en sulfatos % máximo 3 000 msnm	Sulfato de sodio	NTP 400.016	12 %	-
	Sulfato de magnesio	NTP 400.016	18 %	-
Limpieza				
Terrones de arcilla y partículas deleznales % máximo	NTP 400.015	3 %	0.08 %	CUMPLE
Carbón y lignito % máximo	NTP 400.023	0.5 %	-	-
Geometría de las partículas				
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara) % máximo	D-5821 (*)	60 %	7 %	CUMPLE
Partículas chatas y alargadas (relación 5:1) % máximo	NTP 400.040	10 %	8 %	CUMPLE
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como ión SO ₄ , % máximo	NTP 400.042	1.0 %	-	-
Contenido de cloruros, expresado como ión cl, % máximo	NTP 400.042	0.1 %	-	-

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.3. Determinación método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland (Slump)

La prueba de asentamiento o también llamada prueba de revenimiento consiste en determinar la trabajabilidad de una muestra de concreto en estado fresco esta prueba nos permitirá determinar el grado de fluidez del concreto.

La aplicación normativa de este ensayo se realizó según los procedimientos de la NTP 339.035.

4.1.3.1. Análisis del asentamiento de la mezcla de concreto

En este ensayo se realiza la prueba de cono de Abrams que es un instrumento metálico que se utiliza para determinar la fluidez de la mezcla de concreto, con este ensayo también se puede medir la consistencia del concreto este ensayo tiene a un cono de 0.10 m de diámetro menor y un diámetro mayor de 0.20 m con una altura promedio de 0.30 m, en la presente investigación se ha determinado la consistencia de la mezcla con los siguientes resultados.

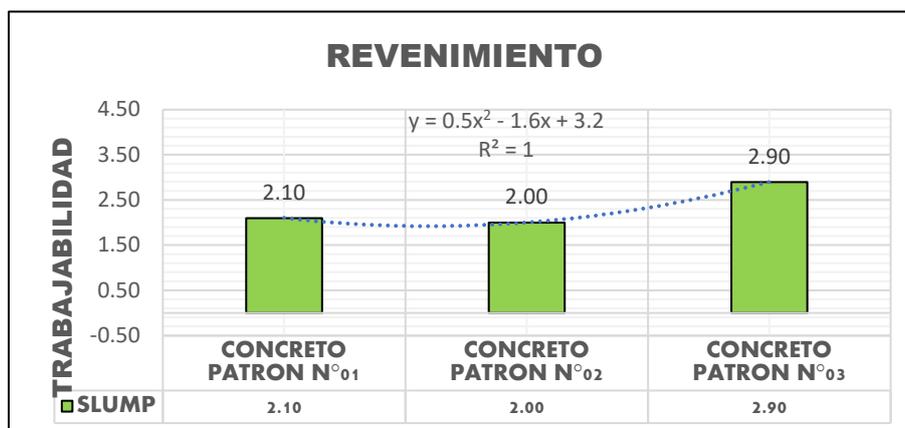
a. Ensayo de asentamiento en muestra de concreto con 0.00 % de nanosílice.

Tabla 12. Revenimiento de la mezcla de concreto Hidráulico.

N°	Fecha	Tipo de concreto	Resistencia	Consistencia	Slump (mm)	Slump (pulg)	Media (pulg)
1	19/05/2021	Concreto Hidráulico	F'c 210 kg/cm ²	Plástica	53.30 mm	2.10"	2.30"
2	19/05/2021	Concreto Hidráulico	F'c 210 kg/cm ²	Plástica	50.80 mm	2.00"	
3	19/05/2021	Concreto Hidráulico	F'c 210 kg/cm ²	Plástica	73.70 mm	2.90"	

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

Ilustración 30. Trabajabilidad de la mezcla de concreto



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.3.2. Prueba estadística para el asentamiento del concreto

Para el análisis estadístico del asentamiento del concreto se utilizará el método de regresión simple aplicado en la ilustración del asentamiento obtenido en los ensayos realizados obteniendo una ecuación de $y = 0.5x^2 - 1.6x + 3.2$ obteniendo un grado de correlación de 1.00.

Tabla 13. Interpretación de la prueba estadística

Indicador	Propiedad en estado fresco	Correspondencia	Interpretación
CONCRETO PATRON	Asentamiento	R= 1.00	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que R=0.50, lo cual determina que existe un ALTO GRADO DE CORRELACION entre las variables analizadas.

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.4. Contenido de aire en el concreto fresco método de presión.

Este ensayo permite obtener la determinación del aire incorporado contenido de aire en el concreto hidráulico fresco recién mezclado, ya que este ensayo excluye el aire dentro de los vacíos internos en la mezcla de concreto sobre los agregados internos.

Para este ensayo se utiliza una mezcla de concreto fresco, utilizando el equipo de la Olla Washington el cual trabaja según los principios de la ley de Boyle generando una presión a la mezcla y siendo lecturada mediante un manómetro calibrado, dicho procedimiento es según la normativa NTP 339.083.

a. Ensayo de contenido de aire en la muestra de concreto patrón.

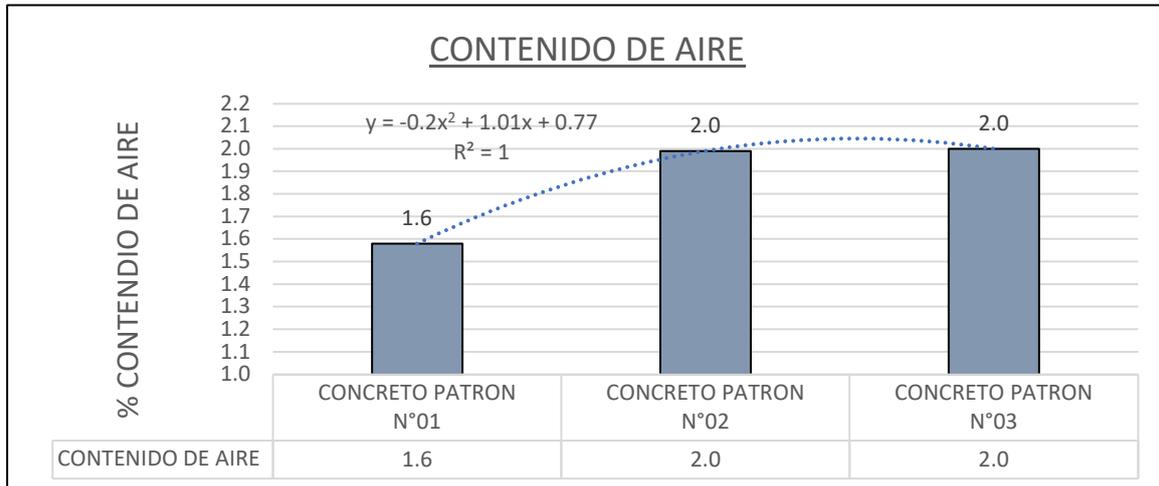
Tabla 14. Contenido de aire en la mezcla patrón

N°	Fecha	Tipo de concreto	Volumen O.W	Masa de la O.W	Medidor	Contenido de aire	Media (%)
1	24/03/2021	Concreto Hidráulico	7016.0 cm ³	3485.0 gr.	Tipo B	1.58 %	1.85%"
2	24/03/2021	Concreto Hidráulico	7016.0 cm ³	3487.0 gr.	Tipo B	1.99 %	

3	24/03/2021	Concreto Hidráulico	7016.0 cm ³	3579.0 gr.	Tipo B	2.00 %	
---	------------	---------------------	------------------------	------------	--------	--------	--

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

Ilustración 31. Contenido de aire de la mezcla patrón



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.4.1. Prueba estadística para el contenido de aire

Para el análisis estadístico del contenido de aire del concreto se utilizará el método de regresión simple aplicado en la ilustración del contenido de aire del concreto obtenido en los ensayos realizados para lo cual presenta una ecuación de $y = -0.2x^2 + 1.01x + 0.77$ obteniendo un grado de correlación de 1.0.

Tabla 15. Interpretación de la prueba estadística

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
CONCRETO PATRON	Aire Incorporado	R= 1.00	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que R=0.50, lo cual determina que existe un ALTO GRADO DE CORRELACION entre las variables analizadas.

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.5. Exudación de la mezcla de concreto

La exudación de la mezcla del concreto es una forma de que los componentes de la mezcla tiendan a elevarse a la superficie sin poder reaccionar con el cemento y siendo este un proceso de no poder haber sido amasado en la mezcla.

a. Ensayo de exudación en la muestra de concreto

Tabla 16. Exudación de la mezcla de concreto patrón

Muestra	Variación del Tiempo	Variación del tiempo acumulado	Variación del volumen (ml)	Variación del volumen acumulado (ml)	Velocidad de la exudación (ml/min)	Porcentaje de exudación
1	40 min	40 min	0.30 ml	0.30	0.01	1.308
2	10 min	50 min	1.20 ml	1.50	0.12	
3	10 min	60 min	17.10 ml	18.60	1.71	
4	10 min	70 min	22.00 ml	40.60	2.20	
5	10 min	80 min	25.00 ml	65.60	2.50	
6	30 min	110 min	28.10 ml	93.70	0.94	0.280
7	30 min	140 min	8.90 ml	102.60	0.30	
8	30 min	170 min	4.20 ml	106.80	0.14	
9	30 min	200 min	0.50 ml	107.30	0.02	
10	30 min	230 min	0.00 ml	107.30	0.00	

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

Gráfica 1. Exudación de la mezcla de concreto patrón



Fuente: Certificados de laboratorio GEOTESTV S.A.C.

Tabla 17. Dosificación por una tanda

Componentes	Tanda
Cemento	6.07 kg
Agregado Fino	9.49 kg
Agregado Grueso	18.63 kg
Agua	3.72 ltrs

Fuente: Certificados de laboratorio GEOTESTV S.A.C.

a. Exudación por unidad de áreas

$$Exudación = \frac{Volumen\ total\ exudado}{Area\ expuesta\ el\ concreto}$$

Tabla 18. Exudación por unidad de áreas

Componentes	Resultado
Molde N°	1
Volumen del molde (cm ³)	7184
Capas N°	3
N° de golpes	25
Masa de molde (kg)	0.378
Masa de molde (kg) + la muestra (kg)	16.718
Masa de la muestra (kg)	16.34
Diámetro promedio (cm)	21.57
Área expuesta del concreto (cm ²)	365.418
Volumen de agua exudada por unidad de superficie – V (ml/cm ²)	0.29

Fuente: Certificados de laboratorio GEOTESTV S.A.C.

Donde se obtiene una exudación para la mezcla de concreto con agua potable elaborado por tanda de:

$$Exudación = 0.29\ ml/cm^2$$

b. Exudación en porcentajes

$$Vol.\ agua\ en\ molde = \left(\frac{Peso\ del\ concreto\ en\ el\ molde}{Peso\ total\ en\ la\ tanda} \right) \times Vol.\ de\ agua\ en\ tanda$$

$$Exudación\ (\%) = \left(\frac{Volumen\ total\ exudado}{Volumen\ de\ agua\ de\ la\ mezcla\ en\ el\ molde} \right) \times 100$$

$$Vol.\ Total\ exudado = 107.30\ ml$$

$$\text{Vol. Agua en molde} = 1.60 \text{ Ltrs} = 1603.36 \text{ ml}$$

$$\text{Exudación} = 6.692\%$$

4.1.5.1. Prueba estadística para la exudación del concreto

Para el análisis estadístico de la exudación del concreto se utilizará el método de regresión simple aplicado en la ilustración, obtenido en los ensayos realizados para lo cual presenta una ecuación de $y = 0.5307x - 7.892$ obteniendo un grado de correlación de 0.9041.

Tabla 19. Interpretación de la prueba estadística

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
CONCRETO PATRON	Exudación del concreto	R= 0.9013	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que R=0.50, lo cual determina que existe un ALTO GRADO DE CORRELACION entre las variables analizadas.

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.1.6. Tiempo de fraguado de la mezcla de concreto

El tiempo de fraguado de la mezcla de concreto es cuando la aguja deja una impresión dentro la muestra analizada ya que el tiempo de fraguado inicial y el fraguado final van desde un inicio de mezclado logrando así obtener la resistencia requerida.

a. Tiempo de fraguado en la muestra patrón Molde N°01.

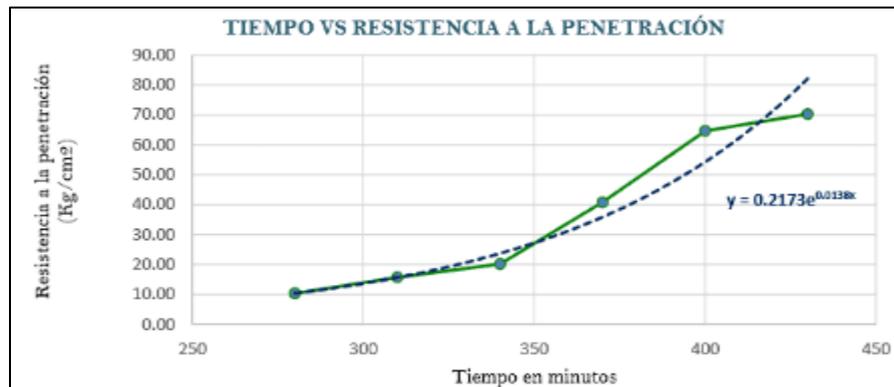
Tabla 20. Exudación en la muestra patrón molde N°01

TIEMPO DE FRAGUADO				
Aguja Usada		1.00 mm		
Hora Inicial		12:10:00 Horas		
ENSAYO	UBICACIÓN DEL PUNTO	TIEMPO INICIAL	TIEMPO TRANSCURRIDO	PENETRACIÓN
1	extremo	12:10:00	0	0.00
2	interno	16:50:00	280	10.41
3	extremo	17:20:00	310	15.75
4	interno	17:50:00	340	20.25

5	extremo	18:20:00	370	40.78
6	interno	18:50:00	400	64.68
7	extremo	19:20:00	430	70.30

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

Ilustración 32. Exudación de la mezcla patrón



Fuente: Certificados de laboratorio GEOTESTV S.A.C.

$$M = 0,2173$$

$$N = 0.0138$$

$Y =$ Resistencia a la penetración

Inicial = 500 PSI

Final = 4000 PSI

Inicial = 35.15 kg/cm²

Final = 281.22 kg/cm²

$X =$ Tiempo de fragua inicial o final

Fragua inicial (500 PSI)	368.56 min	6.14 horas
Fragua final (4000 PSI)	519.25 min	8.65 horas

Resumen de tiempo de fragua del concreto fresco en el espécimen.

Molde N°01

Fragua inicial (500 PSI) = 368.56 min = 6.14 horas.

Fragua inicial (4000 PSI) = 519.25 min = 8.65 horas.

b. Tiempo de fraguado en la muestra patrón Molde N°02.

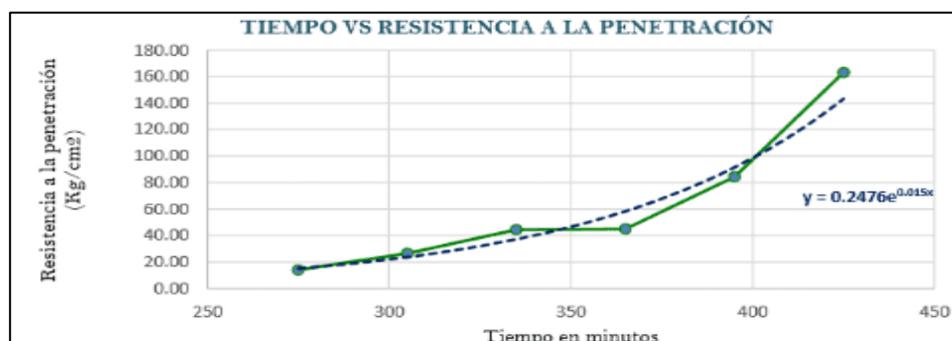
Tabla 21. Exudación en la muestra patrón molde N°02

TIEMPO DE FRAGUADO	
Aguja Usada	1.00 mm
Hora Inicial	12:10:00 Horas

ENSAYO	UBICACIÓN DEL PUNTO	TIEMPO INICIAL	TIEMPO TRANSCURRIDO	PENETRACIÓN
1	extremo	12:10:00	0	0.00
2	interno	16:50:00	275	14.06
3	extremo	17:20:00	305	26.72
4	interno	17:50:00	335	44.43
5	extremo	18:20:00	365	44.99
6	interno	18:50:00	395	84.37
7	extremo	19:20:00	425	163.11

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

Ilustración 33. Exudación de la mezcla patrón molde N°02



Fuente: Certificados de laboratorio GEOTESTV S.A.C.

$$M = 0,2476$$

$$N = 0.0150$$

$Y =$ Resistencia a la penetración

Inicial = 500 PSI

Final = 4000 PSI

Inicial = 35.15 kg/cm²

Final = 281.22 kg/cm²

$X =$ Tiempo de fragua inicial o final

Fragua inicial (500 PSI)	330.38 min	5.51 horas
Fragua final (4000 PSI)	469.00 min	7.82 horas

Resumen de tiempo de fragua del concreto fresco en el espécimen.

Molde N°02

Fragua inicial (500 PSI) = 330.38 min = 5.51 horas.

Fragua inicial (4000 PSI) = 469.00 min = 7.82 horas.

4.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

Las propiedades del concreto en estado endurecido son cuando se ha pasado del estado plástico al estado rígido, ya que el concreto después de haber fraguado empieza a alcanzar una resistencia y empieza a tener un proceso de endurecimiento siendo una evaluación de esta propiedad la resistencia a la compresión.

4.2.1. Método normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión en muestras cilíndricas de (4"x8")

Este método normalizado consiste en poder aplicar una carga a compresión axial en cilíndricos de dimensiones especificadas a una aplicación de carga calculada y calculando así la resistencia de la probeta ensayada.

a. Resistencia a la compresión.

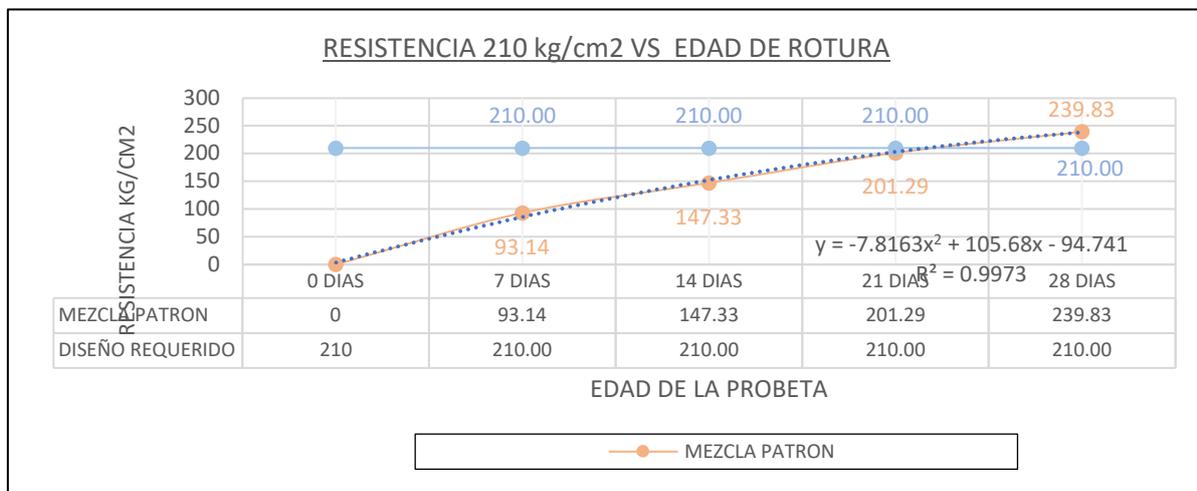
Tabla 22. Resistencia a la compresión

REFERENCIA	ELEMENTOS	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD (días)	CARGA (kg)		RESISTENCIA A LA COMPRESION		PROM. (%)
					LECTURA kN	LECTURA KG	kg/cm2	%	
F' C 210 Kg/cm2 – 01	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	26/02/2021	7.00	75.20	7,668.29	95.85	45.6	45.70
F' C 210 Kg/cm2 – 02	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	26/02/2021	7.00	75.60	7,709.08	96.36	45.9	
F' C 210 Kg/cm2 – 03	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	26/02/2021	7.00	75.00	7,647.90	95.60	45.5	
F' C 210 Kg/cm2 – 04	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	26/02/2021	7.00	74.10	7,556.13	94.45	45.0	43.00
F' C 210 Kg/cm2 – 05	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	26/02/2021	7.00	76.40	7,790.66	97.38	46.4	
F' C 210 Kg/cm2 – 06	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	26/02/2021	7.00	62.11	6,333.48	79.17	37.7	
F' C 210 Kg/cm2 – 07	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	05/03/2021	14.00	122.20	12,460.98	155.76	74.2	72.90
F' C 210 Kg/cm2 – 08	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	05/03/2021	14.00	114.60	11,685.99	146.08	69.6	
F' C 210 Kg/cm2 – 09	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	05/03/2021	14.00	123.50	12,593.54	157.42	75.0	
F' C 210 Kg/cm2 – 10	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	05/03/2021	14.00	125.80	12,828.08	160.35	76.4	67.40
F' C 210 Kg/cm2 – 11	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	05/03/2021	14.00	103.60	10,564.30	132.05	62.9	
F' C 210 Kg/cm2 – 12	PAVIMENTO RIGIDO	19/02/2021	05/03/2021	14.00	103.80	10,584.69	132.31	63.0	

F´C 210 Kg/cm2 – 13	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	13/03/2021	21.00	145.00	14,785.94	184.82	88.0	90.00
F´C 210 Kg/cm2 – 14	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	13/03/2021	21.00	159.80	16,295.13	203.69	97.0	
F´C 210 Kg/cm2 – 15	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	13/03/2021	21.00	140.20	14,296.47	178.71	85.1	
F´C 210 Kg/cm2 – 16	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	13/03/2021	21.00	159.20	16,233.94	202.93	96.6	101.70
F´C 210 Kg/cm2 – 17	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	13/03/2021	21.00	165.10	16,835.58	210.45	100.2	
F´C 210 Kg/cm2 – 18	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	13/03/2021	21.00	178.20	18,171.41	227.14	108.2	
F´C 210 Kg/cm2 – 19	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	20/03/2021	28.00	189.30	19,303.30	241.29	114.9	115.60
F´C 210 Kg/cm2 – 20	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	20/03/2021	28.00	192.60	19,639.81	245.50	116.9	
F´C 210 Kg/cm2 – 21	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	20/03/2021	28.00	189.30	19,303.30	241.29	114.9	
F´C 210 Kg/cm2 – 22	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	20/03/2021	28.00	192.60	19,639.81	245.50	116.9	112.80
F´C 210 Kg/cm2 – 23	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	20/03/2021	28.00	182.70	18,630.28	232.88	110.9	
F´C 210 Kg/cm2 – 24	PAVIMENTO RIGIDO	20/02/2021	20/03/2021	28.00	182.40	18,599.69	232.50	110.7	

Fuente: Certificados de laboratorio GEOTESTV S.A.C.

Ilustración 34. Resistencia a la compresión



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.2.1.1. Prueba estadística para la resistencia a la compresión

Para el análisis estadístico de la resistencia a la compresión del concreto se utilizará el método de regresión simple aplicado en la ilustración, obtenido en los ensayos realizados para lo cual presenta una ecuación

de $y = 7.8163x^2 + 105.68x - 94.741$ obteniendo un grado de correlación de 0.9973.

Tabla 23. Interpretación de la prueba estadística

Indicador	Propiedad	Correlación	Interpretación
MEZCLA DE CONCRETO PATRON	Resistencia a la compresión	R= 0.9973	El grado de correlación obtenido en la gráfica es mayor que R=0.50, lo cual determina que existe un ALTO GRADO DE CORRELACION entre las variables analizadas.

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

4.2.2. Prueba de alabeos por temperatura en el tramo de prueba ensayada

Esta prueba consistió en evaluar los alabeos que se producen por efecto de la temperatura externa ya nos permitirá obtener un parámetro real de comportamiento de la losa de pavimento rígido para ello se utilizó 3 evaluaciones en tres tramos diferentes con potencia de luz de 150 Watts, 500 Watts y 1000 Watts por un periodo de análisis de cada losa ensayada.

a. Evaluación de tramo con temperatura a 150 watts.

Tabla 24. Alabeos por temperatura con 150 watts de energía

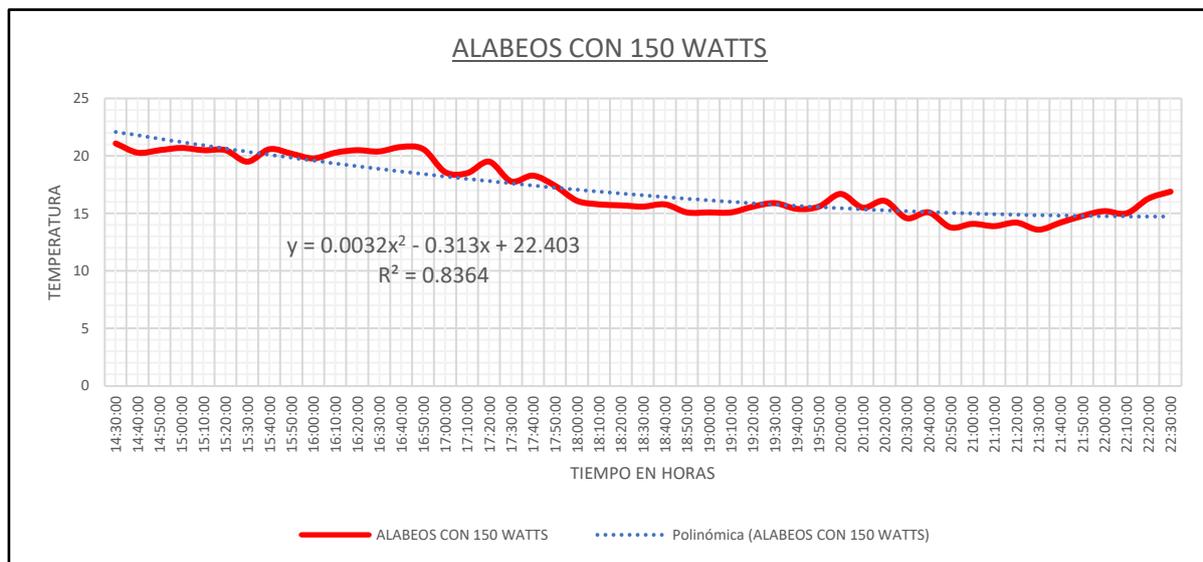
LECTURA	ESTRUCTURA	TIEMPO	VARIACION DE TIEMPO	ENERGIA APLICADA	T° CONCRETO
LECTURA N°01	PAVIMENTO RIGIDO	14:30:00	00:10:00	150 watts	21.1
LECTURA N°02	PAVIMENTO RIGIDO	14:40:00	00:10:00	150 watts	20.3
LECTURA N°03	PAVIMENTO RIGIDO	14:50:00	00:10:00	150 watts	20.5
LECTURA N°04	PAVIMENTO RIGIDO	15:00:00	00:10:00	150 watts	20.7
LECTURA N°05	PAVIMENTO RIGIDO	15:10:00	00:10:00	150 watts	20.5
LECTURA N°06	PAVIMENTO RIGIDO	15:20:00	00:10:00	150 watts	20.5
LECTURA N°07	PAVIMENTO RIGIDO	15:30:00	00:10:00	150 watts	19.5
LECTURA N°08	PAVIMENTO RIGIDO	15:40:00	00:10:00	150 watts	20.6
LECTURA N°09	PAVIMENTO RIGIDO	15:50:00	00:10:00	150 watts	20.2
LECTURA N°10	PAVIMENTO RIGIDO	16:00:00	00:10:00	150 watts	19.8

LECTURA N°11	PAVIMENTO RIGIDO	16:10:00	00:10:00	150 watts	20.3
LECTURA N°12	PAVIMENTO RIGIDO	16:20:00	00:10:00	150 watts	20.5
LECTURA N°13	PAVIMENTO RIGIDO	16:30:00	00:10:00	150 watts	20.4
LECTURA N°14	PAVIMENTO RIGIDO	16:40:00	00:10:00	150 watts	20.8
LECTURA N°15	PAVIMENTO RIGIDO	16:50:00	00:10:00	150 watts	20.6
LECTURA N°16	PAVIMENTO RIGIDO	17:00:00	00:10:00	150 watts	18.6
LECTURA N°17	PAVIMENTO RIGIDO	17:10:00	00:10:00	150 watts	18.5
LECTURA N°18	PAVIMENTO RIGIDO	17:20:00	00:10:00	150 watts	19.5
LECTURA N°19	PAVIMENTO RIGIDO	17:30:00	00:10:00	150 watts	17.8
LECTURA N°20	PAVIMENTO RIGIDO	17:40:00	00:10:00	150 watts	18.3
LECTURA N°21	PAVIMENTO RIGIDO	17:50:00	00:10:00	150 watts	17.4
LECTURA N°22	PAVIMENTO RIGIDO	18:00:00	00:10:00	150 watts	16.1
LECTURA N°23	PAVIMENTO RIGIDO	18:10:00	00:10:00	150 watts	15.8
LECTURA N°24	PAVIMENTO RIGIDO	18:20:00	00:10:00	150 watts	15.7
LECTURA N°25	PAVIMENTO RIGIDO	18:30:00	00:10:00	150 watts	15.6
LECTURA N°26	PAVIMENTO RIGIDO	18:40:00	00:10:00	150 watts	15.8
LECTURA N°27	PAVIMENTO RIGIDO	18:50:00	00:10:00	150 watts	15.1
LECTURA N°28	PAVIMENTO RIGIDO	19:00:00	00:10:00	150 watts	15.1
LECTURA N°29	PAVIMENTO RIGIDO	19:10:00	00:10:00	150 watts	15.1
LECTURA N°30	PAVIMENTO RIGIDO	19:20:00	00:10:00	150 watts	15.6
LECTURA N°31	PAVIMENTO RIGIDO	19:30:00	00:10:00	150 watts	15.9
LECTURA N°32	PAVIMENTO RIGIDO	19:40:00	00:10:00	150 watts	15.4
LECTURA N°33	PAVIMENTO RIGIDO	19:50:00	00:10:00	150 watts	15.6
LECTURA N°34	PAVIMENTO RIGIDO	20:00:00	00:10:00	150 watts	16.7
LECTURA N°35	PAVIMENTO RIGIDO	20:10:00	00:10:00	150 watts	15.5
LECTURA N°36	PAVIMENTO RIGIDO	20:20:00	00:10:00	150 watts	16.1
LECTURA N°37	PAVIMENTO RIGIDO	20:30:00	00:10:00	150 watts	14.6
LECTURA N°38	PAVIMENTO RIGIDO	20:40:00	00:10:00	150 watts	15.1
LECTURA N°39	PAVIMENTO RIGIDO	20:50:00	00:10:00	150 watts	13.8
LECTURA N°40	PAVIMENTO RIGIDO	21:00:00	00:10:00	150 watts	14.1
LECTURA N°41	PAVIMENTO RIGIDO	21:10:00	00:10:00	150 watts	13.9
LECTURA N°42	PAVIMENTO RIGIDO	21:20:00	00:10:00	150 watts	14.2
LECTURA N°43	PAVIMENTO RIGIDO	21:30:00	00:10:00	150 watts	13.6

LECTURA N°44	PAVIMENTO RIGIDO	21:40:00	00:10:00	150 watts	14.2
LECTURA N°45	PAVIMENTO RIGIDO	21:50:00	00:10:00	150 watts	14.8
LECTURA N°46	PAVIMENTO RIGIDO	22:00:00	00:10:00	150 watts	15.2
LECTURA N°47	PAVIMENTO RIGIDO	22:10:00	00:10:00	150 watts	15
LECTURA N°48	PAVIMENTO RIGIDO	22:20:00	00:10:00	150 watts	16.3
LECTURA N°49	PAVIMENTO RIGIDO	22:30:00	00:10:00	150 watts	16.9

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 35. Comportamiento de la mezcla de concreto con 150 watts de energía



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

b. Evaluación de tramo con temperatura a 500 watts.

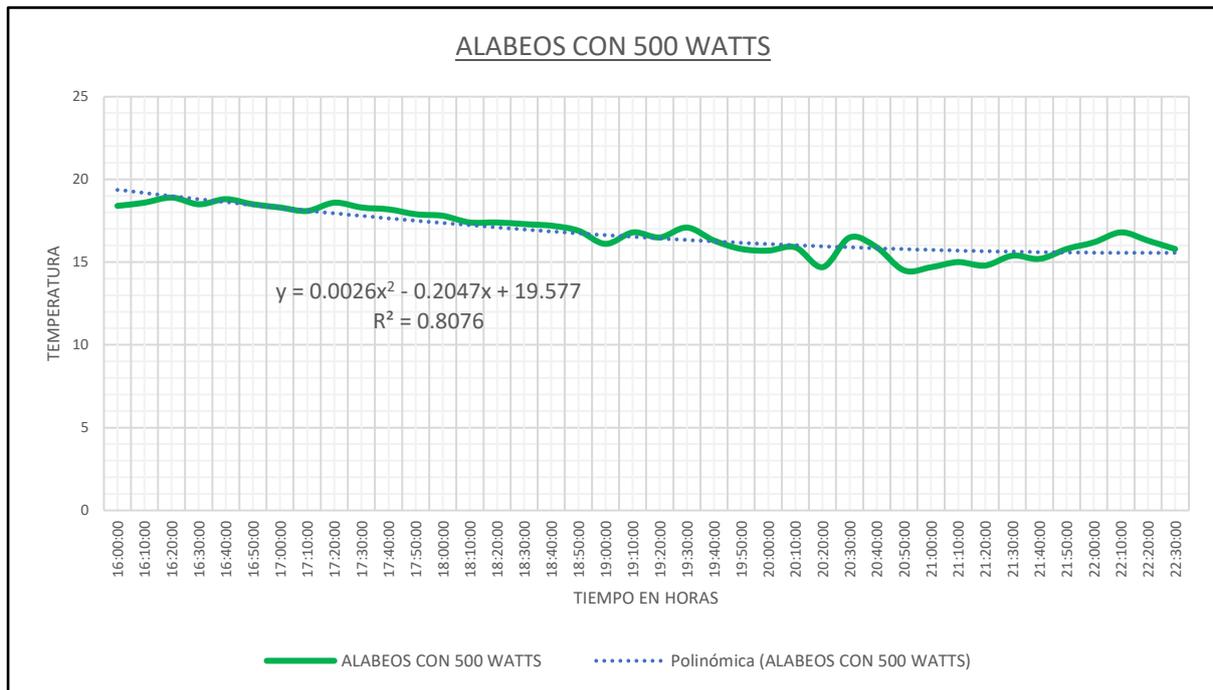
Tabla 25. Alabeos por temperatura con 500 watts de energía

LECTURA	ESTRUCTURA	TIEMPO	VARIACION DE TIEMPO	ENERGIA APLICADA	T° CONCRETO
LECTURA N°01	PAVIMENTO RIGIDO	16:00:00	00:10:00	500 watts	18.4
LECTURA N°02	PAVIMENTO RIGIDO	16:10:00	00:10:00	500 watts	18.6
LECTURA N°03	PAVIMENTO RIGIDO	16:20:00	00:10:00	500 watts	18.9
LECTURA N°04	PAVIMENTO RIGIDO	16:30:00	00:10:00	500 watts	18.5
LECTURA N°05	PAVIMENTO RIGIDO	16:40:00	00:10:00	500 watts	18.8
LECTURA N°06	PAVIMENTO RIGIDO	16:50:00	00:10:00	500 watts	18.5
LECTURA N°07	PAVIMENTO RIGIDO	17:00:00	00:10:00	500 watts	18.3
LECTURA N°08	PAVIMENTO RIGIDO	17:10:00	00:10:00	500 watts	18.1

LECTURA N°09	PAVIMENTO RIGIDO	17:20:00	00:10:00	500 watts	18.6
LECTURA N°10	PAVIMENTO RIGIDO	17:30:00	00:10:00	500 watts	18.3
LECTURA N°11	PAVIMENTO RIGIDO	17:40:00	00:10:00	500 watts	18.2
LECTURA N°12	PAVIMENTO RIGIDO	17:50:00	00:10:00	500 watts	17.9
LECTURA N°13	PAVIMENTO RIGIDO	18:00:00	00:10:00	500 watts	17.8
LECTURA N°14	PAVIMENTO RIGIDO	18:10:00	00:10:00	500 watts	17.4
LECTURA N°15	PAVIMENTO RIGIDO	18:20:00	00:10:00	500 watts	17.4
LECTURA N°16	PAVIMENTO RIGIDO	18:30:00	00:10:00	500 watts	17.3
LECTURA N°17	PAVIMENTO RIGIDO	18:40:00	00:10:00	500 watts	17.2
LECTURA N°18	PAVIMENTO RIGIDO	18:50:00	00:10:00	500 watts	16.9
LECTURA N°19	PAVIMENTO RIGIDO	19:00:00	00:10:00	500 watts	16.1
LECTURA N°20	PAVIMENTO RIGIDO	19:10:00	00:10:00	500 watts	16.8
LECTURA N°21	PAVIMENTO RIGIDO	19:20:00	00:10:00	500 watts	16.5
LECTURA N°22	PAVIMENTO RIGIDO	19:30:00	00:10:00	500 watts	17.1
LECTURA N°23	PAVIMENTO RIGIDO	19:40:00	00:10:00	500 watts	16.3
LECTURA N°24	PAVIMENTO RIGIDO	19:50:00	00:10:00	500 watts	15.8
LECTURA N°25	PAVIMENTO RIGIDO	20:00:00	00:10:00	500 watts	15.7
LECTURA N°26	PAVIMENTO RIGIDO	20:10:00	00:10:00	500 watts	15.9
LECTURA N°27	PAVIMENTO RIGIDO	20:20:00	00:10:00	500 watts	14.7
LECTURA N°28	PAVIMENTO RIGIDO	20:30:00	00:10:00	500 watts	16.5
LECTURA N°29	PAVIMENTO RIGIDO	20:40:00	00:10:00	500 watts	15.9
LECTURA N°30	PAVIMENTO RIGIDO	20:50:00	00:10:00	500 watts	14.5
LECTURA N°31	PAVIMENTO RIGIDO	21:00:00	00:10:00	500 watts	14.7
LECTURA N°32	PAVIMENTO RIGIDO	21:10:00	00:10:00	500 watts	15
LECTURA N°33	PAVIMENTO RIGIDO	21:20:00	00:10:00	500 watts	14.8
LECTURA N°34	PAVIMENTO RIGIDO	21:30:00	00:10:00	500 watts	15.4
LECTURA N°35	PAVIMENTO RIGIDO	21:40:00	00:10:00	500 watts	15.2
LECTURA N°36	PAVIMENTO RIGIDO	21:50:00	00:10:00	500 watts	15.8
LECTURA N°37	PAVIMENTO RIGIDO	22:00:00	00:10:00	500 watts	16.2
LECTURA N°38	PAVIMENTO RIGIDO	22:10:00	00:10:00	500 watts	16.8
LECTURA N°39	PAVIMENTO RIGIDO	22:20:00	00:10:00	500 watts	16.3
LECTURA N°40	PAVIMENTO RIGIDO	22:30:00	00:10:00	500 watts	15.8

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36. Comportamiento de la mezcla de concreto con 500 watts de energía



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

c. Evaluación de tramo con temperatura a 1000 watts.

Tabla 26. Alabeos por temperatura con 1000 watts de energía

LECTURA	ESTRUCTURA	TIEMPO	VARIACION DE TIEMPO	ENERGIA APLICADA	T° CONCRETO
LECTURA N°01	PAVIMENTO RIGIDO	16:50:00	00:10:00	1000 watts	18.7
LECTURA N°02	PAVIMENTO RIGIDO	17:00:00	00:10:00	1000 watts	18.3
LECTURA N°03	PAVIMENTO RIGIDO	17:10:00	00:10:00	1000 watts	18
LECTURA N°04	PAVIMENTO RIGIDO	17:20:00	00:10:00	1000 watts	17.5
LECTURA N°05	PAVIMENTO RIGIDO	17:30:00	00:10:00	1000 watts	17.4
LECTURA N°06	PAVIMENTO RIGIDO	17:40:00	00:10:00	1000 watts	17.9
LECTURA N°07	PAVIMENTO RIGIDO	17:50:00	00:10:00	1000 watts	17.9
LECTURA N°08	PAVIMENTO RIGIDO	18:00:00	00:10:00	1000 watts	17.5
LECTURA N°09	PAVIMENTO RIGIDO	18:10:00	00:10:00	1000 watts	17.9
LECTURA N°10	PAVIMENTO RIGIDO	18:20:00	00:10:00	1000 watts	17.5
LECTURA N°11	PAVIMENTO RIGIDO	18:30:00	00:10:00	1000 watts	17.1
LECTURA N°12	PAVIMENTO RIGIDO	18:40:00	00:10:00	1000 watts	17
LECTURA N°13	PAVIMENTO RIGIDO	18:50:00	00:10:00	1000 watts	17.5

LECTURA N°14	PAVIMENTO RIGIDO	19:00:00	00:10:00	1000 watts	17
LECTURA N°15	PAVIMENTO RIGIDO	19:10:00	00:10:00	1000 watts	16.2
LECTURA N°16	PAVIMENTO RIGIDO	19:20:00	00:10:00	1000 watts	15.8
LECTURA N°17	PAVIMENTO RIGIDO	19:30:00	00:10:00	1000 watts	16.5
LECTURA N°18	PAVIMENTO RIGIDO	19:40:00	00:10:00	1000 watts	15.4
LECTURA N°19	PAVIMENTO RIGIDO	19:50:00	00:10:00	1000 watts	15.8
LECTURA N°20	PAVIMENTO RIGIDO	20:00:00	00:10:00	1000 watts	16
LECTURA N°21	PAVIMENTO RIGIDO	20:10:00	00:10:00	1000 watts	15.1
LECTURA N°22	PAVIMENTO RIGIDO	20:20:00	00:10:00	1000 watts	13.8
LECTURA N°23	PAVIMENTO RIGIDO	20:30:00	00:10:00	1000 watts	15.8
LECTURA N°24	PAVIMENTO RIGIDO	20:40:00	00:10:00	1000 watts	14.9
LECTURA N°25	PAVIMENTO RIGIDO	20:50:00	00:10:00	1000 watts	14.3
LECTURA N°26	PAVIMENTO RIGIDO	21:00:00	00:10:00	1000 watts	14.8
LECTURA N°27	PAVIMENTO RIGIDO	21:10:00	00:10:00	1000 watts	13.7
LECTURA N°28	PAVIMENTO RIGIDO	21:20:00	00:10:00	1000 watts	13.5
LECTURA N°29	PAVIMENTO RIGIDO	21:30:00	00:10:00	1000 watts	13.2
LECTURA N°30	PAVIMENTO RIGIDO	21:40:00	00:10:00	1000 watts	14.2
LECTURA N°31	PAVIMENTO RIGIDO	21:50:00	00:10:00	1000 watts	15.6
LECTURA N°32	PAVIMENTO RIGIDO	22:00:00	00:10:00	1000 watts	16.6
LECTURA N°33	PAVIMENTO RIGIDO	22:10:00	00:10:00	1000 watts	16.2
LECTURA N°34	PAVIMENTO RIGIDO	22:20:00	00:10:00	1000 watts	15.5
LECTURA N°35	PAVIMENTO RIGIDO	22:30:00	00:10:00	1000 watts	14.8

Fuente: Elaboración propia

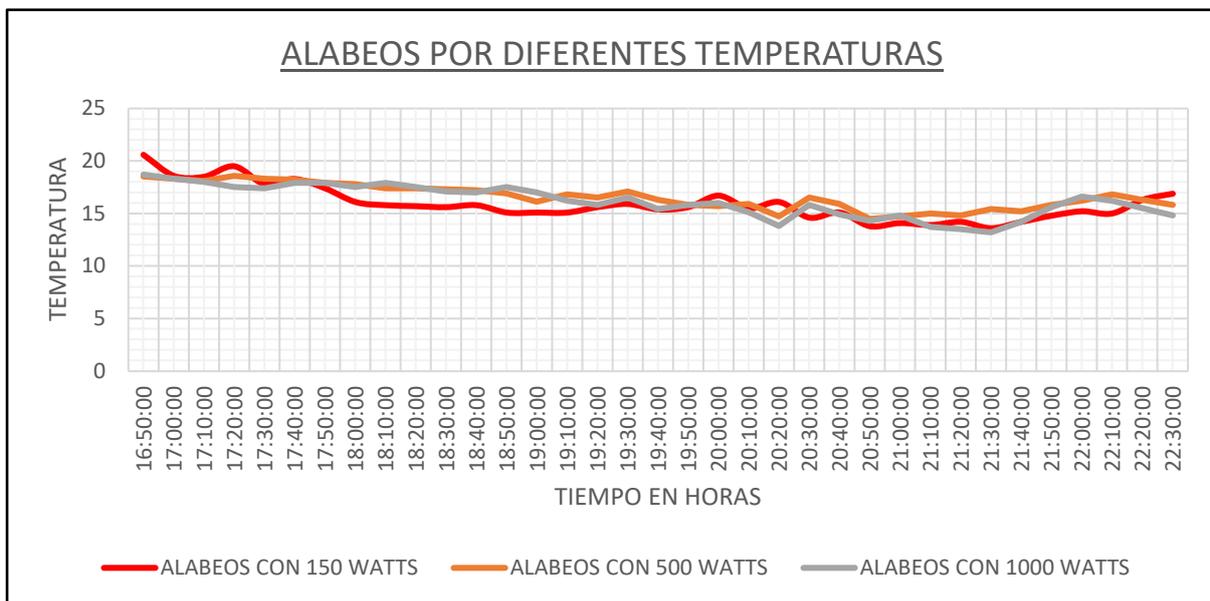
Ilustración 37. Comportamiento de la mezcla de concreto con 1000 watts de energía



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

Análisis comparativo de resultados obtenidos en la prueba realizada.

Ilustración 38. Alabeos por diferentes temperaturas



Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

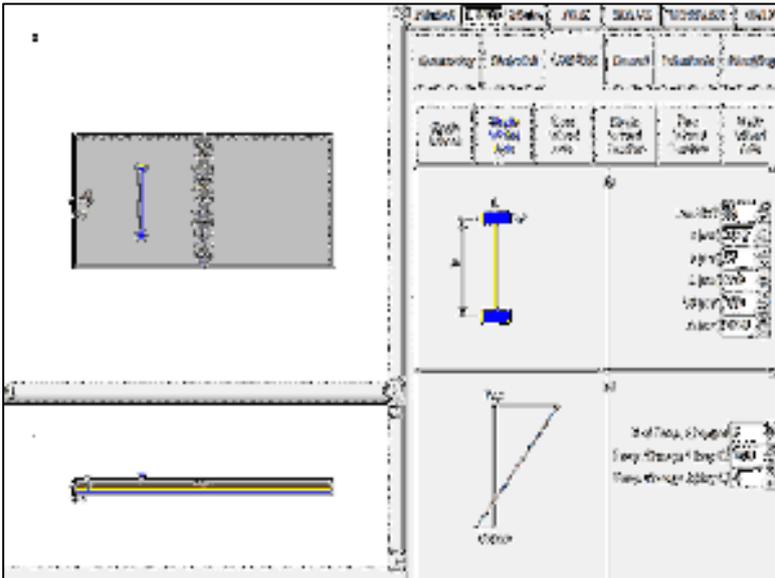
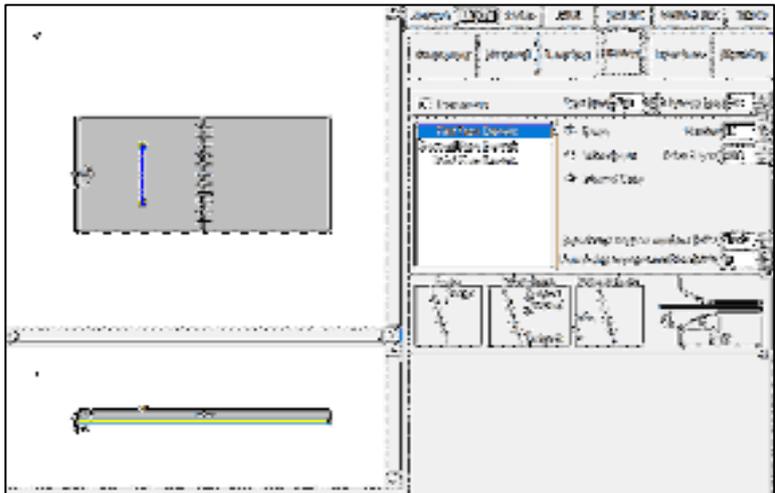
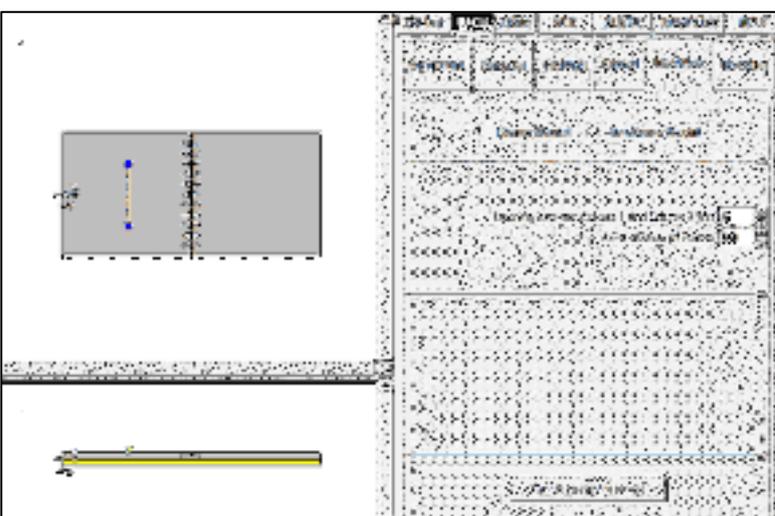
4.3. Análisis de los alabeos en el comportamiento en el pavimento rígido

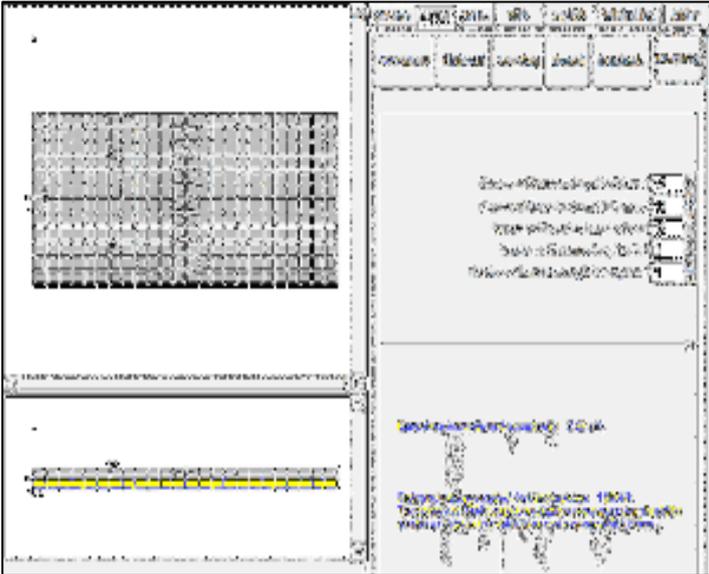
4.3.1. Definición y caracterización del modelamiento

Para el cálculo de los alabeos por temperatura se utilizará el programa EverFE que permitirá modelar con los resultados obtenidos el comportamiento de la losa del pavimento rígido.

Tabla 27. Ingreso de datos para visualización de alabeos

	<p>GEOMETRIA DEL PAVIMENTO RIGIDO ANALIZADO</p>
	<p>En este peldaño se realiza la caracterización y seccionamiento del pavimento rígido, donde se coloca la configuración con sus respectivos espesores, también colocaremos la composición estructural entre el pavimento y la base granular.</p>
	<p>CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL DEL PAVIMENTO RIGIDO</p>
	<p>En este peldaño se coloca el material que se va utilizar en el modelamiento estructural como el módulo de elasticidad la densidad del concreto, el coeficiente de poisson y la clasificación del material granular analizado en consideración a las propiedades de la base.</p>
	<p>CONFIGURACION DE CARGA Y CONFIGURACION DE TEMPERATURA A LA QUE</p>

	<p>ESTARA SOMETIDO EL PAVIMENTO RIGIDO</p> <p>Se configura la carga vehicular en la losa del pavimento rígido donde se inserta los datos como la longitud, ancho y la carga. En la parte inferior se coloca las temperaturas a las que son sometidas los pavimento para ello se analizara con datos propios de la zona con una temperatura promedio de 18°C hasta los -5°C.</p>
	<p>CONFIGURACION DE DOWELS</p> <p>En esta pestaña se configura la separación, dimensión de los dowells que servirán para el comportamiento del pavimento rígido.</p>
	<p>CONFIGURACION DEL ENTRELAZADO</p> <p>Para la configuración del entrelazado se coloca el espaciamento que va a existir entre losas del pavimento rígido.</p>

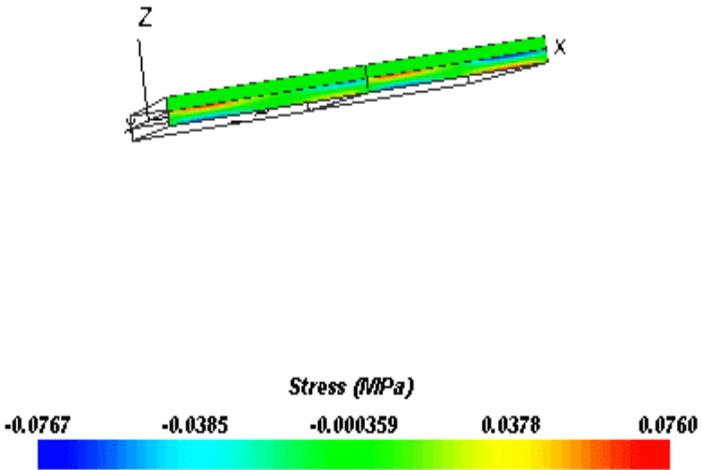
	<p>CONFIGURACION DE LA MALLA DE ANALISIS DEL PAVIMENTO RIGIDO</p> <p>En esta pestaña se analiza las secciones de análisis que va a tener la losa del pavimento rígido tanto en el eje X, Y, Z, donde es verificado a través del aspecto del elemento.</p>
---	--

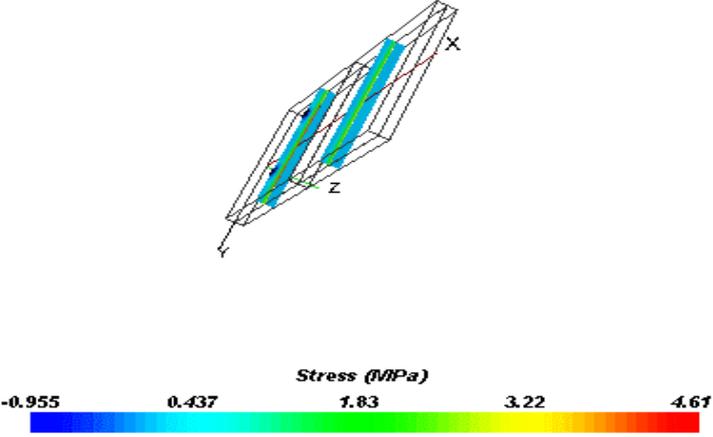
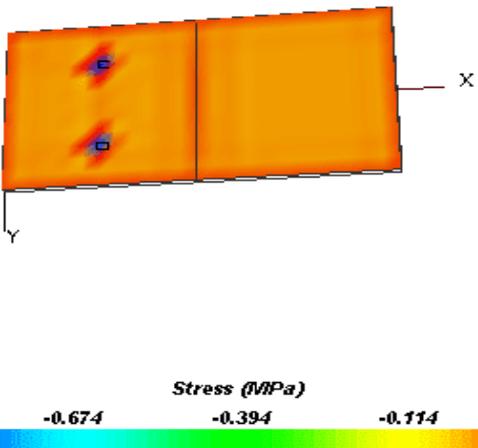
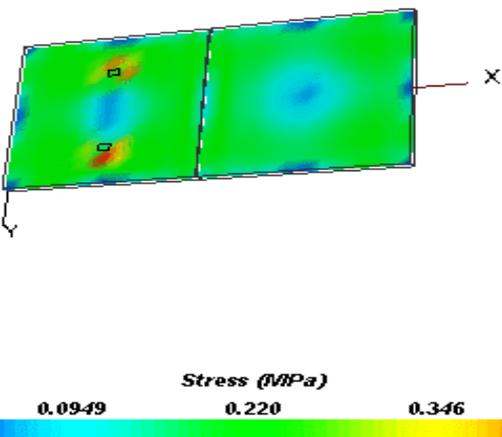
Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

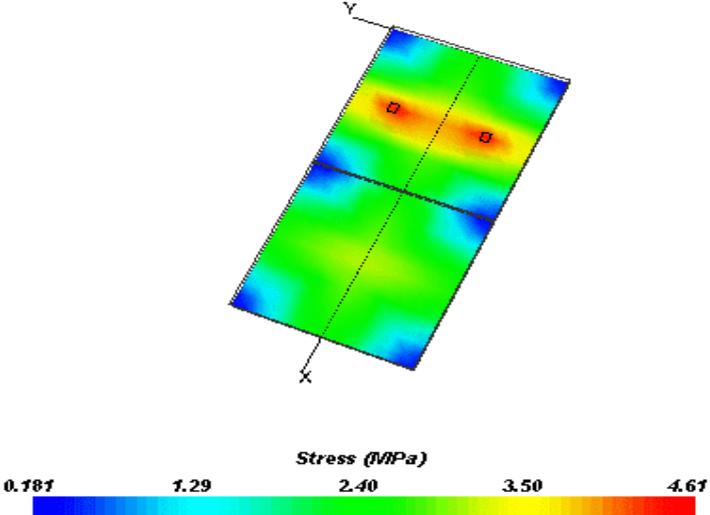
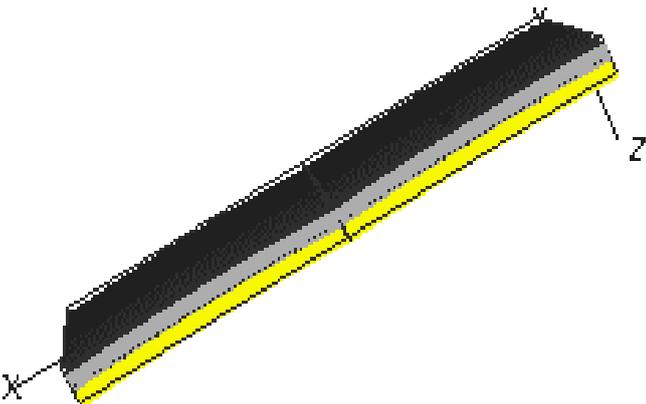
4.3.2. Resultados de modelamiento y análisis de modelo estructural

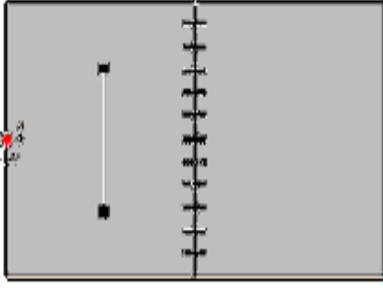
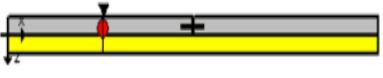
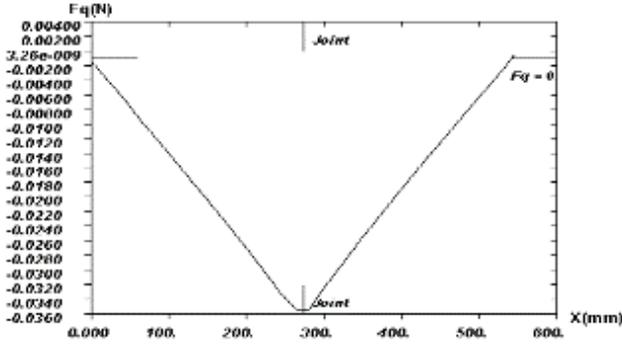
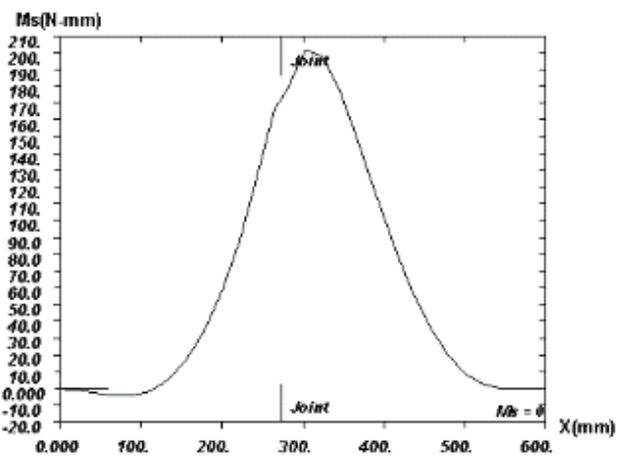
Para el procesamiento de los resultados se ha obtenido mediante la configuración de la sección de análisis y también mediante las propiedades de los materiales a todo esto se realiza un análisis y se determina el modelo estructural del pavimento rígido afectado por la temperatura.

Tabla 28. Resultados obtenidos de modelamiento

	<p>STRESS EN EL EJE X-Z</p> <p>Se observa en un mapa de calor la distribución de cargas y su grado de incidencia en el eje X-Z.</p>
	<p>STRESS EN EL EJE Y-Z</p>

 <p style="text-align: center;">Stress (MPa)</p> <p style="text-align: center;">-0.955 0.437 1.83 3.22 4.67</p>	<p>Se observa en un mapa de calor la distribución de cargas y su grado de incidencia en el eje Y-Z.</p>
 <p style="text-align: center;">Stress (MPa)</p> <p style="text-align: center;">-0.955 -0.674 -0.394 -0.114 0.166</p>	<p>STRESS EN EL EJE X-Y EN LA CARA SUPERIOR DE CONTACTO</p> <p>Se observa en un mapa de calor la distribución de cargas y su grado de incidencia en el eje X-Y.</p>
 <p style="text-align: center;">Stress (MPa)</p> <p style="text-align: center;">-0.0305 0.0949 0.220 0.346 0.471</p>	<p>STRESS EN EL EJE X-Y EN LA ZONA INTERMEDIA DEL PAVIMENTO</p> <p>Se observa en un mapa de calor la distribución de cargas al intermedio de la losa del pavimento rígido y su grado de incidencia en el eje X-Y.</p>
	<p>STRESS EN EL EJE X-Y EN LA ZONA DE CONTACTO CON LA BASE GRANULAR DEL PAVIMENTO</p>

 <p style="text-align: center;">Stress (MPa)</p> <p style="text-align: center;">0.187 1.29 2.40 3.50 4.67</p>	<p>Se observa en un mapa de calor la distribución de cargas a la zona final de la losa del pavimento rígido y su grado de incidencia en el eje X-Y.</p>
	<p style="text-align: center;">DESPLAZAMIENTO TEMPERATURA EN LA LOSA DEL PAVIMENTO RIGIDO MODELADO</p> <p>Como se puede observar existen alabeos por la temperatura en los bordes de la losa.</p>
	<p style="text-align: center;">DESPLAZAMIENTO TEMPERATURA EN LA LOSA DEL PAVIMENTO RIGIDO CON LA BASE GRANULAR MODELADO</p> <p>Se puede observar el desplazamiento de la losa con la base granular y el comportamiento del pavimento rígido analizado.</p>
	<p style="text-align: center;">VALORES DE TENSION PRINCIPAL MAXIMOS Y MINIMOS POR LA LOSA ANALIZADA</p>

		<p>Se observa los valores máximos y mínimos de las tensiones principales en la losa del pavimento rígido.</p>											
	<p>Results for Points:</p> <table border="0"> <tr> <td>Smax = 0.912MPa</td> <td>Smin = -0.099MPa</td> </tr> <tr> <td>Sxx = 0.788MPa</td> <td>Syy = 0.219MPa</td> <td>Szz = 0.030MPa</td> </tr> <tr> <td>Sxy = 0.006MPa</td> <td>Syz = 0.166MPa</td> <td>Sxz = 0.004MPa</td> </tr> <tr> <td>Dxx = -0.110mm</td> <td>Dyy = -0.070mm</td> <td>Dzz = 0.275mm</td> </tr> </table> <p>X (mm) 1800 Y (mm) -1400 Z (mm) 179</p>	Smax = 0.912MPa	Smin = -0.099MPa	Sxx = 0.788MPa	Syy = 0.219MPa	Szz = 0.030MPa	Sxy = 0.006MPa	Syz = 0.166MPa	Sxz = 0.004MPa	Dxx = -0.110mm	Dyy = -0.070mm	Dzz = 0.275mm	<p>RESULTADOS DE PUNTOS ANALIZADOS</p> <p>Se observa los resultados de los puntos analizados en la losa del pavimento rígido.</p>
Smax = 0.912MPa	Smin = -0.099MPa												
Sxx = 0.788MPa	Syy = 0.219MPa	Szz = 0.030MPa											
Sxy = 0.006MPa	Syz = 0.166MPa	Sxz = 0.004MPa											
Dxx = -0.110mm	Dyy = -0.070mm	Dzz = 0.275mm											
<p>Current Project: alabeos</p> 	<p>ANÁLISIS DE LOS DOWELLS AFECTADOS POR LOS ALABEOS</p> <p>Se observa los resultados de los dowells sometidos los esfuerzos sometidos por una carga axial aplicada en la losa del pavimento.</p>												
<p>Current Project: alabeos</p> 	<p>ANÁLISIS DE LOS DOWELLS AFECTADOS POR LOS ALABEOS</p> <p>Se observa los resultados de los dowells en relación a las cargas aplicados y sus momentos generados.</p>												

Fuente: Bach. Romani Muñoz, Ronil

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con los antecedentes encontrados podemos determinar que las hipótesis planteadas son aceptadas puesto a que están presentando una relación entre lo analizado y lo evaluado encontrándose una relación entre lo evaluado en la presente investigación.

5.1. Discusión de resultados con antecedentes Internacionales

Para los resultados obtenidos por (Lucia Rincon, 2018), sostiene que de acuerdo a la caracterización sobre las propiedades térmicas como el coeficiente de expansión térmica y propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad, coeficiente de poisson, la resistencia a la compresión y a la flexocompresión) estos permiten obtener una mejor predicción del comportamiento del concreto en estado endurecido con este punto de vista se concuerda ya que estas propiedades están referidas al diseño de mezcla utilizado y bajo las condiciones en las cuales serán sometidas dichas fuerzas es por ello que en esta investigación se pone como estudios preliminares en el análisis de las propiedades en estado fresco, el investigador sostiene también que los efectos de la temperatura variante afectan directamente a los concretos ya que estos esfuerzos encontrados hacen que se presente una expansión térmica que hace que varía la estructura del pavimento y con este punto de vista se concuerda con el investigador ya que todo concreto tiende a presentar este fenómeno.

En la investigación realizada por (Yela Quijada, 2017), sostiene las losas de pavimentos rígidos son afectadas directamente por los cambios climáticos pero estos fenómenos son más marcados cuando ya presentan un antecedente remarcado cuando se encuentra en estado plástico ya que algunos excesos de algunos insumos pueden afectar las propiedades en estado endurecido es por ello que concluye que los daños afectados por el pavimento rígido son mayores en la parte superior que la parte inferior y están también afectan el borde de las losas este investigador presenta ecuaciones para determinar la variación térmica en dos puntos en la parte superior: $Y = -7E-06x^6 + 0,0006x^5 - 0,0198x^4 + 0,277x^3 - 1,5906x^2 + 2,8577x + 20,108$ y en la parte inferior $Y = 2E-06x^6 - 0,0002x^5 + 0,0036x^4 - 0,0349x^3 + 0,1472x^2 - 0,4681x + 25,015$; caso contrario en mi investigación presento un mapa de calor donde se puede visualizar el calor de las áreas de mayor incidencia de esfuerzos por el efecto de los alabeos por temperatura, siendo estas en los ejes x-y en la cara superior de contacto de $Y = -0.955 + -0.674 + -0.394 + -0.114 + 0.166$ MPa

5.2. Discusión de resultados con antecedentes Nacionales

Para los resultados obtenidos por (Mendoza García, 2017) sostiene que los resultados obtenidos en su investigaciones refiere en que entre la mezcla de concreto sea de mayor resistencia requerida las tensiones son mayores y que para que también exista una correlación entre el comportamiento estructural del pavimento rígido se necesita también el espesor de la losa de concreto y estos serán elementos puntuales para poder determinar las tensiones de la losa del concreto ya que los alabeos de las losas de un pavimento están referidas a su dimensiones y sus longitudes, se concuerda con el investigador ya que estos fenómenos propios del concreto son deducibles a las muestras analizadas o las dimensiones.

En la investigación realizada por (Condorchoa Anculle, 2019) sostiene la temperatura variable de ambiente hace que se presente manifestaciones en las losas de concreto que presente deformaciones es por ello que termina que las temperaturas de colocado de concreto tiene que manejarse con cuidado ya que las altas temperaturas de las mezclas de concreto hacen que estas presenten un

shock térmico que puede afectar la reacción química y por ende el proceso de endurecimiento, se concuerda con el investigador ya que en los analices presentados en mi investigación muestra resultados mencionado anteriormente ya que al colocar el concreto a diferentes temperaturas este logra un comportamiento diferente, sostiene también que la variación climática de nuestro país es muy influyente en el comportamiento de las mezcla de concreto y estos también deberían de ser evaluado en el colocado de concreto.

Por otra parte en la investigación de (Tipo Mamani, 2019), sostiene los esfuerzos encontrados en las losas de concreto evaluados son de -0.293 MPa para el eje X y de 0.759 para el eje Y con una presentaciones de desviaciones de -0.595 en diferencia de comparación de espesor de losas estos resultados encontrados corresponden a los esfuerzos de tracción y los esfuerzos a compresión y los valores obtenidos en las esquinas de las losas de -0.595 mm y 0.197 mm para el espesor de losa analizada de 10 y 12 cm, se concuerda con el investigador ya que en la muestra de concreto analizada se realizó para un pavimento rígido de $e=20$ cm lo cual ha presentado resultados en el eje X= 0.166 y para el eje Y= -0.114 MPa, siendo menores según el modelamiento del pavimento rígido analizado en el programa EverFE 2.24.

CONCLUSIONES

1. El comportamiento estructural del pavimento rígido hidráulico de $e=20\text{cm}$ es afectado por los alabeos por temperatura no cambia mucho según los resultados obtenidos en tramo experimental y en el modelamiento estructural según lo modelado por el software EverFE 2.24 ya que los resultados obtenidos en estado fresco y estado endurecido del concreto este presento un comportamiento estructural que pudo ser reflejado en el mapa de calor en el modelamiento mostrado.
2. La sensibilidad de las variables del pavimento rígido es afectada ya que a través del modelamiento estructural da como referencia que los alabeos por temperatura que se presentó en el pavimento rígido afecto la estructura de la base granular ya que según lo analizado por el tramo de prueba y el programa donde el cambio térmico y los fenómenos son presentados en la parte superior de mayor incidencia de esfuerzos por el efecto de los alabeos por temperatura, siendo estas en los ejes x-y en la cara superior de contacto de $Y=-0.955 + -0.674 + -0.394 + -0.114 + 0.166$ MPa del pavimento rígido afectando principalmente a esta área expuesta.
3. La temperatura del medio ambiente interviene directamente en el tiempo de fraguado ya que al presentarse una mayor temperatura este aumentaría el proceso de fraguado y este conlleva a que en el proceso de endurecimiento se acelera generando así que presenta mayores alabeos en el tramo analizado con 1000 watts, en comparación que el tramo analizado con .150 watts, concluyendo así que la temperatura del ambiente es un indicador directo para la significancia de los alabeos en las losas del pavimentos.
4. El modelamiento estructural del pavimento sirve para poder identificar zonas donde se presentará un mayor grado de concentración de energía ya que los alabeos son presentados en los bordes de las losas, la muestra de concreto analizada se realizó para un pavimento rígido de $e=20\text{ cm}$ lo cual ha presentado resultados en el eje $X=0.166$ y para el eje $Y=-0.114$ MPa, siendo menores según el modelamiento del pavimento rígido analizado en el programa EverFE 2.24.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar análisis sobre la temperatura de las mezclas de concreto ya que estos pueden afectar notoriamente la forma geométrica del pavimento y la aparición de alabeos en los bordes de la losa.
2. Se recomienda realizar pavimentos rígidos según lo especificado en el diseño, ya que la sobredosificación de cemento puede generar que las tensiones en el pavimento sean mucho mayores.
3. Se recomienda tener en consideración la temperatura ambiente para poder mitigar deformaciones en los bordes de las losas lo cual ha presentado resultados en el eje $X=0.166$ y para el eje $Y=-0.114$ MPa, siendo menores según el modelamiento estructural del pavimento rígido.
4. Se recomienda colocar el concreto en temperaturas optimas durante el día ya que a mayor temperatura este puede ocasionar un cambio térmico en la mezcla de concreto y este puede generar muchos fenómenos dentro del pavimento rígido.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Aliaga Quispe, J. (2017). *Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja*. Tesis de Pregrado, Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Huancayo.
2. Condorchoa Anculle, C. G. (2019). *Factor clima y su relación con el deterioro de pavimentos rígidos en Ica año 2019*. Tesis de post grado, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
3. Ezequiel, A. (1984). *Técnicas de investigación social*. Argentina: Magisterio del Río de la Plata.
4. Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F: McGraW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
5. Lucia Rincon, S. (2018). *Efectos de la retracción por secado y cargas térmicas en el comportamiento deformacional de losas de un concreto de ultra alto desempeño (UHPC) empleadas como pavimento rígido*. Tesis de post grado, Pontificia universidad Javeriana, Maestría en Ingeniería civil, Bogota.
6. Mendoza García, H. (2017). *Evaluación del diseño de losas cortas(TCP) en pavimentos según tensiones*. Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Escuela de formación profesional de Ingeniería Civil, Ayacucho.
7. Menendez Acurio, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos (Diseño de Pavimentos)* (Vol. 3). Instituto de la Construcción y Gerencia - ICG.
8. Minaya González, S., & Ordóñez Huamán, A. (2006). *Diseño moderno de pavimentos*. Lima - Perú.
9. Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2015). *PAVIMENTOS: Materiales, construcción y diseño*. Bogotá - Colombia: Macro.
10. Tipo Mamani, H. M. (2019). *Influencia del gradiente térmico y el espesor de la losa en el comportamiento estructural de losas cortas de concreto en la ciudad de Juliaca*. Tesis de Pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Juliaca.
11. Yela Quijada, J. R. (2017). *Determinación del gradiente térmico en losas de pavimentos de concreto hidráulico*. Tesis de Pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ingeniería Civil, Guatemala.

ANEXOS

Anexo N°01: Matriz de consistencia

MODELO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO RÍGIDO HIDRÁULICO CON INFLUENCIA DE LOS ALABEOS POR TEMPERATURA, HUANCAYO.

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables y dimensiones	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo es el comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar cómo es el comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico con influencia de los alabeos por temperatura, Huancayo.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>El comportamiento del modelo estructural de un pavimento rígido hidráulico se tiene una gran influencia significativa de los alabeos por temperatura, Huancayo.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Alabeos por temperatura</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durabilidad - Deformación 	<p>Método de investigación: Cuantitativo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicado.</p> <p>Nivel de investigación: Experimental.</p> <p>Diseño de investigación: Casual correlacional.</p> <p>Cuando: Noviembre-2019 a Julio-2021.</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cómo es el análisis de sensibilidad de las variables que inciden en la determinación de los esfuerzos por alabeo del pavimento rígido hidráulico, Huancayo? - ¿Cómo influye la temperatura ambiente en el comportamiento del pavimento rígido hidráulico con incidencia de los alabeos, Huancayo? - ¿De qué manera el modelamiento estructural influye en el monitoreo de la temperatura de la losa del pavimento rígido hidráulico en diferentes espesores, Huancayo? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar la sensibilidad de las variables que inciden en la determinación de los esfuerzos por alabeo del pavimento rígido hidráulico, Huancayo. - Determinar la influencia de la temperatura ambiente en el comportamiento del pavimento rígido hidráulico con incidencia de los alabeos, Huancayo. - Evaluar de qué manera el modelamiento estructural influye en el monitoreo de la temperatura de la losa del pavimento rígido 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - La sensibilidad de las variables influye parcialmente en la determinación de los refuerzos por alabeo del pavimento rígido hidráulico, Huancayo. - La influencia de la temperatura en el comportamiento del pavimento rígido hidráulico tiene una gran incidencia en los alabeos, Huancayo. - Al evaluar el modelamiento estructural influye de gran manera en el monitoreo de la temperatura de la losa del pavimento rígido hidráulico en diferentes espesores, Huancayo. 	<p>Variable dependiente:</p> <p>Modelo estructural</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diferencia de temperatura. - Carga aplicada - Espesor de la losa de concreto. - Módulo de reacción del conjunto. - Relación de Poisson. - Longitud de la losa. - Ancho de la losa. 	<p>Población y muestra:</p> <p>Población. El pavimento rígido de la Avenida Huancavelica de la ciudad de Huancayo.</p> <p>Muestra: La muestra es de tipo no probabilístico dirigido, en este caso es desde el Jr. Angaraes (0+000 km) hasta la Av. Ferrocarril (0+400 km) en ambos sentidos de la vía y a los especímenes elaborados en laboratorio, cuyo detalle es el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Granulometría del agregado <ul style="list-style-type: none"> NTP 400.012 - Tiempo de fraguado <ul style="list-style-type: none"> ASTM C 266-99 - Contenido de aire <ul style="list-style-type: none"> ASTM C 231 - Resistencia a la compresión <ul style="list-style-type: none"> ASTM C39

	hidráulico en diferentes espesores, Huancayo.			<ul style="list-style-type: none">- Resistencia a la flexión ASTM C31- Prueba de Alabeo Cartas de Influencia- Viga Beckelman ASTM D1883-07- Esclerometría ASTM C 805.03- Temperatura ACI-306R- Carga Vehicular NTP:111.018.2004 <p>Técnicas e instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none">- Recolección de datos <p>Técnicas de procesamiento de datos:</p> <ul style="list-style-type: none">-Análisis estadístico de resultados obtenidos en el laboratorio.-Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.
--	---	--	--	---

Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA				
						1	2	3	4	5
1: Variable Independiente Alabeos por temperatura	Los alabeos son distorsiones presentadas en las losas que toman una forma curvatura desde la parte superior hasta la parte inferior realizando un encorvamiento de los bordes, esta distorsión se eleva en los bordes dejando sin apoyo en los bordes de la losa.	Los alabeos producidos por la temperatura presentan un fenómeno de contracción y retracción en las losas de concreto ya que al gran cambio térmico éstas producen unas deformaciones en los bordes de la losa.	Resistencia a la Compresión	Probetas cilíndricas	NTP 300.034	X				
			Módulo de Elasticidad	Probetas cilíndricas	NTP 300.034	X				
			Deformaciones	Tramo de prueba	Regla milimétrica	X				
2: Variable Dependiente Modelo estructural	El modelo estructural de un pavimento es una representación esquemática simplificada que se elabora con el fin de poder analizar el comportamiento de una estructura.	El modelo estructural del pavimento nos permitirá poder tener una interpretación grafica del efecto de la temperatura y su efecto en la losa del pavimento rígido ya que este genera deformación por las dilataciones del pavimento.	Forma de la losa	Perfil de la losa	Textura final	X				
			Sección	Forma geométrica	Cóncava	X				
			Asimilación de carga	Deformaciones laterales	Desnivel lateral	X				

Anexo N°03: Panel fotográfico

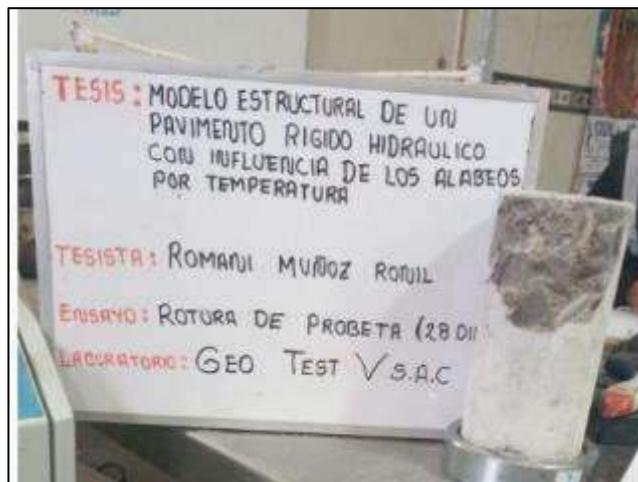
1) ROTURA DE PROBETAS - NTP 339.034



FOTOGRAFIA N°10

PRUEBA	PARAMETROS	RESULTADOS	AJUSTES	CALIBRACION	ADMIN
Unid 1			Unid 2		
Unid 3			USUARIO		
CONTADOR DE USUARIO	655		Nº DE PRUEBA	342	
FECHA DE INICIO DE PRUEBA	05/05/2021		Nº DE PRUEBA ACTUAL	342	
TIEMPO DE INICIO DE PRUEBA	10:09:45		TIPO DE PRUEBA	COMPRESION	
HORA DE TERMINAR LA PRUEBA	10:07:57		ESPECIMEN	CILINDRO	
TOTAL DE ESFUERZO (MPa)	28.039		DIMENSIONES (mm)	101.55x208.2	
SECC DE CARGA (mm)	810.558		AREA (mm ²)	2099.342	
Resultado	342				

FOTOGRAFIA N°11



FOTOGRAFIA N°12

Fotografía 10, 11 y 12: Rotura de probeta por compresión a los 28 días, tipo de falla, carga y esfuerzo. NTP 339.034

2) ROTURA DE PROBETAS - NTP 339.034



FOTOGRAFIA N° 13

PRUEBA	PARAMETROS	RESULTADOS	AJUSTES	CALIBRACION	ADMIN
Linea 1		102.75	Linea 2		
Linea 3			USUARIO		
CONTADOR DE USUARIO	679		NO. DE PRUEBA		966
FECHA DE INICIO DE PRUEBA	06.05.2025		NO. DE PRUEBA ACTUAL		966
TIEMPO DE INICIO DE PRUEBA	16:05:14		TIPO DE PRUEBA		COMPRESION
HORA DE TERMINAR LA PRUEBA	16:17:13		ESPECIMEN		CILINDRO
PICO DE ESFUERZO (MPa)	23.761		DIMENSIONES (mm)		102.8x204.8
PICO DE CARGA (kN)	396.386		AREA (mm ²)		8267.698
Resultado:	966		IMPRIMIR		

FOTOGRAFIA N° 14



FOTOGRAFIA N° 15

Fotografía 13, 14 y 15: Rotura de probeta por compresión, donde se puede observar el tipo de falla, carga y esfuerzo. NTP 339.034.

Anexo N°04: Certificados de los ensayos

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

2021

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz



**“MODELO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO
RÍGIDO HIDRÁULICO CON INFLUENCIA DE
LOS ALABEOS POR TEMPERATURA,
HUANCAYO”**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRÁULICA

 LTEST S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref: a una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



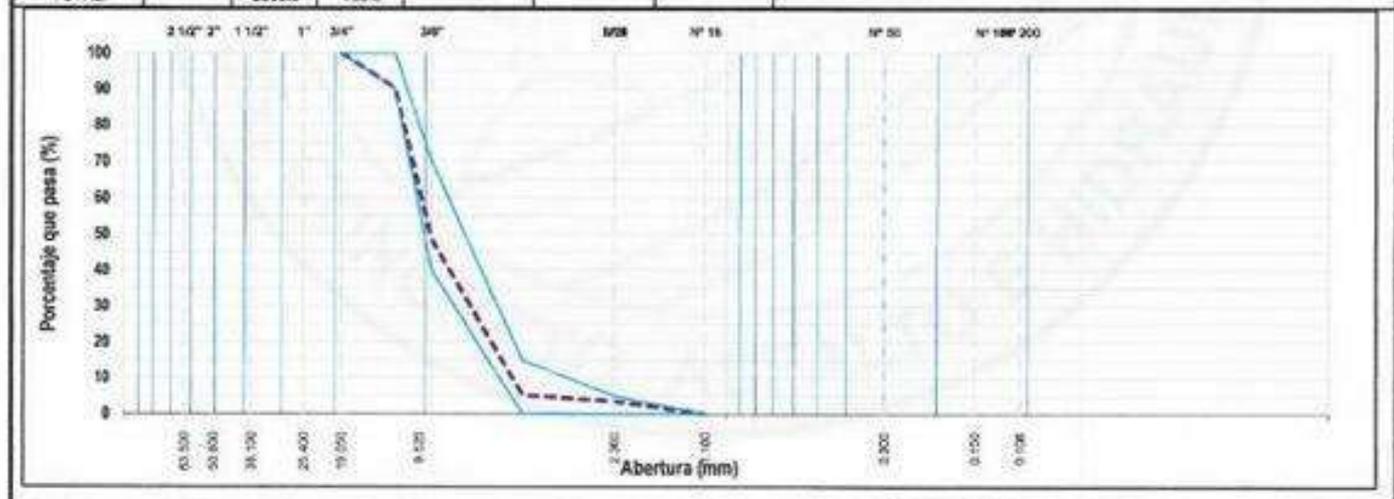
DIRECCIÓN : Proj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - AGREGADO GRUESO PARA CONCRETO - ASTM C136/C33

Proyecto: Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alibicos por Temperatura, Huancayo"
Solicita: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz
Ubicación: Huancayo-Junin
Cantera: Cantera Sicaya
Material: Grava 1/2" para Concreto
Fecha: Enero 2021 Técnico: J.H.R.

GRANULOMETRIA							Peso de la muestra		
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasante acumulado (%)	Huso 7	% PASANTE MALLA N° 200 (ASTM C117)		
							Peso de la muestra seca (g)	2000.0	$\frac{(P_{200, \text{seca}} - P_{200, \text{lavada}})}{P_{200, \text{seca}}} \cdot 100$
							Peso de la muestra lavada (g)	1997.0	
							Peso de pérdida (g)	3.0	
							% de la malla 200	0.2	
							CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM C566)		
							Peso Humedo (g)	86.9	$\frac{(P_{200, \text{hmedo}} - P_{200, \text{seco}})}{P_{200, \text{hmedo}}} \cdot 100$
							Peso Seco (g)	86.7	
							% Humedad	0.22	
							RESUMÉN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL		
							Módulo de Finura (g/cm)	6.43	
							Tamaño máximo nominal	1/2	
							Peso específico (g/cm ³)	2.66	
							Peso unitario suelto (g/cm ³)	1.43	
							Peso unitario compactado (g/cm ³)	1.73	
							Abrasión (%)	19.66%	
							OBSERVACIONES		
							% ABSORCIÓN	1.52 %	
TOTAL:		2000.0	100.0						



GEO TEST V.S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
Max Jerry Veliz Sulcaray
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
C.P. N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Pcsj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C127 - ASTM C 029)

Proyecto:	Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"	
Solicita:	Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz	
Ubicación:	Huancayo-Junin	
Cantera:	Cantera Sicaya	
Material:	Grava 1/2" para Concreto	
Fecha:	Enero 2021	Técnico: J.H.R

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra SSS	B		2008.0		g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C		1253.0		g
Peso de la muestra seca	A		1978.0		g
Densidad del agua $1g/cm^3$					
1. Peso específico real de la masa (g/cm^3)	$S_d = A/(B-C) =$	_____	_____	2.620	_____
2. Peso específico real de masa saturada superficialmente Seca (SSS) (g/cm^3)	$S_s = B/(B-C) =$	_____	_____	2.660	_____
3. Peso específico aparente (g/cm^3)	$S_a = A/(A-C) =$	_____	_____	2.728	_____
4. Porcentaje de absorción (%)	$A=100 \times (B-A)/A =$			1.517	

PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - ASTM C029

Peso Unitario Suelto					
Descripción	SÍMBOLO	Dato	Dato	Dato	Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente		6748.00	6608.00		kg
Peso del recipiente		4662.00	4662.00		kg
Peso de la muestra suelta	W_s	2086.00	1946.00		kg
Factor de volumen del recipiente	f	1410	1411		m^3
PESO UNITARIO SUELTO = W_s/f	PUS	1.479	1.379		
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	PUS		1.429		kg/m^3

Peso Unitario Compactado					
Descripción	SÍMBOLO	Dato	Dato	Dato	Unidad
Peso de la muestra compactada + recipiente		7064.00	7141.00		kg
Peso del recipiente		4662.00	4662.00		kg
Peso de la muestra compactada	W_s	2402.00	2479.00		kg
Factor de volumen del recipiente	f	1410	1411		m^3
PESO UNITARIO COMPACTADO = W_s/f	PUC	1.704	1.757		
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO	PUC		1.730		kg/m^3



GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES
 (NORMA ASTM C131)**

Proyecto:	Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"						
Solicita:	Bach. Ing. Roni Romari Muñoz						
Ubicación:	Huancayo-Junin						
Cantera:	Cantera Sicaya						
Materia:	Grava 1/2" para Concreto						
Fecha:	Enero 2021					Técnico:	JHR
(RANGO - TAMIZ)		GRADACIONES					
Pasante	Retenido	"A" (g)	"B" (g)	"C" (g)	"D" (g)	"E" (g)	"F" (g)
1 1/2"	1"	1250±25					
1"	3/4"	1250±25					
3/4"	1/2"	1250±10	2500±10	-			
1/2"	3/8"	1250±10	2500±10	-			
3/8"	1/4"			2500±10	-		
1/4"	#4			2500±10	-		
#4	#8					5000±10	-
PESO TOTAL		5000±10	5000±10	-	5000±10	-	5000±10
Peso Inicial (Pi)			5000.0				
Retenido en la malla N° 12 (Pf)			4222.0				
N° de esferas			11				
% desgaste			15.56%				
N° de rotación				500			

OBSERVACIONES: _____

Donde:
 Pi = Peso total
 Pf = Peso retenido en malla N°12

$$\% \text{Desgaste} = \left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100$$

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
 NORMA TÉCNICA: D4791

Proyecto: Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"
 Solicita: Bach. Ing. Ronil Romari Muñoz
 Ubicación: Huancayo-Junin
 Cantera: Cantera Sicaya
 Material: Grava 1/2" para Concreto
 Fecha: Enero 2021 Técnico: J.H.R.

MATERIAL		MAT		CHATAS		ALARGADAS		NI CHATA, NI ALARGADA		
TAMIZ	ABERTURA	PESO TOT.	%	PESO	(%)	PESO	(%)	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)									
1"	25400	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	
3/4"	19050	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	
1/2"	12700	2000.0	100.00	130.50	100.0	95.24	100.0	1774.26	100.00	
3/8"	9500	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	
1/4"	6350	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	
Nº4	4750	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.00	
TOTAL		2000	100.00	130.50	6.53	95.24	4.78	1774.26	88.71	

PESO TOTAL DE LA MUESTRA	(g)	2000
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	(%)	11.29

OBSERVACIONES:

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

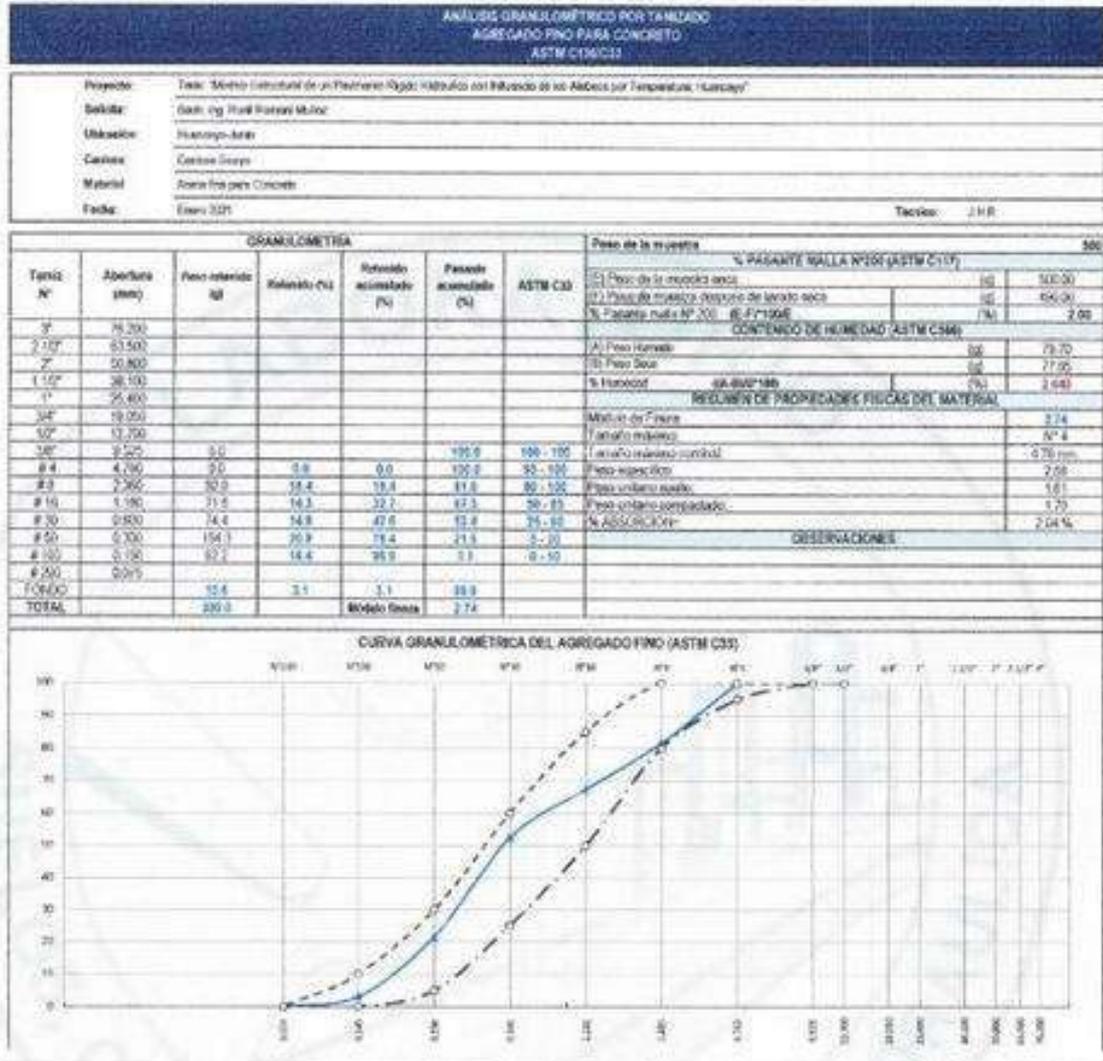
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.



GEO TEST V.S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C128-04a)			
PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ASTM C629)			
Proyecto:	Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Abioses por Temperatura, Humedad"		
Solicitante:	DASH Ing. Ronald Romani Muñoz		
Ubicación:	Huancayo-Junín		
Cantón:	Cantón Sicaya		
Material:	Arena fina para Concreto		
Título:	Ensayo 2021		Técnico: JHL
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (ASTM C128-04a)			
Descripción	Símbolo	Densidad	Unidad
Peso de la tara		542.00	g
Peso de la arena SSD		500.00	g
Peso de la arena superficialmente seca + peso de la tara		642.00	g
Peso de la arena superficialmente seca + peso de la tara + peso del agua		545.01	g
Peso del agua	W	305.00	g
Peso de la arena seca	A	401.00	g
Volumen de la tara	V	500.00	cm ³
1. Peso Específico real de la Mica (g/cm ³)	$G_s = A/(V-W)$		2.59
2. Peso Específico real de Mica Saturada Superficialmente Seca (SSD) (g/cm ³)	$S_s = 500P/W$		2.58
3. Peso Específico Aparente (g/cm ³)	$S_a = A/(V-W-0.01A)$		2.66
4. Porcentaje de Absorción (%)	$A = 100 \times (W/A)$		2.64

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ASTM C629)				
PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Símbolo	m-1	m-2	Unidad
Peso de la muestra seca + recipiente		4760.000	4670.000	kg
Peso del recipiente		4662.000	4622.000	kg
Peso de la muestra suelta	W _s	2204.000	2240.000	kg
Volumen del recipiente	V	1410.000	1410.000	m ³
Peso Unitario Suelto	PUC	1.564	1.589	kg/m ³
Peso Unitario Suelto	PUC		1.61	kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO				
Descripción	Símbolo	m-1	m-2	Unidad
Peso de la muestra seca + recipiente		7064.000	7065.000	kg
Peso del recipiente		4662.000	4622.000	kg
Peso de la muestra suelta	W _s	2402.000	2400.000	kg
Volumen del recipiente	V	1410.000	1410.000	m ³
Peso Unitario		1.723	1.704	kg/m ³
Peso Unitario Suelto	PUC		1.70	kg/m ³



GEO TEST V S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Pazo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (ASTM C127 - ASTM C 029)

Proyecto:	Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"		
Solicita:	Bach. Ing. Ronil Romari Muñoz		
Ubicación:	Huancayo-Junin		
Cantera:	Cantera Sicaya		
Material:	Grava 1/2" para Concreto		
Fecha:	Enero 2021	Técnico:	J.H.R.

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	CANTIDAD	CANTIDAD	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de la muestra SSS	B		2086.0		g
Peso de la muestra saturada dentro del agua	C		1253.0		g
Peso de la muestra seca	A		1978.0		g
Densidad del agua	1g/cm ³				
1. Peso específico real de la masa (g/cm ³)	$S_d = A/(B-C) =$	_____	_____	2.620	_____
2. Peso específico real de masa saturada superficialmente Seca (SSS) (g/cm ³)	$S_s = B/(B-C) =$	_____	_____	2.660	_____
3. Peso específico aparente (g/cm ³)	$S_a = A/(A-C) =$	_____	_____	2.728	_____
4. Porcentaje de absorción (%)	$A=100 \times (B-A)/A =$			1.517	

PESO UNITARIO SUELTO Y PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO - ASTM C029

Peso Unitario Suelto					
Descripción	SÍMBOLO	Dato	Dato	Dato	Unidad
Peso de la muestra suelta + recipiente		6748.00	6608.00		kg
Peso del recipiente		4662.00	4662.00		kg
Peso de la muestra suelta	W _s	2086.00	1946.00		kg
Factor de volumen del recipiente	f	1410	1411		m ³
PESO UNITARIO SUELTO = W_s/f	PUS	1.479	1.379		
PESO UNITARIO SUELTO PROMEDIO	PUS		1.429		kg/m ³

Peso Unitario Compactado					
Descripción	SÍMBOLO	Dato	Dato	Dato	Unidad
Peso de la muestra compactada + recipiente		7064.00	7141.00		kg
Peso del recipiente		4662.00	4662.00		kg
Peso de la muestra compactada	W _c	2402.00	2479.00		kg
Factor de volumen del recipiente	f	1410	1411		m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO = W_c/f	PUC	1.704	1.757		
PESO UNITARIO COMPACTADO PROMEDIO	PUC		1.730		kg/m ³



GEO TEST V. S.A.C.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Max Jerry Veliz Sulcaray
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DETERMINACIÓN DE TERRONES DE ARCILLAS Y PARTICULAS FRIABLES ASTM C 142 (ASTM C33)

Proyecto: Tesis: Modelo Estructural de un Pavimento Rigido Hidrálico con influencia de los Abacos por Temperatura, Huanayo/
Solicitante: Bach. Ing. Ronald Román Muñoz
Ubicación: Huanayo-Jirón
Centro: Centro Siroya
Materia: Arena fina para Concreto
Fecha: Enero 2011 **Técnico:** JHR

GRADACIÓN									
Tamices		Malla para el	Masa a	M	R	P	%	% Pérdida	
Retenido	Pasantes	tamizado húmedo	Ensayar	(g)	(g)	(%)	Retenido	Corregida	
1 1/2	>1 1/2	N° 4							
3/4	1 1/2	N° 4							
3/8	3/4	N° 4							
N° 4	3/8	N° 8	1000	811.0	819.3	0.87	100	0.87	
N° 8	N° 4	N° 20	100	-	-	-	-	-	
N° 16	N° 8	N° 20	100	-	-	-	-	-	
Promedio ponderado				0.87					
Límite especificado				< 2.0%					

$$P = \left[\frac{(M - R)}{M} \right] * 100$$

Dónde:

P: Porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla

M: Masa de la muestra de ensayo retenidas en el tamiz N° 35

R: Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado

OBSERVACIONES:

El material ha sido seleccionado y transportado al laboratorio a responsabilidad del solicitante.



GEO TEST V. S.A.C.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

(Signature)
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr.GRAU N°211-CHILCA

(Ref.a una cuadra frente al parque Puzo

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

MÉTODO MODULO DE FINEZA



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE BUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN	POB. GRAN N° 217 DIFIDA	E-MAIL	LABORATORIO@GEOTESTV.COM
	1807 A LIMA SUKAMA CHAKA AL MARQUEZ PUJO AV. FARMACIA EL SOL DEL AV. LEONARDO PRADO	FACEBOOK	LABORATORIO@GEOTESTV.COM
CELULAR	995225151 995225151 995225151	WHATSAPP	995225151

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA**

Proyecto	TESO: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con influencia de los Alibicos por Temperatura, Huancayo"		
Proyectista	Dato, Ing. David Roman Rubio		
Ubicación	Paseo - Peru	Clase de material	Grava para Concreto
Estructura	Pavimento Rígido Hidráulico	Norma	01 DE 03
Centro	Carrera Suiza	Ensayado por	A.Y.G.
Fecha de recepción	Enero 2021	Fecha de emisión	Abril 2021

**DISEÑO DE MEZCLA
MÉTODO MÓDULO DE FINESA**

Hoja 1 DE 02

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES					
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		ADITIVOS	
Tamaño máximo nominal (Pulg.)	—	Tamaño máximo nominal (Pulg.)	3/4"	Aditivo N°01	
Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1703.80	Peso Unitario Compactado (kg/m ³)	1730.85	Tipo	—
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1617.25	Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1429.79	Marca	—
Peso específico (g/cm ³)	2.55	Peso específico	2.420	Densidad	— kg/li
Absorción (%)	2.04	Absorción (%)	1.52	Dosis	— ml/kg
Contenido de Humedad (%)	2.64	Contenido de Humedad (%)	0.23	Reducción de Agua	— %
Modulo de Finera	2.74	Modulo de Finera	7.01	Aditivo N°02	
CEMENTO		AGUA		Tipo	
Tipo de Cemento Portland	Tipo 1	Tipo de agua	Potable	Marca	—
Peso específico (gr/cm ³)	3.15	Peso específico (gr/cm ³)	1.00	Densidad	— kg/li
Marca de cemento proporcionado	Andino			Dosis	— ml/kg
				Reducción de Agua	— %

2. DISEÑO REQUERIDO				
CUENTA CON DESVIACION ESTÁNDAR		()	NO CUENTA CON DESVIACION ESTÁNDAR	(X)
Resistencia a la compresión (F _c)	—	kg/cm ²	Resistencia a la compresión (F _c)	210 kg/cm ²
Desviación estándar (s)	—		Factor de Seguridad (s) (Por tabla 7.4.3)	84
Resistencia promedio (F _{cr})	—	kg/cm ²	Resistencia promedio (F _{cr})	294 kg/cm ²
Consistencia	—		Consistencia	Plástica

3. CÁLCULO DE VOLUMEN DE PASTA		
TMN	3/4"	
Airetamiento	3' - 4'	
Volumen unitario de Agua (Por Tabla 10.2.1)	105	
Contenido de aire total (Por Tabla 11.2.1)	2.5%	
Relación Agua / Cemento (Por Tabla 12.2.2)	0.66	
Factor cemento (kg)	366.07	
Bolsas de Cemento	8.61	bolsas
Volumen de Pasta (m ³)	0.346	
Volumen de Agregados (m ³)	0.454	

4. CÁLCULO DE MÓDULO DE FINESA POR COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
M.F. por combinación de agregados (Por Tabla 16.1.10)	5.16	
Factor cemento en sacos	8.61	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	

5. CÁLCULO DE PORCENTAJE DE AGREGADO FINO		
$\frac{mf}{m + mf} \times 100$	5.16	
$\frac{mf}{m + mf} \times 100$	7.01	
$\frac{mf}{m + mf} \times 100$	2.74	
$\frac{mf}{m + mf} \times 100$	43.33	
Porcentaje de Agregado Fino	=	43.33 %
Porcentaje de Agregado Grueso	=	56.67 %

6. VOLUMEN DE AGREGADOS EN LA MEZCLA		
Volumen absoluto del agregado fino	0.283	m ³
Volumen absoluto del agregado grueso	0.371	m ³

7. PESO DE AGREGADOS EN LA MEZCLA		
Peso absoluto del agregado fino	715.50	Kg
Peso absoluto del agregado grueso	970.68	Kg

8. DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO (POR M ³)		
Cemento	366.071	Kg/m ³
Agua de diseño	205.000	L/m ³
Agregado Fino	715.502	Kg/m ³
Agregado Grueso	970.678	Kg/m ³

9. CORRECCION POR HUMEDAD DEL AGREGADO		
Peso Humedo		
Agregado Fino	734.39	kg/m ³
Agregado Grueso	972.91	kg/m ³
Humedad Superficial		
Agregado Fino	0.60	%
Agregado Grueso	-1.29	%

10. DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO HUMEDO (POR M ³)		
Cemento	366.07	Kg/m ³
Agua de diseño	213.20	L/m ³
Agregado Fino	734.39	Kg/m ³
Agregado Grueso	972.51	Kg/m ³
TOTAL	2286.50	Kg/m³

Aporte de agua por humedad de Agregados		
Agregado Fino	4.20	L/m ³
Agregado Grueso	-12.49	L/m ³
Aporte de humedad del agregado =	-8.20	L/m ³
Agua efectiva	213.20	L/m ³

OBSERVACIONES

- * Los datos proporcionados por el solicitante son los reflejados en la parte superior de este informe
- * El presente documento no debe reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad
- * Los resultados realizados fueron sobre los materiales proporcionados por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto
- * La data del edicto con referencias en base a su lista de servicios

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCION	: P.O. BOX N° 01 - HUANCAYO	E-MAIL	: LABORATORIO@GEOTESTV.COM
	: P.O. BOX N° 01 - HUANCAYO		: LABORATORIO@GEOTESTV.COM
	: P.O. BOX N° 01 - HUANCAYO	FABRICATION	: GEO TEST V. S.A.C.
TELÉFONO	: 920251511 - 920251511 - 920250000	BUC	: 080650000

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA**

Proyecto	: TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabos por Temperatura, Huancayo"		
Patrocinador	: BACH. Ing. ROEL ROSARI MUÑOZ		
Ubicación	: Huancayo - Perú	Clase de material	: Grava para Concreto
Estructura	: Pavimento Rígido Hidráulico	Norma	: 21 06 01
Cartera	: Cartera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G.
Fecha de recepción	: Enero 2021	Fecha de emisión	: Abril 2021

Hoja : 02 DE 02

11. RELACION EN PESO				12. RELACION EN VOLUMEN			
MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD				MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD			
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
356	715	971	205	861	15	24	205
356	365	366	366	861	861	861	861
1.00	: 1.95	: 2.65	: 0.56	1.00	: 1.77	: 2.78	: 23.80 Lt/bolsa
MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD				MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD			
CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA	CEMENTO	A.F	A.G	AGUA
366	734	973	213	861	15	24	213.20
366	365	366	366	861	861	861	86
1.00	: 2.01	: 2.66	: 0.58	1.00	: 1.82	: 2.78	: 24.75 Lt/bolsa
RESULTADOS SIN ADITIVOS				RESULTADOS CON ADITIVOS			

13. PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

CEMENTO	42.5	Kg/bolsa
AGUA	24.75	Lt/bolsa
AGREGADO FINO HUMEDO	85.26	Kg/bolsa
AGREGADO GRUESO HUMEDO	112.95	Kg/bolsa

14. PESOS POR TANDA POR METRO CÚBICO

CEMENTO	366.97	Kg/m ³
AGUA	213.20	Lt/m ³
AGREGADO FINO HUMEDO	714.39	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	972.91	Kg/m ³

PESO UNITARIO DEL CONCRETO (kg/m ³) =	2286.58	Kg/m ³
RELACION A/C REAL EFECTIVA =	0.58	

15. VOLUMEN POR TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

CEMENTO	1.00	pie ³ /bol
AGUA	24.75	Lt/bolsa
AGREGADO FINO HUMEDO	1.82	pie ³ /bol
AGREGADO GRUESO HUMEDO	2.78	pie ³ /bol

16. VOLUMEN POR TANDA POR METRO CÚBICO

CEMENTO	861	pie ³ /m ³
AGUA	213.20	Lt/m ³
AGREGADO FINO HUMEDO	15.68	pie ³ /m ³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	23.97	pie ³ /m ³

13. PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

CEMENTO	---	Kg/bolsa
AGUA	---	Lt/bolsa
AGREGADO FINO HUMEDO	---	Kg/bolsa
AGREGADO GRUESO HUMEDO	---	Kg/bolsa
ADITIVO N°01	---	Lt/bolsa
ADITIVO N°02	---	Lt/bolsa

14. PESOS POR TANDA POR METRO CÚBICO

CEMENTO	---	Kg/m ³
AGUA	---	Lt/m ³
AGREGADO FINO HUMEDO	---	Kg/m ³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	---	Kg/m ³
ADITIVO N°01	---	Lt/m ³
ADITIVO N°02	---	Lt/m ³

P.U.C. (kg/m ³) =	---
RELACION A/C REAL EFECTIVA =	---

13. PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

CEMENTO	---	pie ³ /bol
AGUA	---	Lt/bolsa
AGREGADO FINO HUMEDO	---	pie ³ /bol
AGREGADO GRUESO HUMEDO	---	pie ³ /bol
ADITIVO N°01	---	Lt/bolsa
ADITIVO N°02	---	Lt/bolsa

16. VOLUMEN POR TANDA POR METRO CÚBICO

CEMENTO	---	pie ³ /m ³
AGUA	---	Lt/m ³
AGREGADO FINO HUMEDO	---	pie ³ /m ³
AGREGADO GRUESO HUMEDO	---	pie ³ /m ³
ADITIVO N°01	---	Lt/bolsa
ADITIVO N°02	---	Lt/bolsa

OBSERVACIONES

- * Los datos proporcionados por el solicitante son los referidos en la parte superior de este informe
- * El presente documento no deberá reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad
- * Los resultados reflejados tienen validez sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto

ING. MAX JERRY VELIZ SUIRCARAY
 COP. N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : Jr. GRAU N°211-CHILCA

(Ref. a una cuadra frente al parque Pizo)

Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



MEDICIÓN DE SUS PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : PSAJ. GRAU N° 211 - OÑILDA E-MAIL : LABSGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL GEOESTV@GMAIL.COM
 CRUCE CON AV. LEONIDO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972031911-991375093 MUC : 20600529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"
 Peticionario : Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz
 Ubicación : Huancayo - Junín Norma : NTP 339.083/ASTM C231
 Tramo : ----- Hoja : 01 de 01
 Cantera : Cantera Sicaya Ensayado por : A.Y.G
 Fecha de recepción : Enero 2021 Fecha de emisión : Abril 2021

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN
NTP 339.083-ASTM C 231-AASHTO T 152

Muestra	M-01	M-02	M-03
Volumen O.W	7016.0 cm ³	7016.0 cm ³	7016.0 cm ³
Masa de la O.W	3485.0 g	3487.0 g	3579.0 g
Medidor	Tipo B	Tipo B	Tipo B
Contenido de aire %	1.58%	1.99%	2.00%

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



GEO TEST V SAC
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : P.O. BOX N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEO@GEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRODARRIL GEOTEST.V@GMAIL.COM
 CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 962525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"
Peticionario : Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz **Norma** : NTP 339.035 - 2015
Ubicación : Huancayo - Junin **Hoja** : 01 de 01
Cantera : Cantera Sicaya **Ensayado por** : A.Y.G
Fecha de recepción : Enero 2021 **Fecha de emisión** : Abril 2021

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND
NTP 339.035-2015**

Muestra	M-01	M-02	M-03
consistencia	Plástica	Plástica	Plástica
Asentamiento	2.1 pulg	2.0 pulg	2.9 pulg
Asentamiento	53.3 mm	50.8 mm	73.7 mm

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT/ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 C.P. N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GED TEST V. SAC**



DIRECCIÓN	: Pzj. GRAU N°211 - CHILCA (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROVIARIA ORDE. DON AV. LEONIDO PRADO)	E-MAIL	: LABROTESTV02@GMAIL.COM GEDTEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: (9525915) - 972831911-991375093	FACEBOOK	: GED TEST V. S.A.C
		RUC	: 20606529329

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"		
Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz		
Ubicación	: Huancayo - Junín	Norma	: NTP 339.083-ASTM C231
Tramo		Hoja	: 01 de 01
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: Enero 2021	Fecha de emisión	: Abril 2021

**CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN
NTP 339.083-ASTM C 231-AASHTO T 152**

Muestra	M-01	M-02	M-03
Volumen O.W	7016.0 cm ³	7016.0 cm ³	7016.0 cm ³
Massa de la O.W	3485.0 g	3487.0 g	3579.0 g
Medidos	Tipo B	Tipo B	Tipo B
Contenido de aire %	1.58%	1.99%	2.00%

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART 8. -Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : P.S.J. GRAU N°311-CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.
 PERIODICARIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)
CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093
E-MAIL : LABORTESTV@GMAIL.COM
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
RUC : 20606529239

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"

Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz	Norma	: NTP 339.077/ASTM C232
Ubicación	: Huancayo - Perú	Hoja	: 01 DE 02
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G.
Estructura	: Pavimento Rígido Hidráulico	Fecha de emisión	: Abril 2021
Fecha de recepción	: Enero 2021		

a. Exudación por unidad de áreas

$$Exudación = \frac{Volumen\ total\ exudado}{Área\ expuesta\ del\ concreto}$$

Molde N°	1
Volumen del molde (cm ³)	7184
Capas N°	3
N° de golpes	25
Masa del molde (kg)	0.378
Masa del molde + la muestra (kg)	16.718
Masa de la muestra (kg)	16.34
Diámetro promedio (cm)	21.57
Área expuesta del concreto (cm ²)	365.4182
Volumen de agua exudada por unidad de superficie-V (ml/cm ²)	0.29

Exudación = 0.29 ml/cm²

b. Exudación en porcentaje

$$Exudación(\%) = \left(\frac{Volumen\ total\ exudado}{Volumen\ de\ agua\ de\ la\ mezcla\ en\ el\ molde} \right) \times 100$$

$$Vol.\ agua\ en\ molde = \left(\frac{peso\ del\ concreto\ en\ el\ molde}{Peso\ total\ en\ la\ tanda} \right) \times Vol.\ de\ agua\ en\ la\ tanda$$

Vol. Total exudado = 107.30 ml
 Vol. Agua en molde = 1.60 Lts = 1603.36 ml

Exudación = 6.692%

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-96-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP. N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : PRJ. BRAU N° 211 - CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)
E-MAIL : LLARREOTEV02@GMAIL.COM
 BEDIEST.V@GMAIL.COM
CELULAR : 992525151 - 972831911 - 991375093
FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
RUC : 20606529229

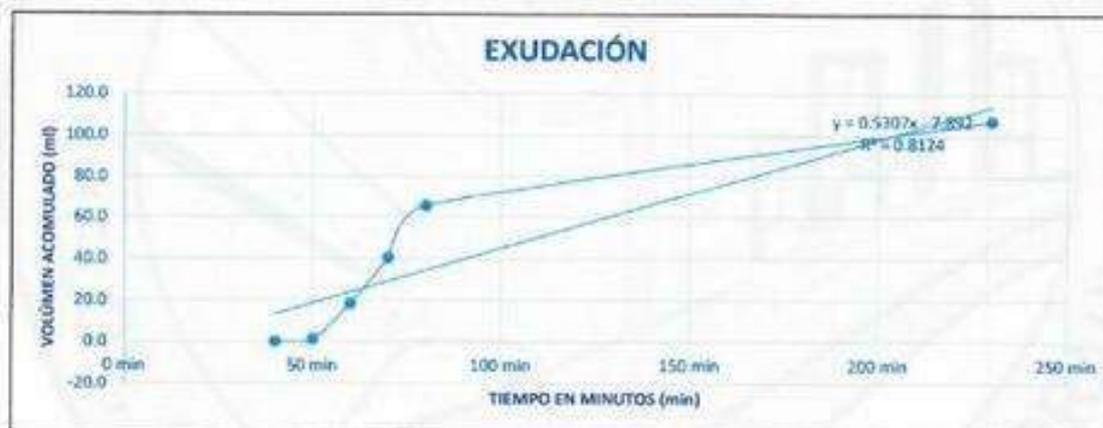
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"

Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz	Norma	: NTP 339.077/ASTM C232
Ubicación	: Huancayo - Perú	Hoja	: 01 DE 02
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G.
Estructura	: Pavimento Rígido Hidráulico	Fecha de emisión	: Abril 2021
Fecha de recepción	: Enero 2021		

**EXUDACIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.077/ASTM C232**

Medición	ΔT (min)	ΔT acum.	Δ Vol. (ml)	Δ Vol. Acum.	Velocidad de exudación (ml/min)
01	40 min	40 min	0.3	0.3	0.01
02	10 min	50 min	1.2	1.5	0.12
03	10 min	60 min	17.1	18.6	1.71
04	10 min	70 min	22.0	40.6	2.20
05	10 min	80 min	25.0	65.6	2.50
06	30 min	110 min	28.1	93.7	0.94
07	30 min	140 min	8.9	102.6	0.30
08	30 min	170 min	4.2	106.8	0.14
09	30 min	200 min	0.5	107.3	0.02
11	30 min	230 min	0.0	107.3	0.00



Dosificación del diseño de mezcla por tanda:

Componentes	Tanda
Cemento	6.07 kg
Ag.Fino	9.49 kg
Ag.Grueso	18.63 kg
Agua	3.72 Lts



GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN	: P.O. BOX N° 211 - CHILCA (REF: A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	E-MAIL	: LABGEOESTV02@GMAIL.COM GEOTEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972031911-991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 20606929229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"

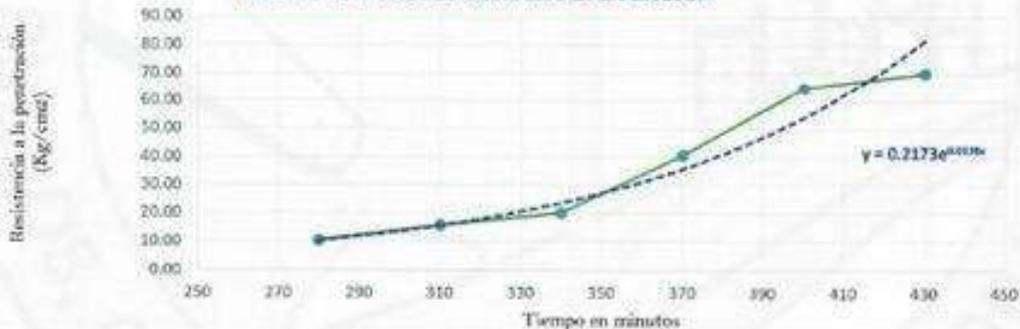
Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Román Muñoz	Norma	: NTP 339.082/ASTM C403
Ubicación	: Huancayo - Perú	Hoja	: 01 de 03
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G.
Estructura	: Pavimento Rígido Hidráulico	Fecha de emisión	: Abril 2021
Fecha de recepción	: Enero 2021		

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA
A LA PENETRACIÓN
NTP 339.082-ASTM C. 403**

Specimen:	: Molde 01	T° Ambiente al inicio del ensayo	: 17°C
Hora de mezclado:	: 12:10 m	T° Ambiente al final del ensayo	: 16.30°C
Hoja	: 01 de 03	Temperatura del concreto	: 28.20°C

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diámetro de la aguja (pul)	Área (pul ²)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)
12:10	0:00	0	0	0.00	0.0	0.00	0.00
16:50	4:40	280	1 1/8	1.00	148.0	148	10.41
17:20	5:10	310	4/5	0.50	112.0	224	15.75
17:50	5:40	340	4/7	0.25	72.0	288	20.25
18:20	6:10	370	1/3	0.10	58.0	580	40.78
18:50	6:40	400	1/4	0.05	46.0	920	64.58
19:20	7:10	430	1/6	0.03	25.0	1000	70.30

TIEMPO VS RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN



M=	0.2173	N=	0.0138
Y=	Resistencia a la penetración	Final=	4000 PSI
	Inicial= 500 PSI	Final=	281.22 kg/cm ²
	Inicial= 35.15 kg/cm ²		
X=	Tiempo de fragua inicial o final		

Fragua inicial (500 PSI)	=	368.56 min	=	6.14 horas
Fragua final (4000 PSI)	=	519.25 min	=	8.65 horas



GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN	: P6J. GRAD N°211-CHILCA REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO	E-MAIL	: LABGEOESTV02@GMAIL.COM GEOEST.V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972831911-991375093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.S
		RUC	: 20606529329

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"

Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz	Norma	: NTP 339.062/ASTM C403
Ubicación	: Huancayo - Perú	Hoja	: 01 de 03
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G.
Estructura	: Pavimento Rígido Hidráulico	Fecha de emisión	: Abril 2021
Fecha de recepción	: Enero 2021		

Especimen	: Módulo 02	T° Ambiente al inicio del ensayo	: 17°C
Hora de mezclado	: 12:15 pm	T° Ambiente al final del ensayo	: 15.6°C
Hoja	: 02 de 03	Temperatura del concreto	: 27.6°C

Hora de ensayo	Tiempo transcurrido (horas)	Tiempo (minutos)	Diametro de la aguja (pul)	Área (pul ²)	Fuerza (libras)	Resistencia a la penetración (PSI)	Resistencia a la penetración (kg/cm ²)
12:15	0:00	0	0	0.00	0.0	0.00	0.00
16:50	4:35	275	1 1/8	1.00	200.0	200	14.06
17:20	5:05	305	4/5	0.50	190.0	380	26.72
17:50	5:35	335	4/7	0.25	158.0	632	44.43
18:20	6:05	365	1/3	0.10	64.0	640	44.99
18:50	6:35	395	1/4	0.05	60.0	1200	84.37
19:20	7:05	425	1/8	0.03	58.0	2320	163.11



Mⁿ	: 0.2476	Nⁿ	: 0.015
Yⁿ	: Resistencia a la penetración		
	Inicial= 500 PSI	Finalⁿ	: 4000 PSI
	Inicial= 35.15 kg/cm ²	Finalⁿ	: 281.22 kg/cm ²
Xⁿ	: Tiempo de fragua inicial o final		

Fragua Inicial (500 PSI)	=	330.38 min	=	5.51 horas
Fragua final (4000 PSI)	=	469.00 min	=	7.82 horas



GEO TEST V. SAC
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

(Signature)
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN	: PUNJ. GRAD N° 211 - CHILCA (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROVIARIO CRUCE CON AV. LEONARDO PRADO)	E-MAIL	: LABTESTV020@GMAIL.COM GEOTEST.V2@GMAIL.COM
TELULAR	: 952925151 - 972831911 - 991378093	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"

Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz	Norma	: NTP 339.082/ASTM C403
Ubicación	: Huancayo - Perú	Hoja	: 01 de 03
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G.
Estructura	: Pavimento Rígido Hidráulico	Fecha de emisión	: Abril 2021
Fecha de recepción	: Enero 2021		

Especimen:	: Promedio	T°Ambiente al inicio del ensayo	: 18°C
Hora de mezclado:	: 12:45 pm	T°Ambiente al final del ensayo:	: 17,6°C
Hoja	: 03 de 03	Temperatura del concreto	: 27,9°C

Resumen del tiempo de fragua del concreto fresco en los dos especimenes:

Molde 1

Fragua inicial (500 PSI)	=	368.56 min	=	6.14 horas
Fragua final (4000 PSI)	=	519.25 min	=	8.65 horas

Molde 2

Fragua inicial (500 PSI)	=	330.38 min	=	5.51 horas
Fragua final (4000 PSI)	=	469.00 min	=	7.82 horas

Promedio

Fragua inicial (500 PSI)	=	349.47 min	=	5.82 horas
Fragua final (4000 PSI)	=	494.13 min	=	8.24 horas

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-95-INDECOPI-CRT-ART.6 -Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



GEO TEST V. SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

(Firma)
ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
CIP N° 247312
JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCION	: PSE. URUG N° 211 CHILCA	E-MAIL	: LABGEO@GEOTESTV.COM
	: OFICINA DELORA FRENTE AL PARQUE PHOTO AV. FERROCARRIL CRUCE		: GUSTAVO@GEOTESTV.COM
	: CON AV. LEONIDO PRADO	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
CELULAR	: 995525151 - 972031911 - 991395093	WHATSAPP	: 99466329229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"		
Peticionario	: Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz	Norma	: NTP 339.184 - 2013
Ubicación	: Huancayo - Junín	Hoja	: 01 de 01
Cantera	: Cantera Sicaya	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: Enero 2021	Fecha de emisión	: Abril 2021

**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA DE CONCRETO
NTP 339.184-2013**

Muestra	M-01	M-02	M-03
Hora de mezclado	12:11 p. m.	1:11 p. m.	2:11 p. m.
T° de ambiente	17 °C	17 °C	17 °C
T° del concreto	28.2 °C	30.3 °C	28.7 °C
Humedad relativa en %	45.56 %	53.21 %	47.41 %

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT/ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : J.F. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Pazo
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN: PASELIMAS N°211 CHILCA
 CEMAIL: LABORATORIOV@GMAIL.COM
 DRE: A UNA CUADRA FRENTE AL PABILLON PUTO AV. FERRUCARIEL
 RECIBO: V2@GMAIL.COM
 CERCADO CON ANILLO NEGRO (FRASE)
 FACEBOOK: GEO TEST V.S.A.C.
 DELBILAP: 952525151 - 922821911 - 961375093
 RUC: 2050859229

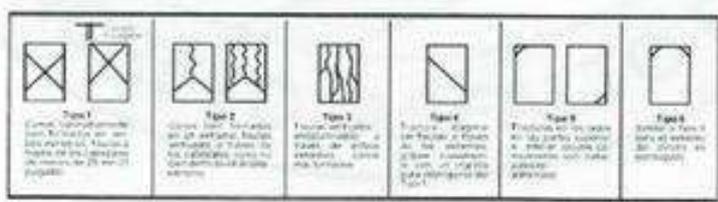
**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS**
Norma: NTP 339.034-2015

Proyecto : Tesis: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"
 Peticionario : Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz
 Ubicación : Huancayo-Junín
 Estructura : Pavimento Rígido Hidráulico
 N° de muestra : 24 probetas
 Cantera : Cantera Sicaya
 Fecha de emisión : Abril-2021

Hoja: 1 de 1

Tipo de Muestra	Medidas	Identificación	Fc (Kg/cm ²)	Edad (días)	N°	Fecha de Curado (dd/mm/aa)	Fecha de rotura (dd/mm/aa)	Carga (KN)	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	Promedio de módulo de Rotura (Kg/cm ²)	Tipo de fractura
Cilíndrica	4" x 8"	PAVIMENTO RÍGIDO	210	7	1	19/02/2021	26/02/2021	75.20	94.58	91.90	Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	7	1	19/02/2021	26/02/2021	75.60	95.09		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	7	1	19/02/2021	26/02/2021	75.00	94.33		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	7	1	19/02/2021	26/02/2021	74.10	93.20		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	7	1	19/02/2021	26/02/2021	76.40	96.09		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	7	1	19/02/2021	26/02/2021	62.11	78.12		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"	PAVIMENTO RÍGIDO	210	14	1	19/02/2021	5/03/2021	122.20	153.70	145.38	Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	14	1	19/02/2021	5/03/2021	114.60	144.14		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	14	1	19/02/2021	5/03/2021	123.50	155.33		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	14	1	19/02/2021	5/03/2021	125.80	158.23		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	14	1	19/02/2021	5/03/2021	103.60	130.30		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	14	1	19/02/2021	5/03/2021	103.80	130.55		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"	PAVIMENTO RÍGIDO	210	21	1	20/02/2021	13/03/2021	145.00	182.37	198.62	Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	21	1	20/02/2021	13/03/2021	159.80	200.99		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	21	1	20/02/2021	13/03/2021	140.20	176.34		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	21	1	20/02/2021	13/03/2021	159.20	200.23		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	21	1	20/02/2021	13/03/2021	165.10	207.65		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	21	1	20/02/2021	13/03/2021	178.20	224.13		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"	PAVIMENTO RÍGIDO	210	28	1	20/02/2021	20/03/2021	189.30	238.09	236.65	Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	28	1	20/02/2021	20/03/2021	192.60	242.24		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	28	1	20/02/2021	20/03/2021	189.30	238.09		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	28	1	20/02/2021	20/03/2021	192.60	242.24		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	28	1	20/02/2021	20/03/2021	182.70	229.79		Tipo 4
Cilíndrica	4" x 8"		210	28	1	20/02/2021	20/03/2021	182.40	229.41		Tipo 4
Total de probetas					24						

TIPO DE FRACTURA:



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad
- Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN : J.F. GRAU N°211-CHILCA

(Refa una cuadra frente al parque Puzo
Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

**E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com**

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



**TRAMO
DE
PRUEBA**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. BRAG N°211 - CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV.
 FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONDO PRADO)
 CELULAR : 982620151 - 972831911 - 991375093
 E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
 GEOESTV@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C
 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alábeos por Temperatura, Huancayo"
 Peticionario : Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz
 Ubicación : Huancayo - Junín
 Cantera : Cantera Sicaya
 Fecha de recepción : Enero 2021
 Norma : NTP 339.035 - 2015
 Hoja : 01 de 01
 Ensayado por : A.Y.G
 Fecha de emisión : Abril 2021

TRAMO DE PRUEBA

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND
 NTP 339.035-2015

Muestra	M-01	M-02	M-03
consistencia	Plástica	Plástica	Plástica
Asentamiento	2.5 pulg	3.0 pulg	3.0 pulg
Asentamiento	63.5 mm	76.2 mm	76.2 mm

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-96-INDECOPI-CRT:ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



GEO TEST V. SAC.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

(Handwritten signature)

ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**



DIRECCIÓN : Pev. GRAU N°211-CHILDA : LABGEOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL : GEOTEST.V@GMAIL.COM
 CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952025151 - 972831911-991375093 : 20606529229

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "Modelo Estructural de un Pavimento Rígido Hidráulico con Influencia de los Alabeos por Temperatura, Huancayo"

Peticionario : Bach. Ing. Ronil Romani Muñoz **Norma** : NTP 339.083/ASTM C231

Ubicación : Huancayo - Junín **Hoja** : 01 de 01

Cantera : Cantera Sicaya **Ensayado por** : A.Y.G

Fecha de recepción : Enero 2021 **Fecha de emisión** : Abril 2021

TRAMO DE PRUEBA

**CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN
NTP 339.083-ASTM C 231-AASHTO T 152**

Tramo	T-01	T-02	T-03
Volumen O.W	6732.0 cm3	6732.0 cm3	6732.0 cm3
Mass de la O.W	3501.0 g	3501.0 g	3501.0 g
Medidor	Tipo B	Tipo B	Tipo B
Contenido de aire %	1.59%	1.96%	2.00%

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT-ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 GEO TEST V. SAC
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

 ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP N° 247312
 JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Paj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

TRAMO DE PRUEBA	
TESISTA:	BACH. EN INGENIERIA CIVIL : ROMANI MUÑOZ, RONIL
TESIS:	MODELO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO RÍGIDO HIDRÁULICO CON INFLUENCIA DE LOS ALABEOS POR TEMPERATURA, HUANCAYO.
FECHA:	abr-21

CORRIENTE:150W		CORRIENTE:500W		CORRIENTE:1000W	
PAÑO N°01		PAÑO N°02		PAÑO N°03	
HORA	T/°C	HORA	T/°C	HORA	T/°C
02:30 p.m.	21.1	02:30 p.m.		02:30 p.m.	
02:40 p.m.	20.3	02:40 p.m.		02:40 p.m.	
02:50 p.m.	20.5	02:50 p.m.		02:50 p.m.	
03:00 p.m.	20.7	03:00 p.m.		03:00 p.m.	
03:10 p.m.	20.5	03:10 p.m.		03:10 p.m.	
03:20 p.m.	20.5	03:20 p.m.		03:20 p.m.	
03:30 p.m.	19.5	03:30 p.m.		03:30 p.m.	
03:40 p.m.	20.6	03:40 p.m.		03:40 p.m.	
03:50 p.m.	20.2	03:50 p.m.		03:50 p.m.	
04:00 p.m.	19.8	04:00 p.m.	18.4	04:00 p.m.	
04:10 p.m.	20.3	04:10 p.m.	18.6	04:10 p.m.	
04:20 p.m.	20.5	04:20 p.m.	18.9	04:20 p.m.	
04:30 p.m.	20.4	04:30 p.m.	18.5	04:30 p.m.	
04:40 p.m.	20.8	04:40 p.m.	18.8	04:40 p.m.	
04:50 p.m.	20.6	04:50 p.m.	18.5	04:50 p.m.	18.7
05:00 p.m.	18.6	05:00 p.m.	18.3	05:00 p.m.	18.3
05:10 p.m.	18.5	05:10 p.m.	18.1	05:10 p.m.	18.0
05:20 p.m.	19.5	05:20 p.m.	18.6	05:20 p.m.	17.5
05:30 p.m.	17.8	05:30 p.m.	18.3	05:30 p.m.	17.4
05:40 p.m.	18.3	05:40 p.m.	18.2	05:40 p.m.	17.9
05:50 p.m.	17.4	05:50 p.m.	17.9	05:50 p.m.	17.9
06:00 p.m.	16.1	06:00 p.m.	17.8	06:00 p.m.	17.5
06:10 p.m.	15.8	06:10 p.m.	17.8	06:10 p.m.	17.9
06:20 p.m.	15.7	06:20 p.m.	17.4	06:20 p.m.	17.5
06:30 p.m.	15.6	06:30 p.m.	17.3	06:30 p.m.	17.1
06:40 p.m.	15.8	06:40 p.m.	17.2	06:40 p.m.	17.0
06:50 p.m.	15.1	06:50 p.m.	16.9	06:50 p.m.	17.5
07:00 p.m.	15.1	07:00 p.m.	16.1	07:00 p.m.	17.0
07:10 p.m.	15.1	07:10 p.m.	16.8	07:10 p.m.	16.2
07:20 p.m.	15.6	07:20 p.m.	16.5	07:20 p.m.	15.8
07:30 p.m.	15.9	07:30 p.m.	17.1	07:30 p.m.	16.5
07:40 p.m.	15.4	07:40 p.m.	16.3	07:40 p.m.	15.4
07:50 p.m.	15.6	07:50 p.m.	15.8	07:50 p.m.	15.8
08:00 p.m.	16.7	08:00 p.m.	15.7	08:00 p.m.	16.0
08:10 p.m.	15.5	08:10 p.m.	15.9	08:10 p.m.	15.1
08:20 p.m.	16.1	08:20 p.m.	14.7	08:20 p.m.	13.8
08:30 p.m.	14.6	08:30 p.m.	16.5	08:30 p.m.	15.8
08:40 p.m.	15.1	08:40 p.m.	15.9	08:40 p.m.	14.9
08:50 p.m.	13.8	08:50 p.m.	14.5	08:50 p.m.	14.3
09:00 p.m.	14.1	09:00 p.m.	14.7	09:00 p.m.	14.8
09:10 p.m.	13.9	09:10 p.m.	15.0	09:10 p.m.	13.7
09:20 p.m.	14.2	09:20 p.m.	14.8	09:20 p.m.	13.5
09:30 p.m.	13.6	09:30 p.m.	15.4	09:30 p.m.	13.2
09:40 p.m.	14.2	09:40 p.m.	15.2	09:40 p.m.	14.2
09:50 p.m.	14.8	09:50 p.m.	15.8	09:50 p.m.	15.6
10:00 p.m.	15.2	10:00 p.m.	16.2	10:00 p.m.	16.6
10:10 p.m.	15.0	10:10 p.m.	16.8	10:10 p.m.	16.2
10:20 p.m.	16.3	10:20 p.m.	16.3	10:20 p.m.	15.5
10:30 p.m.	16.9	10:30 p.m.	15.8	10:30 p.m.	



ING. MAX JERRY VELIZ SULCARAY
 CIP. N° 247312