



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**“Factor Estacional del Módulo Resiliente para el Diseño de
Pavimentos Flexibles según AASHTO1993 en el Perú – 2021”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

Malca Barrantes, Aurora Giannyluz (ORCID: 0000-0003-4157-4097)

ASESOR:

Ms. Ing. Aybar Arriola, Gustavo (ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de Infraestructura Vial

**CALLAO — PERÚ
2021**

Dedicatoria:

A mis hijos Caleb y Othniel, que son el regalo más bonito que Dios me pudo haber dado.

Agradecimiento:

En primer lugar, a Dios por sus cuidados y su amor infinito.

A mi asesor el Ms. Ing. Gustavo Aybar Arriola, por sus enseñanzas para la elaboración de mi trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Jorge Olarte Pinares, por haberme guiado en todo el proceso de la investigación y haber compartido sus conocimientos tan valiosos.

A mi familia y amistades que de alguna u otra forma me apoyaron todo el tiempo.

¡Gracias!

Índice de contenidos:

RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO	3
III. METODOLOGÍA.....	12
1. Tipo y diseño de investigación:.....	12
2. Variables y operacionalización:	12
3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:.....	13
5. Procedimientos:	15
6. Métodos para el análisis de datos:.....	17
7. Aspectos éticos:.....	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN.....	27
VI. CONCLUSIONES.....	29
VII. RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS	36

Índice de tablas:

Tabla 1: Módulo Resiliente estacional y daño relativo.....	18
Tabla 2: Espesores de estructura de pavimento.	19
Tabla 3: Comparación de tres diseños.....	20
Tabla 4: Ensayos realizados en el mes de Noviembre del 2018.....	22
Tabla 5: Ensayos realizados en el mes de Abril del 2019.	23
Tabla 6: Módulo Resiliente de subrasante promedio en periodos de avenidas y estiaje.....	26

Índice de gráficos:

Gráfico 1: Porcentaje de humedad de sub rasante en temporadas de estiaje y avenidas.....	24
Gráfico 2: Módulo Resiliente en periodo de Avenidas y en estiaje.....	26

Índice de figuras:

Figura 1: Estructura de Pavimento flexible.....	5
Figura 2: Formas de obtener el Módulo Resiliente.....	6
Figura 3: Esquema de la celda triaxial para el ensayo de módulo resiliente.....	7
Figura 4: Equipos para medir deflexiones.....	8
Figura 5: Viga Benkelman.....	8
Figura 6: Esquema representativo del Modelo de Hogg.....	9
Figura 7: Ecuaciones que se emplean para el cálculo mediante el Modelo de Hogg:.....	9
Figura 8: Ábaco para determinar el Daño Relativo.....	10
Figura 9: Departamento de Arequipa.....	13
Figura 10: Plano de Ubicación del Área de Intervención.....	14
Figura 11: Relación de ensayos.....	15
Figura 12: Esquema de Estaciones de Avenidas y Estiaje.....	15
Figura 13: Procedimiento para medir deflexiones con VB.....	16
Figura 14: Datos para el diseño.....	19
Figura 15: Excavación de calicatas.....	21
Figura 16: Obtención de muestras de las calicatas.....	21
Figura 17: Registro de las medidas de deflexiones con VB.....	25

RESUMEN

La presente investigación abordó la determinación del factor estacional del Módulo Resiliente (MR) para el diseño de pavimentos bajo la metodología AASHTO 1993, en el Perú, con énfasis en proyectos que presentan estaciones de estiaje y avenidas cíclicas anuales; por lo que, cumpliendo con el propósito del estudio se realizaron excavaciones a cielo abierto a una profundidad mínima de 1.50m ubicadas a cada 500m con la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo, asimismo se realizaron mediciones de deflexiones empleando Viga Benkelman para hallar la capacidad portante del suelo, ambos procedimientos fueron realizados en dos temporadas diferentes del año; luego se consideró el factor estacional del MR promedio de cada temporada, para finalmente encontrar el MODULO RESILIENTE EFECTIVO. Los resultados mostraron que la rigidez del suelo es afectada principalmente por los cambios de humedad a los que está expuesta durante el año, en la época crítica de estiaje obtuvimos un MR mayor al MR obtenido en época crítica de avenidas; por ende, se llegó a la conclusión que al considerar el factor estacional del MR evitaremos el sub dimensionamiento del pavimento.

Palabras clave: Módulo resiliente, factor estacional, deflexiones.

ABSTRACT

This research addressed the determination of the seasonal factor of the Resilient Module (MR) for the design of pavements under the AASHTO 1993 methodology, in Peru, with emphasis on projects that present dry seasons and annual cyclical floods; Therefore, fulfilling the purpose of the study, open-pit excavations were carried out at a minimum depth of 1.50m located at every 500m in order to know the physical and mechanical properties of the soil, and deflection measurements were also carried out using Benkelman Beam to find the bearing capacity of the soil, both procedures were carried out in two different seasons of the year; then the seasonal factor of the average MR of each season was considered, to finally find the EFFECTIVE RESILIENT MODULE. The results showed that the rigidity of the soil is affected mainly by the changes in humidity to which it is exposed during the year. In the critical dry season we obtained a MR greater than the MR obtained in the critical flood season; Therefore, it was concluded that when considering the seasonal factor of the MR we will avoid the under-dimensioning of the pavement.

Keywords: Resilient modulus, seasonal factor, deflections.

I. INTRODUCCIÓN

Durante la concepción, estudio y diseño de pavimentos en el Perú, no se considera el factor estacional del módulo resiliente, razón por la cual, dependiendo de la estación en que se realizan los trabajos de campo, existe la posibilidad de sobrevalorar la capacidad portante de la subrasante y subdimensionar el dimensionamiento de capas del pavimento.

Por lo general, los diseños de pavimentos son realizados tomando en cuenta los CBR de suelos de subrasante, ensayo hecho en laboratorio, al no tener en cuenta las reales condiciones del suelo en la carretera (densidad-Humedad) hay una tendencia a sobrevalorar la resistencia del suelo.

En muchos países del mundo, optan por diferentes metodologías desarrolladas por varios organismos o entidades gubernamentales a fin de proveer a los especialistas, las herramientas útiles para diseñar pavimentos flexibles.

En América latina las metodologías más empleadas son la Metodología AASHTO, Método de la UNAM, Método IMT-PAVE y Método del Instituto del Asfalto de Estados Unidos.

En el Perú, mayormente se emplea la Metodología AASHTO. Actualmente se sigue diseñando pavimentos considerando el módulo resiliente (MR) hallado por correlaciones con el CBR (California Bearing Ratio), aun cuando la Guía AASHTO 1993 recomienda evitar su uso, además se omite un paso importante que es la variación estacional del lugar, sobre todo en pavimentos construidos en zonas donde están sujetas durante el año a dos estaciones marcadas, una llamada estiaje entre los meses de mayo - octubre, y otra de avenidas entre diciembre - marzo. El Módulo Resiliente del suelo es variable y vulnerable a muchos factores sobre todo a los cambios de contenido de humedad a lo largo del año, razón por la cual el MR es un parámetro muy importante que debería ser calculado cuidadosamente, para un adecuado diseño de pavimentos flexibles.

Motivo por el cual se planteó el siguiente problema general: ¿De qué manera se determinará el factor estacional del módulo resiliente del diseño de pavimentos en el Perú, para evitar el sub dimensionamiento del pavimento? Asimismo, el problema específico 1: ¿Cómo se determinará las propiedades físicas de suelos debido a

cambios de humedad en suelos, en diferentes estaciones del año? y problema específico 2: ¿De qué manera se obtendrá mediante ensayos In situ la capacidad de soporte de suelos, a través del Módulo Resiliente, en diferentes estaciones del año?.

Respecto a la justificación de este estudio se puede decir que es muy importante porque busca que la vía tenga una vida útil de diseño y que además se inviertan adecuadamente los recursos. En la Guía AASHTO 1993, encontramos el procedimiento para obtener el factor estacional del módulo resiliente el cual influye en forma directa en el diseño de pavimentos flexibles para evitar el sub dimensionamiento.

Por ello, se planteó como objetivo general: Determinar el factor estacional del Módulo Resiliente de subrasante para el diseño de pavimentos flexibles bajo la metodología AASHTO 1993, con énfasis en proyectos que presentan estaciones de estiaje y avenidas cíclicas anuales, evitando el sub dimensionamiento del pavimento. Objetivo específico 1: Determinar las propiedades físicas de los suelos en diferentes temporadas o estaciones del año; Objetivo específico 2: Obtener mediante ensayos in situ la capacidad de soporte de los suelos, realizando mediciones defletoométricas.

Se formuló la siguiente hipótesis general: A partir de la evaluación y seguimiento del comportamiento del suelo en diferentes estaciones del año, se podrá inferir el factor estacional para fines de estimar el Módulo Resiliente de subrasante para el diseño de pavimentos flexibles. Asimismo, la Hipótesis específica 1: A partir de perforaciones a cielo abierto, muestreos y ensayos de laboratorio, en diferentes estaciones del año se podrá estimar el cambio de humedad de los suelos en Perú; e Hipótesis específica 2: A partir de la medición y análisis de deflexiones, se podrá estimar la real capacidad de soporte de los suelos, evitando el uso de ecuaciones de correlación MR- CBR.

II. MARCO TEORICO

1. Antecedentes nacionales del problema:

En el trabajo de investigación nacional “Determinación del Módulo Resiliente de Diseño de Pavimentos Mediante Criterios ASSHTO 1993 Y 2002”, Herrera (2014). El objetivo general del estudio fue determinar el MR estacional, para ello calculó los módulos para periodos diferentes (secos y húmedos), con la finalidad de obtener un óptimo diseño de pavimento.

En el estudio “Uso del ensayo de módulo resiliente para calcular las características dinámicas del suelo como diseño para la subrasante en el distrito de Catahuasi”, realizado por Valentin (2019), tuvo como principal objetivo, llevar a cabo el uso del ensayo triaxial de carga cíclica (Ensayo MR), para obtener las cualidades dinámicas del suelo y de esa manera obtener el módulo resiliente de subrasante.

En el trabajo de investigación, “Evaluación del Módulo Resiliente Fundamentado en la Deflectometría y la Geotecnia para Optimizar Diseños Y Costos en Pavimentos Reciclados de la Carretera Yanango – Puente Herrería”, Rodríguez (2020), cuyo objetivo fue realizar una exploración geotécnica y un trabajo deflectométrico, para analizar la capacidad de resiliencia del terreno, logrando obtener una estructura más eficiente.

En el estudio “Diseño estructural del pavimento flexible para la carretera Panamericana Sur- tramo km 1300+00 a km 1330+00 de la ciudad de Tacna”, Valverde (2019), quien trabajó con una muestra de 30km y realizó ensayos de CBR, para diseñar el pavimento del tramo indicado

2. Antecedentes internacionales del problema

En las investigaciones internacionales tenemos el tema titulado “EFECTO DEL CONTENIDO DE AGUA EN EL MODULO RESILIENTE DE LAS SUBRASANTES” de Ávila (2017), desarrollado en la ciudad de Costa Rica, el objetivo principal fue proponer un modelo para predecir la variación en el Módulo Resiliente (MR)

producto del estado de esfuerzos y del contenido de humedad presente en el suelo. Para esto fue necesaria la implementación del ensayo de MR en laboratorio, dado que no existe un protocolo de ensayo actualmente. Se logra optimizar la forma en la que se calcula actualmente el Mr para diseño de pavimentos, ya que obtuvo una disminución en el paquete estructural por consiguiente una ganancia económica.

En el estudio, “RELACIÓN ENTRE EL MÓDULO RESILIENTE HALLADO POR RETROCALCULO Y EL ENCONTRADO EN ENSAYOS DE LABORATORIO”, realizado por Leal (2017) en la ciudad Bogotá, Colombia. Tuvo como propósito, encontrar un factor que permita ajustar los valores entre el módulo de resiliencia obtenido por análisis de retrocálculo y el de laboratorio, teniendo para ello la consideración del cambio de temperatura y humedad.

Por su parte en el trabajo de investigación “METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES RECIÉN CONSTRUIDOS Y SU CAPACIDAD ESTRUCTURAL, Vargas (2017), en Bogotá, Colombia, tuvo como finalidad, conocer el número estructural efectivo y la metodología para evaluar pavimentos.

En el trabajo “DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO EL MÉTODO AASHTO 93 PARA LA VÍA AEROPUERTO EL EDÉN - CLUB CAMPESTRE – ARMENIA EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO EN EL K 2+000 AL K 6+102”, de Sáenz (2019) , en Bogotá – Colombia, tuvo como objetivo diseñar un paquete estructural empleando la metodología AASHTO 93. Considerando ecuaciones de correlación para obtener el Módulo Resiliente.

3. BASES TEÓRICAS:

En este apartado se revisó los conceptos elementales sobre: Pavimentos Flexibles, subrasante, Módulo Resiliente (MT), Factor estacional del Módulo Resiliente y diseño de pavimentos flexibles.

El pavimento flexible es una estructura multicapa construida sobre un terreno de

fundación (subrasante), cuya función es resistir y distribuir los esfuerzos que se originan por el paso de vehículos, asimismo para brindarle seguridad y mayor comodidad para los que transitan por él, de acuerdo con el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos (2014). Está constituido por dos capas de soporte que son granulares llamadas: Sub-base y Base, y por la Capa de Rodadura, las cuales actúan de manera dependiente una de la otra cuando están sometidas a cargas generadas por el tránsito que producen esfuerzos, que son transmitidos a través del área de contacto que existe entre ellas, las cuales disminuyen conforme se van profundizando. De la resistencia de los materiales que conforman las capas se medirán las deformaciones que son generadas por los esfuerzos. El conjunto de capas que son parte de la estructura se apoya sobre un cimiento llamado también “Subrasante”; llegando a conformar el sistema conocido como Pavimento-subrasante, según Olarte (2015).

Figura 1: Estructura de Pavimento flexible.



Fuente: Elaboración propia.

Para conocer las cualidades del suelo, se realizan limitadamente excavaciones a cielo abierto y muestreos, en laboratorio se lleva a cabo una serie de ensayos, principalmente en de clasificación, volumétricos y de rigidez (MR), de acuerdo con Minaya y Ordoñez (2006).

El Módulo de Resiliencia (MR) es una medida de la capacidad que tienen los suelos para soportar cargas y está definida como la relación de aplicación de esfuerzos cíclicos sobre la deformación recuperable después que ha sido sometida a varios

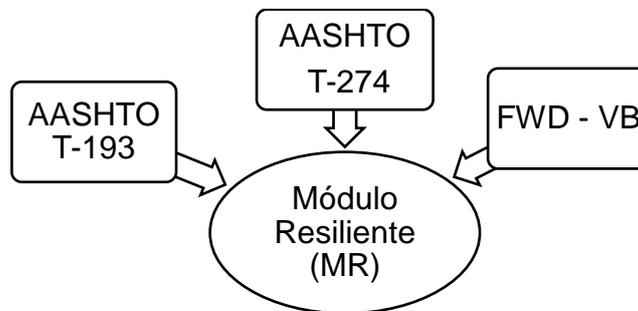
ciclos repetidos de carga, por lo que se puede decir que es una medida de la rigidez de materiales obtenida de forma directa, como plantea Olarte (2015).

Ecuación 1: Módulo Resiliente

$$M_R = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\epsilon_r}$$

En el método AASHTO (1993), es fundamental determinar el Módulo Resiliente (MR), para caracterizar los materiales de subrasante y de las capas que conforman la estructura, afirma Corredor (2010).

Figura 2: Formas de obtener el Módulo Resiliente.

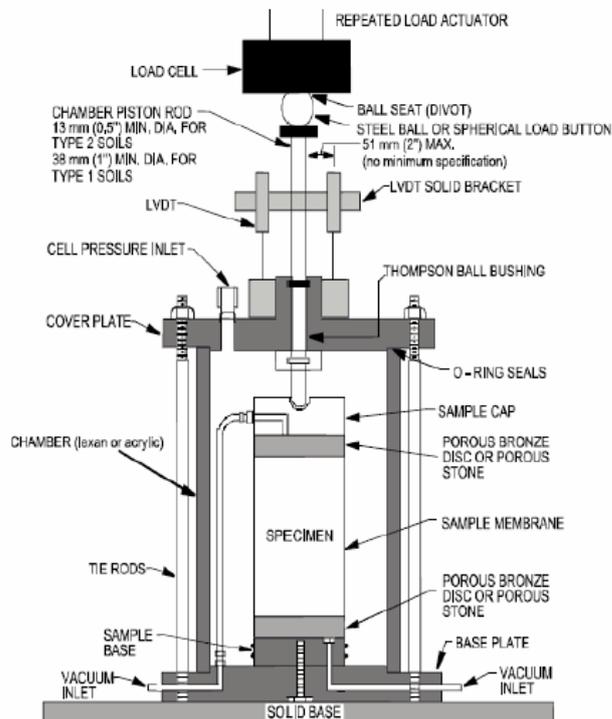


Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el valor de MR, se puede realizar de tres formas:

- a) La primera es desarrollando ensayos en laboratorio de módulo resiliente (AASHTO T-274) en muestras representativas, sometidas a diferentes condiciones de humedad y esfuerzos, plantea Corredor (2010).

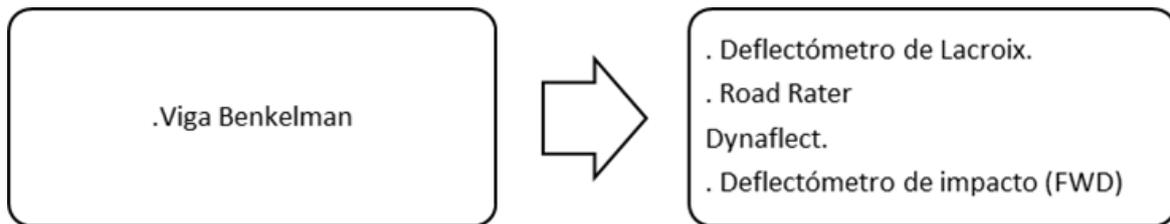
Figura 3: Esquema de la celda triaxial para el ensayo de módulo resiliente.



b) La segunda es considerando los valores de MR de los materiales, empleando ecuaciones de correlación con el CBR (Ensayo Razón Soporte California), refiere Corredor (2010).

c) El tercero es obtener valores de MR a partir de procedimientos deflectométricos en diferentes estaciones del año, según AASHTO-93. Es un ensayo del tipo no destructivo, el cual representa interacción que se da entre las capas de materiales y la subrasante, este ensayo puede realizarse en cualquier momento de la vida útil de la estructura de pavimento sin necesidad de destruirla, refiere Del Águila (2007). La deflexión en un pavimento es la deformación vertical que adquiere al momento del paso de una carga que es impuesta por el tráfico y además permite ser medida, según Corros y Urbáez (2009).

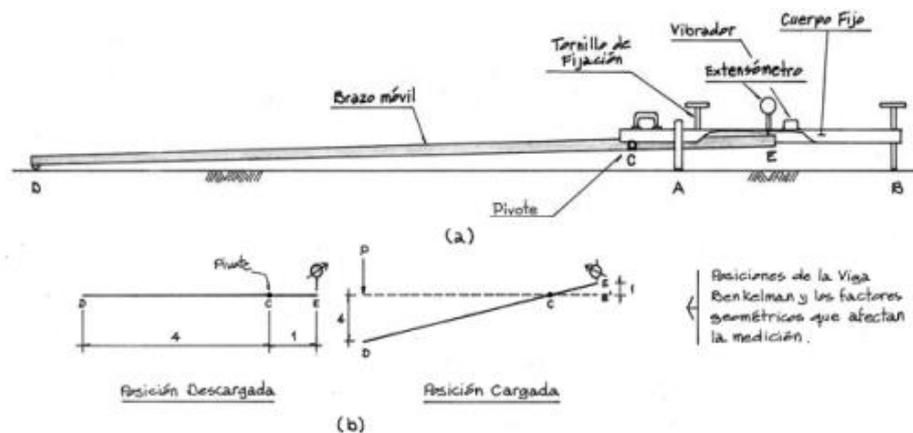
Figura 4: Equipos para medir deflexiones



Fuente: Olarte (2015).

En la Figura 5, se observa el instrumento llamado Viga Benkelman, usado para medir deflexiones verticales bajo la acción de una carga que es controlada, Bohorquez et al. (2014).

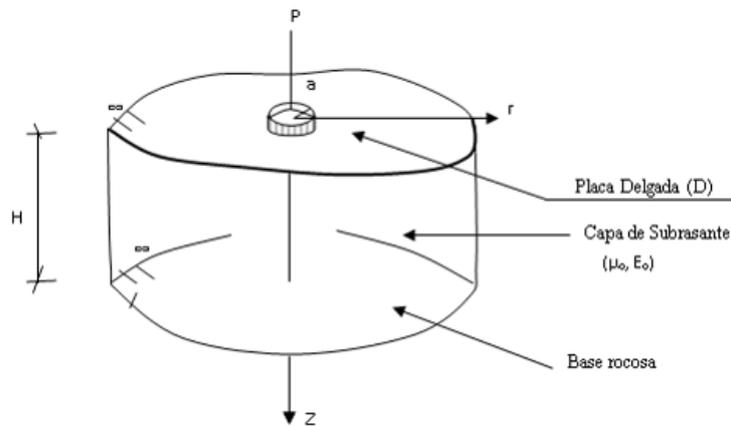
Figura 5: Viga Benkelman.



Fuente: Bohorquez et al. (2014).

Para analizar las deflexiones se emplea el Modelo matemático de Hogg, el cual permite el cálculo del módulo de elasticidad de la subrasante. Está basado en un sistema supuesto bicapa, como señala Hoffman y Del Águila (1985).

Figura 6: Esquema representativo del Modelo de Hogg.



Fuente: Hoffman y Del Águila (1985).

Figura 7: Ecuaciones que se emplean para el cálculo mediante el Modelo de Hogg:

Parámetros de Evaluación	Ecuación	
Módulo de elasticidad de la subrasante según Hogg	$E_0 = I \frac{(1 + \mu_0)(3 - 4\mu_0)}{2(1 - \mu_0)} \left(\frac{S_0}{S}\right) \left(\frac{P}{\Delta_0 l}\right)$	A
Distancia donde la deflexión es la mitad de la deflexión máxima.	$r_{50} = r \frac{(1/\alpha)^{1/\beta} - B}{\left[\frac{1}{\alpha} \left(\frac{\Delta_0}{\Delta_r} - 1\right)\right]^{1/\beta} - B}$	B
Longitud característica de la curva de deflexión.	$l = y_0 \frac{r_{50}}{2} + \left[(y_0 r_0)^2 - 4m a r_{50} \right]^{1/2}$ <i>if</i> $\frac{a}{l} < 0.2$, <i>then</i> $\rightarrow l = (y_0 - 0.2m) r_{50}$	D
Relación entre la rigidez por carga puntual y carga distribuida.	$\left(\frac{S_0}{S}\right) = 1 - m \left(\frac{a}{l} - 0.2\right)$ <i>if</i> $\frac{a}{l} < 0.2$, <i>then</i> $\rightarrow \left(\frac{S_0}{S}\right) = 1.0$	E

Fuente: Hoffman y Del Águila (1985)

El módulo elástico del suelo de fundación (E_{sg}), se puede obtener empleando el modelo matemático de Hogg y con el valor hallado se puede calcular la capacidad de soporte (CBR) (Ver Ecuación F), plantea Balarezo (2017).

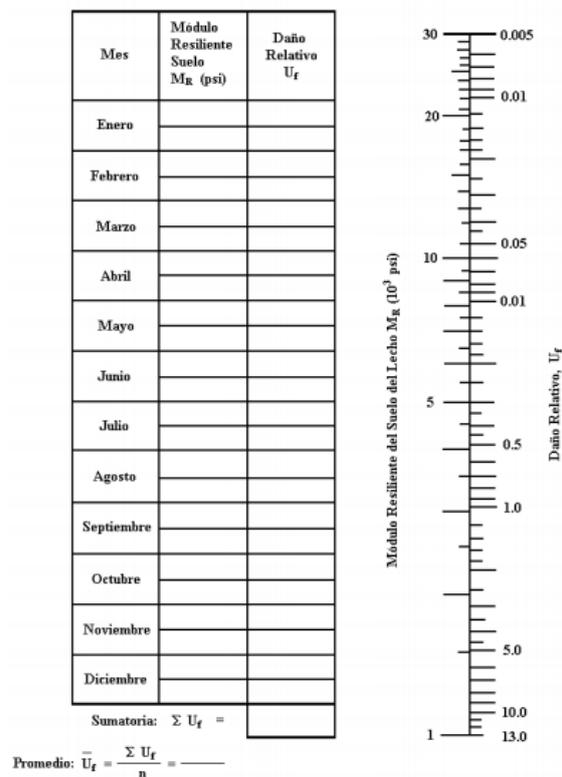
Ecuación F $E_{sg} = K \cdot CBR$

Donde $E_{sg} = \text{Kg/cm}^2$ y $CBR = \%$, K varía dependiendo del tipo de suelo entre 100 a 160.

En el diseño de pavimentos se debe considerar el factor estacional del valor del MR de subrasante, teniendo un MR por lo general, mensual o bimensual a largo de todo el año, asimismo se calcula el daño relativo (U_f) para cada MR y finalmente se determina el MR efectivo del suelo, recomienda la Guía AASHTO (1993). El U_f se puede calcular con la siguiente relación:

$$U_f = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_R^{-2,32}$$

Figura 8: Ábaco para determinar el Daño Relativo



Fuente: AASHTO 1993

El Diseño de Pavimentos, es el procedimiento mediante el cual se definen los espesores de capas que forman parte de la estructura de un pavimento y se define las características que deben tener los materiales que lo constituyen con la finalidad de que el pavimento conserve durante su vida para el que fue diseñado un índice de servicio adecuado, acuerdo con Méndez (2020).

El propósito de la metodología AASHTO 1993, para diseñar pavimentos, es calcular el Numero Estructural (SN), mediante la siguiente ecuación general:

,

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.0;$$

Ecuación G: Ecuación general AASHTO

III. METODOLOGÍA

1. Tipo y diseño de investigación:

Es una investigación aplicada cuando cumple con el propósito fundamental de resolver problemas prácticos, según Arias Y Covinos (2021).

Por ello esta investigación es aplicada, porque se obtuvieron datos para la determinación del factor estacional del módulo resiliente mediante ensayos no destructivos y ensayos destructivos, para conocer las características de los suelos.

El diseño es experimental del tipo cuasi experimental utiliza un grupo control al cual se puede aplicar instrumentos de medición en diferentes tiempos y manipular la variable independiente, según Arias y Covinos (2021)

El Diseño de esta Investigación es cuasi experimental, porque se implementó el uso del Factor Estacional del Módulo Resiliente para un adecuado diseño de pavimento, el cual ha sido evaluado en diferentes temporadas del año.

2. Variables y operacionalización:

Las variables son:

Variable independiente y cuantitativa: Factor estacional del módulo resiliente.

Variable dependiente y cuantitativa: Diseño de pavimento flexible.

- Definición conceptual de la Variable independiente: El Factor Estacional del Módulo Resiliente, es un valor obtenido a partir del efecto combinado de los módulos estacionales producidos a lo largo de todo el año y es muy importante para diseñar pavimentos, según la Guía AASHTO1993.
- Definición conceptual de la Variable dependiente: El Diseño de pavimentos Flexible es el procedimiento mediante el cual se determinan los espesores de la superficie de rodadura, base y sub base de una carretera, así lo define el autor Menéndez (2016).

- Definición operacional de la Variable independiente: Para obtener esta variable, se determina el MR in situ a partir de las deflexiones obtenidas de la subrasante utilizando un deflectómetro tipo Viga Benkelman en las etapas más críticas tanto en los periodos de estiaje como en avenidas del año. Se determina el daño relativo (uf) con cada uno de los valores de MR obtenidos, usando la expresión:

$$U_f = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_R^{-2,32}$$

- Definición operacional de la Variable dependiente: Esta variable se va a obtener mediante la Metodología de AASHTO 1993, considerando el Factor estacional del MR, desarrollando la ecuación general de la AASHTO (Ecuación G).

3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:

Se entiende como población al grupo finito o infinito de elementos del cual se va a extraer muestras representativas, según Arias (2021)

La población tomada en cuenta es la longitud total correspondiente al tramo II del proyecto, que abarca desde el km 74+530 a km 98+500 correspondientes al tramo 02 de la carretera Vizcachani- Sibayo- Caylloma, de la Provincia de Caylloma del departamento de Arequipa.

Figura 9: Departamento de Arequipa.

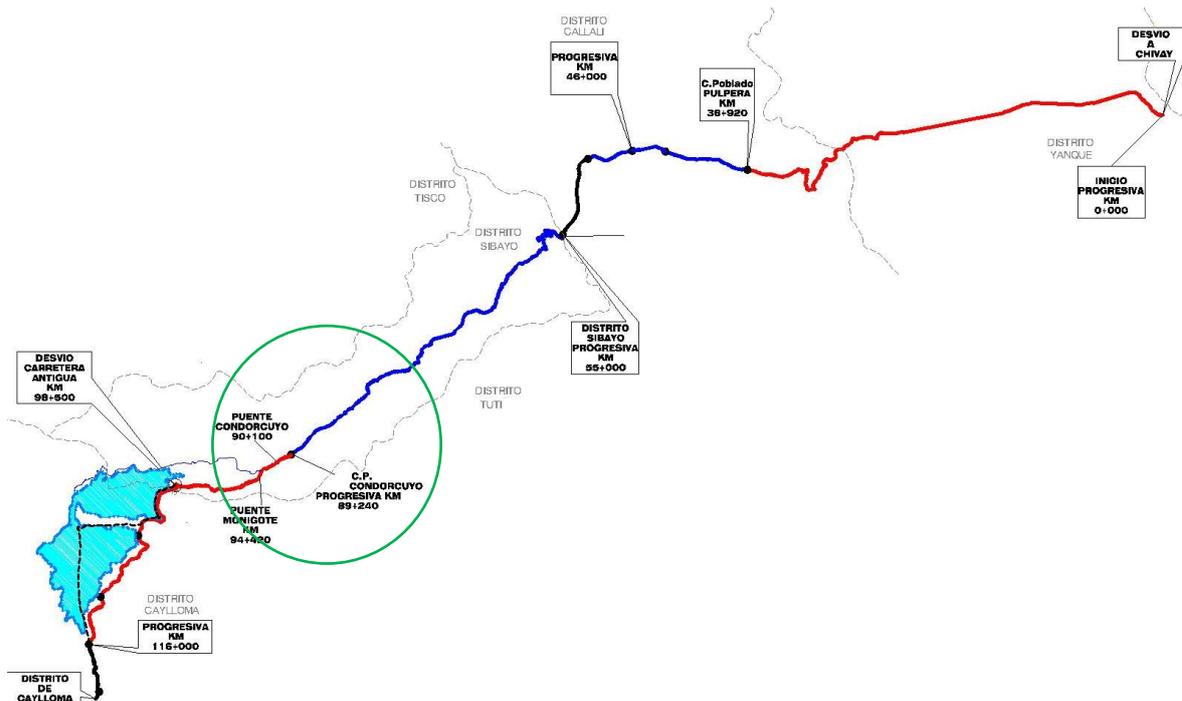


Fuente: Expediente Técnico del proyecto.

Se entiende por muestra al subgrupo de elementos que pertenecen a una población, según Hernández y Mendoza (2018).

La muestra objeto de estudio está comprendida entre el km 86+000 al km 91+000 del Tramo 02 de la carretera antes mencionada.

Figura 10: Plano de Ubicación del Área de Intervención.



Fuente: Expediente Técnico del proyecto.

El muestreo no probabilístico es utilizado cuando los componentes de la muestra han sido elegidos por causas que se relacionan con características del tema que se está investigando o ya sea por criterio por parte del investigador, como dice Arias (2020).

Este fue el método usado en esta investigación, ya que se seleccionó el tramo de estudio, dado a que es una sección homogénea la cual ayudará a desarrollar con los objetivos de la presente investigación.

4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Las técnicas son el medio que permiten el desarrollo científico y metodológico de la investigación y los instrumentos vienen a ser herramientas que ayudan a cumplir

con el propósito de un estudio, tal como indica Arias (2020).

Las técnicas empleadas en el trabajo de investigación son los ensayos que han sido estandarizadas por la AASHTO, la que ha servido de referente para el Manual de Suelos, Geología, geotecnia y pavimentos de MTC.

Los instrumentos empleados son las fichas empleadas para los ensayos de granulometría, de clasificación, contenido de humedad y ensayo de viga Benkelman (VB), los cuales están normados como se puede apreciar en el cuadro de la figura 11; y el instrumento empleado en el diseño de pavimento es una hoja de cálculo para resolver la Ecuación General de la AASHTO (Ver Anexo 3).

Figura 11: Relación de ensayos

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM/AASHTO
Análisis Granulométrico por tamizado.	MTC E 107	ASTM D 422
Contenido de humedad.	MTC E 108	ASTM D 2216
Clasificación SUCS		ASTM D 2487
Clasificación AASHTO		AASHTO M 145
Viga Benkelman	MTC E 1002-2000	ASTM D 4695.

Fuente: MTC / AASHTO

5. Procedimientos:

- 1º. Se realizaron trabajos de visitas de campo para observar el terreno, excavaciones de calicatas y recolección de muestras, para conocer las propiedades de los suelos. Este procedimiento se realizó en periodos críticos tanto de estiaje como de avenidas, siendo el periodo crítico de avenidas en abril y el de estiaje en noviembre.

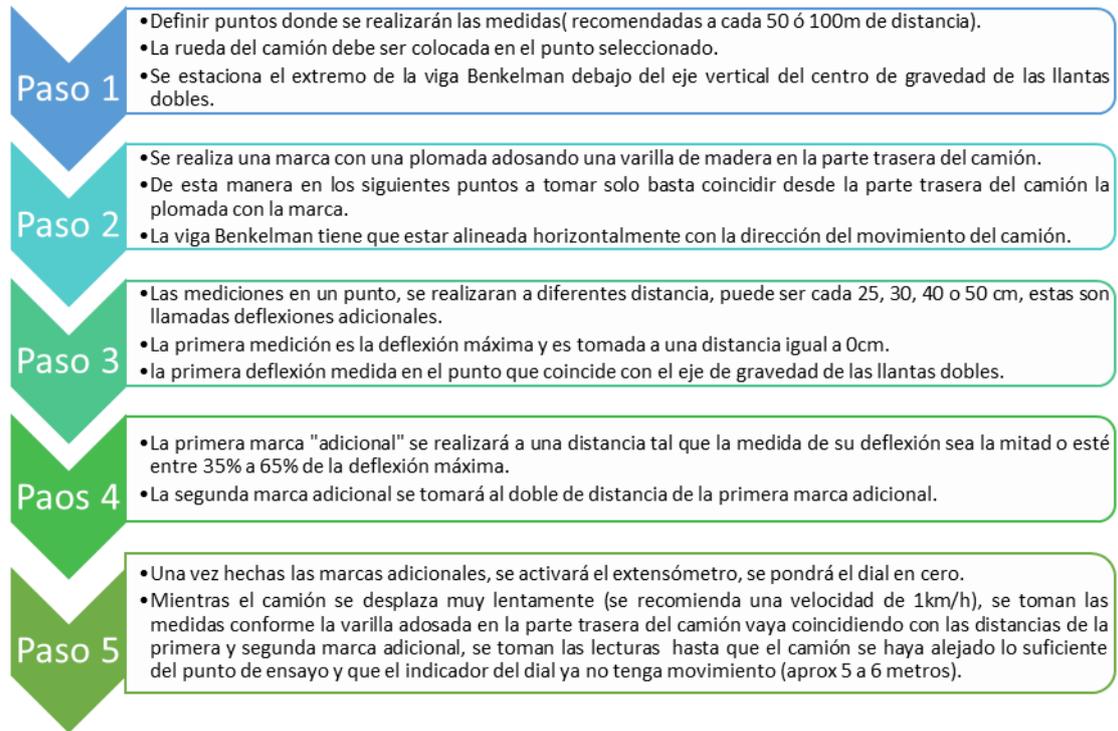
Figura 12: Esquema de Estaciones de Avenidas y Estiaje.



Fuente: SENAMHI.

2º. Se realizaron ensayos in situ para tomar las medidas de deflexiones en la subrasante empleando la VB, siguiendo el procedimiento según el esquema de la figura 13.

Figura 13: Procedimiento para medir deflexiones con VB.



Fuente: Balarezo (2017).

3º. Se calculó el MR de subrasante, mediante el análisis de deflexiones con el modelo de Hogg, este procedimiento se realizó en periodos críticos tanto de estiaje como de avenidas.

4º. Con cada valor Módulo Resiliente estacional, se determinó el valor del daño relativo u_f , de acuerdo al procedimiento de la Guía AASHTO 1993 usando la siguiente expresión:

$$U_f = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_R^{-2,32}$$

Para realizar el cálculo ordenado ingresamos los valores de MR en el Ábaco (Ver Figura 8) , para obtener los valores u_f de cada MR promedio de cada temporada , luego se sumaron los valores u_f y se dividió entre el número de periodos de tiempo en los que realizaron los trabajos.

5°. Se diseñó la estructura de pavimento considerando el factor estacional, siguiendo la metodología AASHTO 1993, para ello se empleó una hoja de cálculo creada en Excel (Ver Anexo 3), en la cual se ingresan los datos correspondientes a caracterización de materiales, de tráfico, propiedades de subrasante y datos de estructuración de refuerzo.

6. Métodos para el análisis de datos:

Para el análisis de la información se empleó el software **Excel 2019**, este programa se utilizó para representar las tablas de los ensayos granulométricos y ensayos in situ; para elaborar gráficos que muestren la relación de humedad en diferentes periodos del año. También se utilizaron hojas de cálculo para obtener los espesores de cada capa que conforma la estructura del pavimento.

7. Aspectos éticos:

La investigación fue realizada de manera auténtica, resaltando la privacidad, anonimato y confidencialidad de la presente información.

Los valores utilizados en el presente estudio son, Responsabilidad, Respeto, Honestidad, Compromiso y Discreción.

IV. RESULTADOS

1. Análisis de resultados:

En respuesta al objetivo general, Relacionados con el Cálculo del Factor Estacional del Módulo Resiliente para el Diseño de Pavimentos Flexibles.

El cálculo se realizó a partir de los módulos resilientes de subrasante obtenidos por retrocálculo el cual se llevó a cabo en dos temporadas del año, una de ellas fue en el periodo crítico de estiaje que vendría a ser el mes de noviembre y la otra en el periodo crítico de avenidas que vendría a ser el mes de abril. Luego aplicamos el criterio del Daño relativo (μ_f). de la Guía AASHTO 1993.

El factor Estacional viene siendo el u_f promedio el cual influye en el Módulo Resiliente del suelo de fundación, dando como resultado el MR efectivo 10,172 psi.

Tabla 1: Módulo Resiliente estacional y daño relativo.

Mes	Resiliente del suelo de fundación	Daño Relativo μ_f
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril	8,710.17	0.09
Mayo		
Junio		
Julio		
Agosto		
Setiembre		
Octubre		
Noviembre	12,993.45	0.03
Diciembre		
Summation $\sum \mu_f$		0.12

n	2
μ_f	0.06
Mr(psi)	10,172

Fuente: Elaboración propia.

Para resolver la Ecuación General de la AASHTO, se obtuvieron datos de tráfico del expediente técnico del proyecto.

Figura 14: Datos para el diseño.

Tramo II	
Confiability $Z_r=$	-0.871
Desviación Estándar $S_o=$	0.45
Serviciabilidad inicial $p_i=$	4.2
Serviciabilidad final $p_t=$	2.0
Periodo de Diseño= $$	10 años
$E_{sal}=$	1350000

Fuente: Expediente Técnico del proyecto.

En la Tabla 2, se muestra los espesores de las capas que intervienen en el pavimento según la Guía AASHTO 1993 (Ver anexo 6), considerando el MR efectivo de subrasante (Ver Tabla 1), donde se recomienda conformar una CARPETA DE RODADURA de 11 cm, BASE de 15 cm y SUB BASE de 15 cm, considerando un MR de 10,172 psi y un SNreq de 2.92.

Tabla 2: Espesores de estructura de pavimento.

	DISEÑO DE PAVIMENTO
	SN requerido 2.92
	MR efectivo 10,172 psi
CARPETA ASFALTICA	11 cm
BASE	15 cm
SUB BASE	15 cm

Fuente: Elaboración propia.

Se comparó tres diseños, el primero es el propuesto en el expediente técnico del proyecto (Anexo 7); el segundo es la verificación del diseño siguiendo la Metodología AASHTO (Anexo 8) y el tercero con el MR efectivo obtenido de la presente investigación (Tabla 2).

Tabla 3: Comparación de tres diseños.

	1er Diseño	2do Diseño	3er Diseño
	SNreq 2.22	SNreq 2.22	SNreq 2.92
	MR 21,625 psi	MR 21,625 psi	MR efectivo 10,172 psi
CARPETA ASFALTICA	7.5 cm	11 cm	11 cm
BASE	15 cm	13 cm	15 cm
SUB BASE	20 cm	-0.00	15 cm

Fuente: Propia.

En la Tabla 3, se observa que cuando empleamos las ecuaciones de correlación MR-CBR, nos conlleva a sobrevalorar la capacidad portante del suelo lo que induce al sub dimensionamiento de las capas del pavimento, teniendo como consecuencia fallas prematuras en el mismo.

2. Resultados del 1er objetivo específico:

Los resultados de este objetivo están relacionados con las Propiedades físicas de los suelos en diferentes estaciones del año.

La excavación de las calicatas se realizó con maquinaria aproximadamente a cada 0.50 km a 1.50m de profundidad como mínimo, se acondicionaron calicatas en donde se consideró necesario, luego se tomó la muestra de suelo.

Figura 15: Excavación de calicatas.



Figura 16: Obtención de muestras de las calicatas.



Las muestras se llevaron al laboratorio para realizarse los respectivos ensayos, de los cuales se tiene que el suelo de fundación es predominantemente clasificado como Gravas Limosas (GM) y Arenas Limosas (SM), según SUCS, como se observa en la Tabla 4 y Tabla 5. Asimismo, se hizo un monitoreo de la Humedad ya que este factor afecta al Módulo Resiliente haciéndolo variable a lo largo del año, siendo más vulnerables al cambio de humedad los suelos finos, que suelen ser muy comunes en proyectos de altura en el Perú.

Tabla 4: Ensayos realizados en el mes de Noviembre del 2018.

NUMERO DE CALICATAS	UBICACIÓN	N CALICATA	CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL
			SUCS	ASSHTO	
1	86+242	C172	GM	A-1-a	9.07
2	86+719	C173	SM	A-2-4	9.41
3	87+240	C174	SM	A-1-b	10.64
4	87+718	C175	GC	A-2-4	5.41
5	88+218	C176	GM	A-2-4	7.40
6	88+725	C177	GP-GM	A-1-a	4.68
7	89+223	C178	GP-GM	A-1-a	7.62
8	89+725	C179	SM	A-2-4	3.93
9	90+227	C180	SM	A-4	11.06
10	90+715	C181	GM	A-1-b	10.51

Fuente: Expediente Técnico.

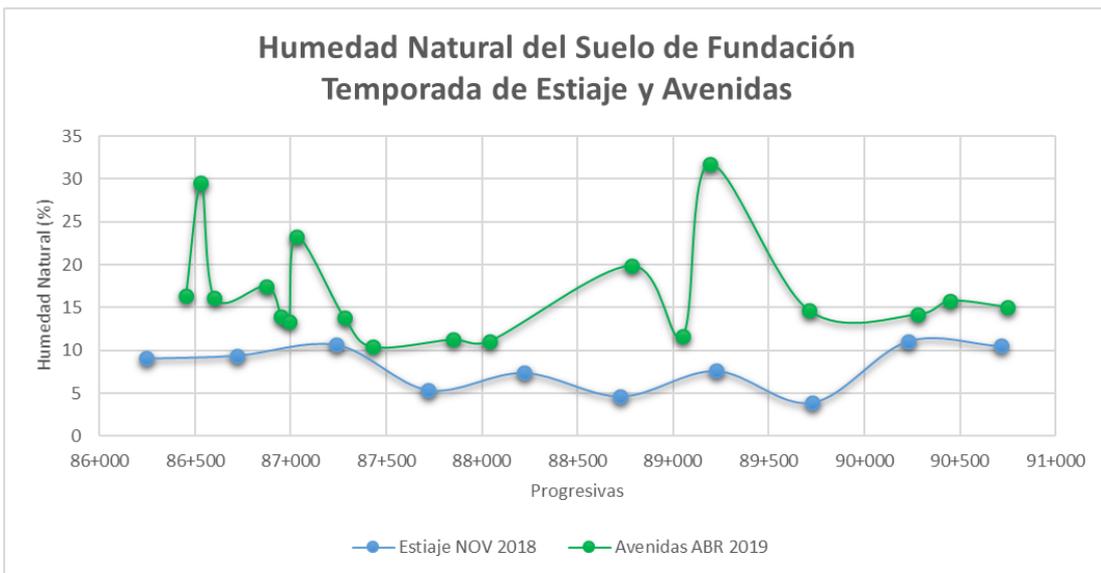
Tabla 5: Ensayos realizados en el mes de Abril del 2019.

NUMERO DE CALICATAS	UBICACIÓN	N CALICATA	CLASIFICACION		HUMEDAD NATURAL
			SUCS	ASSHTO	
1	KM 86+450	C-48	GC	A-2-4 (0)	10.40
2	KM 86+530	C - 48A	ML	A-4 (7)	39.61
3	KM 86+600	C-49	GC	A-2-6 (0)	16.13
4	KM 86+870	C-50	GP-GC	A-2-4 (0)	7.47
5	KM 86+950	C-51	SM-SC	A-4 (0)	14.03
6	KM 86+990	C-52	GM-GC	A-1-b (0)	13.39
7	KM 87+030	C-53	GC	A-2-4 (0)	12.74
8	KM 87+280	C - 53A	SM	A-4 (0)	13.83
9	KM 87+430	C-54	GM-GC	A-1-b (0)	10.41
10	KM 87+850	C-54-A	SM	A-2-4 (0)	11.30
11	KM 88+040	C - 54B	SM-SC	A-4 (0)	11.14
12	KM 88+450	C-55	GM	A-2-4 (0)	8.28
13	KM 88+500	C - 55A	GM	A-2-4 (0)	5.51
14	KM 88+780	C-56	SM	A-1-b (0)	19.87
15	KM 89+050	C-57	SM-SC	A-4 (0)	11.72
16	KM 89+190	C-58	CL	A-4 (5)	31.70
17	KM 89+710	C - 58A	SM	A-1-b (0)	7.92
18	KM 90+160	C-59	GM	A-1-b (0)	6.02
19	KM 90+280	C-60	SM	A-4 (0)	8.22
20	KM 90+450	C-61	SM	A-2-4 (0)	4.04
	KM 90+450	C-61	SM	A-2-4 (0)	21.60
	KM 90+450	C-61	SM	A-4 (0)	15.84
21	KM 90+750	C - 61A	GC	A-2-7 (0)	10.06

Fuente: Consorcio Vial Viscachani.

En el Gráfico 1, se observa el cambio de humedad del suelo, donde es evidente la diferencia que existe dependiendo de la temporada en que se realicen los estudios. El contenido de humedad es mayor en la temporada crítica de avenidas.

Gráfico 1: Porcentaje de humedad de sub rasante en temporadas de estiaje y avenidas.



Fuente: Elaboración propia.

3. Resultados del 2do objetivo específico

Resultados relacionados con los Ensayos in situ para obtener la capacidad portante del suelo.

Para obtener la capacidad portante de los suelos se realizaron ensayos in situ, para ello utilizamos un deflectómetro Benkelman. Se midieron las deflexiones en el suelo de fundación cada 50m, a lo largo del tramo elegido, en periodos críticos tanto de avenidas como de estiaje. Se tomaron 5 lecturas en cada punto, de ellas obtuvimos las deflexiones que observamos en el Anexo 5.

Figura 17: Registro de las medidas de deflexiones con VB.



A partir de las mediciones de deflexiones obtenidas se realizó el cálculo para obtener el Módulo Resiliente (MR) mediante el modelo matemático de Hogg (ver Anexo 5), de ello tenemos que el Promedio del MR es mayor en el periodo crítico de estiaje (ver Tabla 6).

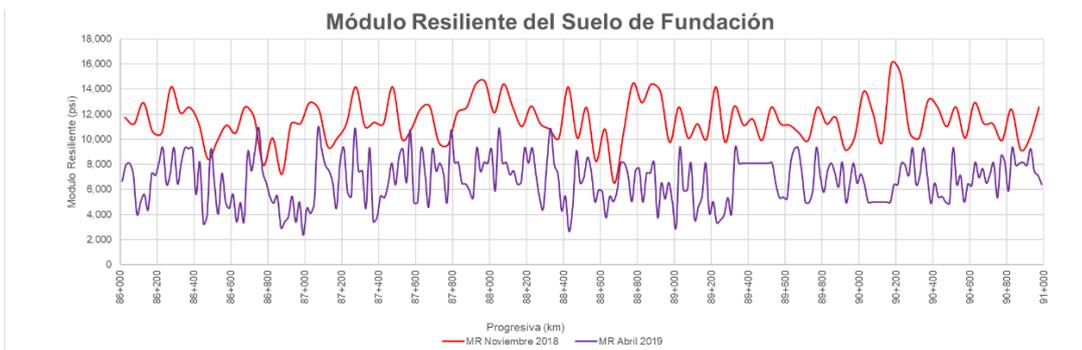
Tabla 6: Módulo Resiliente de subrasante promedio en periodos de avenidas y estiaje.

Noviembre del 2018		Abril del 2019	
PROMEDIO	12,993.5	PROMEDIO	8,710.2
MAXIMO	16,731.1	MAXIMO	12,897.3
MINIMO	8,026.5	MINIMO	5,269.2

Fuente: Propia.

En el Gráfico 2 es evidente la variación del Módulo Resiliente tanto en periodos de avenidas como de estiaje, los cuales están directamente relacionados con los cambios de humedad de los suelos. Teniendo un MR mayor en temporada crítica de estiaje y un MR menor en temporada crítica de avenidas.

Gráfico 2: Módulo Resiliente en periodo de Avenidas y en estiaje.



Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

1. La intención de conocer el factor estacional del MR para el diseño de pavimentos bajo la metodología AASHTO 1993, demostró que al considerar el factor estacional del módulo resiliente evitaremos el sub dimensionamiento del pavimento, lo cual se pudo comprobar al comparar los tres diseños mostrados en los resultados del primer objetivo específico, donde se aprecia que cuando se emplean correlaciones MR- CBR, se subdimensionan algunas capas de la estructura del pavimento. Lo que cual se pudo apreciar claramente al hacer dicha comparación en donde se muestra el 1er Diseño (Expediente técnico del proyecto) cuya carpeta asfáltica es de 7cm, base de 15cm y sub base de 20cm

Estos hallazgos guardan relación con lo hallado por Herrera (2014), quien, en su estudio, concluye que, al cuantificar el daño relativo durante cada estación del año, obtendrá los MR, para un diseño de pavimento óptimo.

Habiéndose validado las hipótesis específicas 1 y 2, que guardan estrecha relación con la hipótesis general según el planteamiento metodológico para esta investigación, valido la hipótesis general que dice: A partir de la evaluación y seguimiento del comportamiento del suelo en diferentes estaciones del año, se podrá inferir el factor estacional para fines de estimar el Módulo Resiliente de subrasante para el diseño de pavimentos flexibles.

2. La intención de encontrar las características físicas de los suelos en diferentes temporadas del año, en los resultados se observó que el suelo de fundación es predominantemente clasificado como Gravas Limosas (GM) y Arenas Limosas (SM) y que el contenido de humedad es mayor en el periodo crítico de avenidas.

Por lo tanto, se valida la hipótesis específica 1 que dice: A partir de perforaciones a cielo abierto, muestreos y ensayos de laboratorio, en diferentes estaciones del año se podrá estimar el cambio de humedad de los suelos en Perú.

3. La intención de encontrar la capacidad portante de los suelos mediante ensayos insitu en las diferentes estaciones del año, el cual demostró que a partir de las mediciones de deflexiones obtenidas se puede calcular el MR de la subrasante empleando el modelo de Hogg, evitando el uso de correlaciones MR-CBR, además se observa que el MR varía dependiendo de la estación o temporada en que se realizan los trabajos, es menor en temporada crítica de avenidas y es mayor en el periodo crítico de estiaje.

Estos hallazgos guardan relación con lo hallado por Ávila (2017), quien concluyó que la rigidez del suelo se ve afectada por las variaciones del contenido de humedad; del mismo modo que Mehrotra (2014), quien al estudiar “Evaluación de la influencia de la variación de la humedad en el módulo resiliente para subrasantes de pavimentos insaturados”, concluye que la rigidez generalmente disminuye al aumentar el contenido de humedad.

Barrera y Garnica (2002), plantearon que Existe una amplia evidencia de campo que demuestra cómo se incrementan los módulos cuando desciende la humedad.

Del Águila (2007), sostuvo que se puede obtener el Módulo Resiliente de subrasante empleando la viga Benkelman y realizando el análisis de deflexiones con el modelo de Hogg.

Por lo tanto, valido mi hipótesis específica 2 que dice: A partir de la medición y análisis de deflexiones, se podrá estimar la real capacidad de soporte de los suelos, evitando el uso de ecuaciones de correlación MR- CBR.

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados de esta investigación corroboran que al considerar el factor estacional del módulo resiliente evitaremos el sub dimensionamiento del pavimento, dado que introduciremos en la ecuación general de la AASHTO un MR efectivo que se verá reflejado en los espesores de capas de la estructura del pavimento.
2. Los resultados de la investigación confirman que, conociendo las propiedades físicas de los materiales en diferentes estaciones del año, notaremos que el contenido de humedad puede aumentar durante la temporada de avenidas y disminuir durante la temporada de estiaje, además que los suelos finos encontrados en pavimentos de altura son más susceptibles a estos cambios.
3. Los resultados obtenidos en esta investigación verifican que el MR obtenido mediante medición y análisis de deflexiones, nos da las condiciones reales de la capacidad portante del suelo, ya que las correlaciones MR-CBR tienden a sobrevalorar la resistencia de los suelos. Se confirma también que el MR es muy variable y es afectado por el contenido de humedad en las diferentes estaciones del año.

VII. RECOMENDACIONES

1. Al ser el módulo resiliente un parámetro muy importante que interviene directamente en el diseño de pavimentos, se recomienda evitar el uso de ecuaciones de correlación MR- CBR, ya que el CBR no representa la real capacidad de soporte de los suelos.
2. Se recomienda continuar con las investigaciones para obtener MR por deflectometría de todos los meses del año, en lugares que tengan periodos de estiaje y avenidas, en nuestro país, para conseguir un adecuado diseño de pavimento.
3. Comparar resultados de MR obtenidos de forma directa mediante ensayo triaxial dinámico con resultados de MR obtenidos por retrocálculo empleando Viga Benkelman, para encontrar la variación existente entre ambos ensayos.

REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, (Vol. 1).

Arias Gonzáles, J. L. (2020). Técnicas e instrumentos de investigación científica.

Arias Gonzáles, J. L., & Covinos Gallardo, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación.

Arias-Barrantes, E., Sequeira-Rojas, W., Aguiar-Moya, J. P., Arriola-Guzmán, R., Elizondo-Arrieta, F., & Loría-Salazar, L. G. (2014). Recomendaciones técnicas para el diseño estructural de pavimentos flexibles con la incorporación de criterios mecánico-empíricos. Programa Infraestructura del Transporte (PITRA), LanammeUCR.

Ávila Esquivel, T. (2017). Efecto del contenido de agua en el módulo resiliente de las subrasantes. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Facultad de Ingeniería Civil.

Balarezo Zapata, J. I. (2017). Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

Barrera Bucio, M., & Garnica Anguas, P. (2002). Introducción a la mecánica de suelos no saturados en vías terrestres. Publicación técnica, (198). Sanfandila, Qro, 2002. Secretaría de Comunicaciones y Transportes Instituto Mexicano Del Transporte.

Bejarano, L. (2013). Análisis estructural de un pavimento flexible con presencia de deterioro, por medio de deflexiones obtenidas con equipo de carga dinámica y estática. Dirección de Investigación Sede Bogotá, DC.

Bohórquez Godoy, H., Leal Hernández, Í. P., & Torres Bobadilla, S. A. (2014). Instructivo técnico para la operación, evaluación, diagnóstico y diseño de rehabilitación de pavimentos flexibles a través del análisis de medidas de deflexión con dispositivo de carga estática no continua viga benkelman. Trabajo de grado. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Meta.

Coria, C., Hernández, R., & Garnica, P. (2018). Teoría para calcular esfuerzo, deformaciones y deflexiones: un enfoque mecanicista. México: Instituto Mexicano de Transporte.

Corredor, G. (2010). Apuntes de pavimentos. Método AASHTO para Diseño de Pavimentos Flexibles. Volumen III.

Corros, M., Urbáez, E., & Corredor, G. (2009). Manual de evaluación de pavimentos. Empresa MAYER, 97.

Cortés, O. C. (2015). Propiedades que definen los materiales resilientes. Revista de tecnología-Volumen 14., 117-126.

Del Águila, P., Asociación Boliviana de Ingeniería Geotécnica (15 de Setiembre del 2020). Coloquio: Del CBR al Módulo Resiliente. [Vídeo]. <https://youtu.be/Rd-aUOP7Ukl>.

Del Águila, P. M. (2007). Determinación del módulo resiliente del suelo de fundación mediante método mecanístico-empírico (Método Hogg Simplificado), Ponencia presentada al XIV Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto, La Habana, Cuba.

Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2014). Manual de carreteras: "Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos" Sección: suelos y pavimentos. Lima: Empresa Editora Macro EIRL.

Dirección general de caminos y ferrocarriles. (2014). Manual de carreteras: "Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos" Sección: suelos y pavimentos. Lima: Empresa

Editora Macro EIRL.

Guzman, E., & Higuera, C. (2016). *Comparison between the subgrade resilient module determined in the laboratory and retrocalculated adjustment factor C. Grinfravial*, 22.

Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.

Herrera Montealegre, M. C. (2014). *Determinación del módulo resiliente de diseño de pavimentos mediante criterios ASSHTO 1993 y 2002. Tesis de Master en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.*

Higuera-Sandoval, C. H. (2010). *Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto. Revista Facultad de Ingeniería UPTC*, 19(28), 73-92.

Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design*.

Leal Noriega, M. H. (2011). *Relación entre el módulo resiliente hallado por retrocálculo y el encontrado en ensayos de laboratorio. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola Posgrado en Ingeniería – Geotecnia Bogotá.*

Mehrotra (2014), *Evaluating the influence of moisture variation on resilient modulus for unsaturated pavement subgrades. Louisiana State University. Thesis. Master of Science in Civil Engineering.*

Méndez R. , *Geotecnia Aplicada (8 de mayo del 2020). Método AASHTO 93 para diseño de pavimentos flexibles [Vídeo]. <https://youtu.be/7tlclqx3bro>*

Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos, Diseño de Pavimentos*, 2da Edición. Instituto de la Construcción y Gerencia ICG.

Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos, Materiales*, 5ta Edición. Instituto de la Construcción y Gerencia ICG.

Menéndez, J. R. (2016). *Ingeniería de Pavimentos, Variables de Diseño*, 1era Edición. Instituto de la Construcción y Gerencia ICG.

Minaya S. y Ordoñez A. (2006). *DISEÑO MODERNO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Ensayo de Materiales*. Lima: MTC.

Monereo Pérez, J. (2015). *Determinación del módulo de deformación de suelos. Ensayos de compresión triaxial*. 1era edición. Universidad Politécnica Salesiana.

Olarte Pinares, J. R. (2015). *Proceso innovado para determinar el espesor de subrasante mejorada en suelos limo-arcillosos aplicado en la carretera Puente Raither - Puente Paucartambo*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad Ingeniería Civil.

Olarte Pinares, J. R. (2019). *Análisis de la variación estacional del módulo resiliente de subrasantes en el diseño de pavimentos en altura*. *Revista Peruvias*, 37 (2) . 10 -15.

Pérez N., Garnica P., González J.L., Curiel P. y Ruiz M. J.. (2016). *Modelo para estimar el módulo de resiliencia de suelos finos compactados en la condición óptima de compactación*. *Publicación Técnica No. 475. INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE*.

Rodríguez Noriega, J. E. (2020). *Evaluación del módulo resiliente fundamentado en*

la deflectometría y la geotecnia para optimizar diseños y costos en pavimentos reciclados de la carretera Yanango – Puente Herrería. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad San Ignacio de Loyola. Facultad de Ingeniería Civil.

Sáenz, K. (2019). Diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para la vía aeropuerto El Edén - club campestre - Armenia en el departamento del Quindío en el k2+000 al k 6+100. Especialización en Ingeniería de Pavimentos. Universidad Militar Nueva Granada Bogotá D.C.

Soto, L., & Soruco, K. (2017). Comparación de resultados entre deflectometría y ensayos de CBR, relativo a la estimación del módulo resiliente. Falda de la Queñua - San Lorencito, Bolivia: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Tavira, J. D. (2016). Cálculo mecánico de pavimentos a partir de ensayos no destructivos. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería -Universidad de Sevilla .

Valentin Melgarejo, Y. L. (2019). Uso del ensayo de módulo resiliente para calcular las características dinámicas del suelo como diseño para la subrasante en el distrito de Catahuasi, 2019. Tesis Para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Valverde Villares, E. R., & Calisaya Musaja, W. (2019). Diseño estructural del pavimento flexible para la carretera Panamericana Sur- tramo km 1300+00 a km 1330+00 de la ciudad de Tacna. Tesis de grado. Universidad Privada de Tacna.

Vargas Guerrero, M. A. (2017). Metodología para la estimación del número estructural efectivo de los pavimentos flexibles recién construidos y su capacidad estructural. Tesis de Grado. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "Factor Estacional del Módulo Resiliente para el Diseño de Pavimentos Flexibles según AASHTO1993 en el Perú – 2021"				
PROBLEMA DE INVESTIGACION	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS	V. INDEPENDIENTE	<p>Investigación: Tipo Aplicada</p> <p>Diseño Experimental: Tipo cuasi experimental.</p> <p>Método selección muestra: No probabilístico</p>
PG : ¿De qué manera se determinará el factor estacional del módulo resiliente del diseño de pavimentos en el Perú, para evitar el sub dimensionamiento del pavimento?	OG : Determinar el factor estacional del Módulo Resiliente de subrasante para el diseño de pavimentos flexibles bajo la metodología AASHTO 1993, con énfasis en proyectos que presentan estaciones de estiaje y avenidas cíclicas anuales, evitando el sub dimensionamiento del pavimento.	HG : A partir de la evaluación y seguimiento del comportamiento del suelo en diferentes estaciones del año, se podrá inferir el factor estacional para fines de estimar el Módulo Resiliente de subrasante para el diseño de pavimentos flexibles.	FACTOR ESTACIONAL DEL MODULO RESILIENTE	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	V. DEPENDIENTE	
PE 1: ¿Cómo se determinará las propiedades físicas de suelos debido a cambios de humedad en suelos, en diferentes estaciones del año?	OE 1: Determinar las propiedades físicas de los suelos en diferentes temporadas o estaciones del año.	HE 1: A partir de perforaciones a cielo abierto , muestreos y ensayos de laboratorio, en diferentes estaciones del año se podrá estimar el cambio de humedad de los suelos en Perú.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	
PE 2:¿De qué manera se obtendrá mediante ensayos In situ la capacidad de soporte de suelos , a través del Módulo Resiliente , en diferentes estaciones del año?	OE 2: Obtener mediante ensayos in situ la capacidad de soporte de los suelos, realizando mediciones deflectométricas, en las diferentes estaciones del año.	HE 2: A partir de la medición y análisis de deflexiones, se podrá estimar la real capacidad de soporte de los suelos, evitando el uso de ecuaciones de correlación MR- CBR.		

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES					
TITULO: "Factor Estacional del Módulo Resiliente para el Diseño de Pavimentos Flexibles según AASHTO 1993 en el Perú – 2021"					
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
FACTOR ESTACIONAL DEL MODULO RESILIENTE	El Factor Estacional del Módulo Resiliente, es un valor que considera el efecto combinado de todos los módulos estacionales que se producen a lo largo del año por diferentes condiciones de humedad y éste es importante para el Diseño de Pavimentos, según la Guía AASHTO (1993).	Para obtener esta variable, se determina el Módulo Resiliente (MR) in situ en función de las deflexiones medidas en la subrasante utilizando un deflectómetro tipo Viga Benkelman en las etapas mas críticas tanto en los periodos de estiaje como en avenidas del año. Con cada valor de MR se determina el valor del daño relativo u_f , usando la expresión: $u_f = 1,18 \times 10^8 \times M_r^{-2.32}$ Luego se determina un daño relativo promedio anual sumando todos los valores de u_f y dividiendo por el número de periodos.	.Ensayo de laboratorios para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. .Ensayos insitu, mediciones de deflexiones empleando Viga Benkelman para la obtención del Módulo Resiliente de subrasante.	.Tipo de suelo .Contenido de humedad del suelo, en las diferentes estaciones .Medición de Deflexiones con Viga Benkelman, en las diferentes estaciones del año.	Nominal Razón Razón
DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	El Diseño de pavimentos Flexible es el procedimiento por el cual los componentes estructurales (superficie de rodadura, base, sub base) de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, las consideraciones ambientales , densidad y composición del tráfico, y las condiciones de mantenimiento, así lo define el autor Menéndez (2016).	Esta variable se va a obtener mediante la Metodología de AASHTO 1993, considerando el Factor estacional del Módulo Resiliente en el Diseño, desarrollando la ecuación general de AASHTO: $\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$.Ecuación general de AASHTO.	.Confiability (R%) .Serviciabilidad ΔPSI .Tránsito (ejes equivalentes) .Subrasante (M_r de diseño) .Número Estructural	Razón Razón Razón Razón Razón

ANEXO 3: HOJA DE CALCULO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO 1993				
PROYECTO	:	TRAMO	:	
SECCION	:	FECHA	:	
DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :				
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES		DATOS		
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)				
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)				
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)				
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)				
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)				
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)				
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)				
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)				
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)				
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)				
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)				
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)				
Base granular (a ₂)				
Subbase (a ₃)				
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m ₂)				
Subbase (m ₃)				
DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})				
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})				
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})				
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})				
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA				
	TEORICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SN _{FINAL}
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)				
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)				
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)				
ESPESOR TOTAL (cm)				
RESPONSABLE :				
HOJA DISEÑADA POR: AURORA GIANNYLIZ MALCA BARRANTES.				

ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS EN EL MES DE NOVIEMBRE

SECCONSUR S.p.A.
SERVICIOS CONSTRUCCIÓN Y CONSULTORIA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Francia 105 Hunter - Arequipa Telf. 440866
Avda. Nicolás Arriola Bloque I-102 - Urb. Rumihuasi - La Victoria - Lima
www.gruposecons.com

26 19

000097

CALICATA	Prog.	Prof. (m)	NF. (m)	Muestras	LÍM. DE CONSISTENCIA (%)			GRANULOMETRÍA			G.S.P.	CRB (95%)	CRB (100%)	CLASIFICACIÓN			
					L.L.	L.P.	I.P.	%GRAVA	%ARENA	%FINOS				SUCS	ASHTO		
C161	80+746	0.00 - 0.45	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	25.54	39.73	35.56	4.17	18.76	42.73	38.51	-	5.6	7.6	SM	A-4
		0.45 - 0.80	-	M-2	30.39	47.76	40.36	7.4	0.37	31.1	68.53	-	2.4	3.8	ML	A-5	
C161A	80+829	0.00 - 0.60	-	M-1 Suelo Orgánico	M-1	9.41	35.83	27.41	8.42	8.01	51.47	40.52	-	5.6	7.6	SM	A-4
		0.60 - 1.50	-	M-2	36.33	46.21	35.58	10.63	0.41	19.84	79.75	-	2.4	3.8	ML	A-7-a	
C162	81+266	0.00 - 0.40	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	9.41	35.83	27.41	8.42	8.01	51.47	40.52	-	5.6	7.6	SM	A-4
		0.40 - 1.20	-	M-2	9.97	34.04	29.03	5.01	5.99	38.16	55.85	-	5.6	7.6	ML	A-4	
C163	81+736	0.00 - 0.30	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	9.41	35.83	27.41	8.42	8.01	51.47	40.52	-	5.6	7.6	SM	A-4
		0.30 - 1.60	-	M-2	9.97	34.04	29.03	5.01	5.99	38.16	55.85	-	5.6	7.6	ML	A-4	
C164	82+457	0.00 - 0.25	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	5.59	28.02	23.68	4.34	20.05	31.62	48.33	-	5.6	7.6	SM	A-4
		0.25 - 1.50	-	M-2	7.03	31.28	23.21	8.07	52.80	32.6	14.60	-	20.6	27.2	GM	A-2-a	
C165	82+753	0.00 - 0.20	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	7.36	29.64	25.14	4.3	47.13	33.58	19.29	-	12.0	27.5	GM	A-1-b
		0.20 - 1.50	-	M-2	6.11	18.66	NP	-	56.75	23.1	20.15	-	12	27.5	GM	A-1-b	
C166	83+243	0.00 - 0.45	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.2	16.32	NP	-	75.23	15.3	9.47	-	42.5	71.2	GP-GM	A-1-a
		0.45 - 0.60	-	M-2	7.27	20.96	17.98	2.98	49.18	19.88	30.94	-	11.2	14.1	GM	A-2-a	
C167	83+742	0.00 - 0.30	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.78	28.32	19.62	8.70	27.95	-	54.83	-	5.6	7.6	CL	A-4
		0.30 - 1.50	-	M-2	4.2	16.32	NP	-	56.75	23.1	20.15	-	12	27.5	GM	A-1-b	
C168	84+242	0.00 - 0.80	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.2	16.32	NP	-	75.23	15.3	9.47	-	42.5	71.2	GP-GM	A-1-a
		0.80 - 1.60	-	M-2	7.27	20.96	17.98	2.98	49.18	19.88	30.94	-	11.2	14.1	GM	A-2-a	
C169	84+788	0.00 - 0.25	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.2	16.32	NP	-	75.23	15.3	9.47	-	42.5	71.2	GP-GM	A-1-a
		0.25 - 1.60	-	M-2	7.27	20.96	17.98	2.98	49.18	19.88	30.94	-	11.2	14.1	GM	A-2-a	
C170	85+314	0.00 - 0.15	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.2	16.32	NP	-	75.23	15.3	9.47	-	42.5	71.2	GP-GM	A-1-a
		0.15 - 1.00	-	M-2	7.27	20.96	17.98	2.98	49.18	19.88	30.94	-	11.2	14.1	GM	A-2-a	
C171	85+747	0.00 - 0.40	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.2	16.32	NP	-	75.23	15.3	9.47	-	42.5	71.2	GP-GM	A-1-a
		0.40 - 0.85	-	M-2	7.27	20.96	17.98	2.98	49.18	19.88	30.94	-	11.2	14.1	GM	A-2-a	
E171A	85+945	0.00 a más	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.2	16.32	NP	-	75.23	15.3	9.47	-	42.5	71.2	GP-GM	A-1-a
		0.00 - 0.40	-	M-2	7.27	20.96	17.98	2.98	49.18	19.88	30.94	-	11.2	14.1	GM	A-2-a	
C172	86+242	0.00 - 0.40	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	9.07	22.1	20.56	-	55.64	30.22	14.14	-	43.9	77.9	GM	A-1-a
		0.40 - 0.85	-	M-2	9.41	17.57	14.81	2.76	25.68	41.41	32.91	-	11.2	14.1	SM	A-2-a	
C173	86+719	0.00 - 0.85	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	9.41	17.57	14.81	2.76	25.68	41.41	32.91	-	11.2	14.1	SM	A-2-a
		0.85 - m&ms	-	M-2	10.64	26.83	NP	-	39.71	40.80	19.49	-	4.3	8.7	SM	A-1-b	
C174	87+240	0.00 - 1.50	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	10.64	26.83	NP	-	39.71	40.80	19.49	-	4.3	8.7	SM	A-1-b
		0.00 - 0.45	-	M-2	5.41	30.19	21.63	8.56	64.38	21.78	13.84	-	17.9	62	GC	A-2-a	
C175	87+718	0.45 - 1.60	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	5.41	30.19	21.63	8.56	64.38	21.78	13.84	-	17.9	62	GC	A-2-a
		0.00 a más	-	M-2	4.99	54.34	-	-	0.00	16.4	83.6	-	22.5	28.2	MH	A-5	
E175A	88+033	0.00 a más	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.99	54.34	-	-	0.00	16.4	83.6	-	22.5	28.2	MH	A-5
		0.00 - 0.35	-	M-2	5.95	17.36	NP	-	49.90	31.74	18.36	-	61.8	74.4	GM	A-1-b	
C176	88+218	0.35 - 1.25	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	5.95	17.36	NP	-	49.90	31.74	18.36	-	61.8	74.4	GM	A-1-b
		1.25 - 1.85	-	M-2	7.4	18.07	NP	-	36.47	35.35	28.18	-	57.9	92.2	GM	A-2-a	
C177	88+725	0.00 - 1.50	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.98	17.82	NP	-	54.98	37.7	7.32	-	68.1	114.9	GP-GM	A-1-a
		0.00 - 0.30	-	M-2	7.62	17.71	NP	-	67.49	23.7	8.81	-	68.1	114.9	GP-GM	A-1-a	
C178	89+223	0.00 - 0.30	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	7.62	17.71	NP	-	67.49	23.7	8.81	-	68.1	114.9	GP-GM	A-1-a
		0.30 - 1.60	-	M-2	3.93	19.35	16.84	2.31	27.82	42.39	29.79	-	57.9	92.2	SM	A-2-a	
C179	89+725	0.00 - 0.50	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	3.93	19.35	16.84	2.31	27.82	42.39	29.79	-	57.9	92.2	SM	A-2-a
		0.50 - 1.70	-	M-2	11.08	21.18	18.64	2.54	16.14	39.94	43.92	-	55.7	75.3	SM	A-4	
C180	90+227	0.00 - 0.45	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	11.08	21.18	18.64	2.54	16.14	39.94	43.92	-	55.7	75.3	SM	A-4
		0.45 - 1.65	-	M-2	3.52	23.68	20.52	3.16	50.57	30.44	18.99	-	27.9	32.9	GM	A-1-b	
C181	90+715	0.00 - 0.40	-	Capa superficial - vía (relleno no controlado)	M-1	10.51	31.59	26.95	4.64	41.05	36.00	22.95	-	27.9	32.9	GM	A-1-b
		0.40 - 1.30	-	M-2	21.56	21.27	18.3	2.97	43.59	36.15	20.26	-	27.9	32.9	GM	A-1-b	
C182	91+190	0.00 - 0.10	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	21.56	21.27	18.3	2.97	43.59	36.15	20.26	-	27.9	32.9	GM	A-1-b
		0.10 - 1.50	-	M-2	4.99	54.34	-	-	0.00	16.4	83.6	-	22.5	28.2	MH	A-5	
E182A	91+755	0.00 a más	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	4.99	54.34	-	-	0.00	16.4	83.6	-	22.5	28.2	MH	A-5
		0.00 - 0.85	-	M-2	38.05	60.65	56.57	4.12	0.73	16.45	82.82	-	10.6	22.7	MH	A-5	
C183	91+751	0.85 - 1.45	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	38.05	60.65	56.57	4.12	0.73	16.45	82.82	-	10.6	22.7	MH	A-5
		1.45 - 1.75	-	M-2	39.22	51.91	45.46	6.45	13.62	29.79	56.59	-	10.6	22.7	MH	A-5	
C184	92+206	0.00 - 0.10	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	29.48	25.87	NP	-	55.10	27.75	17.15	-	27.9	32.9	GM	A-1-b
		0.10 - 0.50	-	M-2	4.82	38.39	NP	-	3.10	18.14	78.76	-	8.6	10.9	ML	A-4	
C185	92+710	0.00 - 0.20	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	13	25	NP	-	68.59	23.51	7.90	-	51.6	75.5	GW-GM	A-1-a
		0.20 - 0.90	-1.00	M-2	26.17	39.41	NP	-	0.50	30.38	69.12	-	8.6	10.9	ML	A-4	
C186	93+195	0.00 - 0.10	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	6.69	22.94	NP	-	48.22	39.37	12.41	-	51.6	75.5	GM	A-1-a
		0.10 - 1.50	-	M-2	12.19	20.04	NP	-	15.66	46.21	38.13	-	8.6	10.9	SM	A-4	
E186A	93+331	0.00 a más	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	12.19	20.04	NP	-	15.66	46.21	38.13	-	8.6	10.9	SM	A-4
		0.00 - 0.90	-1.20	M-2	15.85	26.58	NP	-	2.15	85.69	12.16	-	58.9	92.1	SM	A-2-a	
C187	93+741	0.00 - 0.90	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	15.85	26.58	NP	-	2.15	85.69	12.16	-	58.9	92.1	SM	A-2-a
		0.90 - 1.50	-	M-2	21.42	35.82	NP	-	5.23	38.14	56.63	-	8.6	10.9	ML	A-4	
C188	94+200	0.00 - 0.25	-0.70	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	11.17	30.25	NP	-	0.00	48.16	51.84	-	8.6	10.9	ML	A-4
		0.25 - 1.60	-	M-2	20.32	19.55	NP	-	43.73	21.32	34.95	-	58.90	92.10	GM	A-2-a	
E188A	94+200	0.00 - 0.60	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	20.32	19.55	NP	-	43.73	21.32	34.95	-	58.90	92.10	GM	A-2-a
		0.60 - 1.70	-	M-2	23.47	21.3	16.98	4.32	26.33	49.23	24.44	-	27.50	18.80	SC-SM	A-1-b	
C189	94+695	0.00 - 0.30	-	Capa superficial (Resante Actual)	M-1	23.47	21.3	16.98	4.32	26.33	49.23	24.44	-	27.50	18.80	SC-SM	A-1-b
		0.30 - 1.70	-	M-2													

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS EN EL MES DE ABRIL



CONTROL DE TERRENO EXISTENTE PUNTO DE PLATAFORMA

PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA VISCACHANI - CALLALLI - SIBAYO - CAYLLOMA, PROVINCIA CAYLLOMA, REGION AREQUIPA

UBICACIÓN: 2 (KM 74+530 - 98+500)

CANTERA

MATERIAL PROCEDENTE DE CALICATAS DE PLATAFORMA

NUMERO DE CALICATAS	UBICACIÓN	N CALICATA	MUESTRA	PROF.	LADO	% MATERIAL QUE PASA - TAMIZ													LIMITE DE CONSISTENCIA - PASA LA MALLA Nº40			HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION	
						4"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 100	Nº 200	LL	LP	IP		SUCS	ASSHTO
93	KM 86+450	C-48	M-01	0.00-1.60	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	89.5	64.2	50.8	43.2	37.9	31.0	28.2	24.70	22.10	19.2	26.0	16.0	10.0	10.4	GC	A-2-4 (0)
94	KM 86+530	C-48-A	M-01	0.00-0.80	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	98.7	90.8	86.8	81.8	73.6	66.4	58.00	44.80	30.7	18.0	NP	NP	13.7	SM	A-2-4 (0)
	KM 86+530	C - 48A	M-02	0.80-1.10	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	95.3	91.49	86.40	77.7	34.0	24.0	10.0	39.6	ML	A-4 (7)
95	KM 86+600	C-49	M-01	0.00-1.60	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	90.7	69.1	54.6	48.4	42.9	37.2	35.0	33.87	28.43	21.5	27.0	16.0	11.0	16.1	GC	A-2-6 (0)
96	KM 86+870	C-50	M-01	0.00-0.70	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	88.3	60.9	44.7	35.5	28.3	20.3	15.5	12.77	11.13	8.9	25.0	17.0	8.0	7.5	GP-GC	A-2-4 (0)
97	KM 86+950	C-51	M-01	0.00-0.90	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	98.8	89.1	77.7	72.5	65.8	57.9	49.58	38.68	24.1	19.0	NP	NP	12.9	SM	A-1-b (0)
	KM 86+950	C-51	M-02	0.90-1.60	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.5	95.4	90.3	83.9	77.7	70.71	60.61	46.3	19.0	13.0	6.0	14.0	SM-SC	A-4 (0)
98	KM 86+990	C-52	M-01	0.00-0.40	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	86.5	77.9	68.7	65.0	59.1	53.0	49.07	40.67	27.1	19.0	NP	NP	5.0	GM	A-2-4 (0)
	KM 86+990	C-52	M-02	0.40-1.50	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.5	81.8	70.6	57.9	46.7	36.96	31.56	24.7	23.0	17.0	6.0	13.4	GM-GC	A-1-b (0)
99	KM 87+030	C-53	M-01	0.00-1.10	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	88.1	79.8	70.9	67.2	59.0	54.0	49.21	39.30	25.8	19.0	NP	NP	43.3	GM	A-2-4 (0)
	KM 87+030	C-53	M-02	1.10-1.70	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	87.2	81.0	68.0	52.2	40.1	31.11	26.39	20.3	26.0	17.0	9.0	12.7	GC	A-2-4 (0)
100	KM 87+280	C - 53A	M-01	0.00-0.50	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.2	81.6	74.1	63.1	55.56	45.66	34.8	18.0	NP	NP	10.2	SM	A-2-4 (0)
	KM 87+280	C - 53A	M-02	0.50-1.40	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.5	95.5	90.8	84.4	74.8	66.10	54.60	41.3	17.0	NP	NP	13.8	SM	A-4 (0)

101	KM 87+430	C-54	M-01	0.00-1.50	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	98.2	85.6	74.1	63.2	49.8	40.9	34.08	29.68	23.2	23.0	17.0	6.0	10.4	GM-GC	A-1-b (0)
102	KM 87+850	C-54-A	M-01	0.00-1.80	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	95.1	87.0	83.2	77.2	69.5	62.6	55.04	42.44	29.4	18.0	NP	NP	11.3	SM	A-2-4 (0)
103	KM 88+040	C-54-B	M-01	0.00-0.50	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	90.1	82.9	78.9	74.0	67.9	60.7	52.31	40.51	27.6	19.0	NP	NP	13.2	SM	A-2-4 (0)
	KM 88+040	C - 54B	M-02	0.50-1.60	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	88.9	85.1	76.8	70.6	65.80	55.71	42.8	20.0	14.0	6.0	11.1	SM-SC	A-4 (0)
104	KM 88+450	C-55	M-01	0.00-1.80	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	89.6	82.1	75.9	71.4	63.2	56.5	50.00	39.80	27.5	18.0	NP	NP	8.3	GM	A-2-4 (0)
105	KM 88+500	C - 55A	M-01	0.00-1.50	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	90.3	80.7	71.9	67.8	60.6	55.1	49.59	40.29	25.8	18.0	NP	NP	5.5	GM	A-2-4 (0)
106	KM 88+780	C-56	M-01	0.00-0.60	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.9	76.6	70.1	59.2	51.9	41.87	28.78	17.3	17.0	NP	NP	19.9	SM	A-1-b (0)
107	KM 89+050	C-57	M-01	0.00-0.60	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	96.0	85.9	78.3	73.2	64.9	58.7	50.45	39.45	28.8	19.0	NP	NP	4.3	SM	A-2-4 (0)
	KM 89+050	C-57	M-02	0.60-1.80	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.8	90.3	86.0	78.5	72.7	67.41	57.68	44.1	19.0	13.0	6.0	11.7	SM-SC	A-4 (0)
108	KM 89+190	C-58	M-01	0.00-0.40	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	86.9	81.3	76.3	69.1	60.21	50.23	34.0	18.0	NP	NP	5.8	SM	A-2-4 (0)
	KM 89+190	C-58	M-02	0.40-0.90	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	91.0	87.9	83.7	75.5	65.29	53.69	36.6	18.0	NP	NP	10.8	SM	A-4 (0)
	KM 89+190	C-58	M-03	0.90-1.70	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.9	96.3	93.84	88.64	82.9	26.0	18.0	8.0	31.7	CL	A-4 (5)
109	KM 89+710	C - 58A	M-01	0.00-1.50	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	96.0	87.7	80.7	73.1	60.9	48.3	36.40	28.00	18.4	19.0	NP	NP	7.9	SM	A-1-b (0)
110	KM 90+160	C-59	M-01	0.00-1.00	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	85.9	79.0	70.9	57.8	45.1	31.41	22.75	15.6	19.0	NP	NP	6.0	GM	A-1-b (0)
111	KM 90+280	C-60	M-01	0.00-1.80	IZQUIERDA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.6	94.4	89.0	82.8	74.7	66.00	53.60	37.6	18.0	NP	NP	8.2	SM	A-4 (0)
112	KM 90+450	C-61	M-01	0.00-0.20	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.1	88.1	79.6	67.4	59.0	50.62	37.88	23.4	22.0	NP	NP	4.0	SM	A-2-4 (0)
	KM 90+450	C-61	M-02	0.20-0.60	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.9	86.8	81.0	70.9	62.9	55.77	42.57	24.2	30.0	23.0	7.0	21.6	SM	A-2-4 (0)
	KM 90+450	C-61	M-03	0.60-1.70	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	95.8	87.7	80.8	69.41	56.71	43.2	25.0	NP	NP	15.8	SM	A-4 (0)
113	KM 90+750	C - 61A	M-01	0.00-1.50	DERECHA	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.2	76.7	64.9	49.1	39.0	29.87	22.04	16.3	56.0	16.0	40.0	10.1	GC	A-2-7 (0)

ANEXO 5: ENSAYOS INSITU MEDICION DE DEFLEXIONES Y ANALISIS DE DEFLEXIONES

ENSAYOS REALIZADOS EN EL MES DE NOVIEMBRE

PK (km)	CURVA DE DEFLEXION					PARAMETROS ESTRUCTURALES					
	D0	D20	D30	D40	D50	L0	R5	E0	CBR	MR	MR
	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01mm)	(cm)	(cm)	(kg/cm2)	(%)	(ksi)	(psi)
86+025	72	44	32	24	12	10.98	26.55	825.52	8.26	11.74	11,741.72
86+075	64	48	36	20	8	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
86+125	56	44	36	24	12	16.21	34.17	908.26	9.08	12.92	12,918.57
86+175	72	56	48	28	20	14.60	31.72	746.39	7.46	10.62	10,616.25
86+225	80	52	36	28	12	11.23	26.88	739.65	7.40	10.52	10,520.36
86+275	56	40	28	16	8	13.45	30.00	996.45	9.96	14.17	14,173.02
86+325	68	44	32	24	12	12.14	28.12	852.21	8.52	12.12	12,121.48
86+375	52	40	32	20	8	19.18	38.81	882.60	8.83	12.55	12,553.65
86+425	60	48	36	28	16	18.14	37.18	792.65	7.93	11.27	11,274.25
86+475	84	68	48	32	20	16.83	35.12	592.62	5.93	8.43	8,429.20
86+525	68	52	40	32	20	18.35	37.50	694.47	6.94	9.88	9,877.76
86+575	64	48	40	28	16	16.65	34.85	782.53	7.83	11.13	11,130.27
86+625	80	48	36	28	20	11.23	26.88	739.65	7.40	10.52	10,520.36
86+675	60	48	32	20	12	14.97	32.28	884.53	8.85	12.58	12,581.13
86+725	72	44	32	24	12	10.98	26.55	825.52	8.26	11.74	11,741.72
86+775	80	56	48	40	24	19.93	40.00	559.32	5.59	7.96	7,955.54
86+825	68	48	40	24	12	17.70	36.48	710.31	7.10	10.10	10,103.10
86+875	88	76	52	44	28	19.93	40.00	508.48	5.08	7.23	7,232.31
86+925	76	52	32	24	16	10.07	25.39	789.89	7.90	11.24	11,235.03
86+975	64	44	36	28	12	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
87+025	56	44	36	24	8	16.21	34.17	908.26	9.08	12.92	12,918.57
87+075	64	48	32	24	8	13.45	30.00	871.89	8.72	12.40	12,401.40
87+125	80	60	56	32	16	15.08	32.44	661.01	6.61	9.40	9,401.88
87+175	72	56	40	32	20	16.04	33.90	710.63	7.11	10.11	10,107.65
87+225	60	48	36	28	16	18.14	37.18	792.65	7.93	11.27	11,274.25
87+275	56	44	28	20	8	13.45	30.00	996.45	9.96	14.17	14,173.02
87+325	72	52	36	28	12	13.45	30.00	775.02	7.75	11.02	11,023.46
87+375	56	48	36	28	12	19.93	40.00	799.03	7.99	11.37	11,365.06
87+425	64	48	36	24	16	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
87+475	56	40	28	16	8	13.45	30.00	996.45	9.96	14.17	14,173.02
87+525	76	52	40	32	12	14.65	31.78	706.09	7.06	10.04	10,043.01
87+575	76	64	36	28	8	12.28	28.32	759.77	7.60	10.81	10,806.55
87+625	64	44	32	24	16	13.45	30.00	871.89	8.72	12.40	12,401.40
87+675	56	40	32	20	12	16.83	35.12	888.94	8.89	12.64	12,643.79
87+725	84	56	40	28	20	12.39	28.47	685.36	6.85	9.75	9,748.17

87+775	76	60	48	32	16	16.01	33.86	673.93	6.74	9.59	9,585.69
87+825	68	48	32	20	8	12.14	28.12	852.21	8.52	12.12	12,121.48
87+875	60	52	40	24	8	15.08	32.44	881.35	8.81	12.54	12,535.84
87+925	52	40	28	16	8	15.21	32.64	1012.24	10.12	14.40	14,397.54
87+975	56	32	20	12	4	8.17	23.42	1025.94	10.26	14.59	14,592.43
88+025	68	44	32	20	12	12.14	28.12	852.21	8.52	12.12	12,121.48
88+075	52	36	28	20	8	15.21	32.64	1012.24	10.12	14.40	14,397.54
88+125	60	40	32	20	12	14.97	32.28	884.53	8.85	12.58	12,581.13
88+175	56	44	36	20	12	20.81	41.40	775.90	7.76	11.04	11,036.01
88+225	56	40	32	20	12	16.83	35.12	888.94	8.89	12.64	12,643.79
88+275	64	52	36	24	8	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
88+325	76	48	36	24	16	12.28	28.32	759.77	7.60	10.81	10,806.55
88+375	72	60	40	32	24	16.04	33.90	710.63	7.11	10.11	10,107.65
88+425	56	36	28	20	8	13.45	30.00	996.45	9.96	14.17	14,173.02
88+475	68	52	40	28	20	17.70	36.48	710.31	7.10	10.10	10,103.10
88+525	60	52	40	24	16	15.08	32.44	881.35	8.81	12.54	12,535.84
88+575	96	72	48	36	24	13.45	30.00	581.26	5.81	8.27	8,267.60
88+625	76	56	36	28	16	12.28	28.32	759.77	7.60	10.81	10,806.55
88+675	84	76	64	52	40	24.57	47.46	458.86	4.59	6.53	6,526.56
88+725	80	52	36	24	12	11.23	26.88	739.65	7.40	10.52	10,520.36
88+775	48	36	28	20	12	17.44	36.07	1015.28	10.15	14.44	14,440.90
88+825	56	44	36	24	8	16.21	34.17	908.26	9.08	12.92	12,918.57
88+875	52	40	28	20	8	15.21	32.64	1012.24	10.12	14.40	14,397.54
88+925	60	44	28	20	12	11.97	27.88	970.11	9.70	13.80	13,798.35
88+975	72	60	52	32	20	17.00	35.40	687.18	6.87	9.77	9,774.08
89+025	60	48	32	24	12	14.97	32.28	884.53	8.85	12.58	12,581.13
89+075	72	56	40	32	20	16.04	33.90	710.63	7.11	10.11	10,107.65
89+125	64	48	36	24	12	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
89+175	76	64	40	24	16	14.65	31.78	706.09	7.06	10.04	10,043.01
89+225	56	36	28	20	12	13.45	30.00	996.45	9.96	14.17	14,173.02
89+275	72	56	44	32	24	17.00	35.40	687.18	6.87	9.77	9,774.08
89+325	56	40	32	16	8	16.83	35.12	888.94	8.89	12.64	12,643.79
89+375	64	48	40	28	8	16.65	34.85	782.53	7.83	11.13	11,130.27
89+425	72	52	28	16	8	8.60	23.79	816.07	8.16	11.61	11,607.37

89+475	80	64	40	28	20	13.45	30.00	697.52	6.98	9.92	9,921.12
89+525	68	44	28	16	8	9.67	24.92	882.83	8.83	12.56	12,556.96
89+575	64	48	36	24	8	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
89+625	64	48	40	28	8	16.65	34.85	782.53	7.83	11.13	11,130.27
89+675	80	60	36	24	16	11.23	26.88	739.65	7.40	10.52	10,520.36
89+725	80	64	40	28	20	13.45	30.00	697.52	6.98	9.92	9,921.12
89+775	68	44	28	16	8	9.67	24.92	882.83	8.83	12.56	12,556.96
89+825	64	48	36	24	8	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
89+875	72	44	32	24	12	10.98	26.55	825.52	8.26	11.74	11,741.72
89+925	80	60	44	36	16	15.77	33.49	645.58	6.46	9.18	9,182.37
89+975	68	52	40	24	12	17.70	36.48	710.31	7.10	10.10	10,103.10
90+025	60	40	28	20	8	11.97	27.88	970.11	9.70	13.80	13,798.35
90+075	68	44	32	20	8	12.14	28.12	852.21	8.52	12.12	12,121.48
90+125	72	60	52	32	16	17.00	35.40	687.18	6.87	9.77	9,774.08
90+175	52	36	24	16	8	11.74	27.57	1125.51	11.26	16.01	16,008.67
90+225	56	40	24	16	8	10.26	25.62	1070.85	10.71	15.23	15,231.29
90+275	80	48	36	24	12	11.23	26.88	739.65	7.40	10.52	10,520.36
90+325	68	56	40	24	8	17.70	36.48	710.31	7.10	10.10	10,103.10
90+375	52	40	32	24	8	17.88	36.76	923.05	9.23	13.13	13,129.07
90+425	60	40	32	20	8	14.97	32.28	884.53	8.85	12.58	12,581.13
90+475	72	56	36	24	8	13.45	30.00	775.02	7.75	11.02	11,023.46
90+525	60	40	32	24	8	14.97	32.28	884.53	8.85	12.58	12,581.13
90+575	72	52	40	28	12	16.04	33.90	710.63	7.11	10.11	10,107.65
90+625	56	44	36	24	8	16.21	34.17	908.26	9.08	12.92	12,918.57
90+675	60	48	40	28	16	18.14	37.18	792.65	7.93	11.27	11,274.25
90+725	64	48	36	20	8	16.38	34.43	790.02	7.90	11.24	11,236.85
90+775	80	52	40	24	16	13.45	30.00	697.52	6.98	9.92	9,921.12
90+825	64	52	32	20	8	13.45	30.00	871.89	8.72	12.40	12,401.40
90+875	76	56	44	28	8	17.21	35.72	646.32	6.46	9.19	9,192.87
90+925	68	56	40	-8	8	17.70	36.48	710.31	7.10	10.10	10,103.10
90+975	60	44	32	24	12	14.97	32.28	884.53	8.85	12.58	12,581.13

ENSAYOS REALIZADOS EN EL MES DE ABRIL

PK (km)	CURVA DE DEFLEXION					PARAMETROS ESTRUCTURALES					
	D0	D20	D30	D40	D50	L0	R5	E0	CBR	MR	MR
	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01 mm)	(0.01mm)	(cm)	(cm)	(kg/cm2)	(%)	(ksi)	(psi)
86+010	52	44	36	16	8	43.21	77.98	467.22	4.67	6.65	6,645.45
86+030	52	44	32	20	12	35.13	64.69	557.58	5.58	7.93	7,930.69
86+050	56	44	32	16	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
86+070	64	52	36	28	16	30.68	57.38	506.57	5.07	7.21	7,205.11
86+090	104	88	64	44	20	34.56	63.74	282.67	2.83	4.02	4,020.49
86+110	76	60	48	36	16	38.85	70.79	350.42	3.50	4.98	4,984.20
86+130	72	64	48	32	20	36.16	66.37	393.12	3.93	5.59	5,591.49
86+150	116	92	60	40	16	27.33	51.93	306.34	3.06	4.36	4,357.14
86+170	72	56	36	28	12	26.15	50.00	510.77	5.11	7.26	7,264.86
86+190	60	48	36	24	12	33.76	62.44	499.51	5.00	7.10	7,104.75
86+210	64	48	32	20	8	26.15	50.00	574.62	5.75	8.17	8,172.97
86+230	52	40	28	20	8	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
86+250	56	48	36	28	16	41.40	75.00	450.23	4.50	6.40	6,403.76
86+270	68	52	36	28	12	28.19	53.33	509.98	5.10	7.25	7,253.56
86+290	56	40	28	20	12	26.15	50.00	656.70	6.57	9.34	9,340.54
86+310	68	56	40	28	12	32.76	60.79	451.88	4.52	6.43	6,427.30
86+330	60	44	32	20	8	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
86+350	52	40	28	16	8	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
86+370	64	44	28	16	8	22.16	43.57	649.56	6.50	9.24	9,238.85
86+390	60	48	28	20	12	23.97	46.47	654.51	6.55	9.31	9,309.38
86+410	72	60	48	32	20	36.16	66.37	393.12	3.93	5.59	5,591.49
86+430	64	48	32	20	8	26.15	50.00	574.62	5.75	8.17	8,172.97
86+450	160	124	80	48	20	26.15	50.00	229.85	2.30	3.27	3,269.19
86+470	108	88	68	44	20	33.34	61.74	280.44	2.80	3.99	3,988.86
86+490	48	40	28	20	12	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
86+510	60	52	44	28	12	38.19	69.71	450.40	4.50	6.41	6,406.17
86+530	80	68	56	44	28	46.69	83.72	283.76	2.84	4.04	4,035.98
86+550	72	56	36	28	20	26.15	50.00	510.77	5.11	7.26	7,264.86
86+570	72	64	48	36	28	41.40	75.00	350.18	3.50	4.98	4,980.70
86+590	84	68	52	40	24	39.09	71.18	315.40	3.15	4.49	4,486.07

86+610	68	56	40	32	20	38.56	70.31	394.18	3.94	5.61	5,606.57
86+630	92	84	68	52	36	48.43	86.60	238.87	2.39	3.40	3,397.60
86+650	88	72	52	36	20	32.99	61.16	347.22	3.47	4.94	4,938.60
86+670	108	96	72	52	24	39.59	72.02	242.63	2.43	3.45	3,450.97
86+690	44	40	32	20	8	37.07	67.87	629.88	6.30	8.96	8,958.96
86+710	52	44	32	24	16	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
86+730	48	36	28	20	12	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
86+750	48	36	24	16	8	26.15	50.00	766.16	7.66	10.90	10,897.30
86+770	48	40	32	24	12	41.40	75.00	525.27	5.25	7.47	7,471.05
86+790	80	64	40	24	12	26.15	50.00	459.69	4.60	6.54	6,538.38
86+810	88	64	48	32	16	29.37	55.25	381.49	3.81	5.43	5,426.07
86+830	124	92	52	28	12	21.29	42.17	344.87	3.45	4.91	4,905.17
86+850	96	72	48	32	16	26.15	50.00	383.08	3.83	5.45	5,448.65
86+870	160	132	88	64	40	29.71	55.81	207.89	2.08	2.96	2,956.84
86+890	136	108	76	52	28	30.39	56.92	240.19	2.40	3.42	3,416.37
86+910	120	104	68	40	16	31.00	57.92	267.86	2.68	3.81	3,809.83
86+930	100	80	48	32	16	24.82	47.85	382.56	3.83	5.44	5,441.35
86+950	128	104	76	48	28	33.23	61.56	237.28	2.37	3.37	3,374.92
86+970	76	64	60	36	24	38.85	70.79	350.42	3.50	4.98	4,984.20
86+990	148	132	108	76	44	42.77	77.26	165.62	1.66	2.36	2,355.67
87+010	80	68	52	40	28	41.40	75.00	315.16	3.15	4.48	4,482.63
87+030	96	84	64	44	24	37.42	68.44	286.42	2.86	4.07	4,073.92
87+050	64	52	44	36	24	48.12	86.07	345.38	3.45	4.91	4,912.51
87+070	44	36	24	16	8	29.37	55.25	762.98	7.63	10.85	10,852.15
87+090	48	36	28	20	8	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
87+110	52	40	32	20	12	35.13	64.69	557.58	5.58	7.93	7,930.69
87+130	52	44	32	24	16	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
87+150	76	60	40	32	24	27.97	52.97	459.14	4.59	6.53	6,530.55
87+170	84	72	52	40	28	39.09	71.18	315.40	3.15	4.49	4,486.07
87+190	64	48	32	24	16	26.15	50.00	574.62	5.75	8.17	8,172.97
87+210	52	40	28	16	8	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
87+230	104	80	44	24	8	21.49	42.50	408.49	4.08	5.81	5,810.09
87+250	88	72	48	32	20	29.37	55.25	381.49	3.81	5.43	5,426.07
87+270	52	36	24	16	8	23.64	45.95	762.83	7.63	10.85	10,849.96
87+290	56	48	36	24	16	34.75	64.06	522.51	5.23	7.43	7,431.84

87+310	52	44	36	24	16	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
87+330	80	68	52	40	20	41.40	75.00	315.16	3.15	4.48	4,482.63
87+350	52	40	28	16	8	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
87+370	100	84	64	52	40	43.44	78.36	241.81	2.42	3.44	3,439.40
87+390	104	88	64	48	28	37.71	68.92	262.63	2.63	3.74	3,735.52
87+410	80	72	52	32	16	32.78	60.82	383.94	3.84	5.46	5,460.85
87+430	80	64	48	32	20	33.76	62.44	374.63	3.75	5.33	5,328.56
87+450	64	56	40	28	20	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38
87+470	56	44	32	20	12	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
87+490	52	44	36	28	12	45.41	81.61	447.33	4.47	6.36	6,362.58
87+510	52	44	36	20	12	31.64	58.96	607.98	6.08	8.65	8,647.46
87+530	48	40	28	20	12	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
87+550	80	56	40	28	16	26.15	50.00	459.69	4.60	6.54	6,538.38
87+570	56	40	24	16	8	21.63	42.71	755.35	7.55	10.74	10,743.63
87+590	84	68	52	36	20	34.75	64.06	348.34	3.48	4.95	4,954.56
87+610	76	64	48	36	24	38.85	70.79	350.42	3.50	4.98	4,984.20
87+630	60	40	28	20	12	23.97	46.47	654.51	6.55	9.31	9,309.38
87+650	104	64	40	24	8	15.02	32.34	509.54	5.10	7.25	7,247.40
87+670	96	76	56	32	16	32.35	60.12	323.40	3.23	4.60	4,599.85
87+690	48	36	28	20	12	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
87+710	52	44	32	24	12	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
87+730	56	44	32	20	12	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
87+750	68	56	36	24	12	28.19	53.33	509.98	5.10	7.25	7,253.56
87+770	92	64	52	28	12	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
87+790	40	32	24	16	8	33.76	62.44	749.27	7.49	10.66	10,657.12
87+810	60	48	32	24	16	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
87+830	68	52	32	24	12	24.22	46.87	573.09	5.73	8.15	8,151.27
87+850	72	56	40	24	16	30.14	56.50	456.75	4.57	6.50	6,496.55
87+870	68	56	40	28	16	32.76	60.79	451.88	4.52	6.43	6,427.30
87+890	84	68	44	24	16	27.79	52.68	417.51	4.18	5.94	5,938.39

87+910	80	64	48	32	12	33.76	62.44	374.63	3.75	5.33	5,328.56
87+930	52	44	28	20	12	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
87+950	56	44	36	24	16	34.75	64.06	522.51	5.23	7.43	7,431.84
87+970	60	52	32	20	12	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
87+990	56	48	32	16	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
88+010	48	40	28	20	12	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
88+030	76	60	44	28	16	31.99	59.53	412.28	4.12	5.86	5,863.95
88+050	52	40	24	16	8	23.64	45.95	762.83	7.63	10.85	10,849.96
88+070	56	48	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
88+090	68	52	32	20	12	24.22	46.87	573.09	5.73	8.15	8,151.27
88+110	84	68	36	24	16	21.63	42.71	503.57	5.04	7.16	7,162.42
88+130	52	44	32	24	16	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
88+150	56	48	36	28	16	41.40	75.00	450.23	4.50	6.40	6,403.76
88+170	80	64	40	20	12	26.15	50.00	459.69	4.60	6.54	6,538.38
88+190	52	44	28	20	12	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
88+210	72	52	32	16	8	22.58	44.24	569.63	5.70	8.10	8,102.00
88+230	60	44	28	20	12	23.97	46.47	654.51	6.55	9.31	9,309.38
88+250	72	56	36	24	12	26.15	50.00	510.77	5.11	7.26	7,264.86
88+270	84	72	48	24	16	31.38	58.54	378.90	3.79	5.39	5,389.20
88+290	76	68	56	40	20	44.11	79.46	313.99	3.14	4.47	4,466.00
88+310	56	48	32	24	16	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
88+330	52	40	24	16	8	23.64	45.95	762.83	7.63	10.85	10,849.96
88+350	76	56	32	16	8	21.38	42.32	560.99	5.61	7.98	7,979.21
88+370	80	64	36	24	16	22.92	44.79	507.14	5.07	7.21	7,213.24
88+390	140	112	60	36	12	21.63	42.71	302.14	3.02	4.30	4,297.45
88+410	96	80	48	24	12	26.15	50.00	383.08	3.83	5.45	5,448.65
88+430	148	124	100	68	28	37.52	68.61	185.35	1.85	2.64	2,636.35
88+450	112	88	56	32	20	26.15	50.00	328.35	3.28	4.67	4,670.27
88+470	68	52	28	20	8	20.89	41.53	637.32	6.37	9.06	9,064.77
88+490	84	68	40	20	8	24.57	47.46	458.86	4.59	6.53	6,526.49

88+510	92	68	36	16	8	19.83	39.84	488.00	4.88	6.94	6,941.05
88+530	80	56	28	16	8	17.82	36.66	601.26	6.01	8.55	8,551.90
88+550	92	64	32	20	12	17.71	36.50	524.69	5.25	7.46	7,462.85
88+570	108	80	52	24	12	24.92	48.01	353.20	3.53	5.02	5,023.62
88+590	92	72	44	24	12	24.71	47.67	417.26	4.17	5.93	5,934.77
88+610	104	84	44	36	16	21.49	42.50	408.49	4.08	5.81	5,810.09
88+630	104	88	68	48	28	37.71	68.92	262.63	2.63	3.74	3,735.52
88+650	88	72	48	28	20	29.37	55.25	381.49	3.81	5.43	5,426.07
88+670	100	80	52	36	20	27.52	52.24	353.40	3.53	5.03	5,026.47
88+690	76	60	44	28	16	31.99	59.53	412.28	4.12	5.86	5,863.95
88+710	72	52	32	20	12	22.58	44.24	569.63	5.70	8.10	8,102.00
88+730	56	44	32	16	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
88+750	60	48	36	24	12	33.76	62.44	499.51	5.00	7.10	7,104.75
88+770	100	76	52	32	20	27.52	52.24	353.40	3.53	5.03	5,026.47
88+790	52	40	32	24	16	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
88+810	48	40	32	16	8	40.25	73.10	538.21	5.38	7.66	7,655.09
88+830	92	76	52	32	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
88+850	60	48	40	24	16	32.78	60.82	511.91	5.12	7.28	7,281.13
88+870	60	48	40	24	16	32.78	60.82	511.91	5.12	7.28	7,281.13
88+890	60	44	32	24	16	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
88+910	96	72	60	48	24	41.40	75.00	262.63	2.63	3.74	3,735.53
88+930	72	56	40	28	12	30.14	56.50	456.75	4.57	6.50	6,496.55
88+950	76	64	48	28	16	36.65	67.18	368.18	3.68	5.24	5,236.78
88+970	80	60	40	24	12	26.15	50.00	459.69	4.60	6.54	6,538.38
88+990	88	72	52	32	20	32.99	61.16	347.22	3.47	4.94	4,938.60
89+010	120	100	80	60	40	41.40	75.00	210.11	2.10	2.99	2,988.42
89+030	56	44	28	16	8	26.15	50.00	656.70	6.57	9.34	9,340.54
89+050	88	72	44	28	16	26.15	50.00	417.90	4.18	5.94	5,943.98
89+070	84	68	44	28	20	27.79	52.68	417.51	4.18	5.94	5,938.39
89+090	72	56	32	24	16	22.58	44.24	569.63	5.70	8.10	8,102.00

89+110	128	100	72	48	24	30.68	57.38	253.28	2.53	3.60	3,602.55
89+130	96	76	56	28	16	32.35	60.12	323.40	3.23	4.60	4,599.85
89+150	88	72	48	36	24	29.37	55.25	381.49	3.81	5.43	5,426.07
89+170	72	56	32	16	8	22.58	44.24	569.63	5.70	8.10	8,102.00
89+190	160	120	60	40	20	19.02	38.55	288.45	2.88	4.10	4,102.71
89+210	108	88	52	36	16	24.92	48.01	353.20	3.53	5.02	5,023.62
89+230	124	104	76	44	28	34.91	64.32	235.09	2.35	3.34	3,343.72
89+250	120	104	72	40	28	33.76	62.44	249.76	2.50	3.55	3,552.37
89+270	104	88	64	40	24	35.13	64.69	278.79	2.79	3.97	3,965.35
89+290	80	64	48	32	20	33.76	62.44	374.63	3.75	5.33	5,328.56
89+310	96	80	60	44	20	37.42	68.44	286.42	2.86	4.07	4,073.92
89+330	60	48	28	20	12	23.97	46.47	654.51	6.55	9.31	9,309.38
89+350	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+370	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+390	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+410	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+430	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+450	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+470	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+490	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+510	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+530	56	44	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+550	68	56	40	28	12	32.76	60.79	451.88	4.52	6.43	6,427.30
89+570	80	64	48	32	12	33.76	62.44	374.63	3.75	5.33	5,328.56
89+590	84	64	48	28	8	31.38	58.54	378.90	3.79	5.39	5,389.20
89+610	76	60	48	28	16	36.65	67.18	368.18	3.68	5.24	5,236.78
89+630	56	48	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+650	48	44	28	20	8	32.35	60.12	646.80	6.47	9.20	9,199.71
89+670	52	44	28	16	4	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
89+690	56	48	36	24	16	34.75	64.06	522.51	5.23	7.43	7,431.84
89+710	72	60	48	36	12	41.40	75.00	350.18	3.50	4.98	4,980.70

89+730	84	68	52	36	16	34.75	64.06	348.34	3.48	4.95	4,954.56
89+750	80	60	44	24	8	29.71	55.81	415.77	4.16	5.91	5,913.68
89+770	56	48	28	16	8	26.15	50.00	656.70	6.57	9.34	9,340.54
89+790	60	48	36	24	12	33.76	62.44	499.51	5.00	7.10	7,104.75
89+810	72	56	44	24	12	34.75	64.05	406.45	4.06	5.78	5,781.01
89+830	52	48	32	24	12	37.71	68.92	525.27	5.25	7.47	7,471.05
89+850	56	48	32	16	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+870	60	52	40	24	12	32.78	60.82	511.91	5.12	7.28	7,281.13
89+890	72	60	48	28	12	31.95	59.47	435.60	4.36	6.20	6,195.63
89+910	60	52	32	20	8	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
89+930	84	68	52	36	8	34.75	64.06	348.34	3.48	4.95	4,954.56
89+950	60	52	40	28	8	38.19	69.71	450.40	4.50	6.41	6,406.17
89+970	56	48	32	20	8	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
89+990	72	60	40	20	8	30.14	56.50	456.75	4.57	6.50	6,496.55
90+010	80	56	36	16	8	22.92	44.79	507.14	5.07	7.21	7,213.24
90+030	64	52	44	28	8	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38
90+050	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+070	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+090	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+110	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+130	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+150	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+170	92	68	52	24	16	30.89	57.73	350.43	3.50	4.98	4,984.24
90+190	64	56	40	28	8	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38
90+210	64	52	44	28	8	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38
90+230	56	48	32	16	4	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
90+250	52	44	32	16	8	35.13	64.69	557.58	5.58	7.93	7,930.69
90+270	60	48	36	20	4	33.76	62.44	499.51	5.00	7.10	7,104.75
90+290	52	44	28	16	8	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
90+310	64	52	44	28	8	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38

90+410	72	64	40	20	8	30.14	56.50	456.75	4.57	6.50	6,496.55
90+430	84	68	48	20	12	31.38	58.54	378.90	3.79	5.39	5,389.20
90+450	88	64	48	20	12	29.37	55.25	381.49	3.81	5.43	5,426.07
90+470	76	68	52	36	8	38.85	70.79	350.42	3.50	4.98	4,984.20
90+490	84	72	52	20	12	35.47	65.24	342.43	3.42	4.87	4,870.47
90+510	52	44	28	16	8	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
90+530	64	56	44	28	8	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38
90+550	60	48	36	20	4	33.76	62.44	499.51	5.00	7.10	7,104.75
90+570	72	56	44	36	8	41.40	75.00	350.18	3.50	4.98	4,980.70
90+590	68	56	40	24	12	32.76	60.79	451.88	4.52	6.43	6,427.30
90+610	68	60	44	28	8	33.67	62.29	441.75	4.42	6.28	6,283.10
90+630	60	48	32	20	8	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
90+650	56	44	36	20	8	37.76	69.00	487.23	4.87	6.93	6,930.09
90+670	48	40	32	16	8	40.25	73.10	538.21	5.38	7.66	7,655.09
90+690	72	56	40	24	12	30.14	56.50	456.75	4.57	6.50	6,496.55
90+710	64	52	36	24	8	30.68	57.38	506.57	5.07	7.21	7,205.11
90+730	56	48	32	20	12	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
90+750	80	64	48	32	12	33.76	62.44	374.63	3.75	5.33	5,328.56
90+770	52	44	36	20	12	31.64	58.96	607.98	6.08	8.65	8,647.46
90+790	60	48	32	24	12	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
90+810	76	60	44	24	16	31.99	59.53	412.28	4.12	5.86	5,863.95
90+830	52	44	28	20	12	28.85	54.41	654.82	6.55	9.31	9,313.78
90+850	52	44	32	16	12	35.13	64.69	557.58	5.58	7.93	7,930.69
90+870	56	48	32	24	12	31.38	58.54	568.35	5.68	8.08	8,083.80
90+890	60	48	32	20	8	28.48	53.80	573.42	5.73	8.16	8,156.01
90+910	52	44	32	20	8	35.13	64.69	557.58	5.58	7.93	7,930.69
90+930	64	52	28	16	8	22.16	43.57	649.56	6.50	9.24	9,238.85
90+950	56	48	36	24	16	34.75	64.06	522.51	5.23	7.43	7,431.84
90+970	60	48	36	20	12	33.76	62.44	499.51	5.00	7.10	7,104.75
90+990	64	56	40	28	12	35.54	65.35	448.73	4.49	6.38	6,382.38

ANEXO 6: DISEÑO DE PAVIMENTOS CONSIDERANDO EL FACTOR ESTACIONAL.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE METODO AASHTO 1993

PROYECTO : Tramo 02 de la carretera Vizcachani-Sibayo-Caylloma, de la Provincia de Caylloma , Arequipa.

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES

	DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	430.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	30.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	15.00

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	1.35E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.841
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	10.17
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10

3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)	0.44
Base granular (a ₂)	0.14
Subbase (a ₃)	0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m ₂)	0.80
Subbase (m ₃)	0.80

DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.92
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.96
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.58
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0.38

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA

	TEORICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SN _{FINAL}
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.3	11.0	20.0	3.46
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.4	15.0	20.0	1.38
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	7.0	15.0	20.0	1.08
ESPESOR TOTAL (cm)		41.0		5.93

**ANEXO 7: DISEÑO DE PAVIMENTOS EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO
“MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA VISCACHANI-CALLALLI-SIBAYO-CAYLLOMA,
PROVINCIA CAYLLOMA, REGION AREQUIPA “**

 GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA	<p>ESTUDIO DEFINITIVO MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA VISCACHANI-CALLALLI- SIBAYO-CAYLLOMA, PROVINCIA CAYLLOMA, REGION AREQUIPA</p> <p>MEMORIA DESCRIPTIVA</p>	
--	--	--

C. TRABAJOS EN GABINETE

En base a los resultados de los ensayos de laboratorio y de las prospecciones realizadas en campo se realizo la descripción de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento existente, siendo:

C.3 Subrasante

A continuación se muestra el resumen de los resultados obtenidos en laboratorio:

Se obtuvieron los siguientes valores:

Carretera: Viscachani – Sibayo

	SUBSECTOR (km – km)	CBR (%) al 95% de MDS	M _R (psi)
1	00+000 – 56+000	34.15	24,477

Fuente: Consorcio Vial Caylloma

Carretera: Sibayo - Caylloma

	SUBSECTOR (km – km)	CBR (%) al 95% de MDS	M _R (psi)
1	56+000 – 120+000	28.14	21,625

Fuente: Consorcio Vial Caylloma



Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 80 % $Z_r = -0.841$ So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr = 24447 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 = 1350000**
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.12

Calcular Salir

Donde utilizando la ecuación del AASHTO 1993 se obtiene:

N=2.12 (Numero Estructural)

10.3 CALCULO DE LOS ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Según recomendaciones del Manual de Suelos, Geología, geotecnia y pavimentos de MTC 2013, cuadros 12.13 y 12.18. indica limitante el uso de Tratamiento Superficial Bicapa en pendientes mayores a 8%, en contra curvas y en curvas de volteo.

Por lo tanto realizaremos diseños para 02 tramos.

- Tramo I = 36+920 A 49+000
- Tramo II = 89+240 A 116+000

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TRAMO I

SN diseño =	2.010
SN requerido =	2.715

Alternativas

a1 =	0.17	D1 =	7.50	m2 =	0.80
a2 =	0.06	D2 =	15.0	m3 =	0.80
a3 =	0.045	D3 =	20.0		

carpeta
base
sub base



GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO TRAMO II

SN diseño =	2.120
SN requerido =	2.715

Alternativas

a1 =	0.17	D1 =	7.50	
a2 =	0.06	D2 =	15.0	m2 = 0.80
a3 =	0.045	D3 =	20.0	m3 = 0.80

carpeta
base
sub base

Por otro lado tomando en cuenta, las recomendaciones del Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del Ministerio de Transportes y Comunicación según cuadro siguiente:

Cuadro 5.6.6
Tipos de superficie de rodadura y espesores mínimos deseables

Número de repeticiones de EE de 8.2 t	Superficie de rodadura deseable
50,000 < Rep. EE ≤ 150,000	Tratamiento Superficial Bicapa (TSB)
150,000 < Rep. EE ≤ 300,000	Carpeta Asfáltica en frío, con asfalto emulsionado. Espesor min. 5 cm. (o 2 capas de 2.5 cm)
300,000 < Rep. EE ≤ 600,000	Carpeta asfáltica en caliente Espesor min. 6 cm.
600,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000	Carpeta asfáltica en caliente Espesor min. 7.5 cm.

Tomando en cuenta el Método de Cálculo del diseño de Pavimento, recomendaciones del MTC, aunado a eso se tiene que el tráfico en la vía ha incrementado como producto de la construcción de la Presa Angostura, por lo que se recomienda los siguientes espesores del pavimento:

Espesor de la Capa Subbase = **8.00 pulg.**
Espesor de la Capa Base = **6.00 pulg.**
Espesor de la carpeta de rodadura en caliente (MAC) = **3.00 pulg.**

ANEXO 8: DISEÑO DE PAVIMENTOS –VERIFICACION DISEÑO DEL EXPEDIENTE TECNICO DEL PROYECTO.

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE
METODO AASHTO 1993**

PROYECTO : Tramo 02 de la carretera Vizcachani-Sibayo-Caylloma, de la Provincia de Caylloma , Arequipa.

DATOS DE ENTRADA (INPUT DATA) :

1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES

	DATOS
A. MODULO DE RESILIENCIA DE LA CARPETA ASFALTICA (ksi)	430.00
B. MODULO DE RESILIENCIA DE LA BASE GRANULAR (ksi)	30.00
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUB-BASE (ksi)	15.00

2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)	1.35E+06
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)	80%
STANDARD NORMAL DEVIATE (Zr)	-0.841
OVERALL STANDARD DEVIATION (So)	0.45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)	21.63
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)	4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)	2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)	10

3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO

A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA	
Concreto Asfáltico Convencional (a1)	0.44
Base granular (a2)	0.14
Subbase (a3)	0.11
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA	
Base granular (m2)	0.80
Subbase (m3)	0.80

DATOS DE SALIDA (OUTPUT DATA) :

NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2.22
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1.96
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0.58
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0.32

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTA

	TEORICO	PROPUESTO	ADOPTADO	SN _{FINAL}
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11.3	11.0	20.0	3.46
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.4	15.0	20.0	1.38
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-5.9	0.0	20.0	1.08
ESPESOR TOTAL (cm)		26.0		5.93

