

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Efecto de la temperatura ambiente en la determinación
de la ventana de aserrado del pavimento rígido a una
altura mayores a 3.000 msnm. en el distrito
de Usicayos - Puno - 2021**

Wilson Paul Choquepata Mamani

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

Dedicatoria

A Dios, por darme la vida.

A mi amada Madre, por brindarme su apoyo incondicional conjuntamente con mi Padre, quienes en todo momento me apoyaron para ser un gran profesional.

A mi familia, quienes han sido mis pilares para seguir adelante con mis proyectos y fueron el motor y motivo. Gracias Hijos; Magno, Arius y Assul.

A mi asesor de tesis, por todo el apoyo brindado para que este proyecto salga adelante.

Agradecimiento

A la E. A. P. de Ingeniería Civil de la Universidad Continental, por el apoyo que me prestaron en el desarrollo de esta tesis.

A Dios, que mediante Él se pudo dar todo esto; a mis padres, por su constante guía y aliento.

A la Municipalidad Distrital de Usicayos - Carabaya – Puno, por brindarme los resultados, especificaciones técnicas, diseño de mezclas y permitirme los ensayos posibles para mi tesis.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras	x
Resumen.....	xii
Abstract	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes del problema.....	1
1.1.1. Estudios internacionales.....	1
1.1.2. Estudios nacionales.	2
1.1.3. Estudios locales.	3
1.2. Bases teóricas.	3
1.2.1. Temperatura de ambiente.	3
1.2.1.1. Introducción.....	3
1.2.1.2. Clima en la región de Puno.	4
1.2.1.3. Temperatura en zonas alto andinas.	4
1.2.1.4. Lluvias.	4
1.2.1.5. Influencia en los pavimentos.	5
1.2.1.6. Mediciones de temperatura en las losas.	5
1.2.2. Ventana de aserrado.	5
1.2.2.1. Definición.	5

1.2.2.2. Momento conveniente para realizar el corte de juntas... 6	6
1.2.2.3. Factores que influyen en la ventana de aserrado. 7	7
1.2.3. Junta de los pavimentos rígidos. 8	8
1.2.3.1. Definición. 8	8
1.2.3.2. Funciones..... 9	9
1.2.3.3. Factores que inciden en su diseño..... 9	9
1.2.3.4. Tipos. 10	10
1.2.3.4.1. Transversales. 10	10
1.2.3.4.2. Longitudinales..... 11	11
1.2.3.5. Mecanismo de transferencia de carga. 12	12
1.2.4. Fisuras por retracción del concreto..... 12	12
1.2.4.1. Retracción. 13	13
1.2.4.1.1. Definición..... 13	13
1.2.4.1.2. Tipos. 13	13
1.2.4.1.3. En estado plástico. 14	14
1.2.4.1.4. En estado endurecido..... 14	14
1.2.4.2. Fisuras. 14	14
1.2.4.2.1. Definición..... 14	14
1.2.4.2.2. En su estado fresco. 15	15
1.2.4.2.3. En su estado endurecido. 15	15
1.2.5. Pavimento rígido..... 16	16
1.2.5.1. Pavimento. 16	16
1.2.5.2. Pavimento rígido. 16	16
1.2.5.3. Componentes..... 17	17
1.2.5.4. Tipos de pavimentos rígidos. 18	18
1.2.5.5. Espesores típicos en pavimentos rígidos..... 19	19
1.2.5.6. Estructura de los pavimentos. 19	19

1.3. Definición de términos básicos.....	21
1.3.1. Base granular.	21
1.3.2. Clima.	21
1.3.3. Fisura.	21
1.3.4. Juntas.....	21
1.3.5. La serviciabilidad.	21
1.3.6. Pavimento.	21
1.3.7. Método de diseño AASHTO 93.....	22
1.3.8. Pavimento flexible.....	22
1.3.9. Pavimento rígido.	22
1.3.10. Pavimento semirrígido.	22
1.3.11. Retracción de concreto.....	22
1.3.12. Temperatura.	22
1.3.13. Tiempo óptimo de corte.	22
1.3.14. Ventana de aserrado.	22
CAPÍTULO II	23
METODOLOGÍA.....	23
2.1. Tipo, alcance y diseño de la investigación.....	23
2.1.1. Tipo de investigación.	23
2.1.2. Alcance de la investigación.	23
2.1.3. Diseño de investigación.....	23
2.2. Unidad de análisis, población y muestra.	24
2.2.1. Población.....	24
2.2.2. Muestra.....	24
2.2.3. Unidades de análisis.....	25
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	25

2.3.1. Características físicas y mecánicas de las losas de concreto.	26
2.3.1.1. Características físicas de los agregados empleados. ...	27
2.3.1.1.1. Análisis granulométrico y módulo de finura. ...	27
2.3.1.1.2. Módulo de fineza.	28
2.3.1.1.3. Peso específico y absorción.	28
1.1.1.1.1. Peso unitario.....	30
2.3.1.2. Características mecánicas y diseño de mezcla.	32
2.3.2. Intervalo de tiempo del desportillado de las losas de concreto.	34
2.3.3. Intervalo de tiempo del fisurado de las losas de concreto.	39
2.3.4. Intervalo de tiempo óptimo de la ventana de aserrado.	43
2.3.5. Temperatura del ambiente en la ventana de aserrado.	44
2.4. Técnicas de análisis de datos.	47
CAPÍTULO III	49
METODOLOGÍA	49
3.1. Resultados del análisis de la información.....	49
3.1.1. Características físicas y mecánicas de la losa de concreto.....	49
3.1.1.1. Características mecánicas.	49
3.1.1.2. Características físicas.	50
3.1.2. Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.	51
3.1.3. Intervalos de tiempo de fisuración de las losas de concreto....	52
3.1.4. Intervalos de tiempo óptimo de la ventana de aserrado.	53
3.1.5. Temperatura ambiente de la ventana de aserrado.	54
3.2. Prueba de hipótesis.....	55
CAPÍTULO IV	56
DISCUSIÓN	56

4.1. Interpretación de Resultados del Método.	56
4.1.1. De las características físicas y mecánica de concreto de la losa.	56
4.1.2. De la ventana de aserrado.	56
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS.....	61

Índice de tablas

Tabla 1: Factores que influyen en la ventana de aserrado.	7
Tabla 3: Dimensiones de losa.	9
Tabla 3: Espesores típicos de la losa del pavimento.	19
Tabla 4: Valores de Z para un nivel de confiabilidad.	24
Tabla 5: Granulometría del agregado grueso.	27
Tabla 6: Granulometría del agregado fino.	28
Tabla 7: Diseño del concreto de las pozas del pavimento.	34
Tabla 8: Escala de valoración de Likert para fallas por desportillado.	34
Tabla 9: Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Circunvalación.	36
Tabla 10: Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Puno.	37
Tabla 11: Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Santa Cruz.	37
Tabla 12: Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. 8 De Setiembre.	38
Tabla 13: Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Inambari.	38
Tabla 14: Escala de valoración de Likert para fallas por fisuras.	39
Tabla 15: Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Circunvalación.	41
Tabla 16: Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Puno.	41
Tabla 17: Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Santa Cruz.	42
Tabla 18: Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. 8 de Setiembre.	42
Tabla 19: Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Inambari.	43
Tabla 20: Promedio del nivel de fallas por desportilladura de los jirones evaluados.	43
Tabla 21: Promedio del nivel de fallas por fisuramiento de los jirones evaluados.	44
Tabla 22: Temperaturas de ambiente de la semana 01.	44
Tabla 23: Temperaturas de ambiente de la semana 02.	45
Tabla 24: Temperaturas de ambiente de la semana 03.	45

Tabla 25: Temperaturas de ambiente de la semana 04.	46
Tabla 26: Temperaturas de ambiente de la semana 05..	46
Tabla 9: Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Circunvalación.	47
Tabla 28: Escala de Magnitudes de Alfa de Cronbach.	48
Tabla 29: Características mecánicas de las losas de concreto.	49
Tabla 30: Características físicas de los agregados gruesos de la cantera Isla.....	50
Tabla 31: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.	51
Tabla 32: Intervalos de tiempo de fisuración de las losas de concreto.	52
Tabla 33: Intervalos de tiempo de la ventana de aserrado.	53
Tabla 34: Temperatura ambiente de la ventana de aserrado.....	54

Índice de figuras

Figura 1: Junta aserrada y fisuras del pavimento.....	xv
Figura 2: Ventana de aserrado.	6
Figura 3: Grados de desportillado en la junta ocasionado por el aserrado.	7
Figura 4: Tipos de juntas transversales y longitudinales en el pavimento.....	12
Figura 5: Tipos de fisuras.	15
Figura 6: Tipos de fisuras típicas en el concreto.	16
Figura 7: Estructura de pavimento.....	17
Figura 8: Estructura de un pavimento rígido.	18
Figura 9: Juntas o pasadores de los pavimentos rígidos.	19
Figura 10: Diferencias estructurales de un pavimento rígido y flexible.....	20
Figura 11: Orden de losas evaluadas para las fallas por desportillado.....	35
Figura 12: Puntos evaluados por fallas de desportillado en la losa de concreto.....	35
Figura 2: Fallas por desportilladura en la losa de concreto.	36
Figura 14: Orden de losas evaluadas para las fallas por fisuramiento.....	39
Figura 15: Puntos evaluados por fallas de fisuramiento en la losa de concreto.	40
Figura 16: Fallas por fisuramiento en la losa de concreto.	40
Figura 17: Fallas por fisuramiento en la losa de concreto.	40
Figura 18: Análisis granulométrico de los agregados de la cantera Isla.....	50
Figura 19: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.....	51
Figura 20: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.....	52
Figura 21: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.....	53
Figura 19: Temperatura ambiente de la ventana de aserrado.	54

Resumen

El concreto tiene alta resistencia a la compresión, pero nula a la tracción, por lo cual se requiere un sistema de juntas que controle la fisuración transversal y longitudinal, originados por la contracción en el fraguado del concreto; la aparición de grietas en los pavimentos rígidos en la actualidad ha generado diversos estudios a fin de determinar características de diseño que permitan minimizar los riesgos que se producen por una combinación entre los elevados gradientes térmicos de las regiones de alto andinas. En tal sentido, esta tesis tiene por objetivo determinar el efecto de la temperatura en la determinación del intervalo de tiempo óptimo de la ventana de aserrado pavimentos rígidos construidos en alturas mayores de 3000 msnm. Para esto, se evaluaron 240 losas de concreto a intervalos de tiempo de 60 minutos por un periodo de 12 horas; los pavimentos evaluados correspondieron a 05 jirones construidos en la localidad de Usicayos (40 losas por cada jirón), se utilizó el instrumento de la escala de Likert con una valoración de fallas de 1 a 5, que variando de muy altas fallas a sin fallas respectivamente validado por el método estadístico de Alfa de Cronbach dando un 0.65 (de magnitud alta); además, se tomaron lecturas de las temperaturas de ambiente en los intervalos de tiempo mencionados. Los resultados obtenidos en la investigación reflejaron que el porcentaje de fallas por desportilladura del concreto tiende a disminuir en función al tiempo de fraguado del concreto a partir del minuto 420, además que el porcentaje de fallas por fisuramiento se incrementa en razón del tiempo de fraguado del concreto a partir del minuto 540. Concluyendo que el intervalo de tiempo óptimo para realizar el aserrado de juntas o ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se encuentran entre los 420 y 540 minutos a partir del fraguado del concreto.

Palabras clave: Losa de concreto, ventana de aserrado y temperatura ambiente

Abstract

Concrete has high resistance to compression, but zero to traction, therefore, a joint system is required to control transverse and longitudinal cracking, caused by contraction in the setting of the concrete; The appearance of cracks in rigid pavements at present has generated various studies in order to determine design characteristics that allow minimizing the risks that are produced by a combination of the high thermal gradients of the high Andean regions. In this sense, this thesis aims to determine the effect of temperature in determining the optimal time interval of the sawing window for rigid pavements built at heights greater than 3000 meters above sea level. For this, 240 concrete slabs were evaluated at time intervals of 60 minutes for a period of 12 hours; the evaluated pavements corresponded to 05 shreds built in the town of Usicayos (40 slabs for each shred), the Likers scale instrument was used with a failure rating of 1 to 5, ranging from very high failures to no failures respectively validated by the statistical method of Cronbach's Alpha giving a 0.65 (of high magnitude), in addition, readings of ambient temperatures were taken in the mentioned time intervals. The results obtained in the investigation reflected that the percentage of failures due to chipping of the Concrete tends to decrease as a function of the setting time of the concrete from minute 420, in addition, the percentage of failures due to cracking increases due to the setting time of concrete from minute 540. Concluding that the time interval optimal for performing joint sawing or window sawing in concrete slabs of rigid pavement rigid pavement built at higher heights It is 3000 meters above sea level and they are between 420 and 540 minutes from the setting of the concrete.

Keywords: Concrete slab, sawing window and room temperature.

INTRODUCCIÓN

El distrito de Usicayos pertenece a la provincia de Carabaya del Departamento de Puno, se encuentra situado a una altitud de más de 3000 msnm. en la región sur andina del Perú. Este distrito, por su ubicación geográfica, presenta temperaturas muy bajas, haciendo que los pavimentos rígidos con losas de concreto presenten fisuras o grietas a temprana edad por contracción y dilatación propia del concreto, además por presentar un clima seco que genera la pérdida de humedad, ocasionando que los pavimentos se deterioren y no cumplan con su periodo de diseño.

La aparición de grietas en los pavimentos rígidos en la actualidad ha generado diversos estudios a fin de determinar características de diseño que permitan minimizar los riesgos que se producen por una combinación entre los elevados gradientes térmicos de las regiones alto andinas (Montalvo & Alfaro); además, si se le suma la sequedad ambiental que origina una contracción en el concreto que podría ser mayor por descuidos o malas prácticas constructivas. La combinación de estos factores puede originar un agrietamiento que, combinado a la gradiente térmica de la zona en estudio y sobrecargas vehiculares, podría originar tensiones no previstas en el pavimento.

Por otro lado, las losas de concreto en pavimentos rígidos están expuestas a diferentes cargas de tráfico producidas por el paso de los vehículos, las cuales generan sobre estos esfuerzos por flexión y cortante. El concreto como parte fundamental de la losa debe proveer la resistencia adecuada y realizarse juntas a una determinada distancia para evitar la fisuración y contener el fenómeno de retracción de fraguado.

El concreto tiene alta resistencia a la compresión, pero nula a la tracción, por lo cual se requiere un sistema de juntas que controle la fisuración transversal y longitudinal, originados por la contracción en el fraguado del concreto, variaciones de humedad y de

temperatura, la aplicación de las cargas del tránsito, las restricciones de la subrasante, terreno de apoyo y características de los materiales empleados.



Figura 1: Junta aserrada y fisuras del pavimento.

Fuente: (Fotografía propia).

Por lo antes expuesto, surge el interés del presente trabajo de investigación que tiene por objetivo principal determinar el efecto de la temperatura ambiente en la determinación de la ventana de aserrado del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos provincia de Carabaya del Departamento de Puno. Para lo cual es preciso establecer además del objetivo principal los siguientes objetivos especificados:

- Determinar los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen daños por desportilladura de las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. en el distrito de Usicayos.
- Determinar los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen fisuras por contracción en las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos a alturas mayores a 3000 msnm. en el distrito de Usicayos.
- Establecer el intervalo de tiempo óptimo para realizar el aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos.
- Determinar las temperaturas de ambiente que se tiene en la ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos.

El presente trabajo de tesis tiene las siguientes justificaciones:

Los diseños de pavimento rígido realizados en el Perú normalmente se elaboran mediante el método AASHTO 93, generalmente están orientados a determinar el espesor de la estructura, basados exclusivamente en los conceptos de la fatiga y de la erosión para determinar, mediante modelos matemáticos, el espesor y la calidad del concreto. Es decir, el diseño se orienta fundamentalmente a dimensionar la losa para unas condiciones de subrasante, base y tráfico determinado y casi tipificado, con la limitante de no considerar directamente los efectos de las variaciones climáticas, que en nuestra región es un factor a considerar; este trabajo considera estos últimos factores en diseño para el aserrado de juntas en pavimentos rígidos.

Detectar el tiempo óptimo para realizar el aserrado de juntas en los pavimentos rígidos construidos en zonas con alturas superiores a 3000 msnm. permitirá reducir las fisuras que se generan por la variación de temperatura, que a la postre permitirá que los trabajos de conservación, mantenimiento o reparación sean menores, además de incrementar su vida útil de servicio.

Por otro lado, el objetivo del diseño de pavimentos rígidos con juntas de contracción es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los habitantes y vehículos de la zona de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo de la población.

En tal sentido, la tesis tiene la hipótesis de que la temperatura ambiente afecta notablemente en la determinación de la ventana de aserrado del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. siendo el momento óptimo para realizar corte alrededor de las 8 horas de fraguado del concreto en condiciones normales. Además, de las siguientes hipótesis específicas formuladas en función a los estudios previos encontrados:

- Los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen daños por desportilladura de las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. en el distrito de Usicayos de la provincia de Carabaya, departamento de Puno en el año 2021 están alrededor de las 6 horas.
- Los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen fisuras por contracción en las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos a alturas mayores a

3000 msnm. en el distrito de Usicayos de la provincia de Carabaya departamento de Puno en el año 2021 están dentro de 10 y 15 horas.

- El intervalo de tiempo óptimo para realizar el aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. en el distrito de Usicayos de la provincia de Carabaya departamento de Puno en el año 2021 se encuentran entre las 6 y 10 horas a partir del vaciado de concreto.
- Las temperaturas de ambiente que se tiene en la ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos oscilan entre 10 y 15 grados centígrados.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes del problema.

1.1.1. Estudios internacionales.

Cedeño, Cuellar, & Izurieta, (2009), estudio realizado en Ecuador “Fisuras por retracción en el concreto”; el trabajo de investigación tiene por finalidad de estudiar el problema de la retracción en el hormigón y las fisuras que se producen en ella; la investigación presenta una recopilación de información sobre los métodos y técnicas para el control de fisura miento por retracción térmica del concreto; llegando a la conclusiones de que: “la relación a/c es el factor principal que se debe cuidar en el diseño de las mezclas, tratando que sea baja pero no con mucho contenido de cemento, considerando un rango de 0.35 a 0.5 como idóneo” (p. 77); además, que: “a mayor resistencia del concreto mayor será la retracción producida, por el alto contenido de cemento y cuanto más resistente sea este habrá más deshidratación del concreto” (p. 77).

Giani, Navarrete, & Bustos, (2008): “La retracción autógena y su relación con la tendencia a fisuras a temprana edad en pavimentos rígidos”; esta investigación se llevó a cabo en Chile con el objetivo de conocer en qué edad de concreto se produce la mayor retracción en las losas de concreto del pavimento rígido; para esto se realizaron mediciones en 10 juntas consecutivas, aserradas cada 3 metros, para lo cual se emplearon discos de

2 mm, la primera medición se llevó a cabo inmediatamente al cortar la junta, en ambos extremos y centro; la segunda medición; a las 72 horas y luego cada 7 días; el concreto usado fue un HF5, con una relación a/c de 0,43, elaborado con cemento alta resistencia; el método de curado consistió en la colocación de una membrana basada en resinas sintéticas, cuyo efecto es de 4 semanas, la cual se fijó sobre la superficie, entre media a una hora posterior al vaciado del pavimento. La valoración de la contracción ha sido ajustada de acuerdo a la humedad y temperatura ambiente relativa observada durante las mediciones. Los resultados obtenidos muestran que la contracción generada por el concreto, llega a valores de 0,4 a 0,5 mm/m a las 72 horas. Si se asocia la contracción, basados en que las temperaturas ambientes se han mantenido constante durante el periodo de medición y al hecho que el concreto se ha protegido con una lámina de curado para impedir la pérdida de humedad a edad temprana, los valores medidos de la contracción de las losas resultan muy por encima a los indicados en otras investigaciones. Concluyendo que “las mediciones demuestran que se desarrollan contracciones de entre 0,4 a 0,5 mm/m en las primeras 72 horas de edad del pavimento, protegiendo al pavimento de forma inmediata para evitar pérdidas de humedad” (p. 70).

Diego Calo, (2010): en la ponencia dictada en Argentina: “Diseño de pavimentos rígidos”; por la jornada de actualización técnica, del curso de diseño y construcción de pavimentos de hormigón; menciona que la ventana de aserrado se abre a los 540 minutos a partir del inicio del fraguado o fraguado inicial y se cierra a los 720 minutos.

1.1.2. Estudios nacionales.

Estudio realizado por Montalvo & Alfaro de nombre “Geometría de losas del pavimento rígido en las alturas pavimento rígido en las alturas”, la cual tuvo por objetivo analizar las tensiones presentes en diferentes geometrías de losas de pavimento rígido construidas en las regiones alto andinas; considerando la geometría que normalmente se construyen en el Perú de 4.50 x 4.00 m, con la comparación de pavimentos con geometría de 2.50 metros de ancho con juntas transversales cada 3.00 metros, mediante el estudio de los esfuerzos generados por efectos ambientales, alabeo constructivo y el efecto de un tracto camión sobrecargado; De acuerdo a los

resultados obtenidos en dicha investigación los autores afirman que: “las losas de menor tamaño, gracias a un adecuado diseño geométrico, permiten optimizar el espesor con respecto a las losas tradicionales, puesto que las tensiones generadas por el peso de los vehículos y las tenciones ambientales son notablemente menores” (p. 29).

1.1.3. Estudios locales.

El efecto de la temperatura ambiente en el tiempo óptimo para realizar el aserrado de juntas en pavimentos rígidos construidos en alturas superiores a 3000 msnm. en la actualidad nuestro medio local es poco conocido, por ser un factor considerado, además de no contar con mucha información sobre el tema; generalmente, para determinar este intervalo de tiempo se basa en la experiencia del operador del equipo liviano de corte que en una prueba simple y subjetiva que consiste en el rayado de la superficie del pavimento rígido en horas después de fraguado de las losas de concreto, es decir que la ventana de aserrado se realiza por experiencias empíricas, por lo que resulta ser necesario la deducción de modelos teóricos que permitan conocer el intervalo de tiempo de fraguado más adecuado para realizar el aserrado de juntas para evitar las fisuras producto de la contracción y dilatación por el gradiente térmico del concreto en pavimentos construidos en zonas con alturas superiores a las ya mencionadas anteriormente; por lo que esta tesis resulta ser novedosa en nuestra región.

1.2. Bases teóricas.

1.2.1. Temperatura de ambiente.

1.2.1.1. Introducción.

Actualmente, el análisis de losas de concreto de los pavimentos rígidos, está enfocado en estimar el estado de esfuerzos solo por carga por vehículo, dejando a un lado la temperatura; este esfuerzo que cobra importancia en el tiempo; y más aún en zonas como la de nuestra región por la variación brusca de temperatura.

1.2.1.2. Clima en la región de Puno.

El clima es un conjunto de condiciones atmosféricas propias de una zona geográfica determinada. Por las características de la región en estudio son dos factores que influyen en el diseño y el comportamiento de los pavimentos rígidos: los cambios de temperatura y las lluvias que se presentan en la zona.

1.2.1.3. Temperatura en zonas alto andinas.

En el territorio de nuestro país, sobre todo en las zonas alto andinas, existen temporadas en donde se presentan grandes rangos de variaciones de temperatura, que oscilan entre los -10° hasta los 40 grados centígrados. Estas variaciones de la temperatura generan en los pavimentos con losas de concretos esfuerzos muy elevados, que genera el levantamiento de las esquinas debilitándolo hasta su rompimiento.

Los severos efectos climáticos que se presentan en las zonas alto andinas, originan problemas tanto en los pavimentos flexibles como rígidos, motivo por el cual se han estudiado estos fenómenos en pavimentos construidos en zonas similares de otros países, dando como resultado la necesidad de utilizar soluciones de ingeniería más adecuadas, con las cuales se pueda evitar o reducir en lo posible la fisuración de estos, lo que implica el dimensionamiento de las losas para el caso de los pavimentos rígidos, además de procesos constructivos que minimicen los efectos del alabeo.

1.2.1.4. Lluvias.

Las lluvias por su acción directa en la evaluación del nivel freático es un factor a considerar en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de las losas de concreto y sobre todo de los suelos de fundación. Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el intervalo de tiempo para realizar el aserrado de juntas en el concreto.

1.2.1.5. Influencia en los pavimentos.

Es uno de los factores que influye en la retracción y la pérdida de humedad, del concreto, que se conoce como la causa principal de la retracción por secado, además condiciones atmosféricas con elevada temperatura, humedad relativa bajas o vientos importantes pueden favorecer fisuras superficiales de afogado que se ven favorecidas por un excesivo contenido en agua del hormigón y acabados de pasta de cemento en superficie.

1.2.1.6. Mediciones de temperatura en las losas.

Este gradiente térmico induce una deformación diferencial entre la superficie y el fondo de la losa, produciendo una deformación cóncava hacia arriba cuando la superficie se encuentra a menor temperatura en el fondo, y una deformación cóncava hacia abajo cuando la superficie se encuentra a mayor temperatura que el fondo.

1.2.2. Ventana de aserrado.

1.2.2.1. Definición.

Se denomina ventana de aserrado al momento oportuno para efectuar el corte de las juntas del concreto en los pavimentos rígidos, ya sea longitudinales o transversales; para Barreda, Naber, Quispe, & Sota, (2013), “el aserrado de juntas en los pavimentos ha sido mundialmente aceptada como medio para controlar la formación de fisuras erráticas, en todo tipo de pavimento” (p. 113).

Además, aseguran que “el producto que se obtenga en el control de aparición de las fisuras de contracción dependerá, en gran medida, de las operaciones de aserrado que se realicen en el momento oportuno” (p. 113).

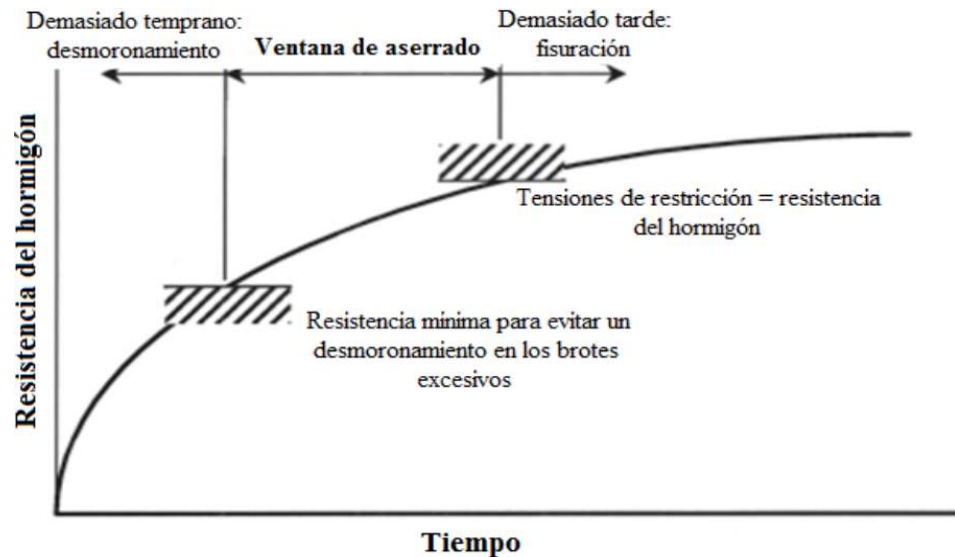


Figura 2: Ventana de aserrado.

Fuente: (Barreda, Naber, Quispe, & Sota, 2013, p. 114).

1.2.2.2. Momento conveniente para realizar el corte de juntas.

Para Barreda, Naber, Quispe, & Sota (2013), “el momento idóneo para cortar la junta es un período corto después del vaciado del concreto cuando se puede aserrar el pavimento correctamente y controlar la formación de fisuras”.

Así mismo, afirman que “debe iniciar tan pronto como sea posible, con el fin de evitar que las fisuras de contracción aparezcan en las losas antes de cortar las ranuras en las cuales se las desea canalizar” (p. 113). Esta acción debe comenzar tan pronto el concreto tenga la resistencia suficiente como para evitar o resulte dañada, para que el corte sea limpio, sin desportillado ni desprendimientos de concreto ni del mortero adyacente al corte que se realiza o que el agua empleada para enfriar el disco cortante dañe al concreto. Si al realizar este trabajo se observa alguno de los inconvenientes mencionados, el aserrado o corte deberá de suspenderse hasta que pueda hacerse sin dificultades.

Generalmente, la ventana de aserrado inicia cuando la resistencia del concreto es suficiente para aserrar sin excesivo desportillado en los bordes a lo largo del corte y finaliza cuando el volumen del concreto se reduce significativamente (por secado o por temperatura) y las tensiones

de tracción son mayores a las que resistencia el concreto, es decir, cuando comienza la fisurarse.

En estudios hallados, afirman que el desportillado en los bordes de la junta está dentro de límites aceptables cuando la resistencia del concreto se encuentra dentro de 10 a 70 kg/cm², dependiendo del tipo de agregado y contenidos de cemento en la mezcla.

a) Desmoronamiento inaceptable: aserrado demasiado pronto



b) Desmoronamiento moderado: aserrado temprano en la ventana



c) Sin desmoronamiento: aserrado más tarde en la ventana



Figura 3: Grados de desportillado en la junta ocasionado por el aserrado.

1.2.2.3. Factores que influyen en la ventana de aserrado.

Según describen Barreda, Naber, Quispe, & Sota (2013), “algunos factores que influyen la ventana de aserrado pueden ser el tipo y dureza del agregado grueso, método de curado, contenido de cemento, temperatura y las condiciones ambientales” (p. 113). La duración de la ventana de aserrado, al depender de muchos factores, es probable que sea diferente para cada proyecto y para cada jornada de trabajo, características de diseño, materiales o las condiciones climatológicas pueden acortar considerablemente el tiempo más adecuado.

Mientras más pueda tardar el evaporado del agua más tardará el concreto en contraerse y, por ende, más tiempo se dispondrá para iniciar el aserrado. Por otro lado, el curado adquiere una importancia fundamental puesto que permite no perder su humedad y constituye una ayuda efectiva para efectuar el corte. En la siguiente tabla se describen los factores más conocidos.

Tabla1

Factores que influyen en la ventana de aserrado.

Categoría	Factor
Mezcla de hormigón	Alta demanda de agua Rápida resistencia temprana Fraguado retardado Agregado fino (finura y granulometría) Agregado grueso (tamaño máximo y/o %)
Clima	Repentino descenso de temperatura o chaparrón Repentino aumento de temperatura Fuertes vientos y baja humedad Bajas temperaturas y nublado Altas temperaturas y soleado
Base	Alta fricción entre la base y la losa de concreto Adherencia entre la base y la losa de concreto Superficie seca Materiales porosos
Otras	Pavimentación contra o entre calles existentes Selección del disco cortante de la sierra Retraso en el curado

Fuente: (Barreda, Naber, Quispe, & Sota, 2013, p. 115).

1.2.3. Junta de los pavimentos rígidos.

1.2.3.1. Definición.

Según el Manual de Carreteras (2013), “el propósito de las juntas es controlar la fisuración y aparición de grietas que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad” (p. 282), así como a las variantes de térmicas que sufre el

concreto por su exposición al medio ambiente y el gradiente térmico existente desde la superficie hasta la sub base.

La dimensión de la losa determina la disposición de juntas sean transversales o longitudinales. La longitud no debe ser mayor a 1.25 veces del ancho de la losa y no sea mayor a 4.50 m. Además, el Manual de Carreteras (2013) recomienda que para zonas de altura superiores a 3000 msnm. las losas deben tener geometrías cuadradas conservando el espesor definido según AASHTO.

Tabla2

Dimensiones de Losa.

Ancho de la losa	Longitud de la losa
2.70 m	3.30 m
3.00 m	3.70 m
3.30 m	4.10 m
3.60 m	4.50 m

Fuente: (Manual de Carreteras, 2013, p. 282).

1.2.3.2. Funciones.

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

1.2.3.3. Factores que inciden en su diseño.

Según describe el Manual de Carreteras (2013), “una adecuada construcción y oportuna, acompañada de un correcto diseño, son claves para que las juntas en el pavimento tengan un buen desempeño” (p. 283). El sellado de las juntas debe ser eficiente para conservar al sistema en funcionamiento.

Según el Manual de Carretera para el diseño de juntas, hay que tener en cuenta lo siguiente:

- **Espesor de la losa:** Infiuye en los esfuerzos generando alabeo y deflexiones.
- **Condición ambiental:** Los cambios de temperatura y humedad inducen el movimiento entre las losas, generando concentración de esfuerzos y alabeos.
- **Sistema de transferencia de cargas:** Es necesaria en toda junta de concreto.
- **Tipo de sub base:** El CBR afecta la estructura del pavimento y la fricción de la interfase afectan el movimiento y soporte de la losa.
- **Nivel de tránsito:** El tipo y volumen de los vehículos influye notablemente en las exigencias de los mecanismos de transferencia de carga a optar.
- **Diseño de la berma:** El tipo de berma, la presencia del sobre-ancho, afecta el soporte lateral y la capacidad de las juntas para transferir las cargas.
- **Materiales sellantes:** La longitud de la losa afecta el sellado a elegir.
- **Características de los materiales:** los materiales que componen el concreto afectan su resistencia y el dimensionamiento de las juntas.
- **Debe prepararse un plano para la distribución:** Identificando las juntas transversales, longitudinales, de contracción y dilatación; en este plano se identificarán las losas irregulares que requieran refuerzo y/o las losas donde se encuentran tapas de buzón o de cajas de paso y que también requieren refuerzo (Manual de Carreteras, 2013, p. 283).

1.2.3.4. Tipos.

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

1.2.3.4.1. Transversales.

- a. **De contracción:** Construidas perpendicularmente al eje de la vía y están espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento provocado por la retracción del concreto y por los cambios de

humedad y temperatura. El Manual de Carreteras recomienda en lo posible coincidir las juntas transversales de contracción con las de construcción, además de que el espaciamiento entre juntas no debe exceder los 4.50 metros. El aserrado del concreto será la hasta la tercera parte del espesor de la losa, con disco, que logra la abertura suficiente para inducir a la fisuración.

- b. De construcción:** Son las juntas generadas al final de la jornada de trabajo. Localizadas y construidas en el lugar planeado siempre que sea necesario; el empleo de pasadores para la transmisión de esfuerzos.
- c. De dilatación:** Los pavimentos rígidos generalmente no requieren de este tipo. Antiguamente, se usaban para reducir los esfuerzos de compresión, sin embargo, esto ocasiona que las juntas de contracción se abrieran más de lo necesario afectando la trabazón de los agregados y la transferencia de carga.

1.2.3.4.2. Longitudinales.

- a. De contracción:** Dividen los carriles de tránsito y controlan las grietas y fisuras cuando se construyen en simultáneo dos o más carriles. Al igual que las transversales los cortes se realizan a la tercera parte del espesor de la losa, la transferencia de carga se logra mediante la trabazón de agregados y se mantiene con el empleo de barras de amarre de acero y corrugadas.
- b. De construcción:** Construidos generalmente de acuerdo al encofrado utilizado o a las pasadas de la pavimentadora de encofrado deslizante. La transferencia de carga se logra mediante el empleo de juntas tipo llave o machihembradas. Este tipo de juntas (tipo llave) no se recomienda en pavimentos con espesores de las losas menores a 25 cm.

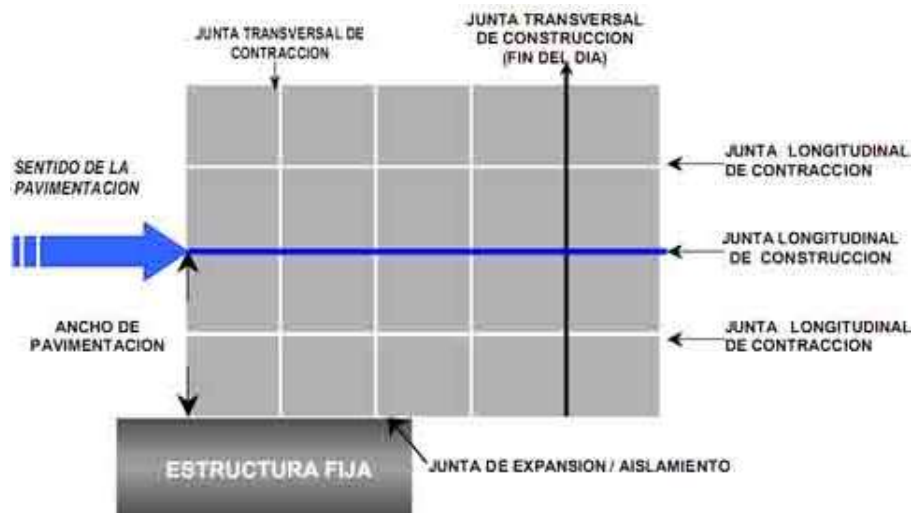


Figura 4: Tipos de juntas transversales y longitudinales en el pavimento.

Fuente: (Barreda, Naber, Quispe, & Sota, 2013, p. 114).

1.2.3.5. Mecanismo de transferencia de carga.

Es la idoneidad que tiene una junta de transferir la carga de una losa a otra, es decir, de un paño al paño adyacente; el mecanismo que ayuda a transferir las cargas entre losas adyacentes mediante el aserrado se denomina **trabazón de agregados**, el cual es el engranaje mecánico que existe entre los agregados de las caras de losas adyacentes. Depende de la resistencia al corte de los agregados, espaciamiento entre las juntas, tipo de sub base y el tránsito. El tamaño menor de **25 mm** de agregados provee una resistencia marginal. Por lo general, los agregados triturados son mejor que los zarandeados. Estudios indican que la trabazón de agregados funciona en diseños con **EE menores a 4 millones**.

1.2.4. Fisuras por retracción del concreto.

Según Giani, Navarrete y Bustos (2008), “la deformación hidráulica y térmica del concreto, es parte de las propiedades de material poroso, sin embargo, cuando su libre desarrollo se encuentra impedido, parcial o totalmente, puede dar origen a tensiones internas capaces de generar fisuras o grietas”.

En pavimentos rígidos, la contracción volumétrica que estos normalmente experimentan, obliga a aserrar juntas de contracción, a fin de limitar la

posibilidad del agrietamiento, producto de la existencia de tensiones internas superiores a su resistencia a tracción, que terminan cortando los paños en los puntos de menor resistencia, presentes en la mezcla de concreto.

Para un adecuado control de fisuras, resulta necesario de entender y cuantificar los fenómenos de retracción posible, cuyas causas y alcances, por su complejidad, son un problema aún no completamente resuelto.

1.2.4.1. Retracción.

1.2.4.1.1. Definición.

“Es la deformación del concreto en fresco o endurecido y se manifiesta mediante la disminución de su volumen en el proceso de las primeras horas de fraguado; es producido por la pérdida de agua; la cual no depende de la carga aplicada” (Cedeño, Cuellar & Izurieta, 2009, p. 20).

Además, “Al perder agua y volumen se produce tensiones internas de tracción dando lugar a las fisuras de retracción; la cual depende de la cantidad de finos y cemento, relación a/c, espesor de la losa, uso de acero y de la temperatura ambiental; y por ende, las fisuras variarán en su cantidad y magnitud” (p. 20).

1.2.4.1.2. Tipos.

Según Hermida, González, & Romero, “el concreto desde sus inicios puede sufrir diferentes tipos de retracción, entre ellos se reconoce los siguientes”:

- a. Autógena o química:** Provocada por la naturaleza propia de la hidratación del cemento; el volumen inicial de los componentes agua y cemento son mayores que el volumen final del hidrato resultante.
- b. Plástica:** Relacionada con la pérdida del agua superficial del concreto fresco (paso de superficie brillante a mate).
- c. Secado o hidráulica:** Se da en el concreto endurecido. Está relacionado con la pérdida de humedad, ante la existencia de un gradiente de humedad entre el concreto y el ambiente al que está

expuesto; la evaporación de agua hacia la exterior causa la retracción, siendo la forma más común y visible.

- d. Retracción Térmica:** Ocasionada por el calor de hidratación, debido a su lenta disipación por parte del elemento, formándose un gradiente (diferencial) térmico.
- e. Retracción por Carbonatación:** Este cambio dimensional tiene lugar a largo plazo y está relacionado con la pérdida o lavado de productos de la carbonatación como el bicarbonato de calcio.

1.2.4.1.3. **En estado plástico.**

Según manifiesta Hermida, González, & Romero, "la retracción en estado plástico es aquella que se produce antes de que el material cumpla 24 horas, principalmente aquella que tiene lugar antes del fraguado final"; esta retracción temprana se debe en esencia a la pérdida superficial de agua y tiene lugar una vez ha desaparecido el agua de exudación en la superficie del material.

1.2.4.1.4. **En estado endurecido.**

La retracción en estado endurecido es mucho más compleja de manejar y solucionar comparada con aquella que tiene lugar antes de las 24 horas (estado plástico), el volumen de pasta o el volumen de agregados resulta el parámetro crítico a controlar.

1.2.4.2. **Fisuras.**

1.2.4.2.1. **Definición.**

Son roturas en la masa del concreto que aparecen generalmente en su superficie con un desarrollo lineal, producidas por la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia. Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de la losa se convierte en grieta. La principal diferencia entre estas radica en que la fisura "no trabaja" y si se la cierra con algún método simple; en cambio, la grieta "sí trabaja" y para anularla hay que eliminar el motivo que la produjo y además ejecutar trabajos especiales para "sellarla".

Las grietas, por lo general, se dan por fallas en el diseño, manifestadas por insuficientes secciones de hormigón y/o armaduras de refuerzo; por eso es que se requieren trabajos muy importantes para su reparación.

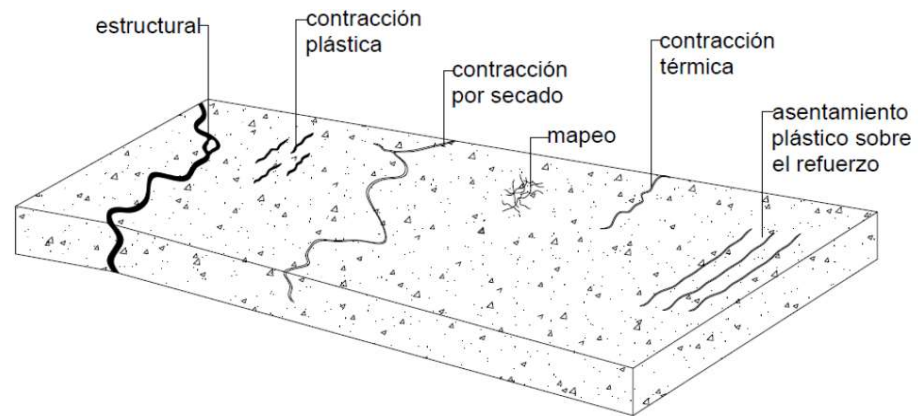


Figura 5: Tipos de fisuras.

Fuente: (Pombo & Zerbino, 2021, pág. 6).

Para Becker, (2013) “los pavimentos de rígidos son una prueba importante para el concreto como material ya que, sufre cambios dimensionales durante su evolución (de plástico a sólido), es una estructura muy expuesta al medio ambiente, que le induce importantes cambios dimensionales por el calentamiento y enfriamiento de la temperatura ambiente, variaciones en la radiación solar; cambios de humedad y fuertes gradientes térmicas; lo cual lleva a fisuras en el concreto en su estado fresco como endurecido.

1.2.4.2.2. **En su estado fresco.**

En este estado, se desarrolla buena parte de las reacciones de hidratación de la mezcla se producen diversos cambios internos (asimilables a las reacciones de hidratación) y al mismo tiempo se da una influencia muy importante de otros factores relacionados con aspectos ambientales, constructivos y de diseño. Todos ellos contribuyen a los cambios dimensionales que se producen en el proceso, que deben ser controlados para evitar la aparición de fisuras.

1.2.4.2.3. **En su estado endurecido.**

Las tensiones inducidas por restricción a la contracción (por secado o térmica) como las que se desarrollarían por restricción por adherencia

losa-base. Es posible establecer las distancias que separan a las fisuras transversales de contracción de una losa a partir de las propiedades del concreto (contracción, módulo de elasticidad, resistencia a la tracción), las condiciones de exposición (temperatura, asoleo, evaporación, etc.) y, por supuesto, la restricción entre la cara inferior de la losa de pavimento y la superficie de la base de apoyo.

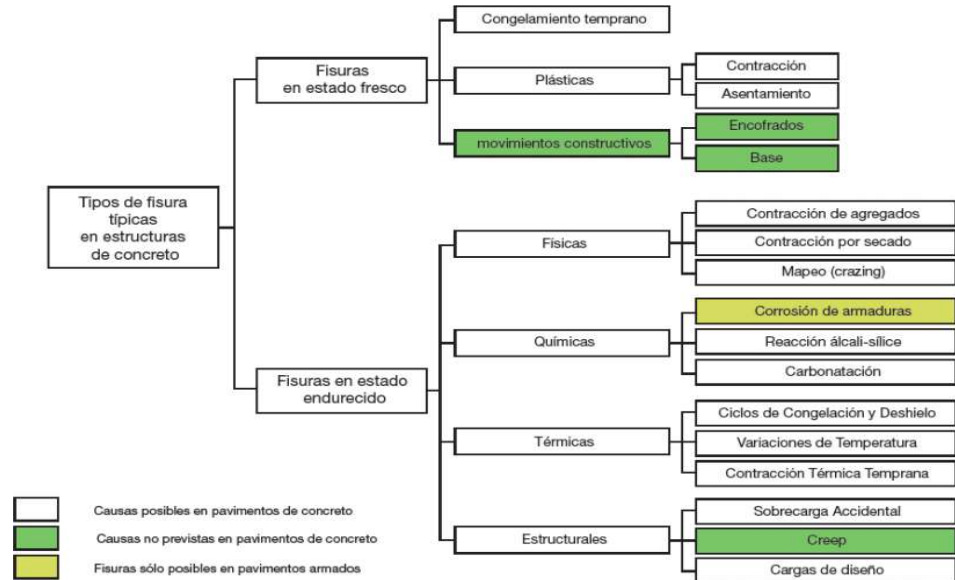


Figura 6: Tipos de fisuras típicas en el concreto.

Fuente: (Pombo & Zerbino, 2021, pág. 6).

1.2.5. Pavimento rígido.

1.2.5.1. Pavimento.

Según Montejo (1998), “un pavimento es una estructura conformada por un conjunto de capas conformadas una sobre otra, construidas con agregados apropiados de calidad y adecuadamente compactados”, además, “se construye normalmente sobre la capa de la sub rasante, obtenida por el movimiento de tierras y que son diseñados para soportar los esfuerzos impuestas por el tránsito durante un tiempo determinado”.

1.2.5.2. Pavimento rígido.

Superficie de rodadura construida por una mezcla de cemento, arena gruesa y agua debidamente dosificadas (concreto), con periodos de

diseño superiores 15 años, apoyada sobre el suelo y sub-Base que no tenga cambios abruptos, de una razonable uniformidad de su área.

1.2.5.3. Componentes.

Los pavimentos rígidos están generalmente conformados por varias capas como una carpeta de rodamiento (concreto), una base (material granular seleccionado), una sub-base (material granular de menor calidad que la bases) y la sub-rasante (relleno o corte), estas capas se encuentran apoyadas sobre el terreno de fundación, tal como se ver:

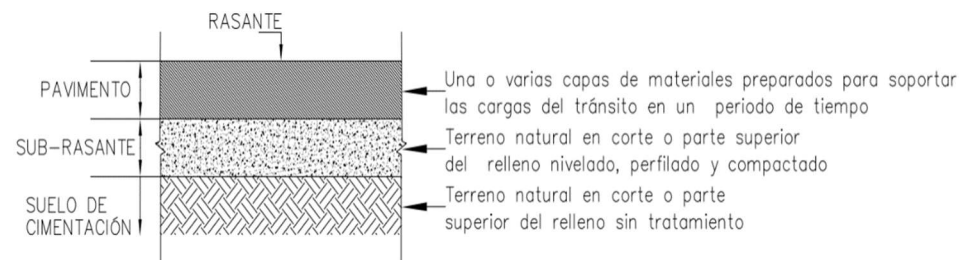


Figura 6: Estructura de pavimento.

Fuente: (Elaborado por el tesista).

Cuando las solicitaciones del pavimento son mayores, son construidos con pasadores y estos transfieren de carga de paño al otro siendo muy importantes para mantener la vida útil del pavimento. La mayoría de los problemas de rendimiento son el resultado de una posible adecuación de las juntas. Las barras de enlace proveen una conexión mecánica entre carpetas, sin restringir el movimiento horizontal de la junta; También mantienen a las carpetas en alineamiento horizontal y vertical, tal como se muestra en la siguiente figura.

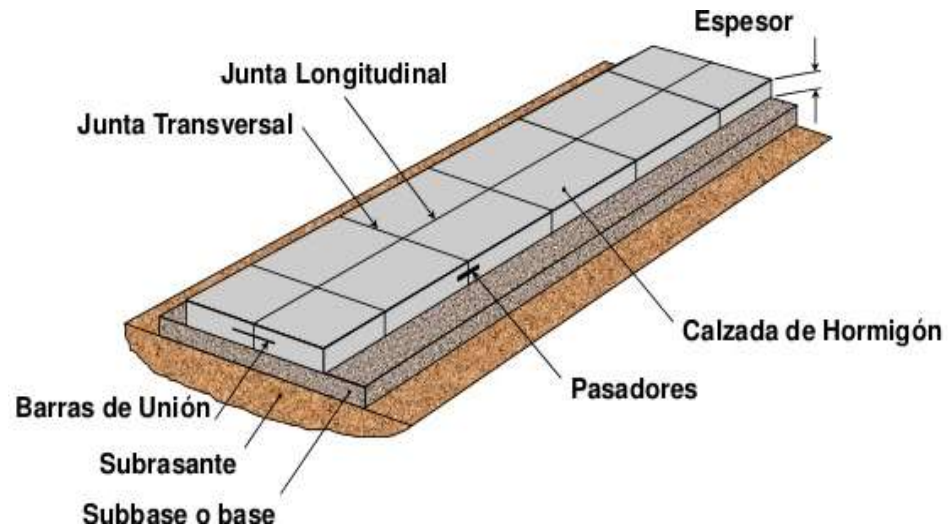


Figura 7: Estructura de un pavimento rígido.

Fuente: (Diego Calo).

1.2.5.4. Tipos de pavimentos rígidos.

El desarrollo de grietas es un tema complejo, razón por la cual el concreto se contrae y expande, además se deforma debido a la carga, todo ello puede inducir a grietas. Es igualmente importante saber que este agrietamiento natural puede ser fácilmente controlado con el uso apropiado de juntas y refuerzos de acero dentro del pavimento.

Existen tres tipos: pavimentos de junta normal, de junta reforzada y reforzado continuo. La distinción de cada tipo es el sistema de junta utilizado para controlar el desarrollo de grietas.

- **De junta normal:** Contiene suficientes juntas el espacio entre juntas transversales es típicamente 15 pies para carpetas de entre 7 y 12 pulgadas de espesor.
- **De junta reforzada:** Contiene una malla de acero reforzado. El espacio entre juntas transversales es típicamente 30 pies o más actualmente se emplea poco este diseño.
- **De reforzado continuo:** No requiere ninguna junta transversal son esperadas en la carpeta, usualmente a intervalos de 3 a 5 pies son diseñados con suficiente acero.

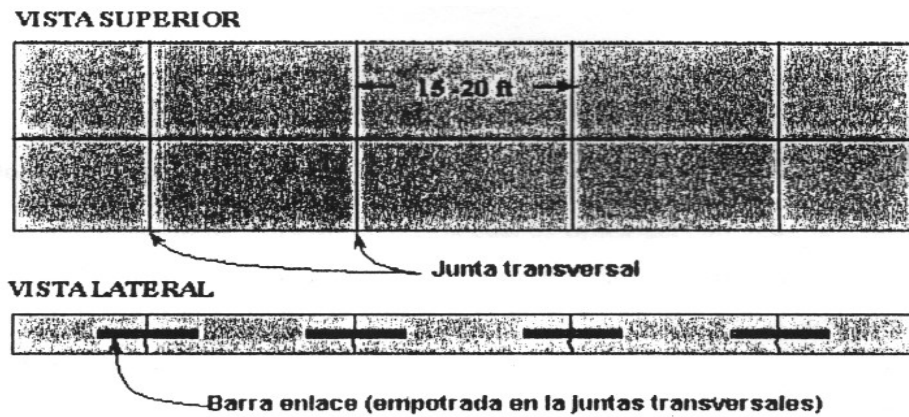


Figura 8: Juntas o pasadores de los pavimentos rígidos.

Fuente: (Diego Calo).

1.2.5.5. Espesores típicos en pavimentos rígidos.

Para el diseño de los espesores se toman las consideraciones de carga de tráfico y crecimiento de tráfico, tipos de suelo y drenaje.

Tabla3

Espesores típicos de la losa del pavimento.

Utilidad	Espesor típico
Calles de ciudad,	100 a 175 mm
Carreteras secundarias	(4 a 7 pug.)
Pequeños aeropuertos	175 a 28mm
Carreteras principales	(7 a 12 pulg)
Autopistas	200 a 460mm
Grandes aeropuertos	(8 a 18 pulg)

Fuente: (Barreda, Naber, Quispe, & Sota, 2013, p. 115).

1.2.5.6. Estructura de los pavimentos.

- **El pavimento rígido:** Está compuesto por una capa de concreto resultado de la mezcla de cemento, arena gruesa y agua, están construidas sobre una base que se apoya en suelo compactado.
- **El pavimento flexible:** Conformado por una capa de asfáltica; están construidas sobre una base apoyada en suelo compactado. La

disposición sobre la vía preparada es continua, es decir no en placas, tampoco no tiene juntas, se puede colocar el asfalto en frío o caliente.

El mayor factor considerado en el diseño del pavimento rígido es la resistencia del concreto, por ende, la variación en la resistencia del suelo tiene pequeña influencia en la capacidad estructural.

Una distinción práctica entre el pavimento flexible y el rígido, es que este último provee oportunidades para reforzar, cambiar la textura y el color; siendo más fuerte, durable, seguro y arquitectónicamente mejor.

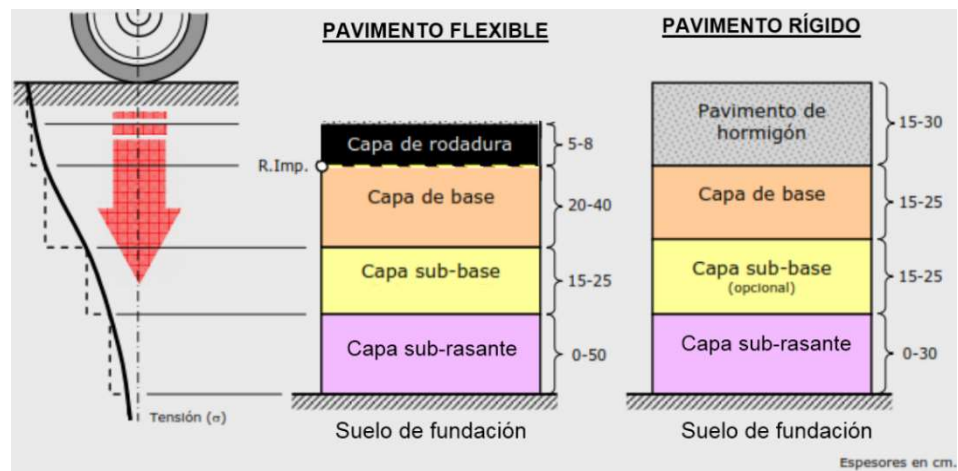


Figura 9: Diferencias estructurales de un pavimento rígido y flexible.

Fuente: (Diego Calo).

1.3. Definición de términos básicos.

1.3.1. Base granular.

Se encuentra entre la de sub rasante y/o sub base y la capa de rodadura, para Montejo (1998): “comprende el principal elemento estructural del firme, que recoge, absorbe y distribuye las cargas vehiculares, constituidas por materiales granulares de partículas de distintas gradaciones unidas por conglomerantes”.

1.3.2. Clima.

El clima es un conjunto de condiciones atmosféricas propias de una zona geográfica determinada.

1.3.3. Fisura.

Son roturas en la masa del concreto que aparecen generalmente en su superficie con un desarrollo lineal, producidas por la existencia de tensiones superiores a su capacidad de resistencia.

Grietas: Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de la losa se convierte en grieta; Estas se dan por fallas en el diseño, manifestadas por insuficientes secciones de concreto y/o armaduras de refuerzo.

1.3.4. Juntas.

El propósito de las juntas es controlar la fisuración y aparición de grietas que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad.

1.3.5. La serviciabilidad.

Es la percepción que tienen los usuarios del nivel de servicio del pavimento. Es por ello que la opinión de ellos es la que debe ser medida para calificar la serviciabilidad.

1.3.6. Pavimento.

Para Montejo (1998), “un pavimento comprende un grupo de capas una encima de otra, que son diseñados y construidos con materiales adecuados y debidamente compactados y que se construye por lo general sobre la capa sub rasante, alcanzado por el movimiento de tierras y que han de soportar los esfuerzos del tránsito durante el período”.

1.3.7. Método de diseño AASHTO 93.

Este método fue desarrollado en función del desempeño de la vía, las cargas vehiculares y resistencia de las subrasantes para el cálculo de espesores.

1.3.8. Pavimento flexible.

Están formados por una carpeta bituminosa (asfalto) apoyada generalmente sobre la base y la sub base.

1.3.9. Pavimento rígido.

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la sub rasante o sobre una capa, de material seleccionado.

1.3.10. Pavimento semirrígido.

Tiene la estructura de un pavimento flexible, pero una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente.

1.3.11. Retracción de concreto.

Se puede definir como la deformación del concreto en fresco o endurecido y se manifiesta mediante la disminución de su volumen en el proceso de las primeras horas de fraguado; es producido por la pérdida de agua.

1.3.12. Temperatura.

Se puede definir como la magnitud física que mide la sensación subjetiva de calor o frío de los cuerpos o del ambiente; la temperatura se mide generalmente en grados centígrados en nuestro medio.

1.3.13. Tiempo óptimo de corte.

Inicia cuando la resistencia del concreto es suficiente para aserrar sin excesivo desportillado en los bordes a lo largo del corte y finaliza cuando el volumen del concreto se reduce significativamente (por secado o por temperatura) y las tensiones de tracción son mayores que las resistentes.

1.3.14. Ventana de aserrado.

Se denomina ventana de aserrado al momento oportuno para efectuar el corte de las juntas del concreto en los pavimentos rígidos.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipo, alcance y diseño de la investigación.

2.1.1. Tipo de investigación.

La presente investigación se ajusta al tipo básico. Según Borja (2012), “este tipo de investigación está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal”

2.1.2. Alcance de la investigación.

La investigación se ajusta el tipo de alcance exploratorio; “puesto que se estudia un tema poco conocido, ya que la información que se cuenta es escasa con nuestro problema de estudio” (Hernández, Fernández & Batista, 2006).

2.1.3. Diseño de investigación.

La presente investigación se ajusta al diseño no experimental, “puesto que este tipo de diseños no experimentales; no establecen, ni pueden probar relaciones causales directas entre dos variables o entre dos elementos” (Borja, 2012, p. 11); además, al no cumplir con los tres requisitos principales de este tipo de investigación (manipulación intencional, presencia – ausencia y control interno de la una de sus variables).

2.2. Unidad de análisis, población y muestra.

2.2.1. Población.

La población está compuesta por los pavimentos rígidos de losas de concreto construidas en regiones andinas del Perú con altitudes superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Por lo tanto, es una población **infinita**.

2.2.2. Muestra.

Para determinar el tamaño de muestra (losas de concreto del pavimento rígido a evaluar), al ser una **población infinita**; aplicamos la siguiente ecuación:

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

- n: Tamaño de la muestra.
- p: Probabilidad que la hipótesis sea verdadera.
- q: (1 – p) Probabilidad de No ocurrencia de la hipótesis.
- e: Error estimado por estudiar una muestra en toda la población.
- z: Coeficiente de confiabilidad que corresponde a un % de confiabilidad requerida.

Tabla4

Valores de Z para un nivel de confiabilidad.

Nivel de confianza (%)	Coeficiente de confiabilidad (Z)
99.00	2.58
98.00	2.33
97.00	2.17
96.00	2.05
95.00	1.96
90.00	1.65

80.00	1.28
50.00	0.67

Fuente: (Borja, 2012, p. 31).

Remplazando los datos tenemos:

- p: 80% (por los antecedentes encontrados)
- q: 20%
- e: 5%
- z: 1.96 (para un nivel de confiabilidad del 95%)

Remplazando en la ecuación se tiene:

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 0.8 * 0.2}{0.05^2} = 245.86$$

$$n = 245.86$$

2.2.3. Unidades de análisis.

De la ecuación aplicada las unidades de análisis fueron de 246 losas de concreto del pavimento rígido; los cuales fueron construidos en la localidad de Usicayos, que se encuentran las vías pavimentadas del distrito de Usicayos se describen en el nombre de la obra de nombre “*Mejoramiento de la infraestructura vial urbana de los jirones Circunvalación, Puno, Santa Cruz, 8 De Setiembre, Inambari, y jirones adyacentes de la localidad de Usicayos del Distrito de Usicayos – Carabaya – Puno*”, sumando una longitud de 2.25 km y un ancho promedio de 4.5 m.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El desarrollo del estudio de investigación se realizó aplicando la técnica de la observación y el registro por medio de evaluaciones visuales, siguiendo una secuencia lógica como se describe a continuación.

2.3.1. Características físicas y mecánicas de las losas de concreto.

Los materiales empleados para el concreto de las losas de los pavimentos rígidos fueron ensayados y determinados por el laboratorio de mecánica de suelos de nombre: “*JC LABORATORIO SAN ROMÁN*”, la misma que fue la encargada para realizar el diseño de mezclas para en concreto empleado.

Los agregados empleados fueron de la cantera del río Crucero, específicamente del centro poblado Carlos Gutiérrez, de acuerdo con el análisis granulométrico, esta cantera reúne las condiciones para ser empleadas en el diseño de mezcla del concreto; por su calidad, dureza y limpieza.

Estos agregados tienen características de canto rodado, provenientes de depósitos fluviales de grava y arena sin guijarros u otras sustancias que perjudiquen al diseño de mezcla del concreto. Los resultados obtenidos en laboratorio son los detallados siguientemente.

- **Agregados gruesos.**

Se define como agregado grueso o grava al material retenido por la malla N° 4 (4.75 mm). El agregado grueso debe ser limpio de polvo, sin presencia de material orgánico u otras sustancias perjudiciales no contiene piedra desintegrada mica ni cal. La grava para su empleo en la mezcla de concreto debe cumplir los rangos granulométricos de la norma ACTM C – 33.

- **Agregados finos.**

Se define el agregado fino al material que pasa la malla N° 4, llamado también arena, que para su empleo en mezclas de concreto debe ser limpia con granos y partículas resistentes fuertes y duros libre de las cantidades perjudiciales de polvo, terrones son contenidos de las partículas blandas o escamosas. Además, debe cumplir los rangos granulométricos de la norma ASTM M – 6.

2.3.1.1. Características físicas de los agregados empleados.

2.3.1.1.1. Análisis granulométrico y módulo de finura.

- Agregados gruesos.

La granulometría de los agregados gruesos provenientes de la cantera del río Crucero, se realizó de acuerdo a la norma ASTM C – 33. La curva granulométrica se grafica considerando en el eje “x” la abertura de los tamices en escala logarítmica y en el eje “y” el % pasante de cada uno de los tamices; con los siguientes datos obtenidos:

Tabla5
Granulometría del agregado grueso.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	% ret. (%)	% acum. (%)	% que pasa (%)	Especificación ASTM C 33	
2 ½”	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.0	100.0
2”	50.60	0.00	0.00	0.00	100.00	100.0	100.0
1 ½”	38.10	187.00	5.92	5.92	94.08	95.0	100.0
1”	25.40	287.00	9.08	15.00	85.00		
¾”	19.05	445.00	14.08	29.08	70.92	35.0	70.0
½”	12.70	598.00	18.92	48.01	51.99		
3/8”	9.53	643.00	20.35	68.35	31.65	10.0	30.0
N° 4	4.76	959.00	30.35	98.70	1.30	0.0	5.0
N° 8	2.38	41.00	1.30	100.00	0.00		
Total		3160.00	100.00				
Perdida		0.00					

Fuente: Realizado por el tesista.

- Agregados finos.

La granulometría de los agregados finos provenientes de la cantera del río Crucero, se realizó de acuerdo a la norma ASTM M – 6. La curva granulométrica se grafica considerando en el eje “x” la abertura de los tamices en escala logarítmica y en el eje “y” el % pasante de cada uno de los tamices; con los siguientes datos obtenidos:

Tabla6
Granulometría del agregado fino.

Tamiz ASTM	Abertura (mm)	Peso ret. (gr)	% ret. (%)	% acum. (%)	% que pasa (%)	Especificación ASTM M 6	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	100.0	100.0
N° 4	4.76	86.00	4.05	4.05	95.95	95.0	100.0
N° 8	2.38	281.00	13.22	17.27	82.73		
N° 16	1.19	287.00	13.51	30.78	69.22	45.0	80.0
N° 30	0.59	625.00	29.41	60.19	39.81		
N° 50	0.30	408.00	19.20	79.39	20.61	10.0	30.0
N° 100	0.149	365.00	17.18	96.56	3.44	2.0	10.0
N° 200	0.074	65.00	3.06	99.62	0.38	0.0	3.0
Fondo		8.00	0.38	100.00	0.00		
Total		2125.00	100.00				
Perdida		0.00					

Fuente: Realizado por el tesista.

2.3.1.1.2. Módulo de fineza.

El módulo de finura y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$Mf = \frac{\sum \% \text{ de pesos retendios en cada tamiz}}{100}$$

Reemplazando los resultados o los datos de la tabla anterior se obtiene el siguiente módulo de fineza (Mf):

$$Mf = \frac{4.05 + 17.27 + 30.78 + 60.19 + 79.39 + 96.56 + 99.62}{100}$$

$$Mf = 2.88$$

2.3.1.1.3. Peso específico y absorción.

- Agregados gruesos.

Esta característica se determinó mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM C – 128, de los certificados del ensayo realizado

en laboratorio se tiene los siguientes datos, con los cuales se determinaron el peso específico y absorción del agregado:

- Peso en el aire de la muestra seca (A): 1,091. 00 gr.
- Peso en el aire de la muestra saturada (B): 1,059. 00 gr.
- Peso de la muestra sumergida en agua (C): 656. 00 gr.

$$\text{Peso esp. nominal} = \frac{A}{A - C} = \frac{1,059.00}{1,059.00 - 656.00} = 2.508 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso esp. saturado} = \frac{B}{B - C} = \frac{1,091.00}{1,091.00 - 656.00} = 2.628 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Peso esp. aparente} = \frac{A}{B - C} = \frac{1,059.00}{1,091.00 - 656.00} = 2.434 \text{ gr/cm}^3$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B - A}{A} * 100 = \frac{1,091.00 - 1,059.00}{1,059.00} * 100 = 3.02 \%$$

- Agregados finos.

Esta característica se determinó mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM C – 128, de los certificados del ensayo realizado en laboratorio se tiene los siguientes datos, con los cuales se determinaron el peso específico y absorción del agregado:

- Peso del material saturado superficialmente seco (A): 500. 00 gr.
- Peso del frasco más agua: 1404. 00 gr.
- Peso del frasco más agua más (A): 1904. 00 gr.
- Peso del material más agua en el frasco: 1710. 00 gr.
- Volumen de la masa más volumen de vacíos: 194. 00 cm³.
- Peso del material seco: 485. 00 gr.
- Volumen de la masa: 179. 00 cm³.
- Peso específico Bulk (base seca): 2. 500 gr/cm³.
- Peso específico Bulk (base saturada): 2. 577 gr/cm³.
- Peso específico aparente (base seca): 2. 709 gr/cm³.
- Absorción: 3. 08 %

1.1.1.1.1. Peso unitario.

- Agregados gruesos.

El peso unitario se determinó mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM C – 128, de los certificados del ensayo realizado en laboratorio se tiene los siguientes datos, con los cuales se determinó está característica:

Peso unitario suelto

Número de muestra	1	2	3
Peso del molde (gr)	6007.00	6007.00	6007.00
Volumen del molde (cm ³)	3127.00	3127.00	3127.00
Colocación de amuestra a molde	Libre	Libre	Libre
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9742.00	9722.00	9735.00
Peso de la muestra suelta (gr)	3735.00	3715.00	3728.00
Densidad mínima de la muestra seca (gr/cm ³)	1.194	1.188	1.192
Promedio de las densidades (gr/cm ³)		1.192	

Peso unitario varillado

Número de muestra	1	2	3
Peso del molde (gr)	6007.00	6007.00	6007.00
Volumen del molde (cm ³)	3127.00	3127.00	3127.00
Número de capas	3	3	3
Número de golpes por capa	25	25	25
Peso del molde + muestra compactada (gr)	9910.00	9930.0	9945.00
Peso de la muestra compactada (gr)	3903.00	3923.00	3938.00
Densidad máxima de la muestra seca (gr/cm ³)	1.248	1.255	1.259
Promedio de las densidades (gr/cm ³)		1.254	

- Agregados finos.

Esta característica fue determinada mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM C 128, con los siguientes datos obtenidos de los certificados del ensayo realizado el laboratorio de suelos:

Peso unitario suelto

Número de muestra	1	2	3
Peso del molde (gr)	6007.00	6007.00	6007.00
Volumen del molde (cm3)	3127.00	3127.00	3127.00
Colocación de muestra a molde	Libre	Libre	Libre
Peso del molde + muestra suelta (gr)	9780.00	9775.00	9766.00
Peso de la muestra suelta (gr)	3773.00	3768.00	3759.00
Densidad mínima de la muestra seca (gr/cm3)	1.207	1.205	1.202
Promedio de las densidades (gr/cm3)		1.205	

Peso unitario varillado

Número de muestra	1	2	3
Peso del molde (gr)	6007.00	6007.00	6007.00
Volumen del molde (cm3)	3127.00	3127.00	3127.00
Número de capas	3	3	3
Número de golpes por capa	25	25	25
Peso del molde + muestra compactada (gr)	10151.00	10150.00	10144.00
Peso de la muestra compactada (gr)	4144.00	4143.00	41437.00
Densidad máxima de la muestra seca (gr/cm3)	1.325	1.325	1.323
Promedio de las densidades (gr/cm3)		1.324	

2.3.1.2. Características mecánicas y diseño de mezcla.

El pavimento rígido conformado por losas de concreto el cual está compuesto principalmente por cemento, agua y agregado grueso y fino y en algunas características especiales se requiere de aditivos; además, puede contener un pequeño volumen de aire atrapado puede ser incorporado mediante el empleo del aditivo incorporador de aire, por el tema de las heladas en nuestra región. La selección de los materiales y la cantidad de estos, empleados en la mezcla de concreto, generalmente está basado entre el costo y el cumplimiento de las solicitudes mecánicas de resistencia requeridas.

Las características mecánicas de resistencia de las losas del pavimento se encuentran establecidas en el Manual de Carreteras del MTC y la Norma Técnica peruana E 010 (Pavimentos urbanos), donde se establece valores superiores a 210 kg/cm²; para la obra referida se usaron concreto de 210, 175 y 140 kg/cm².

Cabe especificar que estas dos últimas fueron empleadas en las zonas de estacionamiento y veredas, y el concreto utilizado en las losas del pavimento fue de una resistencia de 210 kg/cm² el cual fue adquirido de la empresa concretera "MASTER CON" (concreto pre mezclado), con el siguiente diseño y/o proporción de cada material:

Peso seco de los materiales por m³

Material	Volumen (m ³)	Peso esp. (gr/cm ³)	Cantidad (kg)
Cemento			382.40
Agregado grueso	0.3709	2.51	931.00
Agregado fino	0.2473	2.58	637.30
Agua			195.00

Corrección por humedad y absorción

Material	Corrección	Peso (kg)	Cantidad (kg)
Agregado grueso	(1.82-3.14)/100	931.00	4.05
Agregado fino	(4.82-4.41)/100	637.3	16.57
Agua		195.00 – 16.57 – 4.05	174.38

Peso de materiales corregidos por m3

Material			Cantidad (kg)
Cemento			382.40
Agregado grueso	931.00	-4.05	926.95
Agregado fino	637.30	16.57	620.73
Agua			195.00

Peso de materiales por bolsa de cemento

Material	Coeficiente	Peso (kg)	Peso (kg)
Cemento	1.00	42.50	42.50
Agregado grueso	2.424	42.50	103.02
Agregado fino	1.623	42.50	68.98
Agua	0.456	42.50	19.38

Proporciones en volumen por una bolsa de cemento

Cemento	1.00	Pie ³
Agregado grueso	3.05	Pie ³
Agregado fino	2.02	Pie [#]
Agua	19.38	Litros

Datos de diseño por un m3 de concreto 210 kg/cm²

En la siguiente tabla, se muestran los valores de las cantidades utilizadas en el diseño de la mezcla del concreto de resistencia de 210 kg/cm³, que se emplearon en las losas del pavimento rígido, (no se emplearon aditivos como los anticongelantes).

Tabla 1:
Diseño del concreto de las posas del pavimento.

Datos de diseño	Cantidad	Unidad
F'C	210.00	Kg/cm ²
Slump	3 – 4	Pulgadas
Agregado grueso	35.00	%
Agregado fino	25.00	%
Agua	195.00	Litros
Relación agua/ cemento	0.51	a/c
Cemento	9.00	Bolsas

Fuente: Realizado por el tesista.

2.3.2. Intervalo de tiempo del desportillado de las losas de concreto.

Para determinar el intervalo de tiempo donde se produce las fallas del pavimento por el fenómeno del desportillado de las losas de concreto de los pavimentos rígidos, se aplicó el instrumento de la escala de Likert, que se basa en afirmaciones que permiten identificar la posición del encuestado sobre el tema de investigación; con una escala de medición como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2:
Escala de valoración de Likert para fallas por desportillado.

Grado de desportillado	Nivel
Sin desportillado	5.00
Poco desportillado	4.00
Regular desportillado	3.00
Alto desportillado	2.00
Muy alto desportillado	1.00

Fuente: Realizado por el tesista.

Se evaluaron un total de 240 losas (tamaño de muestra ítem 3.6.2. de la presente tesis); tomando 48 losas por cada vía pavimentada, los aserrados realizaron en intervalos de tiempo de 30 minutos a partir del minuto 240 (4:00 horas) hasta el minuto 360 (10:00 horas), del tiempo de vaciado (fraguado); el registro de las evaluaciones se realizó con el formato de la siguiente tabla; se utilizaron el mismo formato para cada vía pavimentada:

Los puntos evaluados de las desportilladuras en las losas del concreto del pavimento rígido fueron realizados intercaladamente (una losa si otra no) y en zonas donde se realizaron los aserrados (corte de las juntas de contracción del pavimento), en la siguiente figura se ilustra los puntos y las losas donde se efectuaron las inspecciones visuales de las fallas por desportillado:

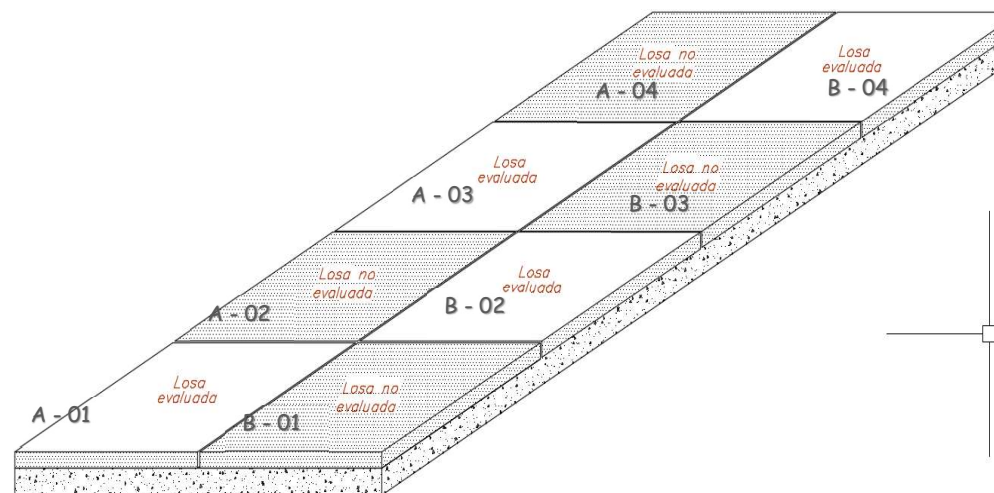


Figura 10: Orden de losas evaluadas para las fallas por desportillado.
Fuente: (Elaboración propia).

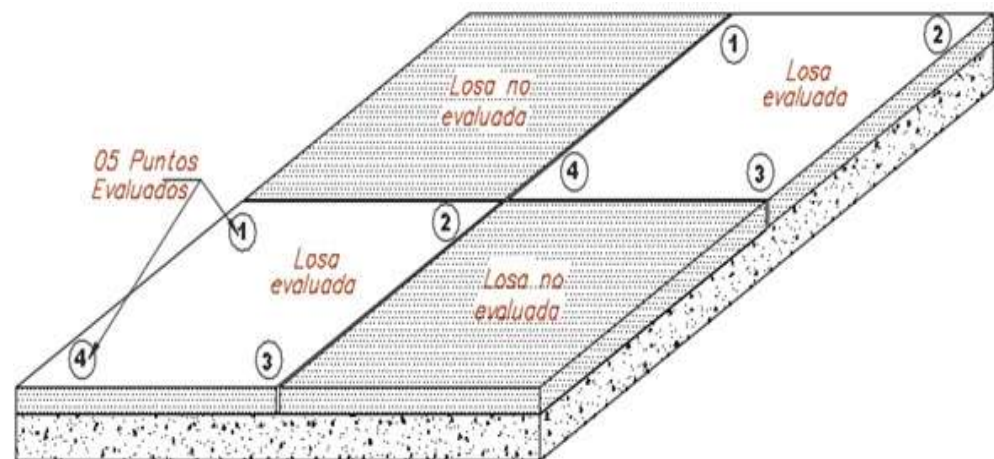


Figura 11: Puntos evaluados por fallas de desportillado en la losa de concreto.

Fuente: (Elaboración propia).

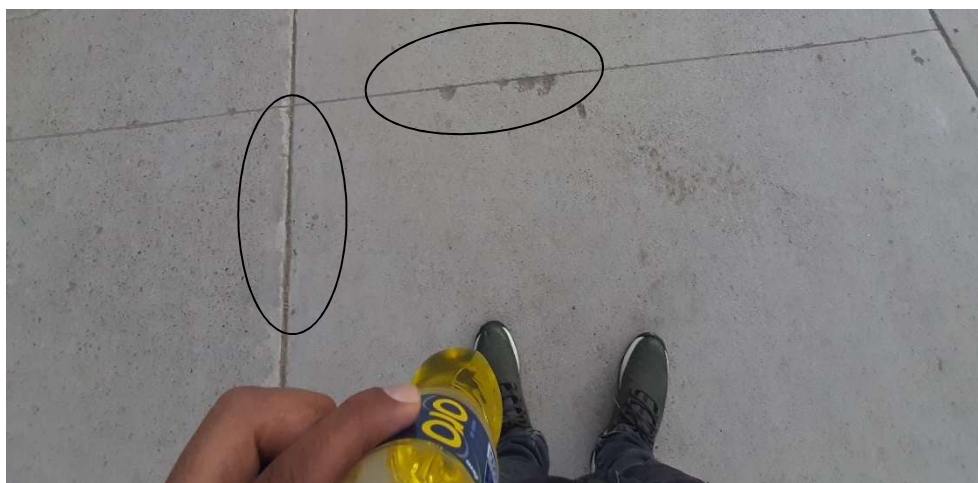


Figura 12: Fallas por desportilladura en la losa de concreto.

Fuente: (Elaboración propia).

En las siguientes tablas, se muestran el registro visual de fallas por desportilladura:

- Jr. Circunvalación:

Tabla 3:

Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Circunvalación.

Losas evaluada	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600
A-01 – A-15	1	2	3	2	4	5
A-17 – A-31	1	1	2	4	4	5
A-33 – A-47	1	3	2	3	5	5
A-49 – A-63	1	2	3	3	4	5
B-02 – B-16	1	1	2	4	5	5
B-18 – B-32	1	2	3	3	5	5
B-34 – B-48	1	1	2	3	4	5
B-50 – B-52	1	1	3	4	3	5
<i>Sin despor.</i>	0	0	0	0	3	8
<i>Poca despor.</i>	0	0	0	3	4	0
<i>Regular despor.</i>	0	1	4	4	1	0
<i>Alto despor.</i>	0	3	4	1	0	0
<i>Muy despor.</i>	8	4	0	0	0	0

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. Puno:**

Tabla 4:

Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Puno.

Losas evaluadas	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600
A-01 – A-15	1	1	3	2	4	5
A-17 – A-31	1	2	3	4	5	5
A-33 – A-47	1	3	2	3	4	4
A-49 – A-63	1	1	2	3	4	5
B-02 – B-16	1	2	2	4	5	5
B-18 – B-32	2	1	3	3	5	5
B-34 – B-48	1	2	3	3	4	4
B-50 – B-52	1	3	3	2	3	5
<i>Sin despor.</i>	0	0	0	0	3	6
<i>Poca despor.</i>	0	0	0	2	4	2
<i>Regular despor.</i>	0	2	5	4	1	0
<i>Alto despor.</i>	1	3	3	2	0	0
<i>Muy despor.</i>	7	3	0	0	0	0

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. Santa Cruz:**

Tabla 5:

Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Santa Cruz.

Losas evaluada	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600
A-01 – A-15	1	1	3	2	4	5
A-17 – A-31	1	2	3	4	5	5
A-33 – A-47	1	3	2	3	4	4
A-49 – A-63	1	1	2	3	4	5
B-02 – B-16	1	2	2	4	5	5
B-18 – B-32	2	1	3	3	5	5
B-34 – B-48	1	2	3	3	4	4
B-50 – B-52	1	3	3	2	3	5
<i>Sin despor.</i>	0	0	0	0	3	6
<i>Poca despor.</i>	0	0	0	2	4	2
<i>Regular despor.</i>	0	2	5	4	1	0
<i>Alto despor.</i>	1	3	3	2	0	0
<i>Muy despor.</i>	7	3	0	0	0	0

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. 8 De Setiembre:**

Tabla 6:

Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. 8 De Setiembre.

Losas evaluadas	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600
A-01 – A-15	1	2	3	2	4	5
A-17 – A-31	1	1	2	4	4	5
A-33 – A-47	1	3	2	3	5	4
A-49 – A-63	1	2	3	3	4	5
B-02 – B-16	1	1	2	4	5	4
B-18 – B-32	2	2	3	3	5	5
B-34 – B-48	1	1	2	3	4	5
B-50 – B-52	1	1	3	4	3	5
<i>Sin despor.</i>	0	0	0	0	3	6
<i>Poca despor.</i>	0	0	0	3	4	2
<i>Regular despor.</i>	0	1	4	4	1	0
<i>Alto despor.</i>	1	3	4	1	0	0
<i>Muy despor.</i>	7	4	0	0	0	0

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. Inambari:**

Tabla 7:

Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Inambari.

Losas evaluadas	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600
A-01 – A-15	1	1	3	2	4	5
A-17 – A-31	1	2	3	4	5	5
A-33 – A-47	1	3	3	3	5	5
A-49 – A-63	1	2	2	3	4	5
B-02 – B-16	1	2	3	4	5	5
B-18 – B-32	2	1	3	3	5	5
B-34 – B-48	1	2	3	3	4	4
B-50 – B-52	2	3	3	4	5	5
<i>Sin despor.</i>	0	0	0	0	5	7
<i>Poca despor.</i>	0	0	0	3	3	1
<i>Regular despor.</i>	0	2	7	4	0	0
<i>Alto despor.</i>	2	4	1	1	0	0
<i>Muy despor.</i>	6	2	0	0	0	0

Fuente: (Elaborado por el autor).

2.3.3. Intervalo de tiempo del fisurado de las losas de concreto.

Para determinar el intervalo de tiempo donde se produce las fallas del pavimento por el fenómeno del fisurado de las losas de concreto de los pavimentos rígidos, se aplicó el instrumento de la escala de Likert, que se basa en afirmaciones que permiten identificar la posición del encuestado sobre el tema de investigación; con una escala de medición como se muestra:

Tabla 8:
Escala de valoración de Likert para fallas por fisuras.

Grado de fisura	Nivel
Sin fisuramiento	5.00
Poco fisuramiento	4.00
Regular fisuramiento	3.00
Alto fisuramiento	2.00
Muy alto fisuramiento	1.00

Fuente: Realizado por el tesista.

Se evaluaron 240 losas al igual que en el anterior ítem, las inspecciones se realizaron en intervalos de tiempo de 60 minutos a partir del minuto 360 (6:00 horas) hasta el minuto 720 (12:00 horas), del tiempo de vaciado (fraguado); el registro de las evaluaciones se realizó con el formato de la siguiente tabla:

Los puntos evaluados por fisuramiento en las losas fueron realizadas intercaladamente y en zonas de todo el pavimento; en la siguiente figura se ilustra los puntos y las losas donde se efectuaron las inspecciones visuales de las fallas por fisuramiento:

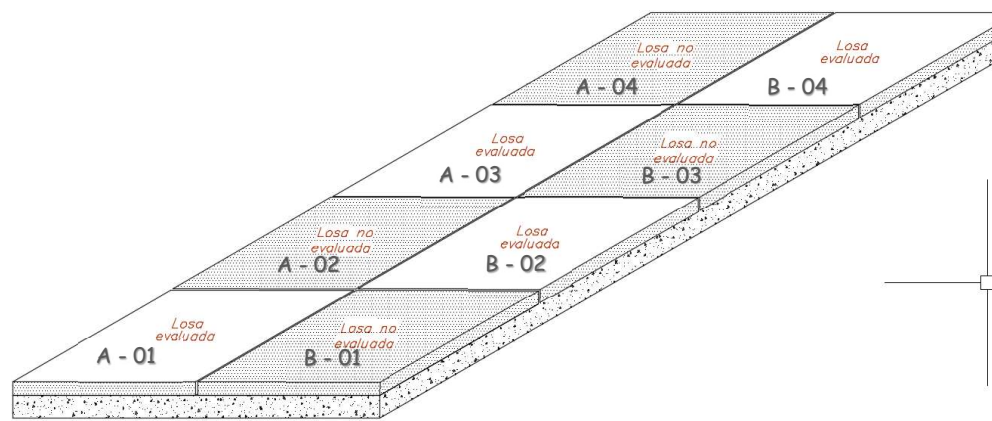


Figura 13: Orden de losas evaluadas para las fallas por fisuramiento.

Fuente: (Elaboración propia).

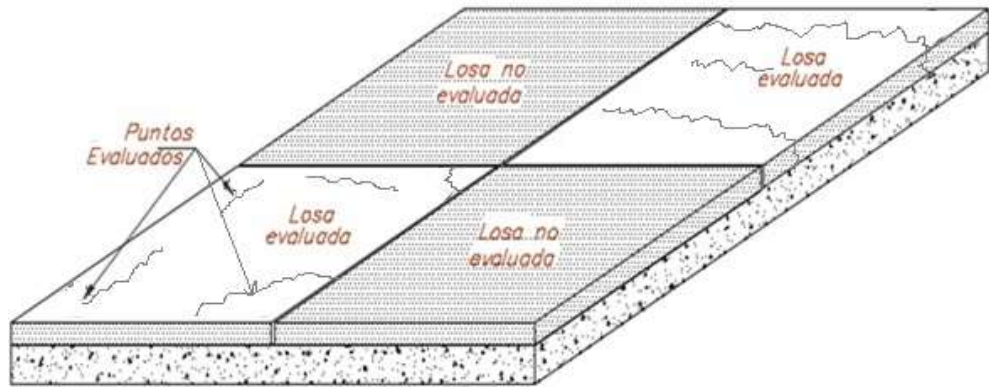


Figura 14: Puntos evaluados por fallas de fisuramiento en la losa de concreto.
Fuente: (Elaboración propia).



Figura 15: Fallas por fisuramiento en la losa de concreto.
Fuente: (Elaboración propia).



Figura 16: Fallas por fisuramiento en la losa de concreto.
Fuente: (Elaboración propia).

En las siguientes tablas se muestran el registro visual de fallas por fisuramiento:

- **Jr. Circunvalación:**

Tabla 9:

Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Circunvalación.

Losas evaluada	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	600 – 660	660 – 720
A-01 – A-15	5	4	2	3	1	1
A-17 – A-31	5	5	4	3	2	1
A-33 – A-47	5	4	3	2	3	1
A-49 – A-63	5	4	3	2	1	1
B-02 – B-16	5	5	4	2	2	1
B-18 – B-32	5	5	3	3	1	2
B-34 – B-48	4	4	3	3	2	1
B-50 – B-52	5	3	2	3	3	1
<i>Sin fisuras</i>	7	3	0	0	0	0
<i>Pocas fisuras</i>	1	4	2	0	0	0
<i>Regulares fisuras</i>	0	1	4	5	2	0
<i>Alto fisuras</i>	0	0	2	3	3	1
<i>Muy alto fisuras</i>	0	0	0	0	3	7

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. Puno:**

Tabla 10:

Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Puno.

Losas evaluadas	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	600 – 660	660 – 720
A-01 – A-15	5	4	2	3	1	1
A-17 – A-31	5	5	4	3	2	1
A-33 – A-47	5	5	3	2	3	1
A-49 – A-63	5	5	3	2	1	1
B-02 – B-16	5	4	4	2	2	1
B-18 – B-32	5	4	3	3	1	2
B-34 – B-48	5	4	3	3	2	1
B-50 – B-52	5	3	4	3	3	1
<i>Sin fisuras</i>	8	3	0	0	0	0
<i>Pocas fisuras</i>	0	4	3	0	0	0
<i>Regulares fisuras</i>	0	1	4	5	2	0
<i>Alto fisuras</i>	0	0	1	3	3	1
<i>Muy alto fisuras</i>	0	0	0	0	3	7

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. Santa Cruz:**

Tabla 11:

Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Santa Cruz.

Losas evaluada	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	600 – 660	660 – 720
A-01 – A-15	5	4	2	3	1	1
A-17 – A-31	5	5	4	3	2	1
A-33 – A-47	5	5	3	3	3	1
A-49 – A-63	5	4	3	2	2	1
B-02 – B-16	5	5	4	3	2	1
B-18 – B-32	5	5	3	3	1	2
B-34 – B-48	4	4	3	3	2	1
B-50 – B-52	5	5	4	3	3	2
<i>Sin fisuras</i>	7	5	0	0	0	0
<i>Pocas fisuras</i>	1	3	3	0	0	0
<i>Regulares fisuras</i>	0	0	4	7	2	0
<i>Alto fisuras</i>	0	0	1	1	4	2
<i>Muy alto fisuras</i>	0	0	0	0	2	6

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. 8 De Setiembre:**

Tabla 12:

Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. 8 De Setiembre.

Losas evaluadas	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	600 – 660	660 – 720
A-01 – A-15	5	4	2	3	1	1
A-17 – A-31	5	5	4	3	2	1
A-33 – A-47	4	4	3	2	3	1
A-49 – A-63	5	4	3	2	1	1
B-02 – B-16	5	5	4	2	2	1
B-18 – B-32	5	5	3	3	1	2
B-34 – B-48	4	4	3	3	2	1
B-50 – B-52	5	3	2	3	3	1
<i>Sin fisuras</i>	6	3	0	0	0	0
<i>Pocas fisuras</i>	2	4	2	0	0	0
<i>Regulares fisuras</i>	0	1	4	5	2	0
<i>Alto fisuras</i>	0	0	2	3	3	1
<i>Muy alto fisuras</i>	0	0	0	0	3	7

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Jr. Inambari:**

Tabla 13:

Nivel de falla por fisuramiento del pavimento del Jr. Inambari.

Losas evaluadas	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	600 – 660	660 – 720
A-01 – A-15	5	4	2	3	1	1
A-17 – A-31	5	5	4	3	2	1
A-33 – A-47	5	5	3	3	3	1
A-49 – A-63	5	4	3	2	2	1
B-02 – B-16	5	5	4	3	2	1
B-18 – B-32	5	5	3	3	1	2
B-34 – B-48	4	4	3	3	2	1
B-50 – B-52	5	5	4	3	3	2
<i>Sin fisuras</i>	7	5	0	0	0	0
<i>Pocas fisuras</i>	1	3	3	0	0	0
<i>Regulares fisuras</i>	0	0	4	7	2	0
<i>Alto fisuras</i>	0	0	1	1	4	2
<i>Muy alto fisuras</i>	0	0	0	0	2	6

Fuente: (Elaborado por el autor).

2.3.4. Intervalo de tiempo óptimo de la ventana de aserrado.

Para determinar el intervalo de tiempo óptimo para realizar el aserrado de juntas, o la ventana de aserrado, se elaboró una tabla con el promedio de los datos inspeccionados de los dos primeros objetivos de la tesis (fallas por desportillado y fisuramiento); en intervalos de tiempo de 60 minutos a partir del minuto 300 (5:00 horas) hasta el minuto 660 (11:00 horas), del tiempo de vaciado (fraguado); como se indican en las siguientes tablas:

Tabla 14:

Promedio del Nivel de fallas por desportilladura de los Jirones evaluados.

Jirones Evaluados	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600
<i>Sin despor.</i>	0	0	0	0	17	33
<i>Poca despor.</i>	0	0	0	13	19	7
<i>Regular despor.</i>	0	8	25	20	4	0
<i>Alto despor.</i>	5	16	15	7	0	0
<i>Muy despor.</i>	35	16	0	0	0	0

Fuente: (Elaborado por el autor).

Tabla 15:

Promedio del Nivel de fallas por fisuramiento de los Jirones evaluados.

Jirones Evaluados	Intervalos de tiempo de fraguado (minutos)					
	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	600 – 660	660 – 720
<i>Sin fisuras</i>	35	19	0	0	0	0
<i>Pocas fisuras</i>	5	18	13	0	0	0
<i>Regulares fisuras</i>	0	3	20	29	10	0
<i>Alto fisuras</i>	0	0	7	11	17	7
<i>Muy alto fisuras</i>	0	0	0	0	13	33

Fuente: (Elaborado por el autor).

2.3.5. Temperatura del ambiente en la ventana de aserrado.

Para determinar la influencia del ambiente en la ventana de aserrado, se tomó los datos inspeccionados de los dos primeros objetivos de la tesis (fallas por desportillado y fisuramiento); del promedio de los intervalos de tiempo de 60 minutos a partir del minuto 300 (5:00 horas) hasta el minuto 660 (11:00 horas), del tiempo de vaciado (fraguado); como se indica en la siguiente tabla; se tomaron temperaturas del ambiente por cada día por un periodo de 5 semanas.

- **Semana 01:**

Periodo del 05 al 10 de noviembre del 2018

Tabla 16:

Temperaturas de ambiente de la semana 01.

Día de la semana	Temperatura ambiente (C°)					
	330 min	390 min	450 min	510 min	570 min	630 min
Lunes	11.0	11.5	12.5	12.5	10.5	8.5
Martes	10.5	10.0	14.5	11.5	9.5	8.0
Miércoles	11.5	12.0	15.0	11.5	9.0	7.0
Jueves	11.0	12.0	12.5	12.0	10.5	7.5
Viernes	10.5	13.5	13.5	12.5	9.5	7.5
Sábado	13.0	14.5	14.0	12.5	10.0	8.0
Promedio	11.25	12.25	13.67	12.08	9.83	7.75

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Semana 02:**

Periodo del 12 al 17 de noviembre del 2018

Tabla 17:

Temperaturas de ambiente de la semana 02.

Día de la semana	Temperatura ambiente (C°)					
	330 min	390 min	450 min	510 min	570 min	630 min
Lunes	10.5	11.0	12.0	12.0	10.0	8.0
Martes	10.0	9.5	14.0	11.0	9.0	7.5
Miércoles	11.0	11.5	14.5	11.0	8.5	6.5
Jueves	10.5	11.5	12.0	11.5	10.0	7.0
Viernes	10.0	13.0	13.0	12.0	9.0	7.0
Sábado	12.5	14.0	13.5	12.0	9.5	7.5
Promedio	10.8	11.8	13.2	11.6	9.3	7.3

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Semana 03:**

Periodo del 19 al 24 de noviembre del 2018

Tabla 18:

Temperaturas de ambiente de la semana 03.

Día de la semana	Temperatura ambiente (C°)					
	330 min	390 min	450 min	510 min	570 min	630 min
Lunes	10.0	10.5	11.5	11.5	9.5	7.5
Martes	9.5	9.0	13.5	10.5	8.5	7.0
Miércoles	10.5	11.0	14.0	10.5	8.0	6.0
Jueves	10.0	11.0	11.5	11.0	9.5	6.5
Viernes	9.5	12.5	12.5	11.5	8.5	6.5
Sábado	12.0	13.5	13.0	11.5	9.0	7.0
Promedio	10.3	11.3	12.7	11.1	8.8	6.8

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Semana 04:**

Periodo del 26 de noviembre al 01 de diciembre del 2018.

Tabla 19:

Temperaturas de ambiente de la semana 04.

Día de la semana	Temperatura ambiente (C°)					
	330 min	390 min	450 min	510 min	570 min	630 min
Lunes	9.5	10.0	11.0	11.0	9.0	7.0
Martes	9.0	8.5	13.0	10.0	8.0	6.5
Miércoles	10.0	10.5	13.5	10.0	7.5	5.5
Jueves	9.5	10.5	11.0	10.5	9.0	6.0
Viernes	9.0	12.0	12.0	11.0	8.0	6.0
Sábado	11.5	13.0	12.5	11.0	8.5	6.5
Promedio	9.8	10.8	12.2	10.6	8.3	6.3

Fuente: (Elaborado por el autor).

- **Semana 05:**

Periodo del 03 al 08 de diciembre del 2018.

Tabla 20:

Temperaturas de ambiente de la semana 05..

Día de la semana	Temperatura ambiente (C°)					
	330 min	390 min	450 min	510 min	570 min	630 min
Lunes	9.0	9.5	10.5	10.5	8.5	6.5
Martes	8.5	8.0	12.5	9.5	7.5	6.0
Miércoles	9.5	10.0	13.0	9.5	7.0	5.0
Jueves	9.0	10.0	10.5	10.0	8.5	5.5
Viernes	8.5	11.5	11.5	10.5	7.5	5.5
Sábado	11.0	12.5	12.0	10.5	8.0	6.0
Promedio	9.3	10.3	11.7	10.1	7.8	5.8

Fuente: (Elaborado por el autor).

2.4. Técnicas de análisis de datos.

Para validar el instrumento de fallas por desportilladura y fisuramiento se aplicó el método estadístico de **Alfa de Cronbach**. Con la siguiente información de la tabla:

Tabla 21:

Nivel de falla por desportilladura del pavimento del Jr. Circunvalación.

Jiron	Nivel de desportillado en la losa						$\sum i$
	240 – 300	300 – 360	360 – 420	420 – 480	480 – 540	540 – 600	
Circunvalación	1	2	3	2	4	5	17
	1	1	2	4	4	5	17
	1	3	2	3	5	5	19
	1	2	3	3	4	5	18
	1	1	2	4	5	5	18
	1	2	3	3	5	5	19
	1	1	2	3	4	5	16
	1	1	3	2	4	5	16
Puno	1	2	3	4	5	5	20
	1	3	2	3	4	4	17
	1	1	2	3	4	5	16
	1	2	2	4	5	5	19
	2	1	3	3	5	5	19
	1	2	3	3	4	4	17
	1	3	3	2	3	5	17
	1	1	3	2	4	5	16
Santa Cruz	1	1	3	2	4	5	16
	1	2	3	4	5	5	20
	1	3	2	3	4	4	17
	1	1	2	3	4	5	16
	1	2	2	4	5	5	19
	2	1	3	3	5	5	19
	1	2	3	3	4	4	17
	1	3	3	2	3	5	17
8 De Setiembre	1	2	3	2	4	5	17
	1	1	2	4	4	5	17
	1	3	2	3	5	4	18
	1	2	3	3	4	5	18
	1	1	2	4	5	4	17
	2	2	3	3	5	5	20
	1	1	2	3	4	5	16
	1	1	3	4	3	5	17

Inambari	1	1	3	2	4	5	16
	1	2	3	4	5	5	20
	1	3	3	3	5	5	20
	1	2	2	3	4	5	17
	1	2	3	4	5	5	20
	2	1	3	3	5	5	19
	1	2	3	3	4	4	17
	2	3	3	4	5	5	22
Var.	0.112	0.574	0.240	0.503	0.387	0.148	2.353

Fuente: (Elaborado por el autor).

Aplicando **Alfa de Cronbach (α)**:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left| 1 - \frac{\sum S^2}{S_t^2} \right|$$

Donde:

α : Coeficiente de Alfa de Cronbach.

k : Número de ítems.

$\sum S^2$: Sumatoria de varianza de los ítems.

S_t^2 : Varianza de la suma de los ítems.

Reemplazando tenemos:

$$\alpha = \frac{40}{40-1} \left| 1 - \frac{0.112 + 0.574 + 0.24 + 0.503 + 0.387 + 0.148}{2.353} \right| = 0.65$$

Tabla 22:

Escala de Magnitudes de Alfa de Crombach.

Magnitudes	Rango
Muy alta	0.81 a 1.00
Alta	0.61 a 0.80
Moderada	0.41 a 0.60
Baja	0.21 a 0.40
Muy baja	0.00 a 0.20

Fuente: Realizado por el tesista.

Por lo tanto, este instrumento es alto, con una consistencia alta.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Resultados del análisis de la información.

En este capítulo se presenta los resultados de las losas evaluadas, se analiza cada una de las tablas y diagramas, con los cuales podremos obtener una conclusión de estudio realizado. Se presenta los siguientes resultados:

3.1.1. Características físicas y mecánicas de la losa de concreto.

3.1.1.1. Características mecánicas.

Tabla 23:
Características mecánicas de las losas de concreto.

Datos de diseño	Cantidad	Unidad
F'C	210.00	Kg/cm ²
Slump	3 – 4	Pulgadas
Agregado grueso	35.00	%
Agregado fino	25.00	%
Agua	195.00	Litros
Relación agua/cemento	0.51	a/c
Cemento	9.00	Bolsas

Fuente: Realizado por el tesista.

Como se puede apreciar, las características mecánicas de resistencia del concreto empleado en las losas de pavimento son de 210 kg/cm² cumpliendo las normas establecidas.

3.1.1.2. Características físicas.

En la siguiente figura, se muestra las curvas granulométricas obtenidas:

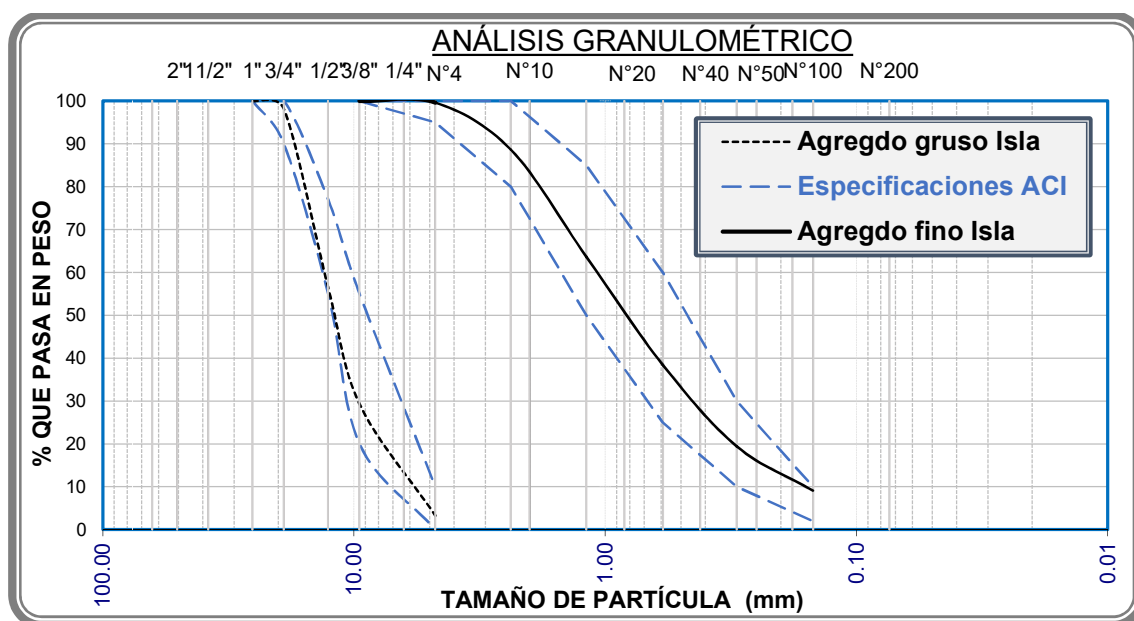


Figura 17: Análisis granulométrico de los agregados de la cantera Isla.

Fuente: (Elaborado por el autor).

En la siguiente tabla, se muestra el resumen de los resultados obtenidos y las normas utilizadas de las características físicas de los agregados empleados en las losas de concreto:

Tabla 24:

Características físicas de los agregados gruesos de la cantera Isla.

Ensayo	Norma	Agregado grueso	Agregado fino
Módulo de fineza	ASTM	2.651	2.883
Peso específico	ASTM	2.510 tn/m ³	2.577 tn/m ³
Peso unitario suelto	ASTM	1.162 tn/m ³	1.205 tn/m ³
Peso unitario varillado	ASTM	1.254 tn/m ³	1.324 tn/m ³
Humedad natural	ASTM	3.500 %	5.800 %
Absorción	ASTM	3.085 %	3.200 %
Tamaño máximo	ASTM	1 1/2"	

Fuente: (Elaborado por el autor).

Como se puede ver, los agregados empleados en el concreto de las losas del pavimento están dentro de los rangos granulométricos establecidos, además las características físicas de la cantera usada presentan propiedades favorables para el concreto de las losas de pavimentos rígidos.

3.1.2. Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.

En la siguiente tabla, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de las losas con fallas por desportilladuras.

Tabla 25:

Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.

Minutos de fraguado		N° losas evaluadas	Desportilladuras en la losa		Porcentaje de losas sin fallas
De	a		Sin	Con	
240	270	40	0	40	0.00 %
270	300	40	0	22	0.00 %
300	330	40	1	20	4.76 %
330	360	40	5	20	20.00 %
360	390	40	12	11	52.17 %
390	420	40	18	6	75.00 %
420	450	40	20	2	90.91 %
450	480	40	21	1	95.45 %

Fuente: (Elaborado por el autor).

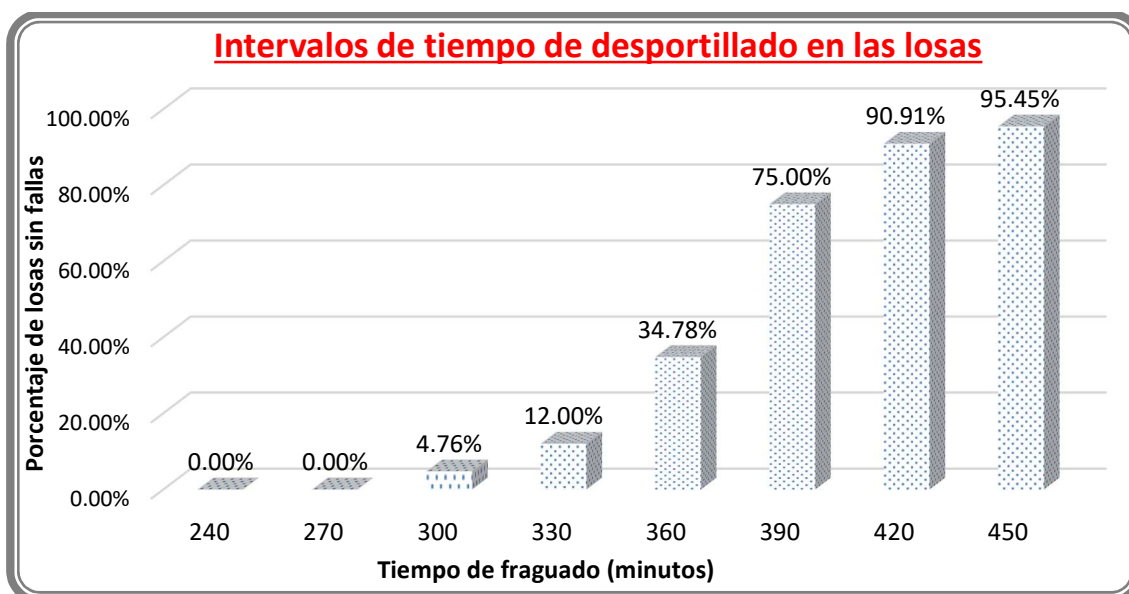


Figura 18: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.

Fuente: (Elaborado por el autor).

Como se puede observar en la figura, los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen daños mayor porcentaje de desportilladura de las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se encuentran dentro de los 240 y 390 minutos, y a partir de este tiempo, las fallas se reducen considerablemente.

3.1.3. Intervalos de tiempo de fisuración de las losas de concreto.

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de las losas con fallas por fisuración.

Tabla 26:

Intervalos de tiempo de fisuración de las losas de concreto.

Minutos de fraguado		N° losas evaluadas	Desportilladuras en la losa		Porcentaje de losas sin fallas
De	a		Sin	Con	
480	510	40	38	2	96.00 %
510	540	40	38	2	95.83 %
540	570	40	39	1	95.45 %
570	600	40	33	7	81.82 %
600	630	40	13	27	34.78 %
630	660	40	8	32	20.83 %
660	690	40	2	38	4.55 %
690	720	40	1	39	4.00 %

Fuente: (Elaborado por el autor).

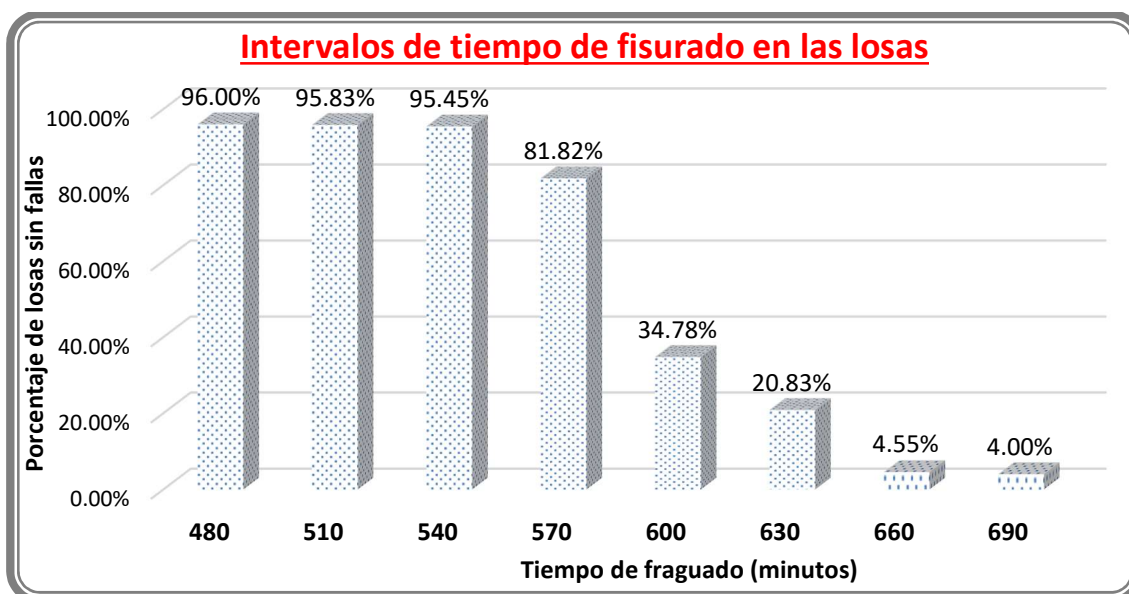


Figura 19: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.

Fuente: (Elaborado por el autor).

Como se puede observar en la figura, los intervalos de tiempo a partir del tiempo de fraguado donde se producen daños, mayor porcentaje de fisurado de las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se encuentran dentro de los 600 y 690 minutos, además, que del minuto 570 las fisuras se incrementan notablemente.

3.1.4. Intervalos de tiempo óptimo de la ventana de aserrado.

En la siguiente tabla, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de las losas para determinar el intervalo de tiempo de la ventana de aserrado.

Tabla 27:

Intervalos de tiempo de la ventana de aserrado.

Minutos de fraguado		N° losas evaluadas	Desportilladuras en la losa		Porcentaje de losas sin fallas
De	a		Sin	Con	
360	390	40	12	11	52.17 %
390	420	40	18	6	75.00 %
420	450	40	20	2	90.91 %
450	480	40	21	1	95.45 %
480	510	40	24	1	96.00 %
510	540	40	23	1	95.83 %
540	570	40	21	1	95.45 %
570	600	40	18	4	81.82 %

Fuente: (Elaborado por el autor).

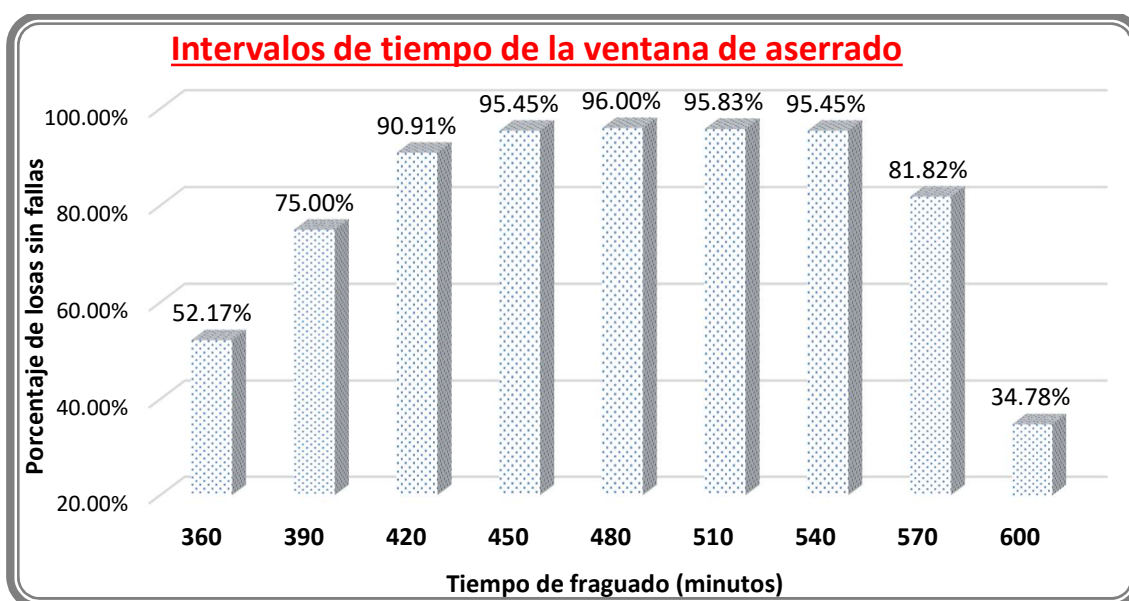


Figura 20: Intervalos de tiempo de desportillado de las losas de concreto.

Fuente: (Elaborado por el autor).

Como se puede observar en la figura, el intervalo de tiempo óptimo para realizar el aserrado de juntas o ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. se encuentran entre los tiempos, 420 y 540 minutos a partir del fraguado del concreto.

3.1.5. Temperatura ambiente de la ventana de aserrado.

En la siguiente tabla, se muestra el registro tomado de las temperaturas del ambiente en el intervalo de tiempo de la ventana de aserrado.

Tabla 28:

Temperatura ambiente de la ventana de aserrado.

Minutos de fraguado		N° losas evaluadas	Temperatura ambiente			Ventana de aserrado
De	a		Menor	Mayor	Promedio	
360	390	23	2.5	3.2	2.9	Demasiado temprano
390	420	24	3.2	4.8	4.0	
420	450	22	4.8	7.2	6.0	Ventana de aserrado
450	480	22	7.2	12.7	10.0	
480	510	25	12.7	14.3	13.5	
510	540	24	14.3	13.6	14.0	
540	570	22	13.6	8.7	11.2	Demasiado tarde
570	600	22	8.7	5.2	7.0	

Fuente: (Elaborado por el autor).

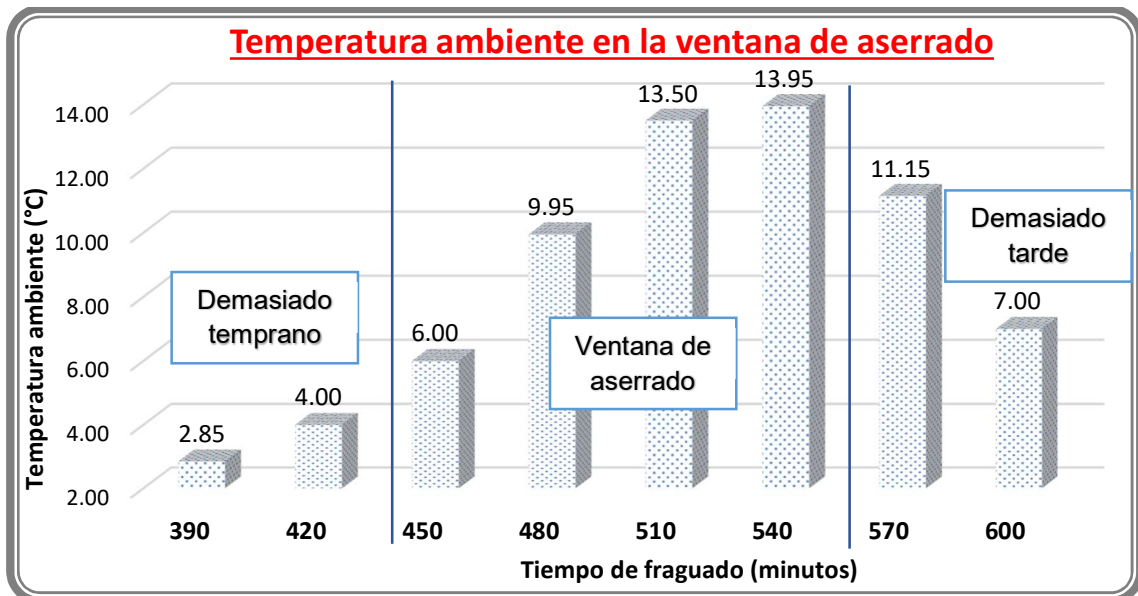


Figura 21: Temperatura ambiente de la ventana de aserrado.

Fuente: (Elaborado por el autor).

Como se puede observar en la figura, las temperaturas de ambiente registradas en la ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos oscilan entre 6.00 a 15.00 °C (grados centígrados).

3.2. Prueba de hipótesis.

La contrastación o prueba de las hipótesis planteadas inicialmente no fue necesarios la aplicación de métodos estadísticos; estos se realizaron de forma directa haciendo una comparativa entre la hipótesis planteada y la nula o alterna; puesto que el método para la recolección de datos tiene una normativa y sigue una metodología ya establecida y los instrumentos se encuentran validados en el ítem 2.4. del presente documento.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de Resultados del Método.

Luego del procesamiento de información y los cálculos realizados de acuerdo a la metodología establecida, se han obtenido los resultados de los parámetros de evaluación, registro y la determinación de la ventana de aserrado y la influencia de la temperatura en éste.

4.1.1. De las características físicas y mecánicas del concreto de la losa.

De acuerdo a los ensayos realizados a los agregados del concreto empleado y las propiedades del concreto que se muestran en las tablas 29 y 30 y la figura 18, de tal forma, se afirma que las características de la losa de concreto cumplen las especificaciones establecidas en las normas nacionales para su empleo en los pavimentos rígidos.

4.1.2. De la ventana de aserrado.

Respecto a la ventana de aserrado como se muestra en la tabla 33 y la figura 21, se encuentra entre los 420 y 540 minutos a partir del tiempo de fraguado del concreto; siendo muy similar al intervalo de la investigación realizada por Diego Calo, con una diferencia de dos horas más; esto se debería por la altura de la zona en estudio, que se diferencia de una zona costera y una andina como es el de nuestro caso; además, la temperatura ambiente tendría una notoria influencia en la ventana de aserrado.

CONCLUSIONES:

La temperatura ambiente influye notablemente en la determinación de la ventana de aserrado de las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm, siendo el momento óptimo para realizar corte a partir del minuto 420 hasta los 540 minutos de fraguado en condiciones normales de temperatura; además, las siguientes conclusiones.

- PRIMERO (a):** Los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen el mayor daño en relación al porcentaje de desportilladura de las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se encuentran dentro de los 240 y 390 minutos a partir del fraguado de las losas del pavimento, y a partir de este tiempo, las fallas se reducen considerablemente en la superficie.
- SEGUNDO (b):** Los intervalos de tiempo de fraguado donde se producen los mayores porcentajes de fisurado de las losas de concreto en pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se encuentran dentro de los 600 y 690 minutos del tiempo de fraguado, además, que a partir del minuto 570 las fisuras se incrementan notablemente.
- TERCERO (c):** El intervalo de tiempo óptimo para realizar el aserrado de juntas o ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido pavimento rígido construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se encuentran entre los 420 y 540 minutos a partir del fraguado del concreto.
- CUARTO (d):** Las temperaturas de ambiente que se tiene en la ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido pavimento rígido construidos en alturas mayores a 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos oscilan entre 6.00 a 15.00 °C (grados centígrados).

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el trabajo del aserrado de juntas de retracción (transversales y longitudinales) o ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. entre los 420 y 540 minutos a partir del tiempo de fraguado del concreto.

PRIMERO: Para reducir el porcentaje de fallas por desportilladura en las losas de concreto de los pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se recomienda evitar el aserrado de juntas de retracción a tiempos menores de 390 minutos a partir del tiempo de vaciado o fraguado del concreto de las losas del pavimento rígido, esto ayudará a conservar mejor la superficie del pavimento.

SEGUNDO: Para reducir el porcentaje de fallas por fisuramiento en las losas de concreto de los pavimentos rígidos construidos en alturas mayores a 3000 msnm. se recomienda evitar el aserrado de juntas de retracción a tiempos superiores de 690 minutos a partir del tiempo de vaciado o fraguado del concreto de las losas del pavimento rígido.

TERCERO: Se recomienda realizar el aserrado de juntas o ventana de aserrado en las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. entre los 420 y 540 minutos a partir del tiempo de fraguado del concreto.

CUARTO: Se recomienda tomar las temperaturas de las losas de concreto del pavimento rígido construidos en alturas mayores de 3000 msnm. realizado en el distrito de Usicayos para diferentes tiempos o épocas del año.

BIBLIOGRAFÍA

- Altamirano Kauffmann, L. (2007). *Metodología de medición, posibles causas de deterioro y reparaciones*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Arangui Castillo, G. Y. (2015). La Importancia Del Uso De Agregados Provenientes De Canteras De Calidad. *In Crescendo. Ingeniería*, 11-18.
- Bañón Blázquez, L., & Bevía García, J. F. (2010). *Construcción Mantenimiento manual de carreteras*. Madrid, España.
- Barreda, M., Naber, M., Quispe Sallo, I., & Sota, J. (Agosto 2013). Fisuras de contracción en pavimentos de hormigón y el aserrado de juntas. *Revista ALCONPAT*, 111-121.
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo, Perú.
- Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica cuarta edición*. México, D. F.: CENGAGE Learning.
- Calo, D. H. (2010). Diseño Y Construcción De Pavimentos De Hormigón, Jornada de actualización técnica, Argentina.
- Cedeño Cuellar, J. E., Cuellar Lozano, P. A., & Izurieta Carvajal, O. (2009). *Fisuras por Retracción en el Hormigón*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica Del Litoral.
- Clemente Huarcaya, P. (2019). *Influencia de los factores climáticos en el Comportamiento Estructural De Pavimentos flexibles en el distrito de Chilca*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Comunicaciones, M. d. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. Lima, Perú: Manual de Carreteras.

- Das, B. M. (4th Edition 2013). *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. México: Cengage Learning.
- Giani, R., Navarrete, B., & Bustos, J. (2008). La Retracción Autógena y su Relación con la Tendencia a la Fisuración a Temprana Edad en Pavimentos de Hormigón. *Revista de la Construcción*, 7(2), 62-71.
- Hermida, G., González, J., & Romero, A. (s.f.). *Agrieto luego existo, la retraccion del concreto*.
- Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M. G., Sánchez Blanco, V., & Del Val, M. Á. (2004 Voumén II). *Ingeniería de carreteras*. Madrid: Imnteramericana de España, S.A.U.
- Monsalve Escobar, L. M., Giraldo Vasquez, L. C., & Maya Gaviria, J. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rigido*. Armenia: Universidad Del Quindo.
- Montalvo, M., & Alfaro, M. (s.f.). Geometría de losas del pavimento rígido en las alturas. *Vialidad y Transporte Latinoamericano*, 24-29.
- Montejo Fonseca, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Universidad Católica de Colombia, Colombia: Agora Editores.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras Tomo I 3ra Edición*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Rivera Mena, W. A. (2013). *Correlación Del Valor De Soporte De California (C.B.R) Con La Resistencia A La Compresión Inconfinada Y La Plasticidad Del Suelo*. Cali, Colombia: Universidad Del Valle.
- Salgado Ale, O. A., & Peralta Baluarte, R. O. (2016). *Análisis técnico-económico del concreto fluido como reemplazo del relleno estructural compactado – en la construcción de la planta concentradora del proyecto minero las bambas*. Tacna, Perú: Universidad Privada de Tacna.
- Vara Horna, A. A. (2012). *7 pasos para una tesis exitosa*. Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Viera Estrada, A. L., Benavides Miranda, E. P., & Montoya Cañas, R. A. (s.f.). *Manual de elaboración, colocación y control de calidad de suelo cemento fluido*.

ANEXOS