



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento
de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco – 2020

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

AUTORES:

Aucasi Pacasi, Raúl Alfredo

(ORCID: 0000-0003-4032-1362)

Escobar Falla, Mario Jerusalen

(ORCID: 0000-0002-8670-8266)

ASESOR:

Dr. Suarez Alvites, Alejandro

(ORCID: 0000-0002-9397-057X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre por su amor puro y sincero, por enseñarme que con arduo trabajo cualquier cosas se puede lograr y ser mi inspiración para esfuérmame cada día más, y a mi padre por sus consejos y a siempre enseñarme a seguir adelante pese a los obstáculos que se presentan día a día.

Raúl Aucasi

DEDICATORIA

La tesis va dedicado a mi familia en general, pero en especial a mis padres y hermanas por su apoyo ya sea económicamente y moralmente, por enseñarme que con arduo trabajo cualquiera cosa se puede lograr los objetivos que uno se propone.

Mario Escobar

AGRADECIMIENTO

A Dios por mantener a mi familia siempre unida y protegida. A mis padres y hermanos que siempre estarán para mí y yo para ellos y a mis amigos Leslie, Gina, Eduard, Lady, Christian, Tefa y José por los consejos y ánimos que me brindaron para elaborar este trabajo de investigación. Los amigos son la familia que uno elige.

Raúl Aucasi

AGRADECIMIENTO

A Dios por darle salud a mi familia durante esta crisis que está pasando en nuestro país y siempre mantener a mi familia unidad. También agradezco a mi hermana Neldi por apoyarme y ser un ejemplo a seguir.

Mario Escobar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| CARATULA | I |
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| INDICE DE CONTENIDO | IV |
| INDICE DE TABLAS | V |
| INDICE DE FIGURAS | VI |
| RESUMEN | VII |
| ABSTRACT | VIII |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| III. MÉTODO | 14 |
| 3.1 Tipo Y Diseño De La Investigación | 15 |
| 3.2 Variables Y Operalización De Variables | 15 |
| 3.3 Población, Muestra Y Muestreo | 16 |
| 3.4 Técnica E Instrumentos De Recolección De Datos | 17 |
| 3.5 Procedimiento | 17 |
| 3.6 Método De Análisis De Datos | 18 |
| 3.7 Aspectos Éticos | 18 |
| IV. RESULTADOS | 19 |
| V. DISCUSIÓN | 36 |
| VI. CONCLUSIONES | 40 |
| VII. RECOMENDACIONES | 42 |
| VIII. REFERENCIAS | 44 |

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 1: Propiedades de la goma EVA | 8 |
| Tabla N° 2: Selección del tipo de cemento asfáltico | 9 |
| Tabla N° 3: Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas | 11 |
| Tabla N° 4: Módulo De Resiliencia | 13 |
| Tabla N° 5: Diseño De Muestra | 20 |
| Tabla N° 6: Número De Ejes Equivalentes De Diseño (Esal) | |
| Para Cada Sector | 20 |
| Tabla N° 7: Esal De Diseño | 20 |
| Tabla N° 8: La Estructura De Pavimento Flexible Definida Para 20 Años | 21 |
| Tabla N° 9: Estudio de suelos | 21 |
| Tabla N° 10: Diseño De Pavimentos Metodología Aashto | 22 |
| Tabla N° 11: ANOVA de Estabilidad Marshall | 25 |
| Tabla N° 12: ANOVA de Flujo Marshall | 27 |
| Tabla N° 13: ANOVA de % Vacíos de Aire | 28 |
| Tabla N° 14: ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales | 31 |
| Tabla N° 15: ANOVA % de Vacíos Llenados de Asfalto | 32 |
| Tabla N° 16: ANOVA del Peso Específico Marshall | 34 |

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 1: Pavimento Flexible | 13 |
| Figura N° 2: Cálculo De Sn Requerido | 23 |
| Figura N° 3: Estructura del pavimento | 24 |
| Figura N° 4: ANOVA de Estabilidad Marshall | 24 |
| Figura N° 5: ANOVA de Flujo Marshall | 26 |
| Figura N° 6: ANOVA de % Vacíos de Aire | 28 |
| Figura N° 7: ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales | 30 |
| Figura N° 8: ANOVA % de Vacíos Llenados de Asfalto | 32 |
| Figura N° 9: ANOVA del Peso Específico Marshall | 43 |

RESUMEN

Este trabajo de investigación, tuvo como finalidad determinar el uso de polímeros EVA para el pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020 En la metodología se utilizó el tipo de investigación aplicada de diseño no experimental. Se tuvo cuenta el tipo de clima del lugar donde se va a realizar el diseño de pavimento ya que con ese dato se escogió el tipo de cemento asfáltico. Se clasifico el tipo de transito ya sea pesado o liviano porque a partir de ello depende los espesores de la capa asfáltica para ellos uso de software del ministerio de transporte y comunicaciones – MTC, para determinar el correctamente el cálculo de ejes equivalentes (Esa) para el pavimento flexible por ser más detallado. Y tuvo en cuenta todos los parámetros que se encuentra en el Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010. También se usó el software matchad versión 15° para hallar un promedio del ensayo Marshall se tomó diferentes datos de diferentes autores donde se usaron 2%, 3%, 4% y 5% proporciones de polímero EVA y 4.5%, 5.0%, 6.3% y 6.4% de cemento asfáltico.

Palabras clave: Polímero EVA, Pavimento Flexible, Mezcla Asfáltica

ABSTRACT

The purpose of this research work was to determine the use of EVA polymers for the pavement of the 3N highway in the Amarilis district, Huánuco - 2020. In the methodology the type of applied research of non-experimental design was used. The type of climate of the place where the pavement design will be carried out was taken into account, since with this data the type of asphalt cement was chosen. The type of traffic was classified as either heavy or light because the thickness of the asphalt layer depends on it, using software from the Ministry of Transport and Communications - MTC, to correctly determine the calculation of equivalent axes (Esal) for the flexible pavement for being more detailed. And took into account all the parameters found in the National Building Regulations: STANDARD CE.010. Matchad software version 15 ° was also used to find an average of the Marshall test, different data was taken from different authors where 2%, 3%, 4% and 5% proportions of EVA polymer and 4.5%, 5.0%, 6.3% were used and 6.4% asphalt cement.

Keywords: EVA Polymer, Flexible Pavement, Asphalt Mix

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las mezclas asfálticas modificadas han sido desinteresadamente verificada y aprovechada en el universo, puesto que con la añadida de polímeros modifican las propiedades físico – mecánicas intentan corregir la rigidez y la resistencia bajo contribución monotónica al ahuellamiento, a la fatiga y al envejecimiento, así como encoger la susceptibilidad térmica y el perjuicio por humedad.

Saboo y Kumar (2015). El aumento del tráfico, las nuevas configuraciones de los ejes y las altas temperaturas exigen el uso de aglutinantes modificados para resistir las tensiones inducidas en el Resumen: El aumento del tráfico, las nuevas configuraciones de los ejes y las altas temperaturas exigen el uso de aglutinantes modificados para resistir las tensiones inducidas en el pavimento. El acetato de vinilo y etileno (EVA) es plastómero, que es un copolímero obtenido por copolimerización de etileno y acetato de vinilo.

Múnera y Ossa (2014) indica que el asfalto está constituido por materiales provenientes de petróleo y es una mezcla compleja de alta viscosidad. Los hidrocarburos presentes en la mezcla hacen del asfalto una mezcla aglutinante y viscosa y por su naturaleza orgánica resulta no afín con el agua. Debido a esto el asfalto se usa como impermeabilizante y aditivo para pavimentos flexibles. Actualmente se busca usar más polímeros orgánicos mezclados con asfalto logrando y lograr buena estabilidad para aplicaciones en pavimentos flexibles.

Yuliestyan, Cuadri, García y Partal (2016). El alto consumo de energía y los riesgos ambientales están asociados con el uso de mezclas de asfalto caliente. En respuesta a la necesidad de pavimentos más sostenibles, se investiga la modificación del betún con copolímeros de EVA de bajo punto de fusión. En primer lugar, se investigaron diferentes aglutinantes modificados que contenían EVA. Los resultados sugieren que un equilibrio óptimo entre el contenido de VA y el valor de MFI mejorará el rendimiento reológico del aglutinante a temperaturas medias-altas en servicio, así como su trabajabilidad, y facilitará su emulsificación.

El departamento de Huánuco existen distritos donde las vías de acceso y avenidas principales no están pavimentadas y sobre todo en el distrito de La

Unión, Por los factores como el clima y entre otros factores es necesario pavimentar las calles y reforzar la carpeta asfáltica con polímeros Eva, ya que este tipo de polímero mejora la resistencia, tiene un mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas, lo que hace es favorecer la estructura del pavimento y alarga la vida útil del pavimento.

Justificación teórica: Nos permitirá conocer la utilización del polímero EVA (Etil-Vinil-Acetato) para la modificación de la mezcla asfáltica, tanto en sus propiedades físicas como en la reacción de la mezcla al adicionar dicho polímero. Las tecnologías como la forma tradicional de diseñar un pavimento han ido mejorando con los años y es casi siempre un dilema lograr deformaciones menores y mayor resistencia.

Justificación practica: Los polímeros en las construcciones de carreteras es una innovación que ha ido tomado mayor importancia, ya que, mejora las propiedades físicas, da mayor resistencia, baja su susceptibilidad a la humedad, el presente trabajo propone el uso del polímero EVA, ya que, nos permitirá mejorar la mezcla asfáltica por lo tanto permitirá que los materiales asfálticos estén más consistentes, disminuirá el agrietamiento y la susceptibilidad del asfalto a las diferentes variaciones de temperatura.

Justificación social: Beneficiara a los habitantes que residen a los alrededores de la carretera 3N en el distrito La Unión, favoreciendo también a la transitividad de vehículos de carga agrícola como también reducirá el tiempo de llegada a centros de educación y centros de salud.

En lo que consiste la realidad problemática se planteó el problema general

¿Cuál es el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

Los problemas específicos del estudio son:

PE1: ¿Cuál es la característica del suelo para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

PE2: ¿Cuál es el estudio de tráfico para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

PE3: ¿Cuáles son las características del Pavimento EVA para el diseño de la mezcla asfáltica en la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020?

El objetivo general del estudio es:

Elaborar el diseño del diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Los objetivos del estudio son:

OE1: Describir las propiedades del suelo para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

OE2: Analizar el estudio vehicular para el diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

OE3: Describir las propiedades del diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

II. MARCO TEÓRICO

En los Trabajos previos como Antecedentes nacionales se encuentra Infante y Vásquez (2016). Los autores realizaron ensayos de mezclas asfálticas usando un 5.0% de contenido óptimo de asfalto de 60/70 y un 3% del polímero Eva y tuvieron como resultados aumento la estabilidad en 17.54% (1432 kg) a referente al pavimento convencional y fluencia en el rango lo que dice la norma en 2.10 mm. Es decir, el polímero EVA es más costo que el SBS y también es mejor en resistencia, agrietamiento y durabilidad al asfalto.

Pancorbo y Reime (2018). Utilizaron los porcentajes para una mejora físico mecánica de EVA del (1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%) porcentaje respecto al peso del cemento asfáltico para determinar el contenido optimo del polímero para su uso. Los resultados que se obtuvieron de la mezcla asfáltica modificada con el polímero EVA muestran mejoras significativas frente a una mezcla asfáltica tradicional en sus propiedades de resistencia empleando el aparato Marshall, resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad lo que permitió concluir que la incorporación del polímero EVA mejora sus propiedades físico mecánicas. En conclusión, se hicieron una serie de ensayos de control de calidad de los agregados y el cemento asfáltico los cuales fueron; análisis granulométrico de agregados gruesos y finos, gravedad específica y absorción en agregados gruesos y finos, método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino, durabilidad al sulfato de sodio y al sulfato de magnesio, determinación de límite líquido de los suelos, abrasión los ángeles (L.A.).

Pinedo (2016). Indica los resultados que hay mejoras en las propiedades de la carpeta asfáltica y en lo cual se dedujo a usar el polímero EVA dentro de la carpeta asfáltica convencional, así mismo las características de resistencia y durabilidad para la disminución en los efectos viales, por otro lado el diseño de la estructura fue de 2" (5cm) de carpeta asfáltica, se usó la mezcla asfáltica en caliente con un PEN 60/70 y en lo que es agregados de la zona se obtuvo un análisis de costos y presupuestos de un total de S/. 1 480 316.06 soles.

Carranza y Guzmán (2019). La presente investigación evalúa el impacto que genera la utilización del polímero reciclado EVA en un suelo arenoso. Este polímero se obtuvo de un proceso de reciclaje de calzado de verano o sandalias, para luego ser pulverizado en una máquina rematadora y finalmente tamizado en laboratorio para obtener un polvo como material estabilizante. Se realizaron ensayos de laboratorio como: granulometría, contenido de humedad, Proctor Modificado, CBR empleando un porcentaje de polímero reciclado equivalente al 3% del peso del suelo. En evaluación de resultados se aprecia que el uso del polímero EVA reciclado logra un incremento en la capacidad de soporte del suelo arenoso equivalente al 5%, mejorando sus propiedades y resistencia del estrato en mención. Si bien para ese trabajo se utilizó un 3% de polímero, se recomienda realizar ensayos de laboratorio previo a su utilización como alternativa de estabilización, para determinar el porcentaje óptimo del polímero a emplear para lograr una mayor resistencia deseada en el suelo.

En los Antecedentes internacionales se encuentra Panda y Mazumdar (1999). Las mezclas homogéneas fueron de grado de penetración 80/100, El uso de EVA con resultados de betún en la estabilidad de Marshall fue hasta 14 kN, el uso de EVA aumenta la estabilidad y los vacíos de Aire. Para pavimentar mezclas, la composición optima parece ser 5% de concentración de EVA en el aglutinante y el 6% de contenido de aglutinante en peso de La mezcla total.

Haddadi, Ghorbel y Laradi (2007). Nos explica sobre los tres tipos de ensayos en lo que consistía, M 0, M 1, M 2 son 3%, 5% y 7% en peso de contenido óptimo de betún estimado en 6%. El betún modificado con EVA envejecido muestra mejores propiedades físicas que el betún base correspondiente. La adición de 5% de EVA al betún resulta en mejores propiedades de concreto asfáltico

Romero (2017). En el presente trabajo experimental se analizan los resultados obtenidos de un estudio realizado para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica adicionada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA). Además, se utilizaron dos tipos de material pétreo para la conformación de las mezclas, material convencional obtenido en la Mina Villacrés y material de origen

volcánico obtenido en la ciudad de Baños, esto con la finalidad de determinar la idoneidad de cada material para la elaboración de la mezcla. Para alcanzar los objetivos propuestos se utilizó el ensayo Marshall, concluye que obteniendo como resultado un incremento importante de la estabilidad con el 6,4% de asfalto y 3,3% de EVA para la mezcla convencional y 6,6% de asfalto y 3,2% de EVA para la mezcla con escoria y arena volcánica. Los valores de flujo también se optimizan significativamente con estos porcentajes, lo que indica claramente que la incorporación de Polímero EVA en la mezcla asfáltica mejora las propiedades de la mezcla. Como consecuencia del presente estudio se da viabilidad a la utilización de EVA para el mejoramiento de las mezclas asfálticas.

Teorías relacionadas al tema El pavimento flexible se caracteriza por ser, como su nombre lo dice flexible y son usados mayormente en zonas urbanas donde abunda el tráfico como ejemplo: Lima, Arequipa, Cuzco, entre otras. Por tener una mayor drenabilidad facilitando el desalojo del agua y dar una sensación de confort durante el transitar con un vehículo. Pero con el pasar del tiempo el pavimento suele gastarse formándose grietas, huecos, etc.

Polímeros EVA: El polímero Etileno-Acetano-Vinilo (EVA) es relativamente nuevo en la utilización como modificador del asfalto y es utilizado aproximadamente hace 15 años, estos polímeros son compatibles con los asfaltos, brindan una mejor resistencia, minimizan la susceptibilidad térmica, tiene mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas.

Tabla N°1: Propiedades de la goma EVA

| Propiedad | Norma | Unidad | Valor |
|------------------------------|--------------|-------------------|--------------|
| Densidad | ISO 845 | Kg/m ³ | 33±5 |
| Resistencia a la tracción | ISO 1798 | kPa | >190 |
| Resistencia a la Comprensión | | | |
| deflexión 10% | ISO 3386/1 | kPa | 12 |
| deflexión 25% | | | >28 |
| deflexión 50% | | | >70 |

Fuente: Internet

El cemento asfáltico que se usa en mezclas asfálticas cuya elaboración es en caliente será clasificado por penetración. Y por viscosidad absoluta. Su empleo será teniendo en cuenta según sus características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento (Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

Tabla N° 2: Selección del tipo de cemento asfáltico

| Temperatura Media Anual | | | |
|-------------------------|-------------|------------|--------------------|
| 24° C o mas | 24°C – 15°C | 15°C – 5°C | Menos de 5°C |
| 40 – 50 | | 85 – 100 | |
| 60 – 70 | 60 – 70 | 120 – 150 | Asfalto Modificado |
| modificado | | | |

Fuente: Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción

En el agregado grueso debe estar formado por grava fracturada natural o artificial, piedras por materiales naturales que tiene un estado fracturado, con textura superficial rugosa. Lo que queda en la malla No08 deben estar limpios (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Mientras que en los finos tienen que pasar la malla n° 08, y serán obtenidos por gravas, arenas naturales de granos angulosos o del machaqueo de piedras. Teniendo en cuenta que agregado obtenido deberá presentarse limpio y no debe estar cubiertas de arcillas limosa u otras sustancias que puedan perjudicar el proceso (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

El agua tiene que tener un Ph entre 5,5 y 6,0 según la NTP 339.073, donde dice que tiene que estar limpia y libre de materiales álcalis entre otras sustancias y el contenido de sulfato según norma NTP 339.074 tiene que ser expresado como $SO_4 =$ y determinado sin pasar los 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072. El agua potable se considera adecuada y no es necesario tomar en cuenta los ensayos antes mencionados (Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

El asfalto modificado trata de la incorporación de un polímero o de hule molido de neumáticos al asfalto convencional, la incorporación de estos materiales modifica sus reologías y sus propiedades físicas y a la humedad, así como a la oxidación y disminuir su susceptibilidad a la temperatura (CMT. Características de los Materiales, 2006).

Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, trata de combinar los agregados con el asfalto cuyas proporciones son exactas, los agregados y el asfalto en lo que se halla las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño de la misma como pavimento terminado (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Al momento de querer hacer una buena mezcla asfáltica en caliente, se tiene que tener en cuentas 7 puntos principales las cuales son: Estabilidad, durabilidad, impermeabilidad, trabajabilidad, flexibilidad, resistencia a la fatiga y resistencia al deslizamiento (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

El procedimiento Marshall consiste en de analizar la densidad y el contenido de las probetas, determinar el peso específico total, medir la estabilidad Marshall (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Tabla N° 3: Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas

| Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas* | Vías locales | Vías Colectoras y Arteriales | Vías Expresas |
|--|------------------|------------------------------|-----------------|
| | EAL < 104 | 104 ≤ EAL < 106 | EAL ≥ 106 |
| | Tránsito Liviano | Tránsito Mediano | Tránsito Pesado |
| Números de golpes en cada cara de la probeta | 35 | 50 | 75 |
| Estabilidad mínima, kN | 3,4 | 5,44 | 8,16 |
| Flujo, 0,25 mm (min - max) | 8 - 18 | 8 - 16 | 8 -14 |
| Porcentaje de vacíos llenos de aire**, (min - max) | 3 - 5 | 3 - 5 | 3 - 5 |
| Porcentaje de vacíos, en el agregado mineral***, VMA (min - max) | Ver Tabla 32 | | |
| Porcentaje de vacíos llenos de asfalto, VFA (min – max) | 70 - 80 | 65 -78 | 65 -75 |

Fuente: Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010

Estabilidad es una medida que trata de medir la carga que se le aplica a la probeta y en el momento que falla o cede es el resultado de la prueba (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Flujo es medida en pulgada y se encarga de medir la deformación de la briqueta (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Los vacíos de aire son bolsas de aire atrapadas en el agregado revestidas de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Vacíos de agregado mineral, son los espacios de vacíos en el agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incorporando el contenido efectivo de asfalto y los vacíos de aire (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

Los vacíos llenos de asfalto, es el porcentaje de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado mineral se encuentran llenos de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

En lo que es peso específico es muy importante para un análisis preciso de densidad – vacíos, en pocas palabras se hallará el peso específico total descrito por la norma AASHTO T 166.

Ecuación de diseño:

La ecuación AASHTO-93

Figura N° 1: Ecuación De Diseño Por El Modelo Aashto-93

$$\log_{10}Wt18 = Z_R * S_0 + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32$$

$$* \log_{10}M_R - 8.07$$

Fuente: Elaboración Propia

Variables independientes:

- W18: Ejes equivalente de 80kN por el periodo de diseño.
- ZR: Desviacion estandar normal
- So: Error estandar
- PSI: Indice de serviciabilidad.
- MR: Modulo resiliente.

Variable dependiente:

- **SN:** Número Estructural requerido por sección en la vía

Se optó la confiabilidad de 1 ya que la carretera de dos sentidos

Para pavimento flexible la desviación estándar es de 0.40 a 0.50 en lo que nosotros hemos trabajado con 0.40 dado la fuente del MTC.

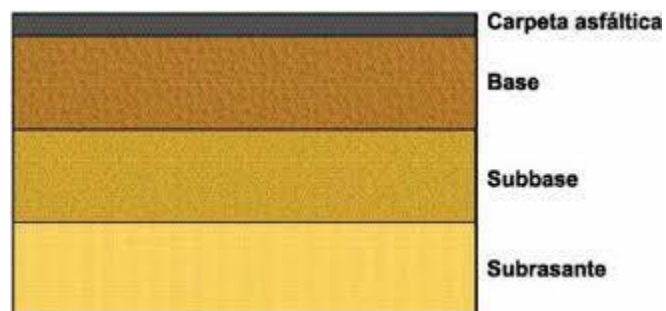
Según el AASHTO 1993 para hallar el Módulo de Resiliencia, debe tener en cuenta el tipo de CBR de las siguientes formulas.

Tabla N° 4: Módulo De Resilencia

| | |
|---------------------------|--|
| Para los CBR < 10 | $Mr = 1500 \times CBR \text{ (psi)}$ |
| Para los CBR de 10% a 20% | $Mr = 3000 \times CBR^{0.65} \text{ (psi)}$ |
| Para los CBR > 20% | $Mr = 4326 \times \ln CBR + 241 \text{ (psi)}$ |

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

Figura N° 1: Pavimento Flexible



Fuente: Elaboración Propia

NÚMERO ESTRUCTURAL

El SN se transforma en espesores en la estructura de pavimento, mediante esto la capa que muestra la resistencia relativa de los materiales de cada capa, se expresa en la siguiente ecuación el diseño:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

En la siguiente expresión se muestra lo siguiente:

- a_1 : 1 pulgada
- D_1 : espesor de capa
- m_1 : coeficiente de drenaje de capa

III. MÉTODO

Tipo y diseño de la Investigación

El tipo de investigación es tipo Aplicada. Para Sánchez y Reyes (2006) este tipo de investigación se caracteriza por: “El interés en aplicar el conocimiento teórico a una situación concreta específica y las consecuencias prácticas derivadas de él.” (p.37).

El diseño de investigación es no experimental, ya que no se puede manipular variables.

Por otro lado, Ramírez (2006). Nos dice que la investigación no experimental no se puede manipular la variable.

Diseño no experimental:

- a. Transversal o transeccional: Esta investigación es descriptivo, porque hemos obtenido datos anteriores y vamos a describir de ellos.

Para Sánchez y Reyes (2006) “este tipo de investigación se caracteriza por la descripción de los fenómenos a investigar, tal como es y cómo se manifiesta en el momento de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo.” (p. 28)

- b. Longitudinal o evolutivo: Esta investigación es de panel.

Variables y operacionalización

Fidias (2012). Nos dice que “Es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que sufre cambios, con objetivo de analizar, medir, manipular o controlar en una investigación” (p.58).

Vx: Adición de polímeros Eva.

Es de variable independiente ya que puede ser manipulado para obtener resultados finales.

Vy: Mezcla asfáltica en caliente.

Es de variable dependiente porque depende de la modificación del asfalto.

Operacionalización de las variables

Borja (2012). Nos dice sobre la operacionalización de las variables que “explica cómo se miden las variables formuladas en la hipótesis” (p.24).

Maila (2013). Señala que: El polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) modifica la resistencia y minimiza la susceptibilidad termina reacciona mejor con temperaturas altas y y flexible a temperatura baja (p.27).

La fabricación de asfalto llega a una a 150 grados, según el tipo de ligante, se debe calentar antes de mezclar

Población, muestra y muestreo

A. Población

Fidias (2012). se refiere que “La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación (p. 81).

B. Muestra

Fidias (2012). Señala que “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p.83).

C. Muestreo

Ochoa (2015). Es el desarrollo de apartar un conjunto de individuos de una población con el propósito de estudiarlos y poder calificar el total de la población.

D. Unidad de análisis

Picón y Melian (2014). señala que “la unidad de análisis es la estructura categórica nos permite responder a las preguntas formuladas a un problema práctico, así como a las preguntas de investigación.” (p.103).

Población: La población son los pavimentos flexibles de la carretera 3N en el distrito La Unión, Huánuco-2020

Criterios de inclusión: Los profesionales en la construcción, los trabajadores que aportaron para la construcción de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Criterios de exclusión: Los pobladores del lugar de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Muestra: La muestra será 2km de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Muestreo: El muestreo será no probabilístico ya que no se hará encuestas de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

Unidad de análisis: Se estudiará sólo 2km de la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

En pocas palabras con respecto a la investigación la muestra será el número de briquetas mediante el método de diseño Marshall.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el presente desarrollo de tesis se utilizó la técnica de observación simple e indirecta, que refiere a la recolección de datos informáticos con un pleno análisis, se utilizaron archivos procedentes de sitios web, expedientes técnicos, tesis, imágenes, etc.

Procedimiento

La observación y estimación del comportamiento estructural del pavimento flexible se realizarán a través de cálculos, que se obtendrán siguiendo los parámetros de la norma ASSHTO 93 y la norma peruana del MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, preservando así el tiempo de vida útil del pavimento flexible por el problema de tránsito que se muestra en la localidad.

Los instrumentos que emplearemos en la presente investigación son una ficha de recolección de datos representado para investigación, ensayos de suelos, los

instrumentos que se usaran para obtener resultados de las propiedades mecánicas del suelo en el área de estudios de la carretera.

Los datos utilizados en esta tesis son distintos documentos previamente registrados, en este caso las mezclas asfálticas en caliente incorporando los polímeros EVA observando y analizando las propiedades del material en base a artículos científicos y revistas indexadas.

Para el proceso de diseño mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros EVA para pavimento se realizaron los siguientes estudios y cálculos según nos indica la metodología, AASTHO 93

Método de análisis de datos

El actual proyecto de investigación será examinado por medio de tablas y gráficos de barras con el fin de comprobar la desigualdad que existe entre el diseño convencional y modificado, por lo cual se llevará a cabo en el laboratorio.

Aspectos éticos

“La ética es un tipo de saber de los que se pretenden orientar la acción humana en un sentido racional (...) en el conjunto de nuestra vida” (Cortina, 1994).

La investigación acatará la índole de confiabilidad de los resultados obtenidos de la investigación, sin revelar en forma escrita o por medios virtuales lo encontrado en la carretera 3N en el distrito de Amarilis, Huánuco - 2020.

IV. RESULTADOS

Diseño De Pavimentos Metodología Aashto El desarrollo de tesis tiene como objetivo diseñar el pavimento flexible a nivel de carpeta asfáltica en caliente, con las condiciones de tráfico, clima, capacidad de soporte del suelo de fundación, en el cual brinde seguridad y confort a las personas que transitan sus vehículos por ahí durante el periodo concebido de diseño.

Tabla N° 5: Diseño De Muestra

| SUBTRAMO | M.RESILENTE C. IZQUIERDO (PSI) | M. RESILENTE C. DERECHO (PSI) | M. RESILENTE DE DISEÑO (PSI) |
|--------------------------|---|--|---|
| Km 00+000 – Km 1+900 | 17129.20 | 18089.41 | 17609.30 |
| Km 1+900 – Km 18+000 | 18434.49 | 16076.65 | 17255.57 |
| Km 18+000 – Km 52+990 | 17794.29 | 16317.57 | 17055.93 |

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 6: Número De Ejes Equivalentes De Diseño (Esal) Para Cada Sector

| ESTACIÓN | 0 – 20 AÑOS | 0 – 10 AÑOS | 10 – 20 AÑOS |
|-----------------|------------------------|--------------------|---------------------|
| E1 | 4.411 E+06 | 1.819 E+06 | 2.592 E+06 |
| E2 | 2.838 E+06 | 1.172 E+06 | 1.666 E+06 |
| E3 | 2.446 E+06 | 1.010 E+06 | 1.436 E+06 |

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 7: ESAL DE DISEÑO

| SECTOR | ESAL DE DISEÑO | |
|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | 0 – 10 AÑOS | 0 – 20 AÑOS |
| 0+000 – 1+900 | 1.819E+06 | 4.411E+06 |
| 1+900 – 18+000 | 1.172E+06 | 2.838E+06 |
| 18+000 – 52+920 | 1.010E+06 | 2.446E+06 |

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 8: La Estructura De Pavimento Flexible Definida Para 20 Años

| TRAMO | ESPESOR (cm) | | |
|---------------------------|----------------------|------------------|------------------------------------|
| | Carpeta Asfáltica | Base Granular | Refuerzo Asfáltico (10 años) |
| Km. 01+000 – Km. 1+900 | 7.5 | 30.0 | 4.0 |
| Km 1+900 – Km. 18+000 | 7.5 | 25.0 | 4.0 |
| Km. 18+000 – Km.52+920 | 7.5 | 25.0 | 4.0 |

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

| CALICATA | PROGRESIVA | MUESTRA | PROFUNDI DAD | LADO | LÍMITES DE CONSISTENCIA | | HUMEDAD NATURAL % | CLASIFICACIÓN | |
|----------|------------|---------|-----------------|------|----------------------------|-------|-------------------------|---------------|-------------|
| | | | | | L.L | L.P | | SUCS | ASSHTO |
| C-001 | 0+012.16 | M-01 | 0.00-0.50 | Izq | 26.0 | 11.4 | 6.4 | CI | A-6 (5) |
| C-001 | 0+012.16 | M-02 | 0.50-1.70 | Izq | 17.4 | NP | 8.5 | GM | A-1-b (O) |
| C-002 | 0+208.22 | M-01 | 0.00-0.45 | Izq | 25.9 | 10.0 | 8.8 | SC | A-4 (1) |
| C-002 | 0+208.22 | M-02 | 0.45-1 .60 | Izq | 36.9 | 12.0 | 2.1 | SW | A-2-6 (O) |
| C-003 | 0+408.02 | M-01 | 0.00-1 .60 | Izq | 24.6 | 9.3 | 4.7 | GC | A-2-4 (O) |
| C-004 | 0+548.51 | M-01 | 0.00-1 .70 | Izq | 54.3 | 21 .0 | 5.8 | GM | A-7-5 (7) |
| C-005 | 0+662.01 | M-01 | 0.05-0.20 | Eje | 37.0 | 4.9 | 3.3 | GM | A-1-b (O) |
| C-006 | 0+861.22 | M-01 | 0.00-1 .80 | Izq | 43.2 | 10.7 | 4.8 | GM | A-2-7 (O) |
| C-006 | 0+861.22 | S/M | >1 .80 | Izq | | | | ROCA | ROCA |
| CA-001 | 0+980.00 | M-01 | 0.00-1 .50 | Eje | 29.2 | 3.7 | 4.1 | GM | A-1 -b (O) |
| C-007 | 1+120.00 | M-01 | 0.00-1.50 | Der | 44.1 | 11 .5 | 5.5 | GM | A-2-7(0) |
| C-008 | 1 +296.71 | M-01 | 0.00-0.25 | Izq | 58.3 | 24.8 | 3.8 | MH | A-7-5 (12) |
| C-008 | 1 +296.71 | M-02 | 0.25-1.70 | Izq | 32.7 | 8.5 | 4.2 | GM | A-2-4 (O) |
| C-009 | 1+490.80 | M-01 | 0.00-0.60 | Der | 36.3 | 4.2 | 4.3 | GM | A-1-b (O) |
| C-009 | 1+490.80 | S/M | >0.60 | Der | | | | ROCA | ROCA |
| C-010 | 1+690.70 | M-01 | 0.00-0.60 | Der | 42.4 | 9.9 | 3.7 | GM | A-2-5 (O) |

| | | | | | | | | | |
|-------|----------|------|-----------|-----|------|-----|-----|------|-------------|
| C-010 | 1+690.70 | S/M | >0.60 | Der | | | | ROCA | ROCA |
| C-011 | 1+862.35 | M-01 | 0.00-1.50 | Der | 36.1 | 4.0 | 1.8 | GM | A-1-b (O) |
| C-012 | 2+024.42 | M-01 | 0.00-0.30 | Izq | 38.1 | 5.8 | 2.8 | GM | A-1-b (O) |

Estudio de suelos hemos podido observar del expediente técnico que se pudo determinar las características físico mecánicas de los materiales que conforman el terreno de fundación y suelos subyacentes así mismo. durante el tramo 0+012.16 hasta 2+024.42 un cbr de 25.48 % en lo que hace es un buen tipo de suelo.

Tabla N° 9: Estudio de suelos

Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Tabla N° 10: Diseño De Pavimentos Metodología Aashto

| PARÁMETROS DE DISEÑO | | | | 0 – 20 años | |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------|
| Números de Ejes Equivalentes | | | | 4,4116E+06 | |
| Módulo Resiliente, Mr (psi) | | | | 17609 | |
| Nivel de confianza, R (%) | | | | 90% | |
| Factor de Confiabilidad, Zr | | | | -1.282 | |
| Desviación estándar, So | | | | 0.45 | |
| Serviciabilidad inicial | | | | 4.0 | |
| Serviciabilidad final | | | | 2.0 | |
| Δ PSI | | | | 2.0 | |
| Número Estructural Requerido | | SN | 3.13 | (cm) | |
| M.A | ---- | a1 = 0.43 | D1 (pul) | 3.5 | 8.9 |
| Base | m2 = 1 | a2 = 0.14 | D2 (pulg) | 6.0 | 15.0 |
| Sub - Base | m3 = 1 | a3 = 0.12 | D3 (pulg) | 7.0 | 17.5 |

| | | | |
|-------------------------------------|------|------|-------|
| Espesor Total del Pavimento | Pulg | 16.5 | 41.6. |
| Estructura estructural propuesta | SN | | 3.16" |

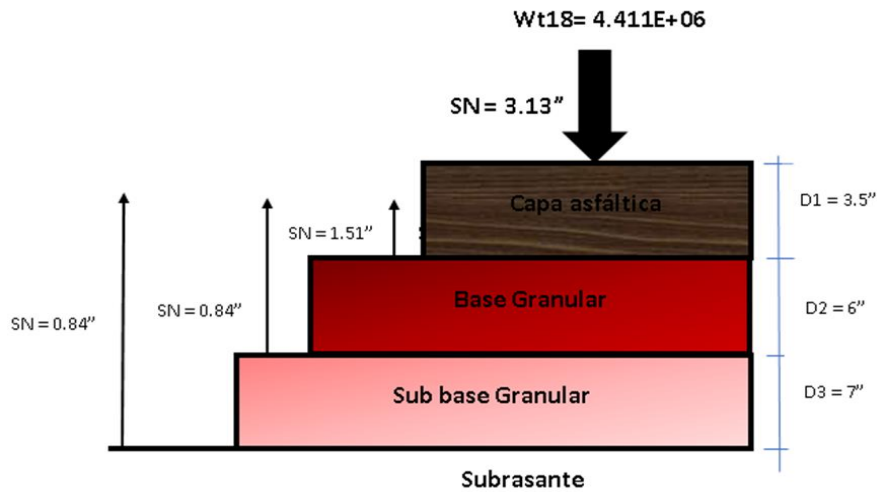
Fuente: CONTRATO No 008-2014-MTC/20 de Provias

Figura N° 2: Cálculo De Sn Requerido

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' section has 'Pavimento flexible' selected. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' section shows '90 % Zr=-1.282' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' section shows 'PSI inicial = 4' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' section shows 'Mr = 17609 psi'. The 'Información adicional para pavimentos rígidos' section has empty fields for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'. The 'Tipo de Análisis' section has 'Calcular SN' selected, showing 'W18 = 4.411E+06'. The 'Número Estructural' section shows 'SN = 3.13'. At the bottom, there are 'Calcular' and 'Salir' buttons.

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 3: Estructura del pavimento



Fuente: Elaboración Propia

Estabilidad - Marshall en la figura N° 4, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron la estabilidad de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 4: Modelo de la estabilidad de la mezcla asfáltica

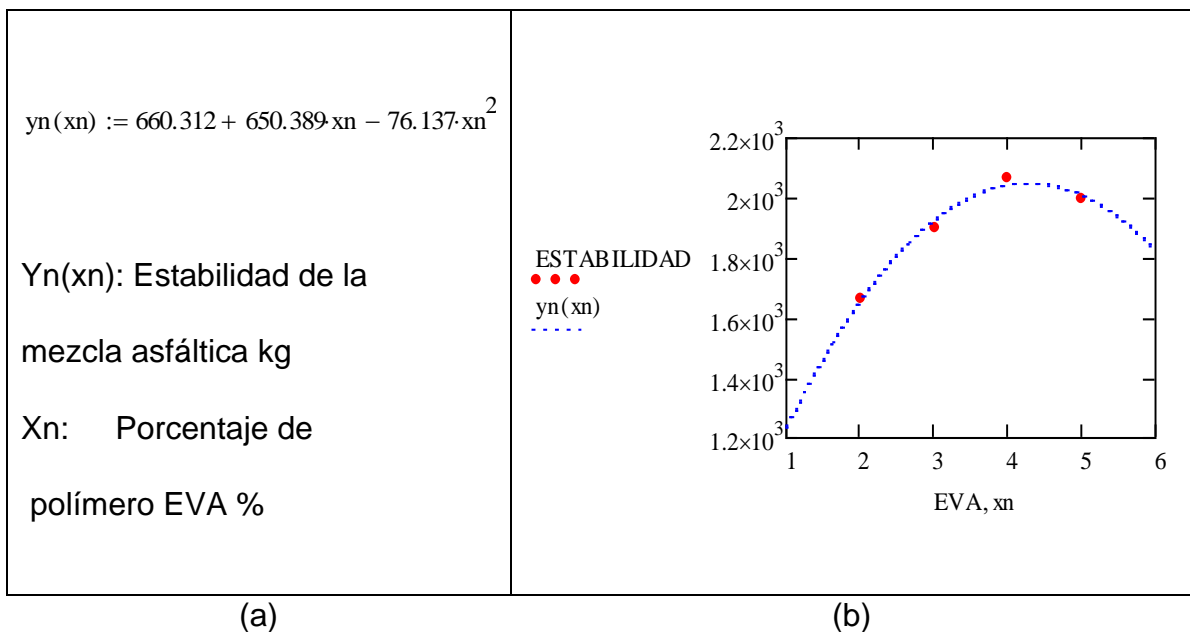


Figura N° 4: Modelo de la estabilidad de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos de estabilidad medido por

diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 4: (a) se obtuvo la máxima estabilidad obtenido por el software nos dice que 4.2% de polímero EVA nos da una Estabilidad de 2049×10^3 kg. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que la Estabilidad mínima para el tránsito liviano es de 3,4 Kn, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 11: ANOVA de Estabilidad Marshall

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| Cemento Asfáltico | 1.354×10^3 | 3 | 2.451×10^5 | 4.761 |
| Polímero EVA | 1.983×10^7 | 3 | 6.63×10^7 | 128.788 |
| Interacción | 9.873×10^5 | 9 | 1.354×10^3 | 2.131 |
| SSE | 8.237×10^5 | 16 | 5.148×10^4 | |
| SST | 2.244×10^7 | 31 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

| | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------|
| $qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ | Cemento asfáltico es significativa | $F_0 > qF$ |
| $qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ | Polímero EVA es significativa | $F_0 > qF$ |
| $qF(0.95, 9, 16) = 2.538$ | Interaccion es significativa | $qF > F_0$ |

Flujo- Marshall En la Figura N° 5, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el flujo de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 5: Modelo del Flujo de la mezcla asfáltica

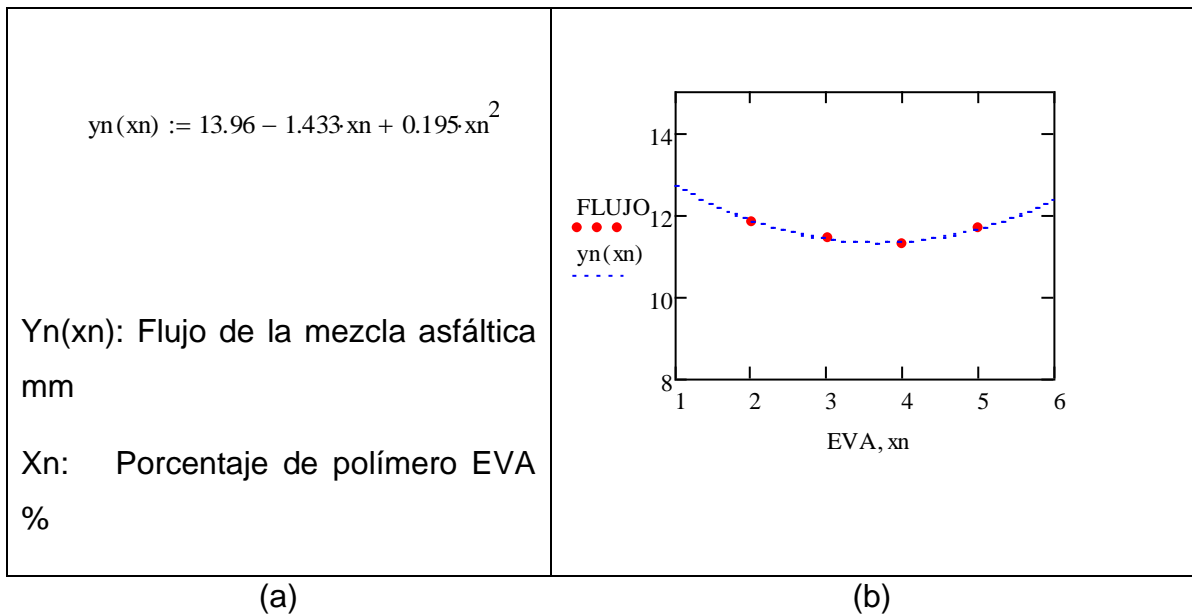


Figura N° 5: Modelo del Flujo de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del flujo medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 5 (a) se obtuvo el máximo flujo obtenido por el software nos dice que 3.6% de polímero EVA nos da un Flujo de 11.32mm. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el Flujo mínima y máximo para el transito liviano es de 8 – 18mm, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 12: ANOVA de Flujo Marshall

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| Cemento Asfáltico | 1.426 | 3 | 0.475 | 4.025 |
| Polímero EVA | 44.948 | 3 | 14.983 | 126.975 |
| Interacción | 22.05 | 9 | 2.451 | 20.771 |
| SSE | 1.89 | 16 | 0.118 | |
| SST | 70.32 | 31 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ Cemento asfáltico es significativa $F0 > qF$

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ Polímero EVA es significativa $F0 > qF$

$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$ Interacción es significativa $F0 > qF$

% De Vacíos De Aire – Marshall En la Figura N° 6, los datos en forma de círculo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el % de vacíos de aire de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 6, Modelo del VDA de la mezcla asfáltica

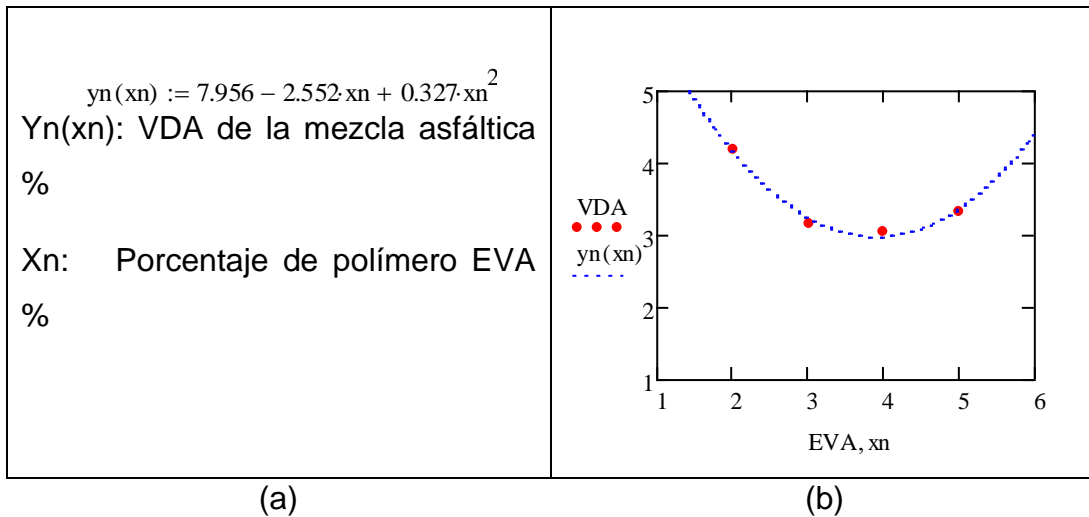


Figura N° 6, Modelo del VDA de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del % de vacíos de aire medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 6, (a) se obtuvo el máximo % de vacíos de aire obtenido por el software nos dice que 3.9% de polímero EVA nos da un porcentaje de Vacíos de Aire de 3%. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el porcentaje de Vacíos de Aire mínimo para el tránsito liviano es de 3% - 5%, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 13: ANOVA de % Vacíos de Aire

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|--------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------|
| Cemento Asfáltico | 6.51 | 3 | 2.172 | 39.491 |
| Polímero EVA | 56.3 | 3 | 18.79 | 341.636 |
| Interacción | 5.82 | 9 | 0.648 | 11.782 |
| SSE | 0.88 | 16 | 0.055 | |

| | | |
|------------|-----------------------|----|
| SST | 6.96×10^{-3} | 31 |
|------------|-----------------------|----|

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

| | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------|
| $qF(0.95, 3, 22) = 3.049$ | Cemento asfáltico es significativa | $F_0 > qF$ |
| $qF(0.95, 3, 22) = 3.049$ | Polimero EVA es significativa | $F_0 > qF$ |
| $qF(0.95, 9, 22) = 2.342$ | Interaccion es significativa | $F_0 > qF$ |

% De Vacíos De Agregados Minerales - Marshall En la Figura N° 7, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el % de Vacíos de Agregados Minerales de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 7: Modelo del VAM de la mezcla asfáltica

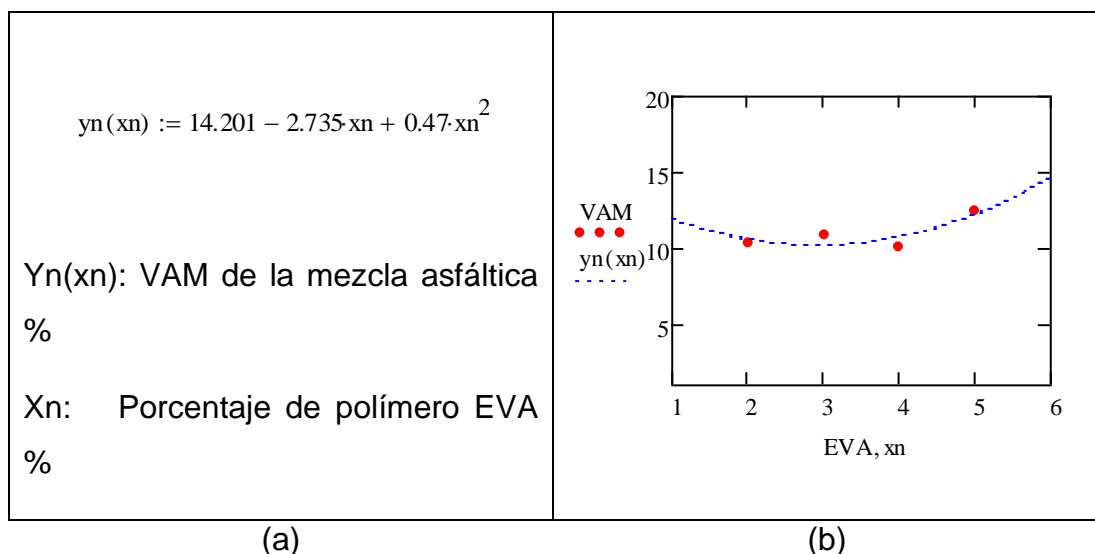


Figura N° 7: Modelo del VAM de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del % de Vacíos de Agregados Minerales medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del modelo mostrado en la Figura N° 7, (a) se obtuvo el máximo % de Vacíos de Agregados Minerales obtenido por el software nos dice que 2.9% de polímero EVA nos da un porcentaje de Vacíos de Agregados Minerales de 10.2% Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el porcentaje de Vacíos de Agregados Minerales mínima para el transito liviano es de 3%, por lo tanto si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 14: ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------|
| Cemento Asfáltico | 20.596 | 3 | 6.865 | 83.72 |
| Polímero EVA | 1.215×10^3 | 3 | 405 | 4.939×10^3 |
| Interacción | 16.57 | 9 | 1.841 | 22.451 |
| SSE | 1.305 | 16 | 0.082 | |
| SS | 1.254×10^3 | 31 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

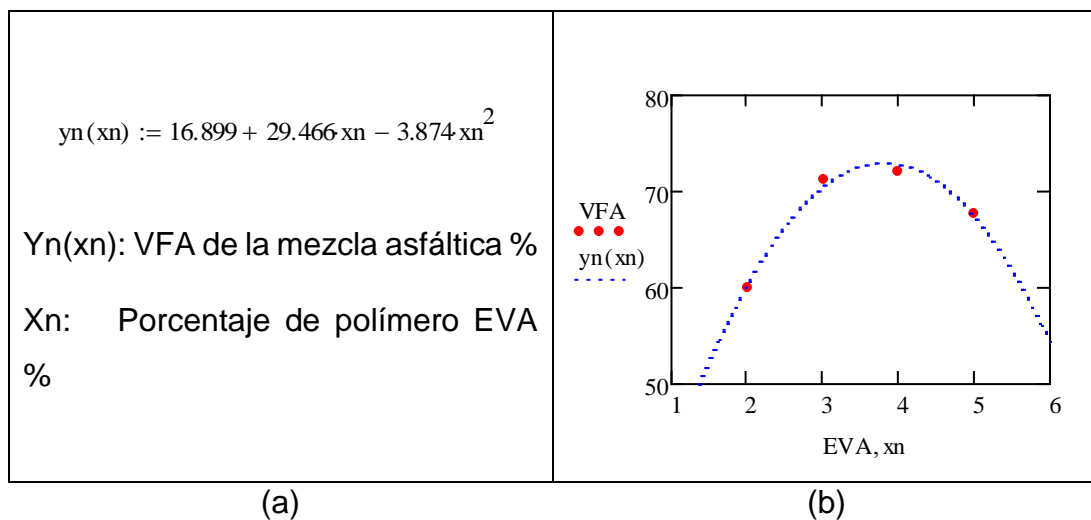
Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se

rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

| | | |
|---------------------------|------------------------------------|------------|
| $qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ | Cemento asfáltico es significativa | $F_0 > qF$ |
| $qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ | Polimero EVA es significativa | $F_0 > qF$ |
| $qF(0.95, 9, 16) = 2.538$ | Interaccion es significativa | $F_0 > qF$ |
| | | % De |

Vacíos Llenados de Asfalto - Marshall en la figura N° 8, los datos en forma de circulo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el % de vacíos llenos de asfalto de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 8, Modelo del VFA de la mezcla asfáltica



Del modelo mostrado en la Figura N° 8, (a) se obtuvo el máximo % de vacíos llenos de asfalto obtenido por el software nos dice que 3.8% de polímero EVA nos da un porcentaje de Vacíos Llenados de Asfalto de 72.9%. Según Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010 nos dice que el porcentaje de Vacíos Llenados de Asfalto mínimo y máximo para el transito liviano es de 70% - 80%, por lo tanto, si se cumple con el reglamento nacional de edificaciones.

Tabla N° 15: ANOVA % de Vacíos Llenados de Asfalto

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|--------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------|
| Cemento Asfáltico | 711.77 | 3 | 237.257 | 5.984 |
| Polímero EVA | 4.429x10 ³ | 3 | 1.476x10 ³ | 37.225 |
| Interacción | 1.025x10 ⁴ | 9 | 1.139x10 ³ | 28.726 |
| SSE | 634.41 | 16 | 39.651 | |
| SST | 1.603x10 ⁴ | 31 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto al polímero EVA es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Respecto a la interacción de ambos materiales es significativa y se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

| | | |
|---------------------------|------------------------------------|-----------|
| $qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ | Cemento asfáltico es significativa | $F0 > qF$ |
| $qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ | Polímero EVA es significativa | $F0 > qF$ |
| $qF(0.95, 9, 16) = 2.538$ | Interacción es significativa | $F0 > qF$ |
| | | Peso |

Específico - Marshall en la Figura N° 9, los datos en forma de círculo fueron obtenidos de diferentes investigadores que cuantificaron el Peso Específico de la mezcla asfáltica con adición de diferentes porcentajes de polímero EVA.

Figura N° 9, Modelo del PE de la mezcla asfáltica

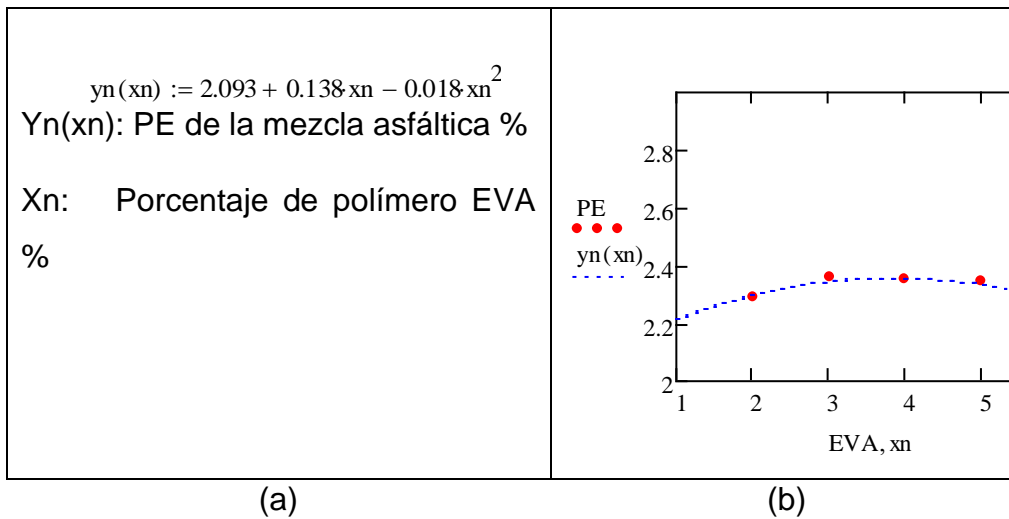


Figura N° 9, Modelo del PE de la mezcla asfáltica como función del porcentaje del polímero EVA (a); diagrama de los datos del Peso Específico medido por diferentes autores como función del porcentaje de EVA incorporado a la mezcla asfáltica.

Del

modelo mostrado en la Figura N° 9, (a) se obtuvo el máximo Peso Específico obtenido por el software nos dice que 4.2% de polímero EVA nos da un Peso Específico de 2.3.

Tabla N° 16: ANOVA del Peso Específico Marshall

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|--------------------------|-----------------|--------------------|------------------------|-------|
| Cemento Asfáltico | 0.04 | 3 | 0.015 | 1.364 |
| Polímero EVA | 0.29 | 3 | 0.099 | 9 |
| Interacción | 0.06 | 9 | 7.444×10^{-3} | 0.677 |
| SSE | 0.71 | 16 | 0.011 | |

| | | |
|------------|------|----|
| SST | 0.58 | 31 |
|------------|------|----|

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del ANOVA nos dicen:

Respecto al cemento asfáltico se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa concluyendo que el cemento asfáltico es significativa. Respecto al polímero EVA se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa concluyendo que el polímero EVA es significativa. Respecto a la interacción se rechaza la hipótesis alternativa se acepta la hipótesis nula concluyendo que la interacción es significativa.

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$qF > F0$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$qF > F0$$

V. DISCUSIÓN

1.- Se aceptará la hipótesis alternativa general la cual nos dice que, si hay relación de dependencia entre Diseño de pavimento flexible incorporando polímeros EVA a la mezcla asfáltica para el pavimento de la carretera 3N en el distrito de Huánuco, Huánuco – 2020. Este capítulo de este proyecto de investigación establece que pueden percibir sus diferencias o similitudes en el contexto de los capítulos anteriores. Para permitir la comprensión de diferentes perspectivas en términos de CBR, se calcula el número de repeticiones de eje equivalentes llamado (ESAL) y comprenda el análisis de los datos recopilados por Mathcad-15 TM y ASSTHO 93 y los métodos involucrados al usar el software con datos existentes.

2.- Los resultados del estudio de suelo fueron un CBR de diseño de 25.48% ya que según el manual de carreteras de suelo, geología, geotecnia y pavimentos lo clasifica como suelo Subrasante buena. El resultado del tipo de suelo que se hallaron fueron suelos de tipo SM (arenas limosas), SC (arenas arcillosas mezclas de arena con arcilla) y GW (Arenas bien graduadas con pocos o sin finos)

3.- El resultado del cálculo del número de ejes equivalentes (ESAL) repetido en el estudio de tráfico alcance $2.99 \times (10)^6$, un Mr de 20292.18 con un numero estructural requerido de 2.80 dentro de 20 años, lo que cumplirá con el nivel Servicio establecido y calculado por ASSTHO 93.

4.- El departamento de Huánuco existen distritos donde las vías de acceso y avenidas principales no están pavimentadas y sobre todo en el distrito de La Unión, Por los factores como el clima y entre otros factores es necesario pavimentar las calles y reforzar la carpeta asfáltica con polímeros Eva, ya que este tipo de polímero mejora la resistencia de mezclas asfálticas, tiene un mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas, lo que hace es favorecer la estructura del pavimento y alarga la funcionalidad de ellas.

5.- En los resultados la adición de polímeros mejora sus propiedades físico mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente los cuales fueron agregados en distintas cantidades. Lo cual es afín con los resultados que en este proyecto de investigación se encontró.

6.- Los autores Pancorbo y Reime (2018) utilizó los porcentajes del polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) que se adicionó a la mezcla asfáltica en la investigación fueron el (1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, 4.5%, 5%) porcentaje respecto al peso del cemento asfáltico para determinar el contenido óptimo del polímero para su uso. Los resultados que se obtuvieron de la mezcla asfáltica modificada con el polímero EVA muestran mejoras significativas frente a una mezcla asfáltica tradicional en sus propiedades de resistencia empleando el aparato Marshall, resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad lo que permitió concluir que la incorporación del polímero EVA mejora sus propiedades físico mecánicas.

7.- La adición de polímeros Eva ayudará un alargamiento de vida al pavimento en de la carretera 3N en el distrito de Huánuco, Huánuco – 2020, con un 5.5% de polímeros EVA y un 4.5% de cemento asfáltico sería lo ideal para trabajar en dicha carretera. lo cual coinciden con los autores Haddadi, Ghorbel y Laradi (2007). La adición de 5% de EVA al betún resulta en mejores propiedades de concreto asfáltico

8.- Los resultados para el diseño del pavimento flexible fueron para la carpeta asfáltica carpeta de asfáltica 3", base 30" y subbase granular 49.5. con un SN requerido de 2.80

9.- En cuanto a los resultados de la estabilidad y porcentaje de vacíos de aire obtenidos de la recopilación de datos y procesados en el Mathcad-15™, se hayo que con el porcentaje de 5.5% de polímeros EVA a la mezcla cumplió con los parámetros dados por el Manual de Carreteras 2013 dado que los parámetros fijados en dicho manual establecen cierto rango para el diseño de mezcla.

10.- Estos tipos de polímeros (EVA) es relativamente nuevo en la utilización como modificador del asfalto y es utilizado aproximadamente hace 15 años, estos polímeros son compatibles con los asfaltos, brindan una mejor resistencia, minimizan la susceptibilidad térmica, tiene mejor comportamiento a temperaturas altas y es flexible a bajas temperaturas.

11.- En cuanto al cemento asfáltico que se usa en mezclas asfálticas cuya elaboración es en caliente será clasificado por penetración. Y por viscosidad absoluta. Su empleo será teniendo en cuenta según sus características climáticas de la región, la correspondiente carta viscosidad del cemento (Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

12.- Se utilizó este tipo de polímeros ya que en la ciudad de Huánuco el clima es adecuado es por eso que se optó por este tipo de polímero para un periodo de 20 años, la norma me pide que mayor a 24° c se utilizará el modificado.

VI. CONCLUSIÓN

1.- Dio como resultado desde el conteo lunes 20 hasta la semana 26 de octubre de IMDA para el año 2014 un total de 1265 vehículos/día y para el año 2016 se dio un factor de corrección estacional del 13%, una tasa de crecimiento de 3.6% para un periodo de 2 años, que nos dio con un total de IMDA de 1430 vehículos/día y para el año 2024 se dio un total de 1535 vehículos/día, y para el año de periodo de diseño que es de 20 años se dará un total de 16003716.64 pasadas en la estación 0+00 – 1+900 km. El IMDA se dio un total de 574 veh/día para 365 días con un factor direccional de 0.50 y un factor carril de 1.0 con una tasa de crecimiento de 3.6 para un periodo de 20 años. Nos dio un w18 de 2992840.41

2.- Para hallar el resultado de las propiedades del diseño de mezclas asfálticas se usó datos de diferentes autores de lo que se hizo en el mathcad por el método Marshall en donde se usaron 2%, 3%, 4% y 5% proporciones de polímero EVA y 4.5%, 5.0%, 6.3% y 6.4% de cemento asfáltico.

3.- El objetivo general de la investigación fue: Elaborar el diseño del diseño de mezcla asfáltica incorporando polímeros EVA para pavimento de la carretera 3N en el distrito La Unión, Huánuco – 2020.

4.- Para realizar el diseño de mezcla asfáltica hemos sacado un porcentaje del polímero Eva para el agregado en mezcla asfáltica en caliente para diseño de pavimento y el porcentaje obtenido es de 4% a la mezcla asfáltica. En donde mejorará la resistencia del pavimento y alargará la vida útil. También hemos obtenido los diámetros y estructura del pavimento.

VII. RECOMENDACIÓN

1.- Se debe tener en cuenta el tipo de clima del lugar donde se va a realizar el diseño de pavimento ya que con ese dato se escogerá el tipo de cemento asfáltico.

2.- Para garantizar la calidad de la mezcla asfáltica que se va usar, se tiene que tener en cuenta todos los parámetros que se encuentra en el Reglamento Nacional De Edificaciones: NORMA CE.010.

3.- Se recomienda el uso de software del ministerio de transporte y comunicaciones – MTC, para determinar el correctamente el cálculo de ejes equivalentes (Esal) para el pavimento flexible por ser más detallado.

4.- Tener en cuenta el tipo de tránsito ya sea pesado o liviano porque a partir de ello depende el porcentaje de polímeros EVA requerido para elaborar el diseño de mezclas asfálticas.

VIII. REFERENCIAS

- Abd El-Rahman, A. M. M., El-Shafie, M., Mohammedy, M. M., & Abo-Shanab, Z. L. (2018). Enhancing the performance of blown asphalt binder using waste EVA copolymer (WEVA). *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.08.002>
- Ameri, M., Mansourian, A., & Sheikhmotevali, A. H. (2012). Investigating effects of ethylene vinyl acetate and gilsonite modifiers upon performance of base bitumen using Superpave tests methodology. *Construction and Building Materials*, 36, 1001-1007. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.137>
- Bello, G. (2018). "Control de calidad de la carpeta asfáltica modificada con polímeros ubicada más de 4500 m.s.n.m en la carretera callejón de Huaylas - chacas - san Luis, de acuerdo al manual para carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción, EG, - 2. Universidad Nacional «Santiago Antúnez de Mayolo».
- Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2009). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA. En *Revista EIA*.
- Kalantar, Z. N., Karim, M. R., & Mahrez, A. (2012). A review of using waste and virgin polymer in pavement. *Construction and Building Materials*, 33, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.01.009>
- Liang, M., Ren, S., Fan, W., Xin, X., Shi, J., & Luo, H. (2017). Rheological property and stability of polymer modified asphalt: Effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers. *Construction and Building Materials*, 137, 367-380. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.123>

- Luo, W. Q., & Chen, J. C. (2011). Preparation and properties of bitumen modified by EVA graft copolymer. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1830-1835. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.079>
- Saroufim, E., Celauro, C., & Mistretta, M. C. (2018). A simple interpretation of the effect of the polymer type on the properties of PMBs for road paving applications. *Construction and Building Materials*, 158, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.034>
- Siddig, E. A. A., Feng, C. P., & Ming, L. Y. (2018). Effects of ethylene vinyl acetate and nanoclay additions on high-temperature performance of asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 169, 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.012>
- Singh, M., Kumar, P., & Maurya, M. R. (2014). Effect of aggregate types on the performance of neat and EVA-modified asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(2), 163-173. <https://doi.org/10.1080/10298436.2013.812211>
- (Singh et al., 2014) Abd El-Rahman, A. M. M., El-Shafie, M., Mohammedy, M. M., & Abo-Shanab, Z. L. (2018). Enhancing the performance of blown asphalt binder using waste EVA copolymer (WEVA). *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 513-521. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.08.002>
- Ameri, M., Mansourian, A., & Sheikhmotevali, A. H. (2012). Investigating effects of ethylene vinyl acetate and gilsonite modifiers upon performance of base bitumen using Superpave tests methodology. *Construction and Building Materials*, 36, 1001-1007. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.137>
- Bello, G. (2018). "Control de calidad de la carpeta asfáltica modificada con polímeros ubicada más de 4500 m.s.n.m en la carretera callejón de huaylas - chacas - san Luis, de acuerdo al manual para carreteras, especificaciones técnicas generales para construcción, EG, - 2. Universidad Nacional «Santiago Antúnez de Mayolo».

- Cárdenas, J., & Fonseca, E. (2009). MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA. En Revista EIA.
- Kalantar, Z. N., Karim, M. R., & Mahrez, A. (2012). A review of using waste and virgin polymer in pavement. *Construction and Building Materials*, 33, 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.01.009>
- Liang, M., Ren, S., Fan, W., Xin, X., Shi, J., & Luo, H. (2017). Rheological property and stability of polymer modified asphalt: Effect of various vinyl-acetate structures in EVA copolymers. *Construction and Building Materials*, 137, 367-380. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.123>
- Luo, W. Q., & Chen, J. C. (2011). Preparation and properties of bitumen modified by EVA graft copolymer. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1830-1835. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.079>
- Saroufim, E., Celauro, C., & Mistretta, M. C. (2018). A simple interpretation of the effect of the polymer type on the properties of PMBs for road paving applications. *Construction and Building Materials*, 158, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.034>
- Siddig, E. A. A., Feng, C. P., & Ming, L. Y. (2018). Effects of ethylene vinyl acetate and nanoclay additions on high-temperature performance of asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 169, 276-282. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.012>
- Singh, M., Kumar, P., & Maurya, M. R. (2014). Effect of aggregate types on the performance of neat and EVA-modified asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 15(2), 163-173. <https://doi.org/10.1080/10298436.2013.812211>

Alamilla, H. D., Zayd, A., & Rivera, S. (2018). Manual De Ensayos Para Laboratorio: Agregados (AG) para Mezclas Asfálticas. (516).

Asfaltq, D. E. L., & Velázquez, M. (s. f.). MANUAL. 9.

MC-11-14 Manual de Inventarios Viales Aprobado y Parte IV Versión Digital del Original_OK.pdf. (s. f.).

MTC. (2016). Edición Mayo de 2016. Manual de Ensayo de Materiales.

Carreteras, M. D. E., & Dg, T. (2018). Dirección General De Caminos Y Ferrocarriles.

Arias, F. G. (2012). EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Introducción a la *metodología científica 6° Edición*

VI. ANEXO

**INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
(RESUMEN)**

SOLICITANTE : AUCASI PACASI, RAUL ALFREDO Y ESCOBAR FALLA MARIO JERUSALEN
 UBICACIÓN : AMARILIS, HUANUCO
 PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO POLIMEROS EVA PARA PAVIMENTO DE LA
 CARRETERA 3N EN EL DISTRILLO DE AMARILIS, HUANUCO - 2020
 REFERENCIA : CONTRATO No 008-2014-MTC/20 DE PROV IAS
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03/08/20

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANTERA XXXX

PIEDRA CHANCADA DE 3/4" : 10%
 PIEDRA CHANCADA DE 1/2" : 30%
 ARENA CHANCADA : 52%
 ARENA ZARANDEADA : 7.0%
 CAL HIDRATADA : 1.0%
 : MAC-2
 : ESPECIFICACIÓN EG-2013.

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : 60/70 REPSOL
 % optimo de C.A. : 5,9

3.- ADITIVO

Tipo de aditivo : ADHESOL 10000
 % de aditivo en peso del C.A. : 0.5

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Nº DE GOLPES | | 75 | |
| CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL) | 5.70 | 5.90 | 6.10 |
| DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³) | 2.343 | 2.345 | 2.347 |
| VACIOS (%) | 4.3 | 3.9 | 3.6 |
| V.M.A. (%) | 15.96 | 16.03 | 16.14 |
| R.B.V. (%) | 71.8 | 74.7 | 77.7 |
| FLUJO (0,25 mm) | 13.7 | 14.2 | 14.7 |
| ESTABILIDAD (kg) | 1344.0 | 1319.0 | 1282.0 |
| Relación polvo - asfalto | 1.03 | 0.99 | 0.95 |
| RELACION ESTABILIDAD/FLUJO | 3851 | 3660 | 3444 |

4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

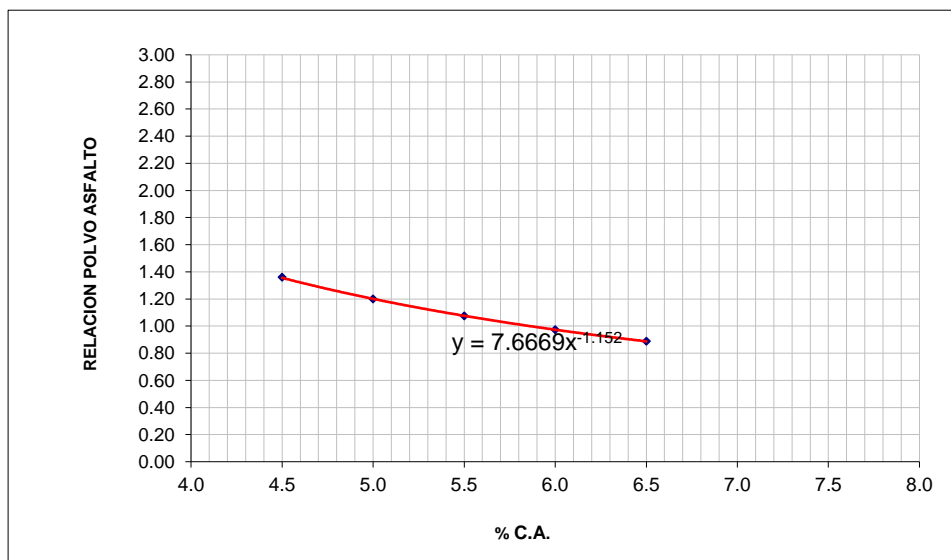
Según carta de viscosidad

Temperatura de mezcla : 154°C - 158°C
 Temperatura de compactación : 144°C - 147°C

5.- OBSERVACIONES

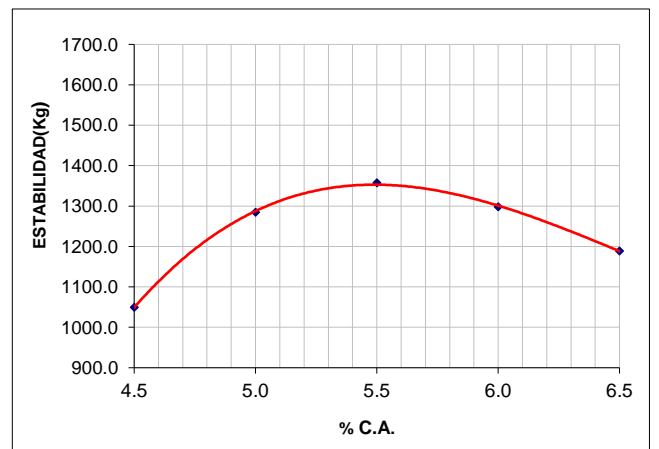
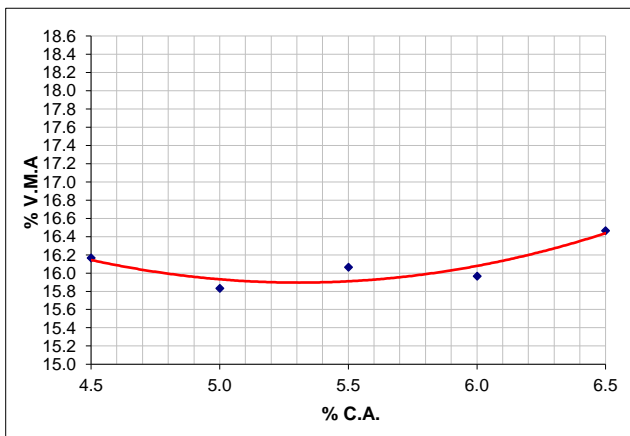
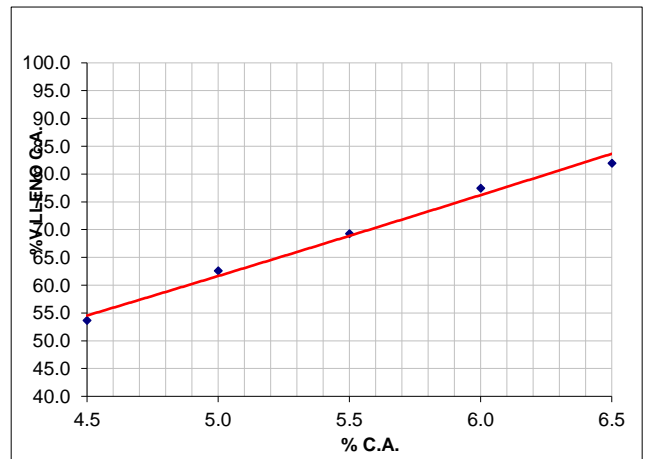
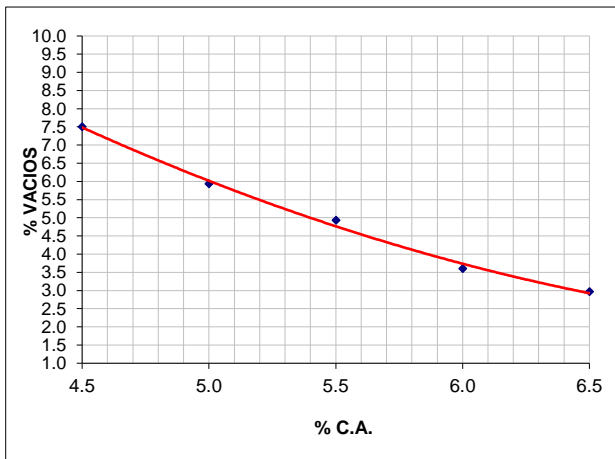
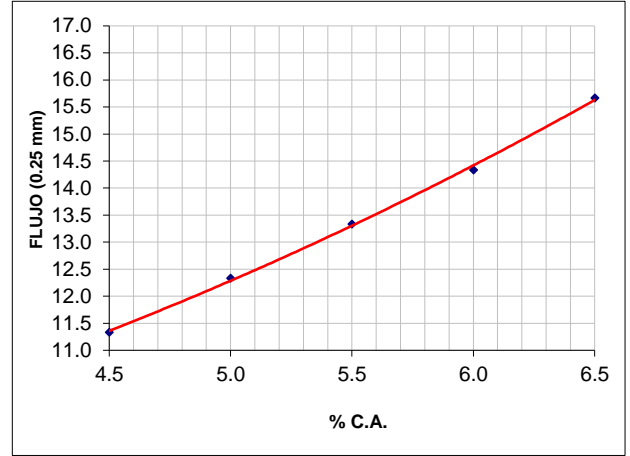
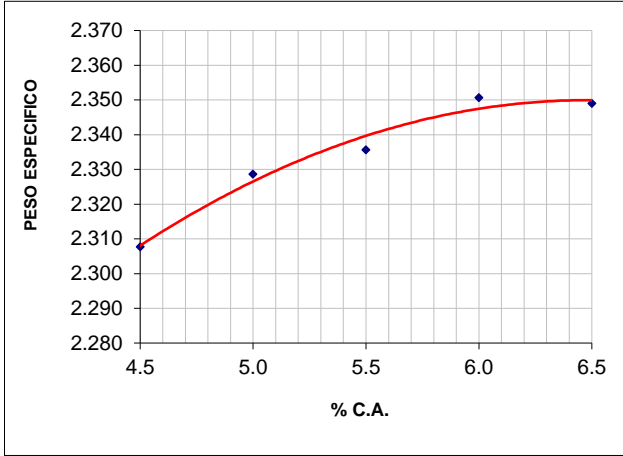
| CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS | | | | | | ECUACIÓN GRÁFICA | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------|-------|
| | | | | | | PORCENTAJE OPTIMO | | |
| % CA. | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 5.70 | 5.90 | 6.10 |
| P. ESPECIFICO | 2.308 | 2.329 | 2.336 | 2.351 | 2.349 | 2.343 | 2.345 | 2.347 |
| % VACIOS | 7.5 | 5.9 | 4.9 | 3.6 | 3.0 | 4.3 | 3.9 | 3.6 |
| V. M. A. | 16.2 | 15.8 | 16.1 | 16.0 | 16.5 | 16.0 | 16.0 | 16.1 |
| %VACIO LLENO C.A. | 53.6 | 62.6 | 69.3 | 77.5 | 82.0 | 71.80 | 74.70 | 77.70 |
| FLUJO | 11.3 | 12.3 | 13.3 | 14.3 | 15.7 | 13.7 | 14.2 | 14.7 |
| ESTABILIDAD | 1049.8 | 1284.7 | 1357.2 | 1298.2 | 1189.1 | 1344 | 1319 | 1282 |
| ESTABILIDAD/FLUJO | | | | | | 3851 | 3660 | 3444 |
| POLVO/ASFALTO | 1.36 | 1.20 | 1.07 | 0.97 | 0.89 | 1.03 | 0.99 | 0.95 |

| | |
|---|--|
| $y = -0,0107x^2 + 0,1383x + 1,9019$ | |
| $y = 0,4381x^2 - 7,099x + 30,56$ | |
| $y = 0,381x^2 - 4,0438x + 26,627$ | |
| $y = 9,4867x^{1,1628}$ | |
| $y = 0,1905x^2 + 0,0381x + 7,3333$ | |
| $y = 74,956x^3 - 1470,9x^2 + 9372,6x - 18172$ | |



DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)



**INFORME DE DISEÑO
DISEÑO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D6927)
(RESUMEN)**

SOLICITANTE : AUCASI PACASI, RAUL ALFREDO Y ESCOBAR FALLA MARIO JERUSALEN
 UBICACIÓN : AMARILIS, HUANUCO
 PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA INCORPORANDO POLIMEROS EVA PARA PAVIMENTO DE LA CARRETERA
 3N EN EL DISTRILLO DE AMARILIS, HUANUCO - 2020
 REFERENCIA : CONTRATO No 008-2014-MTC/20 DE PROVIAS
 FECHA DE RECEPCIÓN : 03/08/20

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

CANTERA XXXX

PIEDRA CHANCADA DE 3/4" : 10%
 PIEDRA CHANCADA DE 1/2" : 30%
 ARENA CHANCADA : 52%
 ARENA ZARANDEADA : 7.0%
 CAL HIDRATADA : 1.0%
 : MAC-2
 : ESPECIFICACIÓN EG-2013.

2.- LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : BETUTEC IC CON EVA
 % optimo de C.A. : 5,9

3.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

| Nº DE GOLPES | | 75 | |
|--|--------|--------|--------|
| CEMENTO ASFÁLTICO (% EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL) | 5.70 | 5.90 | 6.10 |
| DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³) | 2.333 | 2.343 | 2.352 |
| VACIOS (%) | 4.5 | 3.8 | 3.2 |
| V.M.A. (%) | 16.30 | 16.13 | 15.98 |
| R.B.V. (%) | 71.8 | 75.8 | 79.9 |
| FLUJO (0,25 mm) | 11.6 | 12.2 | 12.9 |
| ESTABILIDAD (kg) | 1712.0 | 1695.0 | 1672.0 |
| Relación polvo - asfalto | 1.01 | 0.97 | 0.94 |
| RELACION ESTABILIDAD/FLUJO | 5816 | 5450 | 5085 |

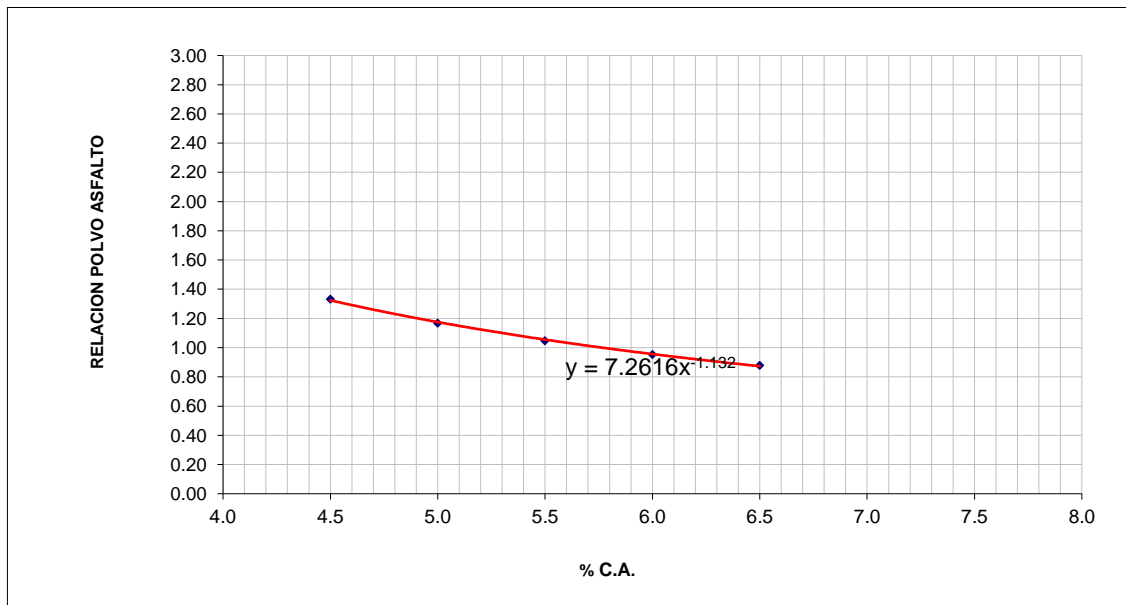
4.- TEMPERATURA DE APLICACIÓN (°C)

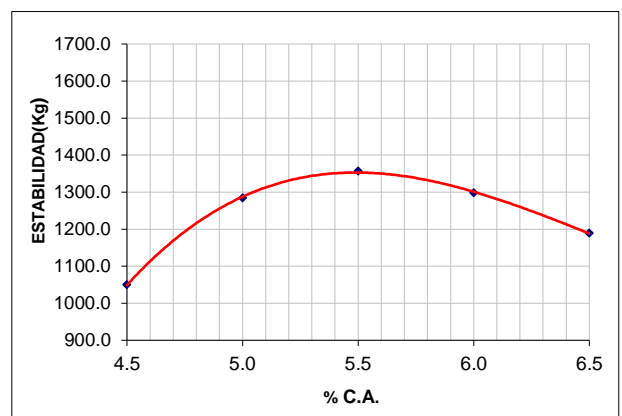
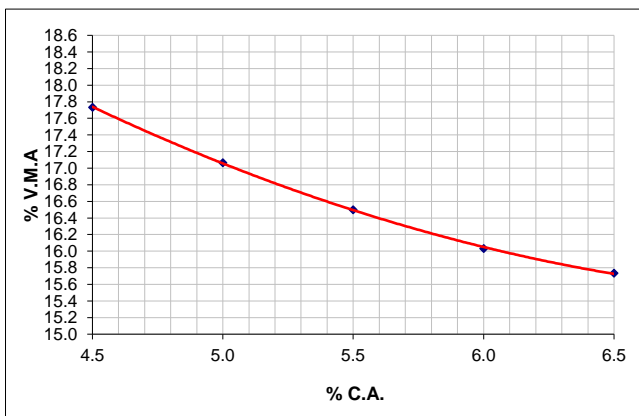
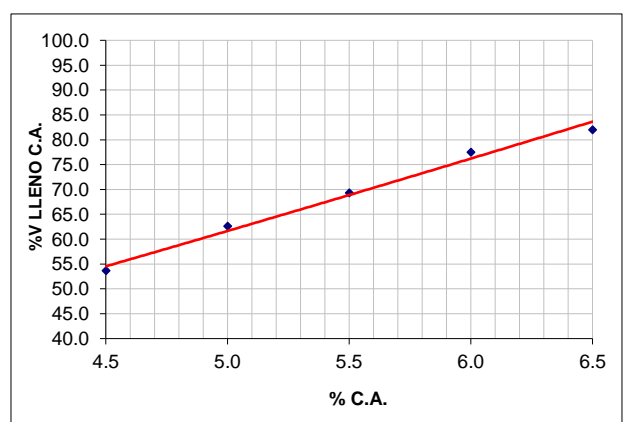
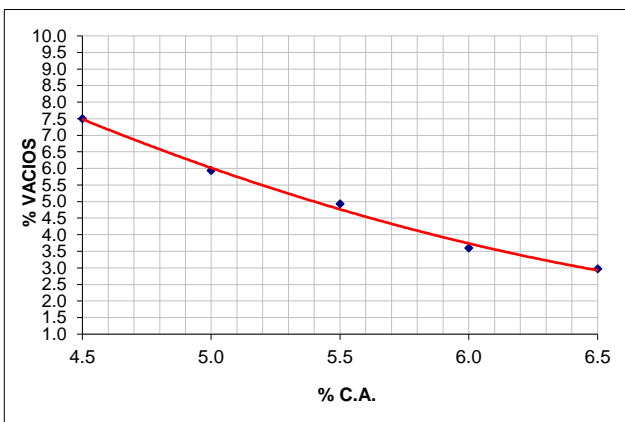
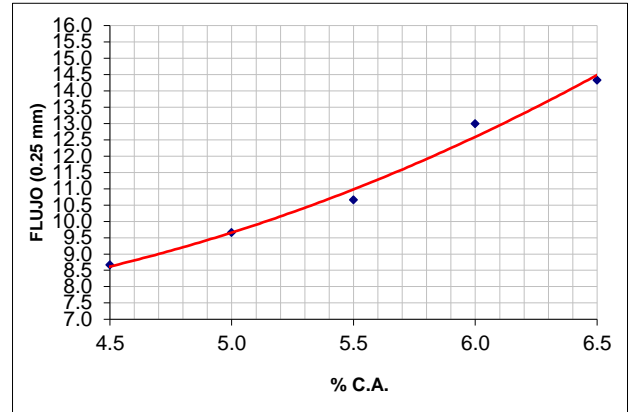
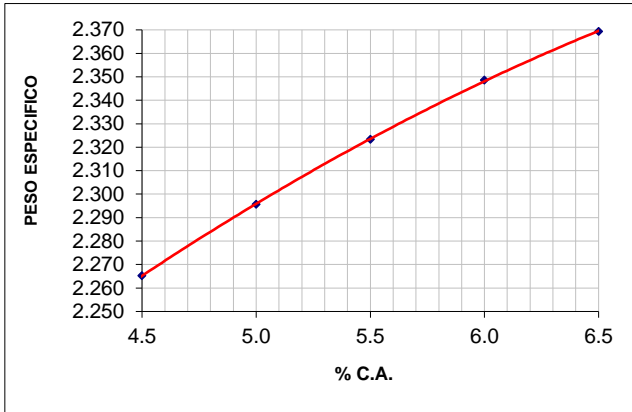
Según carta de viscosidad
 Temperatura de mezcla : 161.9°C - 169.1°C
 Temperatura de compactación : 151.8°C - 161.9°C

5.- OBSERVACIONES

| CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS | | | | | | ECUACIÓN GRAFICA | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------|-------|
| | | | | | | PORCENTAJE OPTIMO | | |
| % CA. | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.5 | 5.70 | 5.90 | 6.10 |
| P. ESPECIFICO | 2.265 | 2.296 | 2.323 | 2.349 | 2.369 | 2.333 | 2.343 | 2.352 |
| % VACIOS | 9.1 | 7.1 | 5.2 | 3.5 | 2.0 | 4.5 | 3.8 | 3.2 |
| V. M. A. | 17.7 | 17.1 | 16.5 | 16.0 | 15.7 | 16.3 | 16.1 | 16.0 |
| %VACIO LLENO C.A. | 48.9 | 58.6 | 68.7 | 78.2 | 87.3 | 71.80 | 75.80 | 79.90 |
| FLUJO | 8.7 | 9.7 | 10.7 | 13.0 | 14.3 | 11.6 | 12.2 | 12.9 |
| ESTABILIDAD | 1526.5 | 1665.9 | 1735.2 | 1672.2 | 1615.3 | 1712 | 1695 | 1672 |
| ESTABILIDAD/FLUJO | | | | | | 5816 | 5450 | 5085 |
| POLVO/ASFALTO | 1.33 | 1.17 | 1.05 | 0.95 | 0.88 | 1.01 | 0.97 | 0.94 |

| | | |
|---|--|--|
| $y = -0.0062x^2 + 0.1203x + 1.8492$ | | |
| $y = 0.3524x^2 - 7.4162x + 35.313$ | | |
| $y = 0.2381x^2 - 3.6257x + 29.233$ | | |
| $y = 4.5633x^{1.5831}$ | | |
| $y = 0,5714x^2 - 3,3524x + 12,133$ | | |
| $y = 50.822x^3 - 988.53x^2 + 6255.3x - 11238$ | | |
| | | |
| $y = 7.2616x^{-1.132}$ | | |





RESULTADOS DEL MATHCAD

ESTABILIDAD - MARSHALL

La estabilidad Marshall es una medida que trata de medir la carga que se le aplica a la probeta y en el momento que falla o cede es el resultado de la prueba (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001)

| | | ESTABILIDAD | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------|---------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO | | | | | | | | | | | |
| POLIMERO EVA | 2 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 6.4% | | 6.4% | |
| | | 1043.31 | 1046.81 | 1,110.19 | 1120.15 | 2091.00 | 2090.88 | 2,923 | 2401.68 | 2,923 | 2401.68 | 2,923 | 2401.68 |
| | 1050.3 | 2093.61 | 1,130.10 | 2,240.29 | 2090.76 | 4181.76 | 1,881 | 4,803 | 1,881 | 4,803 | 1,881 | 4,803 | |
| | 3 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 6.4% | | 6.4% | |
| | | 1133.25 | 1131.73 | 1,086.60 | 1087.12 | 2113.00 | 2118.67 | 3,613 | 3267.435 | 3,613 | 3267.435 | 3,613 | 3267.435 |
| | 1130.2 | 2263.45 | 1,087.63 | 2,174.23 | 2124.33 | 4237.33 | 2,922 | 6,535 | 2,922 | 6,535 | 2,922 | 6,535 | |
| | 4 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 6.4% | | 6.4% | |
| | | 1336.97 | 1330.41 | 1,345.38 | 1347.35 | 2069.00 | 2069.62 | 3,437 | 3527.38 | 3,437 | 3527.38 | 3,437 | 3527.38 |
| | 1323.84 | 2660.81 | 1,349.32 | 2,694.70 | 2070.24 | 4139.24 | 3,617 | 7,055 | 3,617 | 7,055 | 3,617 | 7,055 | |
| | 5 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 6.4% | | 6.4% | |
| 1374.76 | | 1376.24 | 1,277.06 | 1273.03 | 2030.00 | 2030 | 3209.57 | 3322.73 | 3209.57 | 3322.73 | 3209.57 | 3322.73 | |
| 1377.71 | 2752.47 | 1,269.00 | 2,546.06 | 2030.00 | 4060.00 | 3,436 | 6,645 | 3,436 | 6,645 | 3,436 | 6,645 | | |

$$A := (1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5)$$

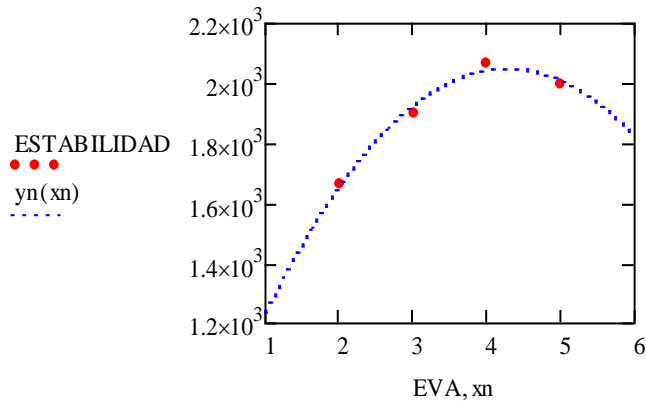
$$B := (2030.00 \ 1046.81 \ 1120.15 \ 2090.88 \ 2401.68 \ 1131.73 \ 1087.12 \ 2118.67$$

$$3267.435 \ 1330.41 \ 1347.35 \ 2069.62 \ 3527.38 \ 1376.24 \ 1273.03 \ 2030 \ 3322.73)$$

$$\text{ESTABILIDAD1} := 2030 \quad \text{ESTABILIDAD2} := \begin{pmatrix} 1046.81 \\ 1120.15 \\ 2090.88 \\ 2401.68 \end{pmatrix} \quad \text{ESTABILIDAD3} := \begin{pmatrix} 1131.73 \\ 1087.12 \\ 2118.67 \\ 3267.43 \end{pmatrix}$$

$$\text{EVA} := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{ESTABILIDAD4} := \begin{pmatrix} 1330.41 \\ 1347.35 \\ 2069.62 \\ 3527.38 \end{pmatrix} \quad \text{ESTABILIDAD5} := \begin{pmatrix} 1376.24 \\ 1273.03 \\ 2030.0 \\ 3322.73 \end{pmatrix}$$

$$x := \text{EVA} \quad y := \text{ESTABILIDAD} \quad \text{ESTABILIDAD} := \begin{pmatrix} \text{mean}(\text{ESTABILIDAD2}) \\ \text{mean}(\text{ESTABILIDAD3}) \\ \text{mean}(\text{ESTABILIDAD4}) \\ \text{mean}(\text{ESTABILIDAD5}) \end{pmatrix}$$



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$S := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 660.312 \\ 650.389 \\ -76.137 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 660.312 + 650.389 \cdot xn - 76.137 \cdot xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow -152.274 \cdot xn + 650.389$$

Dado

$$0 = -152.274 \cdot xn + 650.389$$

$$xn = 4.271$$

$$yn(4.271) = 2.049 \times 10^3$$

$$xn := 3 \quad DM1 := \begin{pmatrix} 10.4331 & 11.1000 & 20.9100 & 29.2273 \\ 10.503 & 11.301 & 20.9076 & 18.8063 \\ 11.3325 & 10.8660 & 21.1300 & 36.1305 \\ 11.302 & 10.8763 & 21.2433 & 29.2182 \\ 13.3697 & 13.4538 & 20.6900 & 34.3739 \\ 13.2384 & 13.4932 & 20.7024 & 36.1737 \\ 13.7476 & 12.7706 & 20.3000 & 32.09574 \\ 13.7771 & 12.69 & 20.3 & 34.3588 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$DM2 := \begin{pmatrix} 20.9361 & 22.4029 & 41.8176 & 48.0336 \\ 22.6345 & 21.7423 & 42.3733 & 65.3487 \\ 26.6081 & 26.947 & 41.3924 & 70.5476 \\ 27.5247 & 25.4606 & 40.6000 & 66.4545 \end{pmatrix} \cdot 100$$

Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 DM2_{0,j} = 1.3319 \times 10^4 \quad \sum_{j=0}^3 DM2_{1,j} = 1.521 \times 10^4$$

$$\sum_{j=0}^3 DM2_{2,j} = 1.655 \times 10^4 \quad \sum_{j=0}^3 DM2_{3,j} = 1.6 \times 10^4$$

Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 DM2_{i,0} = 9.77 \times 10^3 \quad \sum_{i=0}^3 DM2_{i,1} = 9.655 \times 10^3$$

$$\sum_{i=0}^3 DM2_{i,2} = 1.662 \times 10^4 \quad \sum_{i=0}^3 DM2_{i,3} = 2.504 \times 10^4$$

$$DM12 := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (DM1_{i,j})^2 \quad DM12 = 1.39 \times 10^8$$

$$DM11 := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (DM1_{i,j}) \quad DM11 = 6.108 \times 10^4$$

$$SST := DM12 - \frac{DM11^2}{32} \quad SST = 2.244 \times 10^7$$

$$DM22 := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (DM2_{i,j})^2 \quad DM22 = 2.764 \times 10^8$$

Efecto del Cemento Asfáltico

$$SS_{\text{cemento}} := \frac{1}{4.2} \cdot \left[(1.3319 \times 10^4)^2 + (1.521 \times 10^4)^2 + (1.655 \times 10^4)^2 + (1.6 \times 10^4)^2 \right] - \frac{(DM11)^2}{32}$$

$$SS_{\text{cemento}} = 7.354 \times 10^5$$

Efecto del porcentaje de Polimeros EVA

$$SS_{\text{eva}} := \frac{1}{4.2} \cdot \left[(9.77 \times 10^3)^2 + (9.655 \times 10^3)^2 + (1.662 \times 10^4)^2 + (2.504 \times 10^4)^2 \right] - \frac{DM11^2}{32}$$

$$SS_{\text{eva}} = 1.989 \times 10^7$$

Efecto combinado del Cemento Asfáltico y Polimeros EVA

$$SS_{\text{interac}} := \frac{1}{2} \cdot (DM22) - \frac{DM11^2}{32} - SS_{\text{cemento}} - SS_{\text{eva}} \quad SS_{\text{interac}} = 9.872 \times 10^5$$

$$SSE := SST - SS_{\text{cemento}} - SS_{\text{eva}} - SS_{\text{interac}} \quad SSE = 8.237 \times 10^5$$

Tabla ANOVA de Estabilidad Marshall

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|-------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------|
| Cemento Asfáltico | 1.354×10^3 | 3 | 2.451×10^5 | 4.761 |
| Polímero EVA | 1.983×10^7 | 3 | 6.63×10^7 | 128.788 |
| Intersección | 9.873×10^5 | 9 | 1.354×10^3 | 2.131 |
| SSE | 8.237×10^5 | 16 | 5.148×10^4 | |
| SST | 2.244×10^7 | 31 | | |

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$qF > F0$$

FLUJO- MARSHALL

El flujo Marshall es una medida en centésimas de pulgada y se encarga de medir la deformación de la briqueta (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

| | | FLUJO | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---------------------------------|-------|--|--|------|-------|--|--|-------|-------|--|--|-------|-------|--|--|
| | | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4.5% | | | | 5.0% | | | | 6.3% | | | | 6.4% | | | |
| POLIMERO EVA | 2 | 12 | 12.00 | | | 12 | 12.00 | | | 11.00 | 11.35 | | | 12 | 12.06 | | |
| | | 12 | 24.00 | | | 12 | 24.00 | | | 11.69 | 22.69 | | | 12.12 | 24.12 | | |
| | 3 | 10.67 | 10.84 | | | 10 | 10.00 | | | 12.00 | 12.22 | | | 13 | 12.84 | | |
| | | 11 | 21.67 | | | 10 | 20.00 | | | 12.43 | 24.43 | | | 12.67 | 25.67 | | |
| | 4 | 9.33 | 9.42 | | | 9.67 | 9.59 | | | 12.00 | 12.39 | | | 14 | 13.73 | | |
| | | 9.5 | 18.83 | | | 9.50 | 19.17 | | | 12.78 | 24.78 | | | 13.45 | 27.45 | | |
| | 5 | 9.5 | 9.75 | | | 9.83 | 9.83 | | | 13.00 | 13.12 | | | 14.05 | 14.04 | | |
| | | 10 | 19.50 | | | 9.83 | 19.66 | | | 13.23 | 26.23 | | | 14.03 | 28.08 | | |

$A := (1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5)$

$B := (11.00 \ 12.00 \ 12.00 \ 11.35 \ 12.06 \ 10.84 \ 10.00 \ 12.22 \ 12.84 \ 9.42 \ 9.59 \ 12.39 \ 13.73 \ 9.75 \ 9.83 \ 13.12 \ 14.04)$

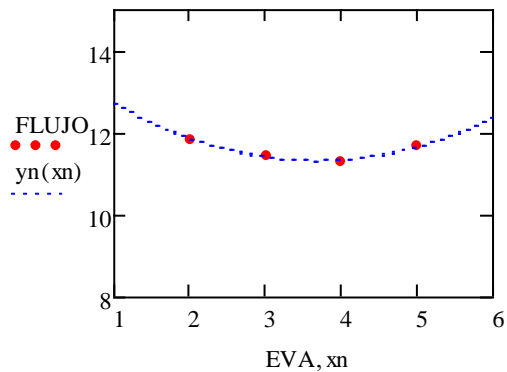
$$\text{FLUJO1} := 11.00 \quad \text{FLUJO2} := \begin{pmatrix} 12.00 \\ 12.00 \\ 11.35 \\ 12.06 \end{pmatrix} \quad \text{FLUJO3} := \begin{pmatrix} 10.84 \\ 10.00 \\ 12.22 \\ 12.84 \end{pmatrix}$$

$$\text{FLUJO4} := \begin{pmatrix} 9.423 \\ 9.59 \\ 12.39 \\ 13.73 \end{pmatrix} \quad \text{FLUJO5} := \begin{pmatrix} 9.75 \\ 9.83 \\ 13.12 \\ 14.04 \end{pmatrix}$$

$$\text{EVA} := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{FLUJO} := \begin{pmatrix} \text{mean}(\text{FLUJO2}) \\ \text{mean}(\text{FLUJO3}) \\ \text{mean}(\text{FLUJO4}) \\ \text{mean}(\text{FLUJO5}) \end{pmatrix}$$

$x := \text{EVA}$

$y := \text{FLUJO}$



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$y_n(x_n) := 13.96 - 1.433x_n + 0.195x_n^2$$

$$0 = 0.39x_n - 1.433$$

Dado

$$x_n := \text{Find}(x_n)$$

$$x_n = 3.674$$

$$\frac{d}{dx_n} y_n(x_n) \rightarrow 0.39x_n - 1.433$$

$$y_n(3.674) = 11.327$$

$$x_n := 3$$

$$\mathbf{DM1} := \begin{pmatrix} 0.120 & 0.120 & 0.117 & 0.121 \\ 0.120 & 0.120 & 0.110 & 0.120 \\ 0.110 & 0.100 & 0.124 & 0.127 \\ 0.107 & 0.100 & 0.120 & 0.130 \\ 0.095 & 0.095 & 0.128 & 0.135 \\ 0.093 & 0.097 & 0.120 & 0.140 \\ 0.100 & 0.098 & 0.132 & 0.140 \\ 0.095 & 0.098 & 0.130 & 0.141 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\mathbf{DM2} := \begin{pmatrix} 0.240 & 0.240 & 0.227 & 0.241 \\ 0.217 & 0.200 & 0.244 & 0.257 \\ 0.188 & 0.192 & 0.248 & 0.275 \\ 0.195 & 0.197 & 0.262 & 0.280 \end{pmatrix} \cdot 100$$

Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{0,j} = 94.8$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{1,j} = 91.8$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{2,j} = 90.3$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{3,j} = 93.4$$

Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,0} = 84$$

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,1} = 82.9$$

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,2} = 98.1$$

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,3} = 105.3$$

$$\mathbf{DM12} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\mathbf{DM1}_{i,j})^2 \quad \mathbf{DM12} = 4.355 \times 10^3$$

$$\mathbf{DM11} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\mathbf{DM1}_{i,j}) \quad \mathbf{DM11} = 370.3$$

$$\mathbf{SST} := \mathbf{DM12} - \frac{\mathbf{DM11}^2}{32} \quad \mathbf{SST} = 70.325$$

$$\mathbf{DM22} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\mathbf{DM2}_{i,j})^2 \quad \mathbf{DM22} = 8.707 \times 10^3$$

Efecto del Cemento Asfaltico

$$\underline{SS}_{\text{Cemento}} = 1.426$$

$$\underline{SS}_{\text{Cemento}} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (94.8^2 + 91.8^2 + 90.3^2 + 93.4^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32}$$

Efecto del porcentáje de Polimeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{Eva}} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (84^2 + 82.9^2 + 98.1^2 + 105.3^2) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} \quad \underline{SS}_{\text{Eva}} = 44.948$$

Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polimeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{interac}} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - \underline{SS}_{\text{Cemento}} - \underline{SS}_{\text{Eva}} \quad \underline{SS}_{\text{interac}} = 22.055$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SS}_{\text{Cemento}} - \underline{SS}_{\text{Eva}} - \underline{SS}_{\text{interac}} \quad \underline{SSE} = 1.895$$

Tabla ANOVA de Flujo Marshall

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|-------------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------|
| Cemento Asfaltico | 1.426 | 3 | 0.475 | 4.025 |
| Polímero EVA | 44.948 | 3 | 14.983 | 126.975 |
| Intersección | 22.05 | 9 | 2.451 | 20.771 |
| SSE | 1.89 | 16 | 0.118 | |
| SST | 70.32 | 31 | | |

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ Cemento asfaltico es significativa $F0 > qF$

$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$ Polimero EVA es significativa $F0 > qF$

$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$ Interaccion es significativa $F0 > qF$

% DE VACIOS DE AIRE - MARSHALL

Los vacíos de aire son las pequeñas bolsas de aire que se encuentran entre las partículas de agregado revestidas de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

| | | % DE VACIOS DE AIRE | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO | | | | | | | | | | | | | | | |
| POLIMERO EVA | | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| | 2 | 4.01 | 3.94 | 2.50 | 2.53 | 5.00 | 4.95 | 5.81 | 5.33 | 3.87 | 3.84 | 2.56 | 2.53 | 4.9 | 4.90 | 4.8 | 10.66 |
| | | 3.87 | 7.88 | | 5.06 | | 9.90 | | | | | | | | | | |
| | 3 | 1.25 | 1.22 | 1.84 | 1.82 | 4.40 | 4.45 | 4.87 | 5.13 | 1.19 | 2.44 | 1.79 | 3.63 | 4.5 | 8.90 | 5.4 | 10.26 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1.84 | 1.92 | 1.64 | 1.58 | 3.90 | 3.80 | 4.97 | 4.95 | 2.00 | 3.84 | 1.51 | 3.15 | 3.7 | 7.60 | 4.9 | 9.90 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 2.39 | 2.92 | 1.48 | 1.49 | 3.50 | 3.65 | 5.11 | 5.29 | 3.45 | 5.84 | 1.50 | 2.98 | 3.8 | 7.30 | 5.5 | 10.58 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)

B := (7.40 3.94 2.53 4.95 5.33 1.22 1.82 4.45 5.13 1.92 1.58 3.80 4.95 2.92 1.49 3.65 5.29)

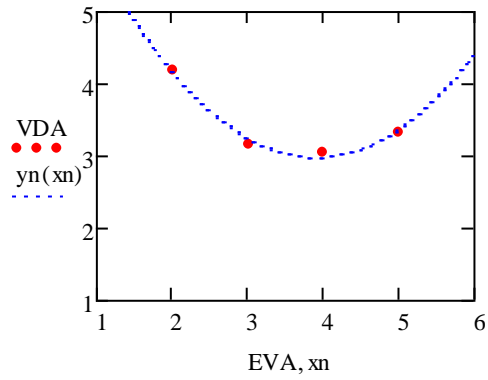
$$VDA1 := 3.7 \quad VDA2 := \begin{pmatrix} 3.94 \\ 2.53 \\ 4.95 \\ 5.33 \end{pmatrix} \quad VDA3 := \begin{pmatrix} 1.22 \\ 1.82 \\ 4.45 \\ 5.13 \end{pmatrix}$$

$$VDA4 := \begin{pmatrix} 1.92 \\ 1.58 \\ 3.80 \\ 4.95 \end{pmatrix} \quad VDA5 := \begin{pmatrix} 2.92 \\ 1.49 \\ 3.65 \\ 5.29 \end{pmatrix}$$

$$EVA := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad VDA := \begin{pmatrix} \text{mean}(VDA2) \\ \text{mean}(VDA3) \\ \text{mean}(VDA4) \\ \text{mean}(VDA5) \end{pmatrix}$$

x := EVA

y := VDA



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix} \quad B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{S} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 7.956 \\ -2.552 \\ 0.327 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 7.956 - 2.552 \cdot xn + 0.327 \cdot xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow 0.654 \cdot xn - 2.552$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = 0.654 \cdot xn - 2.552$$

$$\underline{xn} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 3.902$$

$$yn(3.902) = 2.977$$

$$\underline{DM2} := \begin{pmatrix} 0.079 & 0.051 & 0.099 & 0.107 \\ 0.024 & 0.036 & 0.089 & 0.103 \\ 0.038 & 0.032 & 0.076 & 0.099 \\ 0.058 & 0.030 & 0.073 & 0.106 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\underline{\mathbf{DM1}} := \begin{pmatrix} 0.039 & 0.026 & 0.049 & 0.048 \\ 0.040 & 0.025 & 0.050 & 0.058 \\ 0.012 & 0.018 & 0.045 & 0.054 \\ 0.013 & 0.018 & 0.044 & 0.049 \\ 0.020 & 0.015 & 0.037 & 0.049 \\ 0.018 & 0.016 & 0.039 & 0.050 \\ 0.035 & 0.015 & 0.038 & 0.055 \\ 0.024 & 0.015 & 0.035 & 0.051 \end{pmatrix} \cdot 100$$

Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{0,j} = 33.6 \qquad \sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{1,j} = 25.2$$

$$\sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{2,j} = 24.5 \qquad \sum_{j=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{3,j} = 26.7$$

Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,0} = 19.9 \qquad \sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,1} = 14.9$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,2} = 33.7 \qquad \sum_{i=0}^3 \underline{\mathbf{DM2}}_{i,3} = 41.5$$

$$\underline{\mathbf{DM12}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\mathbf{DM1}}_{i,j})^2 \qquad \underline{\mathbf{DM12}} = 447.72$$

$$\underline{\mathbf{DM11}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{\mathbf{DM1}}_{i,j}) \qquad \underline{\mathbf{DM11}} = 110$$

$$\underline{\mathbf{SST}} := \underline{\mathbf{DM12}} - \frac{\underline{\mathbf{DM11}}^2}{32} \qquad \underline{\mathbf{SST}} = 69.595$$

$$\underline{\mathbf{DM22}} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{\mathbf{DM2}}_{i,j})^2 \qquad \underline{\mathbf{DM22}} = 893.68$$

Efecto del Cemento Asfaltico

Efecto del porcentaje de Polímeros EVA

$$\mathbf{SScemento} = 6.517$$

$$\mathbf{SScemento} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (33.6^2 + 25.2^2 + 24.5^2 + 26.7^2) - \frac{(\mathbf{DM11})^2}{32}$$

$$\mathbf{SSeva} = 56.37$$

$$\mathbf{SSeva} := \frac{1}{4 \cdot 2} \cdot (19.9^2 + 14.9^2 + 33.7^2 + 41.5^2) - \frac{\mathbf{DM11}^2}{32}$$

Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polímeros EVA

$$\mathbf{SSinterac} := \frac{1}{2} \cdot (\mathbf{DM22}) - \frac{\mathbf{DM11}^2}{32} - \mathbf{SScemento} - \mathbf{SSeva} \quad \mathbf{SSinterac} = 5.828$$

$$\mathbf{SSE} := \mathbf{SST} - \mathbf{SScemento} - \mathbf{SSeva} - \mathbf{SSinterac} \quad \mathbf{SSE} = 0.88$$

Tabla ANOVA de % Vacíos de Aire

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|-------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------|
| Cemento Asfaltico | 6.51 | 3 | 2.172 | 39.491 |
| Polímero EVA | 56.3 | 3 | 18.79 | 341.636 |
| Intersección | 5.82 | 9 | 0.648 | 11.782 |
| SSE | 0.88 | 16 | 0.055 | |
| SST | 6.96×10^{-3} | 31 | | |

$$\mathbf{qF}(0.95, 3, 22) = 3.049$$

Cemento asfaltico es significativa

$$\mathbf{F0} > \mathbf{qF}$$

$$\mathbf{qF}(0.95, 3, 22) = 3.049$$

Polimero EVA es significativa

$$\mathbf{F0} > \mathbf{qF}$$

$$\mathbf{qF}(0.95, 9, 22) = 2.342$$

Interaccion es significativa

$$\mathbf{F0} > \mathbf{qF}$$

% DE VACIOS DE AGREGADOS - MARSHALL

Los vacíos en el agregado mineral, son definidos por el espacio de vacíos que se encuentra entre las partículas de agregado de la mezcla de pavimentación compactada, incluyendo el contenido efectivo de asfalto y los vacíos de aire (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

| | | % DE VACIOS DE AGREGADOS | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---------------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO | | | | | | | | | | | | | | | |
| POLIMERO EVA | | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| | | 2 | 3.38 | 3.36 | 4.62 | 4.69 | 14.7 | 14.50 | 19 | 19.04 | 3.34 | 6.72 | 4.75 | 9.37 | 14.3 | 29.00 | 19 |
| | 3 | 5.68 | 5.69 | 3.53 | 3.51 | 15 | 14.95 | 19 | 19.33 | 5.7 | 11.38 | 3.48 | 7.01 | 14.9 | 29.90 | 20 | 38.66 |
| | 4 | 4.52 | 4.54 | 4.52 | 4.57 | 15.4 | 15.50 | 19 | 18.65 | 4.56 | 9.08 | 4.61 | 9.13 | 15.6 | 31.00 | 18 | 37.31 |
| | 5 | 7.21 | 7.23 | 7.47 | 7.48 | 15.9 | 15.95 | 19.25 | 19.31 | 7.25 | 14.46 | 7.49 | 14.96 | 16 | 31.90 | 19 | 38.62 |

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)

B := (15.7 3.36 4.69 14.50 19.04 5.69 3.51 14.95 19.33 4.54 4.57 15.50 15.95 7.23 7.48 15.95 19.31)

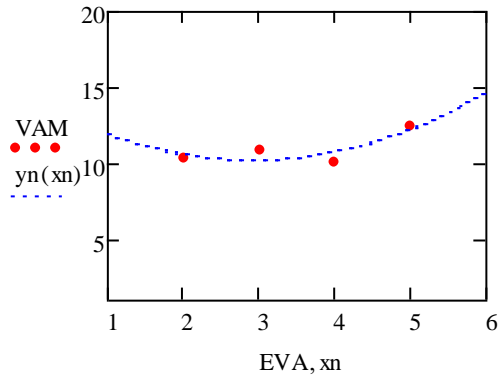
$$VAM1 := 15.7 \quad VAM2 := \begin{pmatrix} 3.36 \\ 4.69 \\ 14.50 \\ 19.04 \end{pmatrix} \quad VAM3 := \begin{pmatrix} 5.69 \\ 3.51 \\ 14.95 \\ 19.33 \end{pmatrix}$$

$$VAM4 := \begin{pmatrix} 4.54 \\ 4.57 \\ 15.50 \\ 15.95 \end{pmatrix} \quad VAM5 := \begin{pmatrix} 7.23 \\ 7.48 \\ 15.95 \\ 19.31 \end{pmatrix}$$

$$EVA := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad VAM := \begin{pmatrix} \text{mean}(VAM2) \\ \text{mean}(VAM3) \\ \text{mean}(VAM4) \\ \text{mean}(VAM5) \end{pmatrix}$$

x := EVA

y := VAM



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{S} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 14.201 \\ -2.735 \\ 0.47 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 14.201 - 2.735 \cdot xn + 0.47 \cdot xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow 0.94 \cdot xn - 2.735$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = 0.94 \cdot xn - 2.735$$

$$\underline{xn} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 2.91$$

$$yn(2.91) = 10.222$$

$$\mathbf{DM1} := \begin{pmatrix} 0.033 & 0.048 & 0.143 & 0.186 \\ 0.034 & 0.046 & 0.147 & 0.195 \\ 0.057 & 0.035 & 0.149 & 0.198 \\ 0.057 & 0.035 & 0.150 & 0.188 \\ 0.046 & 0.046 & 0.156 & 0.183 \\ 0.045 & 0.045 & 0.154 & 0.190 \\ 0.073 & 0.075 & 0.160 & 0.194 \\ 0.072 & 0.075 & 0.159 & 0.193 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\mathbf{DM2} := \begin{pmatrix} 0.067 & 0.094 & 0.290 & 0.381 \\ 0.114 & 0.070 & 0.299 & 0.387 \\ 0.091 & 0.091 & 0.310 & 0.373 \\ 0.145 & 0.150 & 0.319 & 0.386 \end{pmatrix} \cdot 100$$

Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{0,j} = 83.2$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{2,j} = 86.5$$

Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,0} = 41.7$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{1,j} = 87$$

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,2} = 121.8$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{3,j} = 100$$

$$\mathbf{DM12} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\mathbf{DM1}_{i,j})^2$$

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,1} = 40.5$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,3} = 152.7$$

$$\underline{DM12} = 5.23 \times 10^3$$

$$\underline{DM11} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{DM1}_{i,j})$$

$$\underline{DM11} = 356.7$$

$$\underline{SST} := \underline{DM12} - \frac{\underline{DM11}^2}{32}$$

$$\underline{SST} = 1.254 \times 10^3$$

$$\underline{DM22} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{DM2}_{i,j})^2$$

$$\underline{DM22} = 1.046 \times 10^4$$

Efecto del Cemento Asfaltico

Efecto del porcentaje de Polimeros EVA

$$\underline{SScemento} = 20.596$$

$$\underline{SSeva} := \frac{1}{4.2} \cdot (41.7^2 + 40.5^2 + 121.8^2 + 152.7^2) - \frac{\underline{DM11}^2}{32}$$

$$\underline{SSeva} = 1.215 \times 10^3$$

$$\underline{SScemento} := \frac{1}{4.2} \cdot (83.2^2 + 87^2 + 86.5^2 + 100^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32}$$

Efecto combinado del Cemento Asfaltico y Polimeros EVA

$$\underline{SSinterac} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - \underline{SScemento} - \underline{SSeva} \quad \underline{SSinterac} = 16.57$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SScemento} - \underline{SSeva} - \underline{SSinterac} \quad \underline{SSE} = 1.305$$

Tabla ANOVA de Vacíos de Agregados Minerales

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|-------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| Cemento Asfaltico | 20.596 | 3 | 6.865 | 83.72 |
| Polímero EVA | 1.215x10 ³ | 3 | 405 | 4.939x10 ³ |
| Intersección | 16.57 | 9 | 1.841 | 22.451 |
| SSE | 1.305 | 16 | 0.082 | |
| SST | 1.254x10 ³ | 31 | | |

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$F0 > qF$$

% DE VACIOS LLENADOS DE ASFALTO - MARSHALL

Los vacíos llenos de asfalto, es el porcentaje de vacíos que se encuentran entre las partículas de agregado mineral se encuentran llenos de asfalto (Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente, 2001).

| | | % DE VACIOS LLENADOS DE ASFALTO | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|---------------------------------|-------|--------|--------|------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|------|--------|------|--------|
| | | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| POLIMERO EVA | 2 | 61.72 | 61.75 | 41.41 | 40.77 | 65.9 | 65.70 | 70 | 72.16 | 61.78 | 123.5 | 40.13 | 81.54 | 65.5 | 131.40 | 74 | 144.31 |
| | | 71.66 | 71.14 | 60.48 | 70.73 | 70.8 | 70.90 | 74 | 71.86 | 70.62 | 142.28 | 80.98 | 141.46 | 71 | 141.80 | 70 | 143.73 |
| | 3 | 15.89 | 15.86 | 138.82 | 124.48 | 74.5 | 73.95 | 74 | 73.95 | 15.83 | 31.72 | 110.14 | 248.96 | 73.4 | 147.90 | 74 | 147.89 |
| | | 41.69 | 42.17 | 77.90 | 75.89 | 78.1 | 77.60 | 74.91 | 74.85 | 42.65 | 84.34 | 73.88 | 151.78 | 77.1 | 155.20 | 75 | 149.69 |
| | 4 | 41.69 | 42.17 | 77.90 | 75.89 | 78.1 | 77.60 | 74.91 | 74.85 | 42.65 | 84.34 | 73.88 | 151.78 | 77.1 | 155.20 | 75 | 149.69 |
| | | 41.69 | 42.17 | 77.90 | 75.89 | 78.1 | 77.60 | 74.91 | 74.85 | 42.65 | 84.34 | 73.88 | 151.78 | 77.1 | 155.20 | 75 | 149.69 |
| | 5 | 41.69 | 42.17 | 77.90 | 75.89 | 78.1 | 77.60 | 74.91 | 74.85 | 42.65 | 84.34 | 73.88 | 151.78 | 77.1 | 155.20 | 75 | 149.69 |
| | | 41.69 | 42.17 | 77.90 | 75.89 | 78.1 | 77.60 | 74.91 | 74.85 | 42.65 | 84.34 | 73.88 | 151.78 | 77.1 | 155.20 | 75 | 149.69 |

$$A := (1 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2 \ 3 \ 3 \ 3 \ 3 \ 4 \ 4 \ 4 \ 4 \ 5 \ 5 \ 5 \ 5)$$

$$B := (52.9 \ 61.75 \ 40.77 \ 65.70 \ 72.16 \ 71.14 \ 70.73 \ 70.90 \ 71.86 \ 15.86 \ 124.48 \ 73.95 \ 73.95 \ 42.17 \ 75.89 \ 77.60 \ 74.85)$$

$$VFA1 := 52.9$$

$$VFA2 :=$$

$$\begin{pmatrix} 61.75 \\ 40.77 \\ 65.70 \\ 72.16 \end{pmatrix}$$

$$VFA3 :=$$

$$\begin{pmatrix} 71.14 \\ 70.73 \\ 70.90 \\ 71.86 \end{pmatrix}$$

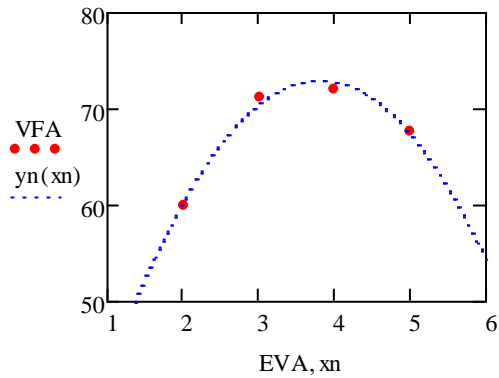
$$VFA4 := \begin{pmatrix} 15.86 \\ 124.48 \\ 73.95 \\ 73.95 \end{pmatrix}$$

$$VFA5 :=$$

$$\begin{pmatrix} 42.17 \\ 75.89 \\ 77.60 \\ 74.85 \end{pmatrix}$$

$$\text{EVA} := \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} \quad \text{VFA} := \begin{pmatrix} \text{mean(VFA2)} \\ \text{mean(VFA3)} \\ \text{mean(VFA4)} \\ \text{mean(VFA5)} \end{pmatrix}$$

x := EVA y := VFA



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$\underline{\underline{S}} := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 16.899 \\ 29.466 \\ -3.874 \end{pmatrix}$$

$$\text{yn}(\text{xn}) := 16.899 + 29.466 \cdot \text{xn} - 3.874 \cdot \text{xn}^2$$

$$\frac{d}{d\text{xn}} \text{yn}(\text{xn}) \rightarrow -7.748 \cdot \text{xn} + 29.466$$

xn := 3

Dado

$$0 = -7.748 \cdot \text{xn} + 29.466$$

xn := Find(xn)

xn = 3.803

yn(3.803) = 72.929

$$\begin{aligned}
 \underline{DM1} &:= \begin{pmatrix} 0.618 & 0.401 & 0.655 & 0.741 \\ 0.617 & 0.414 & 0.659 & 0.702 \\ 0.706 & 0.810 & 0.710 & 0.696 \\ 0.717 & 0.605 & 0.708 & 0.741 \\ 0.158 & 1.101 & 0.734 & 0.740 \\ \text{Suma de Filas} & 0.459 & 1.388 & 0.745 & 0.739 \\ 3 & 0.427 & 0.739 & 0.771 & 0.748 \end{pmatrix} \cdot 100 & \quad \underline{DM2} := \begin{pmatrix} 1.235 & 0.815 & 1.314 & 1.443 \\ 1.423 & 1.415 & 1.418 & 1.437 \\ 0.317 & 2.490 & 1.479 & 1.479 \\ 0.843 & 1.518 & 1.552 & 1.497 \end{pmatrix} \cdot 100 \\
 \sum_{j=0}^3 \underline{DM1}_{i,j} &= 480.79 & \quad \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{1,j} &= 569.3 \\
 \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{2,j} &= 576.5 & \quad \sum_{j=0}^3 \underline{DM2}_{3,j} &= 541
 \end{aligned}$$

Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,0} = 381.8 \quad \sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,1} = 623.8$$

$$\sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,2} = 576.3 \quad \sum_{i=0}^3 \underline{DM2}_{i,3} = 585.6$$

$$\underline{DM12} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{DM1}_{i,j})^2 \quad \underline{DM12} = 1.628 \times 10^5$$

$$\underline{DM11} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\underline{DM1}_{i,j}) \quad \underline{DM11} = 2.167 \times 10^3$$

$$\underline{SST} := \underline{DM12} - \frac{\underline{DM11}^2}{32} \quad \underline{SST} = 1.603 \times 10^4$$

$$\underline{DM22} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\underline{DM2}_{i,j})^2 \quad \underline{DM22} = 3.244 \times 10^5$$

Efecto del Cemento Asfáltico

$$\underline{SScemento} := \frac{1}{4.2} \cdot (480.79^2 + 569.3^2 + 576.5^2 + 541^2) - \frac{(\underline{DM11})^2}{32} \quad \underline{SScemento} = 711.771$$

$$\underline{SSeva} := \frac{1}{4.2} \cdot (381.8^2 + 623.8^2 + 576.3^2 + 585.6^2) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} \quad \underline{SSeva} = 4.429 \times 10^3$$

Efecto combinado del Cemento Asfáltico y Polímeros EVA

$$\underline{SS}_{\text{interac}} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM}_{22}) - \frac{\underline{DM}_{11}^2}{32} - SS_{\text{cemento}} - \underline{SS}_{\text{EVA}} \quad \underline{SS}_{\text{interac}} = 1.025 \times 10^4$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SS}_{\text{cemento}} - \underline{SS}_{\text{EVA}} - \underline{SS}_{\text{interac}} \quad \underline{SSE} = 634.415$$

Tabla ANOVA % de Vacíos llenados de Asfalto

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------|
| Cemento Asfáltico | 711.77 | 3 | 237.257 | 5.984 |
| Polímero EVA | 4.429x10 ³ | 3 | 1.476x10 ³ | 37.225 |
| Intersección | 1.025x10 ⁴ | 9 | 1.139x10 ³ | 28.726 |
| SSE | 634.41 | 16 | 39.651 | |
| SST | 1.603x10 ⁴ | 31 | | |

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polímero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interacción es significativa

$$F0 > qF$$

PESO ESPECÍFICO - MARSHALL

| | | PESO ESPECIFICO | | | | | | | |
|--------------|------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO | | | | | | | |
| POLIMERO EVA | 2 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| | | 2.35 | 2.33 | 2.38 | 2.36 | 2.21 | 2.22 | 2.20 | 2.27 |
| | 2.31 | 4.66 | 2.33 | 4.71 | 2.24 | 4.45 | 2.35 | 4.54 | |
| | 3 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| | | 2.45 | 2.46 | 2.43 | 2.44 | 2.16 | 2.16 | 2.21 | 2.39 |
| | 2.47 | 4.92 | 2.44 | 4.87 | 2.16 | 4.32 | 2.58 | 4.79 | |
| | 4 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| | | 2.42 | 2.44 | 2.43 | 2.46 | 2.18 | 2.18 | 2.21 | 2.33 |
| | 2.46 | 4.88 | 2.49 | 4.92 | 2.18 | 4.36 | 2.46 | 4.66 | |
| | 5 | 4.5% | | 5.0% | | 6.3% | | 6.4% | |
| | | 2.39 | 2.36 | 2.38 | 2.48 | 2.18 | 2.19 | 2.40 | 2.37 |
| | 2.32 | 4.71 | 2.57 | 4.95 | 2.20 | 4.38 | 2.34 | 4.74 | |

A := (1 2 2 2 2 3 3 3 3 4 4 4 4 5 5 5 5)

B := (2.20 2.33 2.36 2.22 2.27 2.46 2.44 2.16 2.39 2.44 2.46 2.18 2.33 2.36 2.48 2.19 2.37)

PE1 := 2.20

PE2 :=

(2.33
2.36
2.22
2.27)

PE3 :=

(2.40
2.44
2.16
2.39)

PE4 := (2.44
2.46
2.18
2.33)

PE5 :=

(2.36
2.48
2.19
2.37)

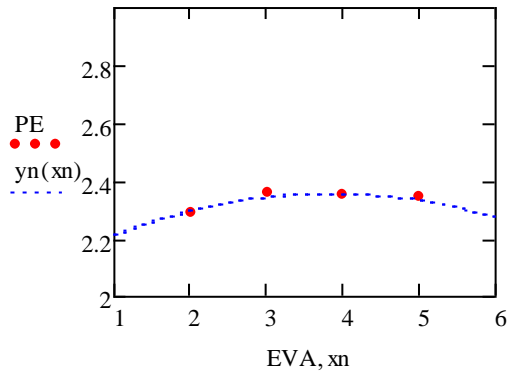
EVA := (2
3
4
5)

PE :=

(mean(PE2)
mean(PE3)
mean(PE4)
mean(PE5)

x := EVA

y := PE



$$A := \begin{bmatrix} 4 & \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 \\ \sum_{i=0}^3 x_i & \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 \\ \sum_{i=0}^3 (x_i)^2 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^3 & \sum_{i=0}^3 (x_i)^4 \end{bmatrix}$$

$$B := \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^3 y_i \\ \sum_{i=0}^3 (x_i \cdot y_i) \\ \sum_{i=0}^3 [(x_i)^2 \cdot y_i] \end{bmatrix}$$

$$S := A^{-1} \cdot B \quad S = \begin{pmatrix} 2.093 \\ 0.138 \\ -0.018 \end{pmatrix}$$

$$yn(xn) := 2.093 + 0.138xn - 0.018xn^2$$

$$\frac{d}{dxn} yn(xn) \rightarrow -0.036xn + 0.138$$

$$xn := 3$$

Dado

$$0 = -0.036xn + 0.138$$

$$\underline{xn} := \text{Find}(xn)$$

$$xn = 3.833$$

$$yn(3.833) = 2.357$$

$$\underline{DM2} := \begin{pmatrix} 0.047 & 0.047 & 0.044 & 0.045 \\ 0.049 & 0.049 & 0.043 & 0.048 \\ 0.049 & 0.049 & 0.044 & 0.047 \\ 0.047 & 0.050 & 0.044 & 0.050 \end{pmatrix} \cdot 100$$

$$\mathbf{DM1} := \begin{pmatrix} 0.023 & 0.023 & 0.022 & 0.023 \\ 0.024 & 0.024 & 0.022 & 0.022 \\ 0.025 & 0.024 & 0.022 & 0.026 \\ 0.025 & 0.024 & 0.022 & 0.022 \\ 0.025 & 0.025 & 0.022 & 0.025 \\ 0.024 & 0.024 & 0.022 & 0.022 \\ 0.023 & 0.026 & 0.022 & 0.026 \end{pmatrix} \cdot 100$$

Suma de Filas

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{0,j} = 18.9 \qquad \sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{1,j} = 18.9$$

$$\sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{2,j} = 18.9 \qquad \sum_{j=0}^3 \mathbf{DM2}_{3,j} = 19.1$$

Suma de columnas

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,0} = 19.2 \qquad \sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,1} = 19.5$$

$$\sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,2} = 17.5 \qquad \sum_{i=0}^3 \mathbf{DM2}_{i,3} = 19$$

$$\mathbf{DM12} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\mathbf{DM1}_{i,j})^2 \qquad \mathbf{DM12} = 177.3$$

$$\mathbf{DM11} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^7 (\mathbf{DM1}_{i,j}) \qquad \mathbf{DM11} = 75.2$$

$$\mathbf{SST} := \mathbf{DM12} - \frac{\mathbf{DM11}^2}{32} \qquad \mathbf{SST} = 0.58$$

$$\mathbf{DM22} := \sum_{j=0}^3 \sum_{i=0}^3 (\mathbf{DM2}_{i,j})^2 \qquad \mathbf{DM22} = 354.26$$

Efecto del Cemento Asfaltico

$$\mathbf{SScemento} := \frac{1}{4.2} \cdot (18.3^2 + 18.9^2 + 18.9^2 + 19.1^2) - \frac{(\mathbf{DM11})^2}{32} \qquad \mathbf{SScemento} = 0.045$$

$$\mathbf{SSeva} := \frac{1}{4.2} \cdot (19.2^2 + 19.5^2 + 17.5^2 + 19^2) - \frac{\mathbf{DM11}^2}{32} \qquad \mathbf{SSeva} = 0.298$$

Efecto combinado del Cemento Asfáltico y Polimeros EVA

$$\underline{SSinterac} := \frac{1}{2} \cdot (\underline{DM22}) - \frac{\underline{DM11}^2}{32} - SS_{\text{Cemento}} - \underline{SSeva} \quad \underline{SSinterac} = 0.067$$

$$\underline{SSE} := \underline{SST} - \underline{SScemento} - \underline{SSeva} - \underline{SSinterac} \quad \underline{SSE} = 0.17$$

Tabla ANOVA del Peso Específico Marshall

| Fuente | Suma de cuadros | Grados de libertad | Medidas de cuadros | F0 |
|-------------------|-----------------|--------------------|------------------------|-------|
| Cemento Asfáltico | 0.04 | 3 | 0.015 | 1.364 |
| Polímero EVA | 0.29 | 3 | 0.099 | 9 |
| Intersección | 0.06 | 9 | 7.444×10^{-3} | 0.677 |
| SSE | 0.71 | 16 | 0.011 | |
| SST | 0.58 | 31 | | |

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Cemento asfáltico es significativa

$$qF > F0$$

$$qF(0.95, 3, 16) = 3.239$$

Polimero EVA es significativa

$$F0 > qF$$

$$qF(0.95, 9, 16) = 2.538$$

Interaccion es significativa

$$qF > F0$$





















FORMATO RESUMEN DEL DIA - LUNES

ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA: lunes 20 de octubre del 2014

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HUANUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACIÓN E1 - HUANUCO - COTOSH | ← | ESTACIÓN E1 - HUANUCO - COTOSH | → |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 20 | 10 | 2014 |




















| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|-------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >=3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 00 - 01 | 6 | 4 | 2 | - | - | - | - | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 | 1.01% |
| 01 - 02 | 16 | 18 | 3 | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 39 | 2.62% |
| 02 - 03 | 23 | 24 | 4 | - | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 53 | 3.56% |
| 03 - 04 | 20 | 26 | 6 | 3 | - | - | - | 3 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 60 | 4.03% |
| 04 - 05 | 19 | 18 | 2 | 6 | - | - | - | 8 | 2 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 57 | 3.83% |
| 05 - 06 | 20 | 24 | 9 | 3 | - | - | - | 4 | 2 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 63 | 4.24% |
| 06 - 07 | 22 | 26 | 7 | 2 | - | - | - | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 61 | 4.10% |
| 07 - 08 | 21 | 25 | 8 | 4 | - | - | - | 9 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 68 | 4.57% |
| 08 - 09 | 22 | 24 | 7 | 2 | - | - | - | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 58 | 3.90% |
| 09 - 10 | 24 | 24 | 6 | 3 | - | - | - | 5 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 65 | 4.37% |
| 10 - 11 | 22 | 26 | 8 | 2 | - | - | - | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 64 | 4.30% |
| 11 - 12 | 26 | 28 | 12 | 3 | - | 1 | - | 8 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 82 | 5.51% |
| 12 - 13 | 23 | 26 | 14 | 2 | - | - | - | 6 | 2 | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 75 | 5.04% |
| 13 - 14 | 22 | 26 | 3 | 1 | - | - | - | 6 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 62 | 4.17% |
| 14 - 15 | 24 | 27 | 4 | 2 | - | - | - | 6 | 3 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 67 | 4.51% |
| 15 - 16 | 26 | 28 | 11 | 3 | - | - | - | 9 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 80 | 5.38% |
| 16 - 17 | 25 | 26 | 9 | 3 | 1 | - | - | 2 | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 68 | 4.57% |
| 17 - 18 | 22 | 27 | 10 | 2 | - | - | - | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 69 | 4.64% |
| 18 - 19 | 28 | 28 | 10 | 2 | - | - | - | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 73 | 4.91% |
| 19 - 20 | 24 | 25 | 11 | 1 | - | - | - | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 69 | 4.64% |
| 20 - 21 | 24 | 24 | 8 | 2 | - | - | - | 8 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 67 | 4.51% |
| 21 - 22 | 26 | 28 | 5 | 3 | - | - | - | 4 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 68 | 4.57% |
| 22 - 23 | 17 | 18 | 4 | 2 | - | - | - | 6 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 49 | 3.30% |
| 23 - 24 | 19 | 26 | 4 | 1 | 1 | - | - | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 55 | 3.70% |
| TOTAL | 521 | 576 | 167 | 52 | 2 | 1 | 0 | 116 | 40 | 6 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1487 | 100% |
| % | 35.04% | 38.74% | 11.23% | 3.50% | 0.13% | 0.07% | 0.00% | 7.80% | 2.69% | 0.40% | 0.07% | 0.07% | 0.27% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100% | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - MARTES ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA **martes 21 de octubre del 2014**

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | ← O | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | E → |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |





















| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 21 | 10 | 2014 |

| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % |
|--------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 00 - 01 | 10 | 12 | 2 | - | - | - | - | 2 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 31 | 3% |
| 01 - 02 | 12 | 14 | 2 | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 31 | 3% |
| 02 - 03 | 13 | 16 | 4 | - | - | - | - | 5 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 41 | 3% |
| 03 - 04 | 14 | 14 | 4 | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 | 3% |
| 04 - 05 | 15 | 18 | 1 | 1 | - | - | - | 7 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 44 | 4% |
| 05 - 06 | 15 | 16 | 6 | 3 | - | - | - | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 4% |
| 06 - 07 | 18 | 14 | 9 | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 4% |
| 07 - 08 | 19 | 20 | 12 | 1 | - | - | - | 2 | 4 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 59 | 5% |
| 08 - 09 | 17 | 22 | 10 | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 53 | 4% |
| 09 - 10 | 16 | 24 | 16 | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 59 | 5% |
| 10 - 11 | 17 | 24 | 13 | - | - | - | - | 5 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 63 | 5% |
| 11 - 12 | 18 | 26 | 17 | 2 | - | - | - | 6 | 3 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 74 | 6% |
| 12 - 13 | 17 | 24 | 12 | 1 | - | - | - | 4 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 61 | 5% |
| 13 - 14 | 19 | 24 | 6 | - | - | - | - | 7 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 58 | 5% |
| 14 - 15 | 16 | 21 | 7 | - | - | 1 | - | 8 | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 58 | 5% |
| 15 - 16 | 16 | 21 | 8 | - | - | - | - | 10 | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 57 | 5% |
| 16 - 17 | 17 | 26 | 6 | 2 | - | - | - | 2 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 56 | 5% |
| 17 - 18 | 16 | 13 | 7 | 3 | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 43 | 4% |
| 18 - 19 | 18 | 17 | 10 | - | - | - | - | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 | 4% |
| 19 - 20 | 17 | 14 | 9 | 2 | 1 | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 51 | 4% |
| 20 - 21 | 14 | 13 | 12 | 1 | - | - | - | - | 4 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 4% |
| 21 - 22 | 26 | 16 | 11 | 2 | - | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 62 | 5% |
| 22 - 23 | 15 | 16 | 7 | 1 | - | - | - | 3 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 47 | 4% |
| 23 - 24 | 15 | 24 | 6 | 2 | - | - | - | 9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 56 | 5% |
| TOTAL | 390 | 449 | 197 | 23 | 1 | 1 | 0 | 107 | 40 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1222 | 100% |
| % | 31.91% | 36.74% | 16.12% | 1.88% | 0.08% | 0.08% | 0.00% | 8.76% | 3.27% | 0.82% | 0.33% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100% | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - MIERCOLES ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| FECHA | Mércoles 22 de octubre del 2014 | | | |
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACION E1 - HUANUCO - COTOSH | ← O | ESTACION E1 - HUANUCO - COTOSH | E → |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 22 | 10 | 2014 |





















| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >=3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | | | >=3T3 |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 00 - 01 | 2 | 12 | 5 | - | - | - | - | - | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 2% |
| 01 - 02 | 3 | 12 | 6 | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 23 | 2% |
| 02 - 03 | 6 | 11 | 4 | - | - | - | - | - | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 21 | 2% |
| 03 - 04 | 9 | 12 | 5 | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 28 | 3% |
| 04 - 05 | 7 | 4 | 4 | - | - | - | - | 4 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 22 | 2% |
| 05 - 06 | 4 | 18 | 6 | 1 | - | - | - | 2 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35 | 3% |
| 06 - 07 | 18 | 19 | 6 | - | - | - | - | 2 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 4% |
| 07 - 08 | 19 | 21 | 4 | - | - | 1 | - | 9 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 54 | 5% |
| 08 - 09 | 20 | 16 | 3 | 2 | - | - | - | 1 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 44 | 4% |
| 09 - 10 | 21 | 21 | 6 | 2 | - | - | - | 1 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 51 | 5% |
| 10 - 11 | 12 | 16 | 7 | 3 | - | - | - | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 43 | 4% |
| 11 - 12 | 14 | 18 | 7 | 1 | - | - | - | 2 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 46 | 4% |
| 12 - 13 | 14 | 26 | 4 | - | - | - | - | 4 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 51 | 5% |
| 13 - 14 | 17 | 14 | 12 | 2 | - | 1 | - | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 51 | 5% |
| 14 - 15 | 12 | 27 | 16 | - | - | - | - | 10 | . | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | 6% |
| 15 - 16 | 11 | 22 | 12 | 2 | - | - | - | 6 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 55 | 5% |
| 16 - 17 | 26 | 16 | 11 | - | - | - | - | 4 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 60 | 5% |
| 17 - 18 | 24 | 26 | 13 | - | - | 1 | - | 2 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | 6% |
| 18 - 19 | 12 | 16 | 6 | 1 | - | - | - | 17 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 55 | 5% |
| 19 - 20 | 14 | 26 | 5 | - | - | - | - | 13 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 58 | 5% |
| 20 - 21 | 21 | 27 | 3 | - | - | - | - | 7 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 60 | 5% |
| 21 - 22 | 38 | 28 | 3 | 1 | - | - | - | 5 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 75 | 7% |
| 22 - 23 | 25 | 14 | 2 | - | - | - | - | 3 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 47 | 4% |
| 23 - 24 | 21 | 18 | 2 | - | - | - | - | 3 | . | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 44 | 4% |
| TOTAL | 370 | 440 | 152 | 15 | 0 | 3 | 0 | 100 | 36 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1119 | 100% |
| % | 33.07% | 39.32% | 13.58% | 1.34% | 0.00% | 0.27% | 0.00% | 8.94% | 3.22% | 0.18% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.09% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - JUEVES

ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| FECHA | Jueves 23 de octubre del 2014 | | | |
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH | O ← | ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH | → E |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 23 | 10 | 2014 |

| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|-------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | MICRO | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 00 - 01 | 3 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 8 | 1% |
| 01 - 02 | 4 | 4 | 1 | 1 | - | - | - | 2 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 14 | 1% |
| 02 - 03 | 5 | 3 | 3 | - | - | - | - | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 13 | 1% |
| 03 - 04 | 8 | 3 | 3 | 1 | - | - | - | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 2% |
| 04 - 05 | 12 | 3 | 2 | - | 1 | - | - | 3 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | 2% |
| 05 - 06 | 11 | 9 | 1 | 2 | - | - | - | 3 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 | 2% |
| 06 - 07 | 13 | 18 | 3 | - | - | 1 | - | 5 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 42 | 4% |
| 07 - 08 | 11 | 21 | 2 | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 36 | 3% |
| 08 - 09 | 8 | 23 | 1 | 3 | 1 | - | - | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 3% |
| 09 - 10 | 20 | 21 | 16 | 2 | - | - | - | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 65 | 6% |
| 10 - 11 | 18 | 24 | 18 | 2 | - | 1 | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | 6% |
| 11 - 12 | 17 | 27 | 19 | 3 | - | - | - | 12 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 83 | 7% |
| 12 - 13 | 29 | 28 | 26 | 4 | 1 | - | - | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 102 | 9% |
| 13 - 14 | 26 | 32 | 28 | 3 | 1 | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 101 | 9% |
| 14 - 15 | 27 | 36 | 14 | 2 | - | 1 | - | 1 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 84 | 7% |
| 15 - 16 | 28 | 29 | 14 | - | 1 | - | 1 | 5 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 79 | 7% |
| 16 - 17 | 27 | 28 | 3 | 2 | 1 | - | - | 12 | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 79 | 7% |
| 17 - 18 | 29 | 34 | 2 | 1 | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 74 | 6% |
| 18 - 19 | 29 | 36 | 6 | - | 1 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 73 | 6% |
| 19 - 20 | 27 | 31 | 11 | 1 | - | - | - | 7 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 78 | 7% |
| 20 - 21 | 2 | 16 | 3 | 1 | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 26 | 2% |
| 21 - 22 | 1 | 4 | 2 | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 1% |
| 22 - 23 | 3 | 5 | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 11 | 1% |
| 23 - 24 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 0% |
| TOTAL | 360 | 440 | 180 | 28 | 7 | 3 | 1 | 103 | 26 | 10 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1159 | 100% |
| % | 31% | 38% | 16% | 2% | 1% | 0% | 0% | 9% | 2% | 1% | | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - VIERNES ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA Viernes 24 de octubre del 2014

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|---|
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | ← | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | → |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 24 | 10 | 2014 |

| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % | |
|--------------|------------|------------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| DIAGRA. VEH. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 00 - 01 | 4 | 11 | 2 | 2 | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 21 | 1% |
| 01 - 02 | 4 | 13 | 4 | 3 | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 26 | 2% |
| 02 - 03 | 4 | 12 | 3 | 1 | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 23 | 1% |
| 03 - 04 | 11 | 11 | 7 | - | 1 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 32 | 2% |
| 04 - 05 | 12 | 12 | 11 | 1 | - | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 43 | 3% |
| 05 - 06 | 18 | 21 | 11 | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 53 | 3% |
| 06 - 07 | 22 | 26 | 11 | 3 | 1 | - | - | - | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 68 | 4% |
| 07 - 08 | 14 | 31 | 9 | 4 | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 63 | 4% |
| 08 - 09 | 14 | 31 | 12 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 63 | 4% |
| 09 - 10 | 33 | 34 | 2 | 3 | - | - | - | 9 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 83 | 5% |
| 10 - 11 | 29 | 27 | 14 | 4 | 1 | - | - | 1 | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 81 | 5% |
| 11 - 12 | 27 | 35 | 11 | - | - | - | - | 6 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 82 | 5% |
| 12 - 13 | 28 | 32 | 11 | 1 | - | 1 | - | 10 | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 88 | 6% |
| 13 - 14 | 29 | 31 | 17 | 3 | - | - | - | 8 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 94 | 6% |
| 14 - 15 | 35 | 34 | 13 | 3 | - | - | - | 11 | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 103 | 7% |
| 15 - 16 | 38 | 38 | 12 | 2 | - | - | - | 10 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 101 | 7% |
| 16 - 17 | 34 | 36 | 16 | - | - | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 96 | 6% |
| 17 - 18 | 38 | 32 | 12 | 2 | 1 | - | - | 11 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 98 | 6% |
| 18 - 19 | 35 | 27 | 11 | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 84 | 5% |
| 19 - 20 | 34 | 21 | 11 | - | - | - | - | 11 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 78 | 5% |
| 20 - 21 | 25 | 23 | 2 | 2 | - | - | - | 4 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 57 | 4% |
| 21 - 22 | 12 | 24 | 2 | - | - | - | - | 6 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 45 | 3% |
| 22 - 23 | 11 | 23 | 1 | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 39 | 3% |
| 23 - 24 | 4 | 11 | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 17 | 1% |
| TOTAL | 515 | 596 | 205 | 40 | 4 | 1 | 0 | 131 | 40 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1538 | 100% |
| % | 33% | 39% | 13% | 3% | 0% | 0% | 0% | 9% | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | |





















FORMATO RESUMEN DEL DIA - SÁBADO

ESTUDIO DE TRAFICO

FECHA Sábado 25 de octubre del 2014

| | | | | | |
|-----------------------|--|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | | ESTACIÓN E1 - HUÁNUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | | ESTACION E1 - HUANUCO - COTOSH | ← 0 | ESTACION E1 - HUANUCO - COTOSH | → E |
| UBICACIÓN | | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 25 | 10 | 2014 |





















| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|-------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >=3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 00 - 01 | 2 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | 0% |
| 01 - 02 | 3 | 5 | - | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | 1% |
| 02 - 03 | 4 | 7 | 12 | 3 | - | - | - | 4 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 33 | 3% |
| 03 - 04 | 3 | 12 | 13 | 2 | 1 | - | - | 3 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 38 | 3% |
| 04 - 05 | 6 | 14 | 2 | 1 | - | - | - | 4 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 29 | 2% |
| 05 - 06 | 12 | 15 | 12 | 1 | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 48 | 4% |
| 06 - 07 | 16 | 16 | 12 | 2 | - | - | - | 7 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 56 | 4% |
| 07 - 08 | 25 | 25 | 8 | 4 | 1 | - | - | 4 | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 69 | 6% |
| 08 - 09 | 22 | 27 | 7 | 2 | - | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 61 | 5% |
| 09 - 10 | 25 | 36 | 8 | 5 | - | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 79 | 6% |
| 10 - 11 | 24 | 24 | 15 | 4 | - | - | - | 4 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 75 | 6% |
| 11 - 12 | 24 | 26 | 5 | 5 | - | - | - | 5 | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 68 | 5% |
| 12 - 13 | 25 | 27 | 8 | 7 | 1 | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 72 | 6% |
| 13 - 14 | 28 | 28 | 7 | 6 | - | 1 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 75 | 6% |
| 14 - 15 | 34 | 29 | - | 2 | - | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 72 | 6% |
| 15 - 16 | 38 | 36 | 8 | 3 | - | - | - | 3 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 92 | 7% |
| 16 - 17 | 36 | 34 | 14 | 2 | 1 | - | - | 5 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 94 | 8% |
| 17 - 18 | 25 | 36 | 2 | 3 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 67 | 5% |
| 18 - 19 | 16 | 39 | - | 1 | - | - | - | 5 | 3 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 65 | 5% |
| 19 - 20 | 25 | 35 | - | 1 | - | - | - | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 69 | 6% |
| 20 - 21 | 4 | 12 | - | - | 1 | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 2% |
| 21 - 22 | 3 | 17 | 1 | - | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 25 | 2% |
| 22 - 23 | - | 10 | - | - | - | - | - | 3 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 | 1% |
| 23 - 24 | - | 8 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 9 | 1% |
| TOTAL | 400 | 521 | 134 | 54 | 5 | 1 | 0 | 94 | 33 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1247 | 100% |
| % | 32% | 42% | 11% | 4% | 0% | 0% | 0% | 8% | 3% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | |

FORMATO RESUMEN DEL DIA - DOMINGO ESTUDIO DE TRAFICO

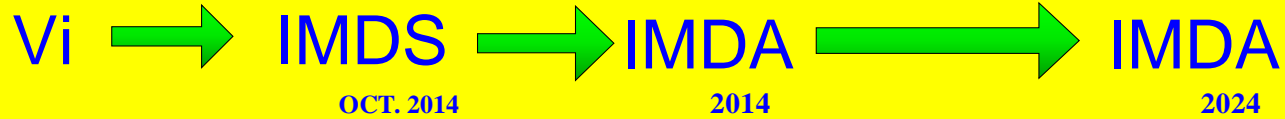
FECHA Domingo 26 de octubre del 2014

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | ← 0 | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | → E |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 26 | 10 | 2014 |

| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | % | |
|--------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------|-------------|-------------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | 2 E | >=3 E | 2 E | 3 E | 4 E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | >=3T3 | | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 00 - 01 | 6 | 3 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | 1% |
| 01 - 02 | 6 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 | 1% |
| 02 - 03 | 12 | 4 | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 2% |
| 03 - 04 | 13 | 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19 | 2% |
| 04 - 05 | 15 | 5 | - | - | 1 | 2 | - | 4 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 28 | 3% |
| 05 - 06 | 25 | 8 | 1 | 3 | - | - | - | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 40 | 4% |
| 06 - 07 | 25 | 14 | 12 | - | 1 | 1 | - | 6 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 60 | 6% |
| 07 - 08 | 12 | 16 | 7 | 3 | - | 1 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 44 | 4% |
| 08 - 09 | 20 | 24 | 6 | - | - | - | - | 8 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 59 | 5% |
| 09 - 10 | 2 | 26 | 12 | 5 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 46 | 4% |
| 10 - 11 | 25 | 27 | 10 | 2 | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | 6% |
| 11 - 12 | 21 | 26 | 11 | - | - | 1 | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 64 | 6% |
| 12 - 13 | 21 | 25 | 13 | 3 | - | - | - | 7 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 72 | 7% |
| 13 - 14 | 22 | 25 | 12 | - | 1 | 1 | - | 5 | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 69 | 6% |
| 14 - 15 | 22 | 25 | 10 | - | - | - | - | 7 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 66 | 6% |
| 15 - 16 | 22 | 23 | 7 | 12 | - | - | - | 4 | 2 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | 72 | 7% |
| 16 - 17 | 22 | 25 | 8 | 11 | 1 | - | - | 6 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 74 | 7% |
| 17 - 18 | 25 | 26 | 11 | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 64 | 6% |
| 18 - 19 | 25 | 20 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 46 | 4% |
| 19 - 20 | 14 | 14 | 1 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 3% |
| 20 - 21 | 15 | 13 | 1 | - | 1 | 1 | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 33 | 3% |
| 21 - 22 | 17 | 12 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 3% |
| 22 - 23 | 14 | 21 | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 36 | 3% |
| 23 - 24 | 14 | 12 | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 27 | 2% |
| TOTAL | 415 | 406 | 125 | 40 | 6 | 11 | 0 | 62 | 16 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1086 | 100% |
| % | 38% | 37% | 12% | 4% | 1% | 1% | 0% | 6% | 1% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 100% | |

CALCULO DE ESTUDIO DE TRAFICO



$$B = A(1+r)^n$$

| | |
|-----------|-------|
| LUNES | 1,247 |
| MARTES | 1,086 |
| MIERCOLES | 1,487 |
| JUEVES | 1,222 |
| VIERNES | 1,119 |
| SÁBADO | 1,158 |
| DOMINGO | 1,538 |

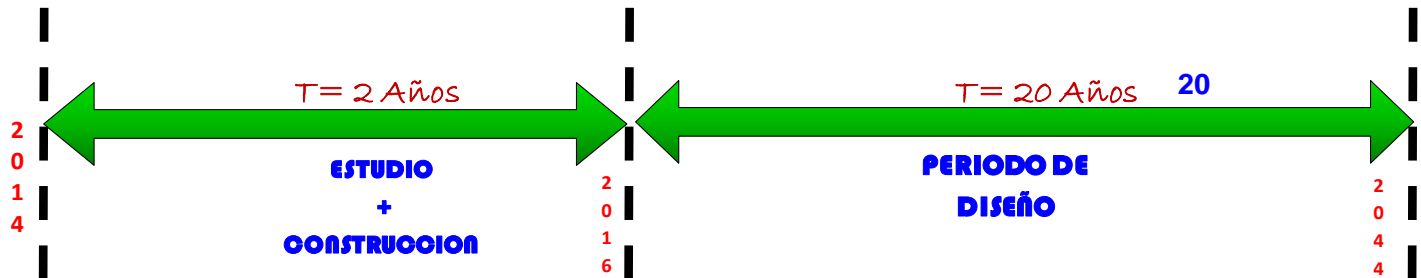
1,265 Veh/dia

Fe % 13
1,430 Veh/dia

r % 3.6
n° 2
1,535 Veh/dia

DONDE:

| | |
|--------------|---------------------------------|
| Vi: | CONTEO DE TRAFICO DIARIO |
| IMDS: | INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL |
| IMDA: | INDICE MEDIO DIARIO ANUAL |
| Fe: | FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL |
| r: | TASA DE CRECIMIENTO DE TRAFICO |
| n: | NUMERO DE AÑOS |



IMDA 2014






















IMDA 2016
1,535 Veh/dia

IMDA 2036
pasadas 16,003,716.64

RESUMEN DE CONTEO DE TRAFICO SEMANAL ESTUDIO DE TRAFICO

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| FECHA | Lunes 27 de octubre del 2014 | | | |
| TRAMO DE LA CARRETERA | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | | | |
| SENTIDO | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | ← 0 | ESTACIÓN E1 - HÚANUCO - COTOSH | → E |
| UBICACIÓN | ENTRADA COTOSH KM 1+900 | | | |

| | | | |
|------------------|----------------------|----|------|
| ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| COD. DE ESTACION | ESTACIÓN E1 - COTOSH | | |
| FECHA DE CONTEO | 27 | 10 | 2014 |

| HORA | AUTO | SW | CAMIONETAS | | MICRO | BUS | | CAMION | | | SEMI TRAYLER | | | | | TRAYLER | | | | TOTAL | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------------|--------------|---------|
| | | | PICK UP | RURAL Combi | | B2 | >=B3 | C2 | C3 | C4 | T2S1 | T2S2 | T2S3 | 3S1 | 3S2 | >= 3S3 | 2T2 | 2T3 | 3T2 | | | >=3T3 | | |
| DIAGRA. VEH. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| IMDS | 424 | 490 | 166 | 36 | 4 | 3 | 0 | 102 | 33 | 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,265 | Veh/dia |
| Fe % | 13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IMDA 2014 | 479.60 | 553.38 | 187.26 | 40.68 | 4.04 | 3.39 | 0.16 | 115.10 | 37.29 | 6.62 | 1.13 | 0.16 | 0.65 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,430 | Veh/dia |
| r= 3.6% | 3.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n= 2 años | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IMDA 2016 | 514.76 | 593.94 | 200.98 | 43.66 | 4.33 | 3.64 | 0.17 | 123.53 | 40.02 | 7.10 | 1.21 | 0.17 | 0.69 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1,535 | Veh/dia |



CALCULO DE EJES EQUIVALENTES (ESAL) PAVIMENTO FLEXIBLE

| TIPO DE VEHICULOS | IMDA 2016 | CARGA DE VEH. EJE | EJE EQUIVALENTE (EE 6.2 TN) | F.IMDA |
|-----------------------------|-----------|-------------------|-----------------------------|--------|
| AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS. | 1358 | 1 | 0.000527017 | 0.72 |
| | 1358 | 1 | 0.000527017 | 0.72 |
| | 4 | 7 | 1.265366749 | 4.60 |
| B2 | 4 | 10 | 2.211793566 | 8.05 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.22 |
| B3 | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.22 |
| | 124 | 7 | 1.265366749 | 156.32 |
| C2 | 124 | 10 | 2.211793566 | 273.23 |
| | 40 | 7 | 1.265366749 | 50.64 |
| C3 | 40 | 16 | 1.260585019 | 50.45 |
| | 7 | 7 | 1.265366749 | 8.99 |
| C4 | 7 | 21 | 1.057720453 | 7.51 |
| | 1 | 7 | 1.265366749 | 1.53 |
| T2S1 | 1 | 10 | 2.211793566 | 2.68 |
| | 1 | 10 | 2.211793566 | 2.68 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.22 |
| T2S2 | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.38 |
| | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.22 |
| | 1 | 7 | 1.265366749 | 0.88 |
| T2S3 | 1 | 10 | 2.211793566 | 1.53 |
| | 1 | 23 | 1.232418575 | 0.85 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.00 |
| 3S1 | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.00 |
| 3S2 | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.44 |
| 3S3 | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.44 |
| | 0 | 23 | 1.232418575 | 0.43 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.00 |
| 2T2 | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.00 |
| 2T3 | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.00 |
| 3T2 | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 7 | 1.265366749 | 0.00 |
| 3T3 | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | 0 | 10 | 2.211793566 | 0.00 |
| | 0 | 16 | 1.260585019 | 0.00 |
| | | Σ | f.IMDA | 574 |

Cuadro 6.1
Factores de Distribucion Direccional y de Carril para Determinar el Transito en el Carril de
Diseño

| Numero de Calzadas | Numero de Sentidos | Numero de carriles por Sentido | Factor Direccional (fd) | Factor Carril (fc) | Factor Ponderado fd x fc para carril de |
|---|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| 1 Calzada (para IMDa total de la Calzada) | 1 sentido | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | 1 sentido | 2 | 1.00 | 0.80 | 0.80 |
| | 1 sentido | 3 | 1.00 | 0.60 | 0.60 |
| | 1 sentido | 4 | 1.00 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| 2 Calzadas con separador central. (para IMDa total de las dos Calzadas) | 2 sentido | 1 | 0.50 | 1.00 | 0.50 |
| | 2 sentido | 2 | 0.50 | 0.80 | 0.40 |
| | 2 sentido | 3 | 0.50 | 0.60 | 0.30 |
| | 2 sentido | 4 | 0.50 | 0.50 | 0.25 |

FUENTE: Manual de carreteras, Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos.

$$ESAL = (EF \cdot IMDA) \cdot 365 \cdot DD \cdot DL \cdot \left(\frac{(1+r)^n}{r} - 1 \right)$$

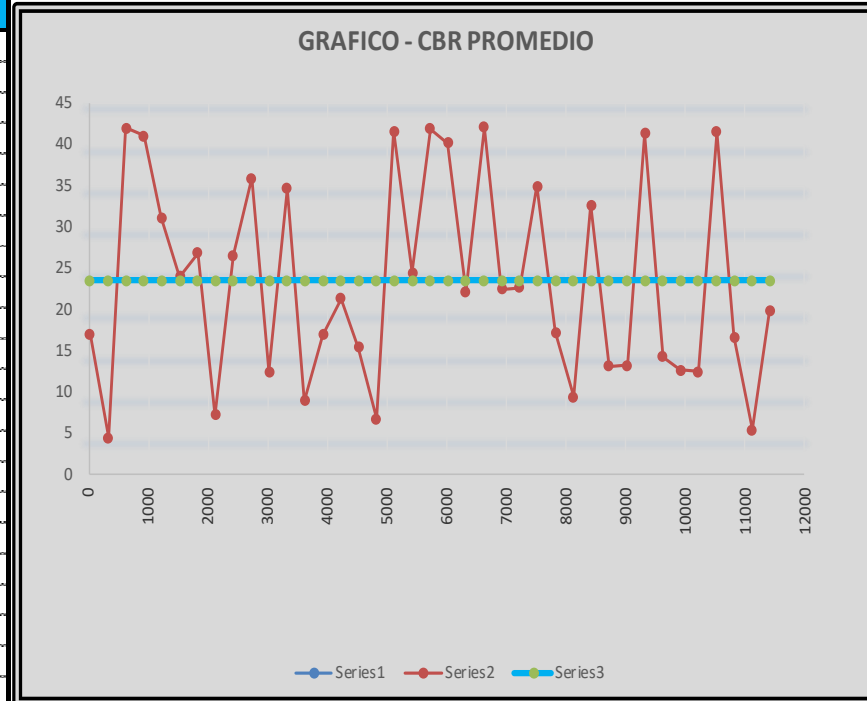
| | | | |
|---------------------------|-------------|------------|------------|
| DIAS DEL AÑO | 365 | r % | 3.6 |
| FACTOR DIRECCIONAL | 0.50 | n° | 20 |
| FACTOR CARRIL | 1.00 | | |

| | | |
|----------------------|---------------------|-----------|
| ESAL (EE) w18 | 2,992,840.41 | EE |
| | ***** | |

MODULO DE RESILENCIA (MR)

| CAL. | PROG. | LADO | DATOS | | CLASIFICACIÓN | | PROCTOR | | | CBR (2,5 MM - 0,1 | |
|----------|-----------|------|-------|--------------|---------------|------------|---------|-------|------|----------------------|-------|
| | | | M | PROF. (M) | SUCS | AASHTO | MÉTODO | MDS | OCH | 100% | 95% |
| | | | | | | | | | | MDS | MDS |
| C-001 | 00+012.16 | I | M-01 | 0.00 - 0.50 | CL | A-6(5) | B | 1.301 | 30.8 | 27.7 | 17.10 |
| C-001 | 00+012.16 | I | M-02 | 0.50 - 1.70 | GM | A-1-b (0) | A | 1.538 | 23.6 | 17.5 | 4.50 |
| C-002 | 00+208.22 | I | M-01 | 0.00 - 0.45 | SC | A-4 (1) | C | 1.365 | 24.5 | 82.1 | 42.10 |
| C-002 | 00+208.22 | I | M-02 | 0.45 - 1.60 | SW | A-2-6 (0) | C | 2.005 | 11.4 | 70.8 | 41.10 |
| C-003 | 00+408.02 | I | M-01 | 0.00 - 1.60 | GC | A-2-4 (0) | C | 2.164 | 8.8 | 55.4 | 31.20 |
| C-004 | 00+548.51 | I | M-01 | 0.00 - 1.70 | GM | A-7-5 (7) | C | 1.815 | 17 | 48.5 | 24.00 |
| C-005 | 00+662.01 | Eje | M-01 | 0.05 - 0.20 | GM | A-1-b (0) | C | 1.939 | 11.8 | 53.4 | 26.90 |
| C-005 | 00+662.01 | Eje | M-02 | 0.20 - 1.60 | CL | A-6 (14) | A | 1.319 | 35.8 | 8.9 | 7.20 |
| C-006 | 00+861.22 | I | M-01 | 0.00 - 1.80 | GM | A-2-7 (0) | C | 1.6 | 23.9 | 31.8 | 26.60 |
| C-006 | 00+861.22 | I | S/M | >1.80 | ROCA | ROCA | C | 2.056 | 10 | 61.1 | 36.00 |
| CA - 001 | 00+980.00 | Eje | M-01 | 0.00 - 1.50 | GM | A-1-b (0) | B | 2.042 | 8 | 22.5 | 12.50 |
| C-007 | 01+120.00 | D | M-01 | 0.00 - 1.50 | GM | A-2-7 (0) | C | 1.63 | 18.2 | 61.3 | 34.70 |
| C-008 | 01+296.71 | I | M-01 | 0.00 - 0.25 | MH | A-7-5 (12) | A | 1.44 | 28.2 | 13.6 | 9.00 |
| C-008 | 01+296.71 | I | M-02 | 0.25 - 1.70 | GM | A-2-4 (0) | C | 1.924 | 11.6 | 26.2 | 17.00 |
| C-009 | 01+490.80 | D | M-01 | 0.00 - 0.60 | GM | A-1-b (0) | C | 2.071 | 9 | 39.7 | 21.40 |
| C-009 | 01+490.80 | D | S/M | >0.60 | ROCA | ROCA | A | 1.857 | 13.8 | 7.5 | 15.45 |
| C-010 | 01+690.70 | D | M-01 | 0.00 - 0.60 | GM | A-2-5 (0) | A | 1.866 | 12.9 | 9.7 | 6.80 |
| C-010 | 01+690.70 | D | S/M | >0.60 | ROCA | ROCA | C | 2.104 | 8.2 | 84.4 | 41.70 |
| C-011 | 01+862.35 | D | M-01 | 0.00 - 1.50 | GM | A-1-b (0) | B | 2.052 | 8.8 | 43.8 | 24.50 |
| C-012 | 02+024.42 | I | M-01 | 0.00 - 0.30 | GM | A-1-b (0) | C | 2.076 | 5 | 79.9 | 42.00 |
| C-012 | 02+024.42 | I | M-02 | 0.30 - 1.20 | GC | A-2-4 (0) | C | 2.122 | 8.9 | 58.5 | 40.30 |
| C-012 | 02+024.42 | I | S/M | >1.20 | ROCA | ROCA | B | 2.048 | 8.7 | 45.4 | 38.45 |

| CALICATA | PROGRESIVA | CBR | PROMEDIO |
|----------|------------|-------|----------|
| C-001 | 00+012.16 | 17.10 | 25.48 |
| C-001 | 00+012.16 | 4.50 | 25.48 |
| C-002 | 00+208.22 | 42.10 | 25.48 |
| C-002 | 00+208.22 | 41.10 | 25.48 |
| C-003 | 00+408.02 | 31.20 | 25.48 |
| C-004 | 00+548.51 | 24.00 | 25.48 |
| C-005 | 00+662.01 | 26.90 | 25.48 |
| C-005 | 00+662.01 | 7.20 | 25.48 |
| C-006 | 00+861.22 | 26.60 | 25.48 |
| C-006 | 00+861.22 | 36.00 | 25.48 |
| CA - 001 | 00+980.00 | 12.50 | 25.48 |
| C-007 | 01+120.00 | 34.70 | 25.48 |
| C-008 | 01+296.71 | 9.00 | 25.48 |
| C-008 | 01+296.71 | 17.00 | 25.48 |
| C-009 | 01+490.80 | 21.40 | 25.48 |
| C-009 | 01+490.80 | 15.45 | 25.48 |
| C-010 | 01+690.70 | 6.80 | 25.48 |
| C-010 | 01+690.70 | 41.70 | 25.48 |
| C-011 | 01+862.35 | 24.50 | 25.48 |
| C-012 | 02+024.42 | 42.00 | 25.48 |
| C-012 | 02+024.42 | 40.30 | 25.48 |
| C-012 | 02+024.42 | 38.45 | 25.48 |



| CALCULANDO EL MODULO RESILENCIA (MR) | |
|--------------------------------------|------------------|
| 25.48 | 20,292.18 |
| PROMEDIO CBR | MR en psi |
| | 20,292.18 |

| | | |
|-----------------|--------------|--------------|
| PROMEDIO | 25.48 | 25.48 |
|-----------------|--------------|--------------|

COMPONENTES

| | | | |
|-----|---|--------------|--|
| a. | ESAL W18 | 2,992,840.41 | MANUAL DE CARRETRAS "Suelos, Geología, Geotecnia Y pavimentos". |
| b. | MODULO DE RESILENCIA (MR) | 20,292.18 | CUADRO 12.5 |
| c. | CONFIABILIDAD (%R) | 90% | CUADRO 12.6 (TP7) |
| d. | COEFICIENTE ESTADISTICO DE DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr) | -1.282 | CUADRO 12.8 (TP7) |
| e. | DESVIACION ESTANDAR COMBINA (So) | 0.45 | Recomendado por Manual |
| f1. | SERVICABILIDA D INICIAL (Pi) | 4.00 | CUADRO 12.10 (TP7) |
| f2. | SERVICABILIDA D FINAL O TERMINAL | 2.00 | CUADRO 12.11 (TP7) |
| f3. | VARIACION DE SERVICABILIDA D (ΔP_i) | 2.00 | CUADRO 12.12 (TP7) |
| g. | NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SNR) | 2.80 | 7.11 |

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | VARIABLES E INDICADORES | | |
|--------------------------------------|--|---|--------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Independiente | Paredes (2009). Nos dice sobre las propiedades que “básicamente las mezclas asfálticas en caliente son denominadas así porque están compuestas de material pétreo, filler y asfalto caliente (aprox. 163°C), por lo general están constituidas por el 93 - 97% de material pétreo y un 6 - 7% de asfalto” (p.27). | Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos | Diseño de asfalto en caliente | | |
| Diseño de asfalto en caliente | | | Dimensiones | Indicadores | Unidades de medida |
| | | | Característica del suelo | CBR | Adimensional |
| | | | Población Vehicular | ESAL | Adimensional |
| | | | Mezcla – EVA | MARSHALL | Varios |
| Dependiente | Patillo (1988) nos dice que “Son aquellos en que sus capas constitutivas tienen bajos valores de resistencia a la flexotracción, absorbiendo las solicitaciones mediante su resistencia al esfuerzo de corte, dependiendo del espesor y calidad de estas capas, la distribución de la carga superficial hacia el terreno natural”. (p. 94 – 110) | Patillo (1988) nos dice que “De las tres modalidades de pavimentos flexible, las dos modalidades de estructuración con pavimento asfáltico son de igual calidad técnica para resolver la problemática de un pavimento flexible y la tercera modalidad es sólo para caminos de bajo tránsito. Si las ordenamos según su costo para nosotros, tenemos: Modalidad 1 Pavimentos estructurados en base a capas granulares. Modalidad 2 Pavimento estructurado en base a capas asfálticas que no aportan estructuras. Modalidad 3 Pavimento estructurado en base a capas asfálticas con espesor importante”. (p.94 – 110) | Estructura del pavimento | | |
| Estructura del pavimento | | | Partes del Pavimento | Espesor Sub - Base | cm |
| | | | | Espesor Base | cm |
| | | | | Espesor Carpeta | cm |

FUENTE: ELABORACION PROPIA