



**UNIVERSIDAD PRIVADA TELESUP  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL Y  
DESARROLLO INMOBILIARIO**

**TESIS**

**MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR  
SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTA  
CALLAO-LIMITE CON LA PROVINCIA  
CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, EN EL DISTRITO DE  
SAN MARTIN DE PORRES-LIMA-2020**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL Y DESARROLLO INMOBILIARIO**

**AUTORES:**

**Bach. MUNIVE VEGA, REBECA ALEXANDRA  
Bach. HUAMANI CAHUANA, CRISSTELL FRIDA**

**LIMA-PERÚ**

**2020**

**ASESOR DE TESIS**

---

**Mg. STIVENS SANABRIA SOSA**

## **JURADO EXAMINADOR**

---

**Mg. ING. BARRANTES RIOS EDMUNDO JOSÉ**  
**Presidente**

---

**Mg. CACEDA CORILLOCLA JUAN ANTENOR**  
**Secretario**

---

**Mg. DANIEL SURCO SALINAS**  
**Vocal**

## **DEDICATORIA**

A Dios ya que gracias a él hemos logrado concluir nuestra carrera.

A nuestros padres quienes nos dieron vida, educación, apoyo y consejos. Nos formaron con reglas y algunas libertades, pero que siempre nos motivaron constantemente para alcanzar nuestros anhelos.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos vida y guiarnos en nuestra vida profesional y espiritual.

A nuestros Padres por darnos vida, apoyo y sobre todo su amor incondicional.

A nuestros hermanos por inspirarnos a ser mejores personas y un ejemplo para ellos.

## RESUMEN

La presente investigación detalla en forma clara y precisa el procedimiento por la cual ha sido desarrollada el “Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao- Limite con la Provincia Constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres- Lima-2020” con el objetivo de mejorar la calidad de vida de los usuarios y contar con una buena transitabilidad para los vehículos.

La investigación cuenta con el estudio del índice de condición del pavimento flexible aplicando método del PCI, estudio de tráfico y estudio de suelos, adicionalmente se tiene un tipo de investigación aplicada cuyo objetivo es modificar la realidad problemática así darle una solución más eficiente y económica, también cabe resaltar que es una investigación experimental en la cual se va a verificar mediante ensayos el mejoramiento del pavimento flexible con el aditivo terrasil, utilizando fichas de observación para poder determinar la condición del pavimento que consta de 1.5 km de longitud, al momento que se realizaron estudios los resultados mostraron que se cumplió con todos los objetivos planteados.

**Palabras Claves:** pavimento flexible, índice de condición de pavimento, nivel de severidad.

## **ABSTRACT**

This research clearly and precisely details the procedure by which the “Improvement of flexible pavement has been developed by applying TERRASIL additive to stabilize soils on Av. Dominicos, Section Av. Canta Callao-Limite with the constitutional province of Callao, in the District of San Martin de Porres-Lima-2020 ”with the aim of improving the quality of life of users and having good passability for vehicles.

The research has the study of the flexible pavement condition index applying the PCI method, traffic study and soil study. Additionally, there is a type of application research whose objective is to modify the problematic reality, thus giving it a more efficient and economic solution. It should also be noted that it is an experimental investigation in which the improvement of the flexible pavement with the terrasil additive will be verified through tests, using observation sheets to determine the condition of the pavement consisting of 1.5 km in length, at the time it is studies were conducted the results showed that all the objectives set were met.

**Key Words:** flexible pavement, pavement condition index, severity level.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |           |
|--|-----------|
| CARÁTULA .....                           | i         |
| ASESOR DE TESIS.....                     | ii        |
| JURADO EXAMINADOR.....                   | iii       |
| DEDICATORIA .....                        | iv        |
| AGRADECIMIENTO .....                     | v         |
| RESUMEN .....                            | vi        |
| ABSTRACT.....                            | vii       |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....               | viii      |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                    | xi        |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                  | xii       |
| INTRODUCCIÓN .....                       | xiii      |
| <b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b> | <b>15</b> |
| 1.1. Planteamiento de problema .....     | 15        |
| 1.2. Formulación de problema .....       | 17        |
| 1.2.1. Problema general.....             | 17        |
| 1.2.2. Problemas específicos.....        | 17        |
| 1.3. Justificación del estudio.....      | 18        |
| 1.3.1. Justificación teórica:.....       | 18        |
| 1.3.2. Justificación práctica.....       | 18        |
| 1.3.3. Justificación social. ....        | 18        |
| 1.4. Objetivos de la investigación ..... | 18        |
| 1.4.1. Objetivo general.....             | 18        |
| 1.4.2. Objetivos específicos .....       | 19        |
| <b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>           | <b>20</b> |
| 2.1. Antecedentes de investigación ..... | 20        |
| 2.1.1. Antecedentes nacionales.....      | 20        |
| 2.1.2. Antecedentes internacionales..... | 22        |
| 2.2. Base teórica de las variables ..... | 25        |
| 2.2.1. Pavimentos Flexibles. ....        | 25        |
| 2.2.2. Estudio de Suelos.....            | 28        |
| 2.2.3. PCI.....                          | 34        |



|   |            |
|---|------------|
| 2.2.4. Estudio del tráfico .....                                | 65         |
| 2.2.5. Aditivo TERRASIL.....                                    | 70         |
| 2.2.6. Estabilización de suelos .....                           | 75         |
| 2.3. Definición de términos básicos .....                       | 79         |
| <b>III. MÉTODOS Y MATERIALES .....</b>                          | <b>82</b>  |
| 3.1. Hipótesis de la investigación .....                        | 82         |
| 3.1.1. Hipótesis general: .....                                 | 82         |
| 3.1.2. Hipótesis específica: .....                              | 82         |
| 3.2. Variables de estudio .....                                 | 82         |
| 3.2.1. Definición conceptual.....                               | 82         |
| 3.2.2. Definición operacional.....                              | 84         |
| 3.3. Tipo de investigación .....                                | 85         |
| 3.4. Nivel de la investigación .....                            | 85         |
| 3.5. Diseño de la investigación .....                           | 85         |
| 3.6. Población y muestra de estudio .....                       | 85         |
| 3.6.1. Población .....  | 85         |
| 3.6.2. Muestra .....  | 86         |
| 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....      | 86         |
| 3.7.1. Técnicas de recolección de datos .....                   | 86         |
| 3.7.2. Instrumento:.....  | 86         |
| 3.8. Métodos de análisis de datos.....                          | 86         |
| 3.9. Aspectos éticos .....                                      | 87         |
| <b>IV. RESULTADOS .....</b>                                     | <b>88</b>  |
| 4.1. Presentación de resultados de estudio de suelos.....       | 88         |
| 4.2. Presentación de resultados del PCI.....                    | 91         |
| 4.3. Presentación de resultados de tráfico.....                 | 111        |
| 4.3.1. Ubicación de los conteos vehiculares.....                | 111        |
| 4.3.2. Cuadro resumen de hora punta de conteo vehiculares ..... | 118        |
| 4.3.3. Cálculo del índice medio diario.....                     | 118        |
| 4.3.4. Cálculo del índice medio anual.....                      | 121        |
| 4.4. Proyección del tráfico .....                               | 125        |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>                             | <b>131</b> |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                       | <b>132</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>                             | <b>133</b> |
| <b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                   | <b>134</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                      | <b>136</b> |
| Anexo 1: Matriz de consistencia .....                    | 137        |
| Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables ..... | 138        |
| Anexo 3: Instrumento .....                               | 140        |
| Anexo 4: Validación de instrumentos .....                | 141        |
| Anexo 5: Plano de ubicación del proyecto .....           | 144        |
| Anexo 6: Panel fotográfico de calicata .....             | 151        |
| Anexo 7: Curvas de valor deducido .....                  | 155        |
| Anexo 8: Estadística .....                               | 164        |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Tamices de Malla Cuadrada.....                            | 29 |
| Tabla 2. Clasificación del Suelo de Acuerdo con el CBR. ....       | 33 |
| Tabla 3. Percentiles para determinar el CBR de la Subrasante ..... | 33 |
| Tabla 4. Percentiles para determinar el CBR de la Subrasante. .... | 34 |
| Tabla 5. Longitudes de Unidades de Muestreo Asfáltico. ....        | 35 |
| Tabla 6. Cuadro de Niveles de Severidad para Huecos.....           | 56 |
| Tabla 7. Periodos de diseños en función del tipo de carretera..... | 66 |
| Tabla 8. Características físicas .....                             | 71 |
| Tabla 9. Dosificación de la Mezcla .....                           | 71 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Pavimento Flexible .....   | 26 |
| Figura 2. Muestras De Suelo .....  | 31 |
| Figura 3. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie<br>asfáltica. ....  | 37 |
| Figura 4. PCI de una sección del pavimento. ....   | 39 |
| Figura 5. Piel de Cocodrilo Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta. ....   | 41 |
| Figura 6. Exudación Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta. ....   | 42 |
| Figura 7. Agrietamiento en Bloque Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media,<br>(C)Alta .....   | 43 |
| Figura 8. Abultamiento y Hundimiento Nivel Severidad (A) Baja, (B) Media, (C)<br>lta .....   | 45 |
| Figura 9. Corrugación Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta .....   | 46 |
| Figura 10. Depresión Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.....   | 47 |
| Figura 11. Grieta de Borde Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.....   | 48 |
| Figura 12. Grieta de Reflexión e Junta Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, ...   | 50 |
| Figura 13. Desnivel carril/berma nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta ...  | 51 |
| Figura 14. Las Grietas Longitudinales y Transversales, Severidad (A) Baja, (B)<br>Media, (C) Alta.....   | 52 |
| Figura 15. Huecos Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.....  | 56 |
| Figura 16. Cruce de Vía Férrea Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.   | 57 |
| Figura 17. Ahuellamiento Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta. ....  | 58 |
| Figura 18. Desplazamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta .....  | 60 |
| Figura 19. Grietas Parabólicas Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta..  | 61 |
| Figura 20. Hinchamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. ....  | 62 |
| Figura 21. Meteorización / desprendimiento de agregados nivel de severidad (a) baja,<br>(b) media, (c) alta. ....                                    | 64 |
| Figura 22. Repulsión de las Gotas de Agua Sobre la Superficie por Interacciones<br>Desfavorables Polar-Apolar.....                                   | 73 |
| Figura 23. Aspecto de gotas de agua depositadas sobre suelos tratados con<br>Terrasil como se puede observar, la repelencia de la gota es total..... | 73 |

## INTRODUCCIÓN

La experiencia del tránsito vehicular se ha visto afectada en los últimos años por diferentes factores, uno de ellos es la condición en la que se encuentran las principales vías. El incremento del índice poblacional en los últimos años ha afectado directamente el ámbito del transporte vehicular, en el mundo se ha visto la necesidad de emplear nuevos sistemas en la construcción de pavimentos y se muestra cada vez más necesario el crear nuevas ideas, métodos y diseños que nos ayuden a mejorar la calidad del transporte vehicular. Se busca diferentes tipos de alternativas para poder darle una solución a las vías existentes que se encuentran en mal estado o en el caso de una nueva construcción se pueda prever una mayor vida útil del pavimento.

En las vías existentes se deben tomar las medidas preventivas con los diferentes tipos de mantenimientos que existen esto ayudaría a poder extender la vida útil del pavimento, así poder evitar los casos extremos en donde las diferentes fallas que se muestran en el pavimento amerita que se vuelva a construir y plantear un nuevo diseño de la estructura del pavimento. El mantenimiento nos ayuda a la preservación y cuidado de la vía ante futuras fallas que se puedan presentar por factores propios del tránsito u externos.

En las diferentes zonas de la comunidad se debería de cumplir con las condiciones básicas de transitabilidad para el transporte vehicular y peatonal. Se debe mejorar la calidad de las vías y brindar una mejor experiencia en el transporte ya sea público o privado que nos permita cumplir con nuestras actividades diarias.

El presente proyecto pretende mejorar el diseño de la estructura de un pavimento flexible aplicando el aditivo Terrasil para estabilizar el suelo en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, consta de siete capítulos en los que se describe con claridad todos los componentes a manejar, el capítulo I se encuentra compuesto por el problema de investigación, en el cual se formula el problema que pretendemos enfrentar con la propuesta, la justificación en donde describiremos con claridad el beneficio social y económico que conllevaría la realización de la investigación y por último los objetivos en el cual establecemos las metas con las cuales desea contar el

proyecto.

En el capítulo II que abarca el marco teórico se subdivide en los antecedentes nacionales e internacionales que ayudaran a confirmar que esta investigación cuenta con respaldo de otras investigaciones que muestran afinidad al proyecto, de la misma manera se encuentran las bases teóricas de las variables en la que se encuentra todo el contenido que se empleara para realizar el mejoramiento del pavimento usando el aditivo terrasil para la estabilización de suelos, donde tiene la información de la ubicación y características del proyecto, tipo de estabilización, tipos de mantenimiento, estudio de suelos, índice de condición del pavimento (PCI), estudio de tráfico y las características necesarias para el diseño del tramo correspondiente, de igual manera la definición de términos básico en el cual se relata con detalle todas las palabras técnicas empleadas dentro del proyecto.

Capitulo III: este capítulo métodos y materiales comprende las variables que son Variable I - Pavimento flexible en el que se describe sus características y la Variable II - Terrasil, en este se describe las características físicas y químicas de este producto. Se encuentra también definido la población, el diseño, tipo y nivel de investigación.

Por otro lado, también se especifica el método de validación, confiabilidad del instrumento y aspectos deontológicos. El capítulo IV: muestra los resultados en su totalidad teniendo en consideración los estudios de laboratorio, trabajo en campo así como la estadística de cada hipótesis y cuya descripción se realiza en cada una de ellas. Mientras el capítulo V: muestra la interpretación y discusión de los resultados.

El capítulo VI: Las conclusiones que fueron tomadas en base a los objetivos y capitulo VII: Las recomendaciones de tener para obtener los mejores resultados en base al estudio realizado del presente proyecto, describir las características mecánicas del pavimento que fue estabilizado con el aditivo terrasil o mostrar las diferencias y ventajas económicas en el presupuesto obtenido con y sin el aditivo terrasil, cabe resaltar que lo primordial es brindar una mejor transitabilidad de los transportistas y peatones durante el periodo de diseño, vida útil del pavimento.

## **I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento de problema**

A nivel mundial la estabilización de suelos en los pavimentos flexibles es de suma importancia ya sea en el mejoramiento de la base granular que va a permitir una mayor vida útil en el pavimento, así como mejorar la transitabilidad de los vehículos. Según afirma Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". (2015) "La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización de suelos cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada", p. (73). Es por ello que estamos utilizando el aditivo TERRASIL para mejorar las propiedades físicas del suelo así poder contar con un CBR mayor al del terreno natural.

En la actualidad es muy importante la estabilización de suelos que nos va permitir poder mejorar las propiedades físicas del suelo para así poder tener una mayor resistencia, durabilidad e impermeabilidad. Según manifiesta Menéndez, J. (2012) "La necesidad de incrementar la resistencia, durabilidad o mejorar la trabajabilidad de suelos de fundación y componentes estructurales del pavimento más allá de sus condiciones naturales es un reto permanente en la ingeniería vial para optimizar el uso de los materiales", p. (140). Cabe resaltar que al mejorar la resistencia de los suelos nos va poder permitir poder acortar el tiempo de mantenimiento que se le brindan a los pavimentos en consecuencia nos permitiría reducir costos.

En el Perú contamos con diversos tipos de suelos en las diferentes regiones de nuestro país, es por ello que al momento de la ejecución de los pavimentos flexibles tenemos que tener en cuenta que tipo de aditivo podemos utilizar para cada tipo de suelo. Según manifiesta, Montejo, A. (2002). "Con frecuencia, el ingeniero

debe enfrentarse con suelos que tiene que utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar alguna de las siguientes decisiones: Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta el diseño las restricción impuestas por su calidad, eliminar el material insatisfactorio u obtenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas, Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea adecuada.

La última posibilidad es la que da origen a la estabilización de suelos (...) Las propiedades de un suelo se pueden alterar por cualquiera de los siguientes procedimientos: estabilización por medios mecánicos de las compactación es el más conocido (...), Estabilidad por drenaje, Estabilidad por medios eléctricos, de los electroósmosis y la utilización de pilotes electro metálicos son probablemente lo mejor conocidos, estabilización por empleo del calor y calcinación y estabilización por medios químicos, generalmente lograda por la adición de agentes estabilizantes específicos, como el cemento, la cal, el asfalto u otros (...) Las propiedades de los suelos que deben ser tenidas en cuenta por el ingeniero, son las siguientes: Estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, comprensibilidad, durabilidad ", p. (75-76)

Si bien es cierto que los ingenieros tenemos que enfrentarnos a los diferentes tipos de suelos que podamos encontrar en una determinada obra, una de las opciones más acertadas es la estabilizar los suelos para poder mejorar las propiedades físicas de los mismos, para ellos contamos con varios tipos de estabilización como es la estabilización por medios mecánicos, la estabilización por drenaje, por medios eléctricos, de los electroósmosis y la utilización de pilotes electro metálicos. Para poder elegir cualquier tipo de estabilización es necesario que el ingeniero a cargo del proyecto tenga en cuenta las propiedades del suelo.

A lo largo de los años los accidentes de tránsito en el Perú han ido creciendo constantemente teniendo en cuenta que en el Lima se concentra la mitad de accidentes de tránsito y víctimas.

Las Municipalidades distritales de Lima han realizado inversiones relacionadas a la construcción, rehabilitación y/o mejoramiento de la infraestructura



vial pero estas actividades no son suficientes ya que con la investigación se observa que no hay una supervisión al momento de ejecutar el proyecto después de muy poco tiempo de realizado el mismo ya se está observando diversos deterioros en los pavimentos como agrietamientos, deformaciones, desprendimientos, afloramiento y entre otros.

Estos acontecimientos nos dan una idea clara de que las autoridades competentes en el cargo no están cumpliendo con su función y es por ello la realización de esta tesis para poder demostrar el índice de condición de los pavimentos en el distrito de San Martín de Porres.

En la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao - Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres, el pavimento flexible se encuentra en mal estado de conservación, en el cual se puede observar diversas fallas tanto superficiales como estructurales que impiden una buena calidad de tránsito vehicular ya que generan desgaste en los neumáticos de los vehículos y accidentes en la zona.

## **1.2. Formulación de problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál sería la evaluación del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres-Lima-2020?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, ¿en el Distrito de San Martín de Porres-Lima-2020?
- ¿De qué manera influye el estudio de tráfico en el pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, ¿en el Distrito de San Martín de Porres -Lima- 2020

### **1.3. Justificación del estudio**

#### **1.3.1. Justificación teórica:**

La investigación tiene por finalidad mejorar la calidad de vida de los usuarios y contar con una buena transitabilidad para los vehículos en el Distrito de San Martín de Porres, para ello se va a analizar el índice de condición del pavimento flexible aplicando el método PCI, en el cual contaremos con información de las fallas existentes y nivel de severidad para luego ser mejoradas a través de el aditivo TERRASIL para estabilizar los suelos, para que pueda contar con una mayor resistencia y así tenga una mayor vida útil.

#### **1.3.2. Justificación práctica**

La investigación se va a realizar por que el pavimento flexible que está compuesto por la base granular, sub base granular y la carpeta asfáltica se encuentra en mal estado de conservación, donde se va mejorar con el aditivo TERRASIL para estabilizar los suelos y tener una mayor resistencia, permeabilidad y durabilidad.

#### **1.3.3. Justificación social.**

El mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres, para brindar una mejor calidad de vida a la población y al sector automotriz.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar cuál sería la evaluación del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres-Lima- 2020.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Analizar cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres-Lima- 2020.
- Evaluar de qué manera influye el estudio de tráfico en el pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres -Lima-2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de investigación**

#### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

Se encontró el estudio realizado por Angulo, D. y Rojas F. (2016) en su tesis llamada "ENSAYO DE FIABILIDAD CON ADITIVO PROES PARA LA ESTABILIZACION DEL SUELO EN EL AA.HH EL MILAGRO, 2016".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; "Determinar la influencia de los ensayos de fiabilidad con el aditivo PROES en la estabilización del suelo en la carretera de penetración al AA.HH el Milagro, 2016".

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es Diseño pre experimento y diseño de una pre prueba y post prueba con un solo grupo (Pre test y Post Test).

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: El aditivo PROES genero las siguientes variaciones en el CBR con las muestras de suelos encontradas en la zona: Mediante estos resultados, hemos podido determinar de qué podemos trabajar mejor en la zona realizando combinaciones. Donde utilizamos los materiales que existen en gran volumen como: A-3(0) EN 85% y A-7-5(9) EN 15% de un (23.6 a 83) % triplicando el CBR de natural uso con aditivos donde alcanzo un 352%.

Se encontró el estudio realizado por De la Cruz, L. y Salcedo F. (2016) en su tesis llamada "ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE ADITIVOS (Eco Road 2000) PARA PAVIMENTACION EN PALIAN-HUANCAYO-JUNIN ".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; "Evaluar la influencia del aditivo Eco Road 2000 en las propiedades de los suelos cohesivos en el anexo de Pailan-Huancayo-Junín".

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es Explicativo y de método científico.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que de la adición del aditivo Eco Road 2000 al suelo natural se observaron notables cambios en la parte física y mecánica esto es debido a que el aditivo acelera el proceso de expansión y contracción para poder obtener un suelo más estable.

Se encontró el estudio realizado por Mamani, L. y Yataco Alejandro. (2017) en su tesis llamada “ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS APLICANDO CENIZA DE MADERA DE FONDO, PRODUCTO DE LADRILLERAS ARTESANALES EN EL DEPARTAMENTO DE AYACUCHO “.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; “Determinar la incidencia de la ceniza de madera de fondo, producto de la ladrilleras artesanales, en la estabilización del suelo arcilloso, en el Departamento de Ayacucho”.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es cuantitativa y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que la adición de ceniza de fondo respecto al suelo arcilloso disminuye el índice de plasticidad del ensayo de límites de consistencia e incrementa la gravedad específica de los sólidos, beneficiando las características físicas del suelo.

Se encontró el estudio realizado por Velásquez, C. (2018) en su tesis llamada “INFLUENCIA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I EN LA ESTABILIZACION DEL SUELO ARCILLOSO DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA DINAMARCA, SECTOR LA MOLINA “.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; “Evaluar la influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina”. El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es tipo aplicada, el nivel de investigación explicativa y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que la influencia del cemento portland tipo I, en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina, se reflejó en la reducción de su índice de plasticidad e índice de contracción y en el incremento de su índice

CBR.

Se encontró el estudio realizado por Ramos, G. (2014) en su tesis llamada “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE MEDIANTE EL USO DE POLIMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARA HUANCAVELICA 2014”.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; “Mejorar la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras”.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es tipo cuantitativa y de diseño pre experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que con la adición de polímeros reciclados (PR), obtenidos de las botellas descartables PET, solo se mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante, el suelo estudiado presenta gran presencia de arcillas, siendo su granulometría muy fina y carente de partículas de mayor diámetro que son muy importantes para una buena capacidad portante, razón por la cual al adicionar los PR al 1.5% del peso seco del suelo, con dimensiones entre 5 y 10 mm de forma rectangular, se aprecia un incremento porcentual en promedio del CBR en 26% debido a que el PET es un material resistente y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia al corte.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Se encontró el estudio realizado por Rodríguez, D. y Pérez, R. (2016) en su tesis llamada “ANALISIS COMPARATIVO DE LA COMPACTACION Y HUMEDAD DE LA SUBRASANTE NATURAL Y DE LA SUBRASANTE UTILIZANDO PRODUCTOS QUIMICOS BIODEGRADABLES (TERRASIL), DE LA VIA ECOLOGICA DEL CANTON QUEVEDO, PROVINCIA DE LOS RIOS “.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; “Analizar la subrasante por medio de la inclusión del material TERRASIL, como material alternativo para el mejoramiento de la misma”.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación

es Exploratorio, Descriptivo y Explicativo y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que la estabilización de la subrasante con el aditivo Terrasil es ventajosa ya que impermeabiliza el suelo y mejora su resistencia como en arcillas, limos y arenas.

Se encontró el estudio realizado por Hidalgo, D. (2016) en su tesis llamada “ANALISIS COMPARATIVO DE LOS PROCESOS DE ESTABILIZACION DE SUELO CON ENZIMAS ORGANICAS Y SUELO- CEMENTO, APLICADO A SUELOS ARCILLOSOS DE SUB- RASANTE”.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; “Definir los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo- cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante”.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es de tipo aplicada y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que la aplicación del cemento a las muestras de suelo, modifican su contenido de humedad, debido a que este ayuda a absorber el agua, por esta razón los contenidos óptimos de humedad identificados en el ensayo Proctor Modificado aumentan de acuerdo al porcentaje de cemento que se adicione a la combinación suelo-cemento.

Se encontró el estudio realizado por Guamán, I. (2016) en su tesis llamada “ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SUELO ARCILLOSO ESTABILIZADO POR DOS METODOS UIMICOS (CAL Y CLORURO DE SODIO)”.

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; “Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado con componentes químicos (cal y cloruro de sodio) en el laboratorio.”

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es de tipo descriptiva y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Que se observó que el suelo estabilizado con cloruro de sodio mientras mayor sea el porcentaje que se utilice mejora su trabajabilidad y su compactación es más rápida al momento de realizar los bloques para el ensayo de compresión simple. Con el

suelo estabilizado con Cal se observó que también mejoro su trabajabilidad pero no tanto como el Cloruro de Sodio.

Se encontró el estudio realizado por Gavilanes, E. (2015) en su tesis llamada: "ESTABILIZACION Y MEJORAMIENTO DE SUB.RASANTE MEDIANTE CAL Y CEMENTO PARA UNA OBRA VIAL EN EL SECTOR DE SANTO PAMPA BARRIO COLINAS DEL SUR".

En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Analizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación y estabilización de suelo en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes para determinar estabilización de plasticidad del material de sub-rasante en la vía.

El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es de tipo documental y de diseño experimental.

Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Según la investigación plateada se realizó estudio de suelos en la calle A del barrio colinas de sur en la ciudad de Quito, donde cuenta con una sub- rasante de tipo limo arenoso, con pómez y de color café claro, según la normal internacionales de estabilización se recomendó estabilizar con cemento,

Así mismo el índice de plasticidad del suelo estabilizado con cemento disminuye y mediante la relación del porcentaje que pasa por la malla N° 200 a la malla N° 40, no será mayor en 0.65. En la cual al realizar la operación se tiene como porcentaje que en la Malla N° 40 es de 98% y en la malla N° 200 es de 62%. Por lo tanto es recomendable y ventajoso para estabilizar dicho suelo ya que al momento de dimensionar la estructura se logra disminuir el espesor de la vía ya sea pavimento rígido o pavimento flexible y su capacidad de soporte y económicamente el costo será bajo en la construcción.

Se encontró el estudio realizado por Quiroz, W. (2017) en su tesis llamada: "COMPARACION ENTRE LA ESTABILIZACION DE SUELOS CON EMULSION ASFALTICA Y LA ESTABILIZACION DE SUELO CON ASFALTO Y DIESEL PARA DETERMINAR CUAL ESTABILIZACION PROPORCIONA MAYOR DENSIDAD APARENTE Y RELACION DE SOPORTE CBR".



En el trabajo de investigación se planteó como objetivo general; Comparar la estabilización del esfuerzo del suelo con emulsión asfáltica, y la estabilización con asfalto y diésel para determinar que estabilización proporciona mayor densidad aparente y valor relativo de soporte CBR El método de la investigación que se aplicó a este proyecto de investigación es de enfoque metodológico, tipo de investigación es exploratorio de nivel explicativo y de diseño experimental.

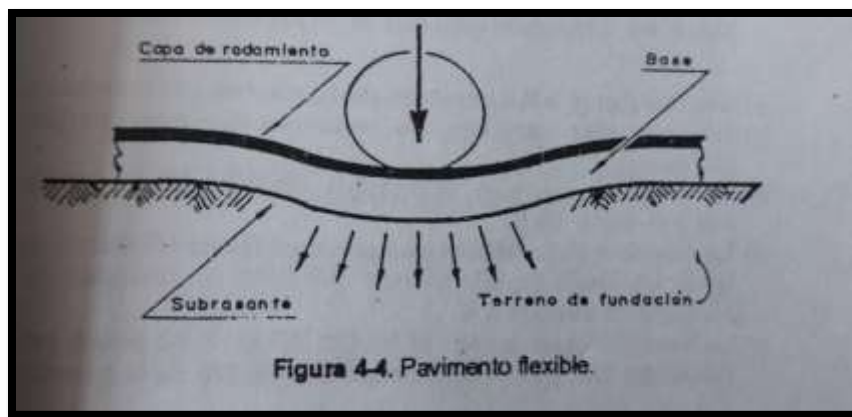
Las conclusiones a las que arribaron en su investigación son: Según la investigación planteada se determinó que para realizar una estabilización se tiene que verificar el tipo de suelo mediante el ensayo de granulometría y en donde se realizó dicho estudio y se obtuvo el tipo de Arena Limosa. Así mismo se concluyó que el suelo con asfalto y emulsión asfáltica en caliente, dio como densidad un valor de 2.484 gr/cm<sup>3</sup>, que según el CBR de la capacidad portante del suelo se determinó que tienen el mismo resultado y no se puede diferenciar. En donde económicamente resulta más accesible la estabilización de suelo con emulsión asfáltica.

## **2.2. Base teórica de las variables**

### **2.2.1. Pavimentos Flexibles.**

Según explica Montejo, A. (2002) “Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que cargas repetidas del tránsito le transmite durante el periodo para cual fue diseñada la estructura del pavimento.” Así mismo afirma Céspedes, A (2002) “Son aquellos que tienen una base flexible o semirígida, sobre la cual se construye una capa de rodamiento con esta bituminosa de alquitrán o asfalto.

Se caracteriza estos pavimentos por que transmiten a la subrasante las cargas que reciben solo en las zonas próximas a la aplicación de la carga. La carga de diseño es puntual y las diferentes capas tienen un buen comportamiento resistente al esfuerzo cortante. Su estudio se basa en la teoría de Boussinesq.



**Figura 1.** Pavimento Flexible

Fuente: Los pavimentos en las vías terrestres, Calles, Carreteras y Aeropuerto Céspedes, J. (2000).

Según manifiestan los autores el pavimento está conformado por capas que se van colocando horizontalmente unas sobre otras, están conformadas por materiales debidamente compactados y la superficie de rodadura está compuesta por una base flexible, sobre ella transitan los vehículos que transmiten diferentes cargas a la sub rasante de la vía.

#### **2.2.1.1. Sub Base**

Céspedes, A (2002), es la capa de material seleccionado (tierra seleccionada), que se coloca sobre la subrasante. Tiene por objetivo:

- a) Servir de capa de drenaje al pavimento.
- b) Controlar, o eliminar en lo posible, los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material de la subrasante.
- c) Controlar la ascension capilar del agua proveniente de las napas freáticas cercanas, o de otras fuentes, protegiendo así el pavimento contra los hinchamientos que se producen en épocas de helada. Este hinchamiento es casado por el congelamiento del agua capilar, fenómeno que se observa especialmente en suelos limosos donde la ascención capilar de agua es grande.

El material de la sub-base, debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. Puede ser: arena, grava, granzón, escoria de altos hornos, residuos de material de cantera. En algunos casos, es posible emplear para la sub-base el material de la subrasante mezclado con granzón, cemento, etc.

Según manifiestan los autores la sub base está compuesto por un material debidamente seleccionado que tiene que cumplir con los requisitos mínimos indicados por la norma, la cual se coloca sobre la sub rasante o terreno natural. La sub base forma parte de la estructura del pavimento y tiene como una de sus funciones servir como drenaje, evitando que el agua que puede encontrarse en la napa freática llegue a la capa superior previendo así posibles daños al pavimento.

#### **2.2.1.2. Base granular**

Según Afirma Rondón, H. y Reyes, F. (2015), la base granular es la capa de la estructura de pavimento que por lo general subyace a la carpeta asfáltica en un pavimento flexible, a la losa de concreto en uno de tipo rígido y a la capa estabilizada con cementante hidráulico en uno semirrígido. Esta capa está compuesta por materiales granulares no tratados colocados sobre la subbase. En algunas ocasiones esta capa puede ser construida directamente sobre la subrasante cuando esta presenta buen comportamiento mecánico. La función principal de esta capa en pavimentos flexibles es transmitir las cargas impuestas por el tránsito con intensidades adecuadas a las capas subyacentes. Adicionalmente contribuye al drenaje y facilitar los procesos constructivos.

Según manifiestan los autores la base está compuesto por un material debidamente seleccionado que tiene que cumplir con los requisitos mínimos indicados por la norma. La base por lo general subyace a la capa de rodadura ya sea en los pavimentos flexibles o rígidos. La base se encuentra entre la sub base y la superficie de rodadura aunque si la sub rasante o terreno natural presenta buen comportamiento mecánico esta se construye directamente sobre ella. La base tiene como una de sus funciones derivar las cargas que recibe del tránsito vehicular a las capas subyacentes que componen la estructura del pavimento flexible.

#### **2.2.1.3. Capa de rodamiento**

Según afirma Céspedes, J. (2000), la que se coloca sobre la base y que está formada por una mezcla bituminosa. Su función es primordial es proteger la base impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores. Además, evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos. Así

mismo, la capa de rodamiento contribuye, en cierto modo, a aumentar la capacidad soporte del pavimento especialmente si su espesor es apreciable (más de 3”).

Según manifiestan los autores que la capa de rodamiento en los pavimentos flexibles es de una mezcla bituminosa y su función como parte de toda la estructura del pavimento es evitar posibles filtraciones por factores naturales u otros agentes y que estos puedan dañar las capas inferiores. La capa de rodadura evita que se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos y a su vez aumenta la capacidad de soporte de esta.

### **2.2.2. Estudio de Suelos**

Según afirma Céspedes, J. (2000), la cimentación de una vía terrestre, no puede hacerse de manera inteligente y satisfactoria, si el proyectista ni tiene un concepto mínimo y razonable de las propiedades físicas existentes. De aquí que la finalidad de una exploración de suelos es suministrar al proyectista una información de calidad y tipos de suelos sobre los cuales se van a construir las vías, así como los materiales a emplearse en ellas, Sin embargo, a estos estudios no se les da la importancia que se merecen y se dejan muchas veces en la responsabilidad de personas poco experimentadas.

La exploración del suelo, es una actividad muy costosa; el costo es función del número de muestras ensayadas; por ello, toda muestra debe ser representativa y además significativas”.

Según manifiestan los autores el estudio de suelos es importante en todo tipo de obra y uno de los estudios básicos para iniciar una, ya que gracias a ello podemos saber las características y tipo de suelo donde se va a construir o cimentar la obra. Se debe realizar este estudio para tener las consideraciones necesarias para el diseño de la estructura de la vía y así poder prever las posibles fallas que se puedan presentar a futuro. La exploración para el estudio de suelos por lo general es muy costosa ya que depende mucho de la envergadura de la obra y el número de muestras que se requieran, esto en referencia al manual de carreteras, por lo cual muchas personas no le dan la debida importancia y como consecuencia los pavimentos que se construyen no llegan a los años de vida útil proyectada.

### 2.2.2.1. Análisis Granulométrico

Menéndez, J. (2012), manifiesta que el análisis granulométrico, el cual se encuentra entre los ensayos de suelos más antiguos, es usado en la clasificación de suelos y es parte de las especificaciones de suelos para aeropuertos, carreteras, presas de tierra y otras construcciones con terraplenes de tierra. El análisis granulométrico estándar determina las proporciones relativas de distintos tamaños de granos mientras son distribuidas en ciertos rangos de tamaño, el cual se conoce como distribución granulométrica esto se logra en dos pasos:

- Análisis por tamices para tamaño de partículas retenidos en la malla N° 200.
- Un proceso de sedimentación (análisis de hidrómetro), para tamaños de partículas menores de la malla N°200.

Según manifiesta:

Manual de Ensayo de Materiales, (2016) Este modo operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75 mm (N° 200)".

**Tabla 1.**  
*Tamices de Malla Cuadrada*

| TAMICES | ABERTURA (mm) |
|---------|---------------|
| 3"      | 75,000        |
| 2"      | 50,800        |
| 1 1/2"  | 38,100        |
| 1"      | 25,400        |
| 3/4"    | 19,000        |
| 3/8"    | 9,500         |
| N° 4    | 4,760         |
| N° 10   | 2,000         |
| N° 20   | 0,840         |
| N° 40   | 0,425         |
| N° 60   | 0,260         |
| N° 140  | 0,106         |
| N° 200  | 0,075         |

*Fuente: Manual de ensayo de materiales, (2016).*

Según manifiestan los autores el análisis granulométrico es un ensayo que se realiza como parte de los estudios de suelos teniendo como resultado los diferentes tamaños en las partículas del suelo clasificándolos según el rango establecido mediante el análisis por tamices de mallas certificadas. El análisis

granulométrico de un suelo es importante ya sea para la construcción de proyectos en edificaciones como en carreteras ya que gracias a ello podemos conocer las propiedades del suelo y su comportamiento futuro.

#### **2.2.2.2. Contenido de humedad**

Menéndez, J. (2012) indica que el contenido de humedad del suelo es un indicador de la cantidad de agua presente en el suelo. Por definición, el contenido de humedad es la relación del peso del agua en una muestra con el peso del sólido (secado en el horno) en la muestra, expresando como porcentaje (w).

$$W = W_w \times 100 / W_s$$

Dónde: W es el contenido de humedad del suelo (%),  $W_w$  es el peso del agua en la muestra de suelo y  $W_s$  es el peso del suelo secado al horno.

Según manifiestan los autores el contenido de humedad en un ensayo del estudio de suelos y es la relación en porcentaje de la cantidad de agua que se encuentra presente en una masa de suelo o para ser más específico es una muestra de este. La humedad de suelo mide en porcentaje el contenido de agua de un volumen de tierra, la capacidad máxima de humedad de un suelo depende de qué tipo de suelo sea, su desarrollo y para que uso este destinado.

#### **2.2.2.3. Límite líquido**

Manual de Ensayo de Materiales, (2016):

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo. (p. 67)



**Figura 2.** Muestras De Suelo

Fuente: *Manual de ensayo de materiales*, (2016).

Según manifiestan los autores el límite líquido es un ensayo del estudio de suelos que nos muestra el contenido de agua expresado en porcentaje respecto al peso seco del suelo. Se puede decir que el límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, cuando el suelo llega a este nivel de contenido de humedad está en la cúspide de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso.

#### **2.2.2.4. Limite plástico e índice de plasticidad**

Menéndez, J. (2012) indica:

El límite plástico es el contenido menor de agua que un material puede tener para un comportamiento clásico. Con menos agua el suelo se torna quebradizo y se rompe en fragmentos al intentar remoldearlos, el índice de plasticidad (PI) es la diferencia numérica entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

$$IP = LL - LP$$

Un valor alto de IP, nos indica que el suelo es altamente plástico; un valor bajo denota un suelo con poca plasticidad. A medida que el contenido de agua disminuye por debajo del límite plástico, la masa de suelo se retrae y se toma rígida. Ya que no existe una distinción exacta entre los estados de consistencia líquido, plástico y sólido, procedimientos estandarizados han sido establecidos para determinar el límite líquido y plástico. Estos límites de consistencia, así como el límite de retracción, son llamados límites de Atterberg. (p. 41)

Según manifiestan los autores el límite plástico o índice de plasticidad en un ensayo del estudio de suelos que muestra el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico, es decir es el contenido menor de agua que un material tiene para que su comportamiento sea considerado clásico. El límite plástico de un suelo afecta su comportamiento ya que un valor alto de IP nos indica que el suelo es altamente plástico y en caso contrario nos indicaría que tiene baja plasticidad. Se realizan procedimientos estandarizados para determinar el límite líquido y plástico estos son llamados límites de Atterberg.

#### **2.2.2.5. Compactación del suelo (Proctor estándar).**

Manual de Ensayo de Materiales, (2016):

Este método de ensayo cubre los procedimientos de compactación en el laboratorio que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde con un diámetro de 101,6mm (12 400 pielbf/pie<sup>3</sup>). (p. 119)

Según manifiestan los autores la compactación del suelo (Proctor estándar) es un ensayo del estudio de suelos y es muy importante ya que consiste en un proceso que se da de manera repetitiva (compactación) y tiene como objetivo conseguir una densidad específica para una relación óptima de agua, al fin de garantizar las características mecánicas necesarias del suelo. Este ensayo se realiza mediante una compactación a una energía determinada.

#### **2.2.2.6. CBR de suelos.**

Según Afirman Rondón, H. y Reyes, F. (2015):

Este ensayo debe realizarse sobre el suelo en estado saturado para simular su condición más crítica. Por este motivo los especímenes en el laboratorio se sumergen en agua durante cuatro días, con una carga aplicada sobre la superficie de dichos especímenes, la cual representa en teoría la masa de la estructura del pavimento que soporta la subrasante. El CBR mide de manera indirecta en el suelo una resistencia al corte (penetración) y/o una rigidez (esta última propiedad a través de la relación entre una carga y el desplazamiento). Para el diseño de pavimento, por unidad homogénea de



suelo, se recomienda como mínimo la relación de cinco ensayos de CBR. La totalidad de los valores del CBR se ordenan de menor a mayor con el fin de determinar el porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR. Con estos datos se elabora un gráfico de porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR vs. CBR. Con el gráfico se selecciona el valor del percentil de diseño de acuerdo con el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circulan en el carril y en el periodo de diseño (variable tránsito, N). Con base a este percentil se estima el CBR de diseño. (p. 383).

Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales (2016):

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, sub base y materia de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento. (p. 248).

**Tabla 2.**

*Clasificación del Suelo de Acuerdo con el CBR.*

| N             | Percentil de diseño [%] |
|---------------|-------------------------|
| $\leq 10^4$   | 60                      |
| $10^4 - 10^6$ | 75                      |
| $\geq 10^6$   | 87.5                    |

Fuente: Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño, (2015).

**Tabla 3.**

*Percentiles para determinar el CBR de la Subrasante*

| CBR [%] | Clasificación general | Usos                |
|---------|-----------------------|---------------------|
| 0 - 3   | Muy pobre             | Subrasante          |
| 3 - 7   | Pobre a regular       | Subrasante          |
| 7 - 20  | Regular               | Afirmados y subbase |
| 20 - 50 | Bueno                 | Subbase y base      |
| > 50    | Excelente             | Base                |

Fuente: Pavimentos, Materiales, Construcción y Diseño, (2015).

Según manifiestan los autores el ensayo de CBR es un ensayo del estudio de suelos que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo (muestra de suelo) y gracias a este ensayo podemos evaluar la calidad del terreno para la sub rasante, sub base o base del pavimento flexible o rígido. Este ensayo se realiza sobre un suelo saturado ya que debe realizarse en su estado más crítico, se le aplica una carga simulando la masa de la estructura que van a soportar. El valor de CBR obtenidos en los ensayos forma un parte muy importante para varios métodos de diseño de un pavimento flexible o rígido.

### 2.2.3. PCI

Según manifiesta Vásquez, L. (2002):

El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. En el Cuadro 1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento. (p. 2)

**Tabla 4.**  
*Percentiles para determinar el CBR de la Subrasante.*

| RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI |               |
|--------------------------------|---------------|
| Rango                          | Clasificación |
| 100 – 85                       | Excelente     |
| 85 – 70                        | Muy Bueno     |
| 70 – 55                        | Bueno         |
| 55 – 40                        | Regular       |
| 40 – 25                        | Malo          |
| 25 – 10                        | Muy Malo      |
| 10 – 0                         | Fallado       |

*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores el PCI es un índice de condición que nos muestra mediante calificaciones la clase de daño, cantidad y severidad que se puede encontrar en un pavimento o muestra de este que se encuentra en estudio. El PCI nos muestra mediante una escala numérica la condición actual de un pavimento siendo (0) un pavimento en mal estado o fallado y 100 un pavimento en excelentes condiciones. La evaluación del PCI consiste en un procedimiento de inspección visual identificado las fallas encontradas siguiendo una metodología de fácil desarrollo y no requiere de herramientas especializadas. Los resultados que nos proporciona el PCI nos permiten justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

### **2.2.3.1. Unidades de muestreo**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Se divide la vía en secciones o “Unidades de muestreo” cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- a) Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menos que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango 230.0 + 93.0 m<sup>2</sup>. En el Cuadro 2 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada”. (p. 4)

**Tabla 5.**

*Longitudes de Unidades de Muestreo Asfáltico.*

| Ancho de calzada (m) | Longitud de la unidad de muestreo (m) |
|----------------------|---------------------------------------|
| 5.0                  | 46.0                                  |
| 5.5                  | 41.8                                  |
| 6.0                  | 38.3                                  |
| 6.5                  | 35.4                                  |
| 7.3 (máximo)         | 31.5                                  |

**Fuente:** *Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

**Tabla 5.**  
*Índice Condición de Pavimento*

| ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO                        |                            |                 |                          |                |                             |                    |   |   |   |     |
|--|----------------------------|-----------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------|---|---|---|-----|
| PCI-02. CARRETERAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO HIDRÁULICO |                            |                 |                          |                |                             |                    |   |   |   |     |
| EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO       |                            |                 |                          |                |                             |                    |   |   |   |     |
| ZONA   |                            | ABSCISA INICIAL |                          |                |                             | UNIDAD DE MUESTREO |   |   |   |     |
| CÓDIGO VÍA   |                            | ABSCISA FINAL   |                          |                |                             | NÚMERO DE LOSAS    |   |   |   |     |
| INSPECCIONADA POR  |                            | FECHA           |                          |                |                             |                    |   |   |   |     |
| No.  | Daño                       | No.             | Daño                     | No.            | Daño                        |                    |   |   |   |     |
| 21   | Blow up / Buckling.        | 27              | Desnivel Carril / Berma. | 34             | Punzonamiento.              |                    |   |   |   |     |
| 22   | Grieta de esquina.         | 28              | Grieta lineal.           | 35             | Cruce de vía férrea         |                    |   |   |   |     |
| 23   | Losa dividida.             | 29              | Parqueo (grande).        | 36             | Desconchamiento             |                    |   |   |   |     |
| 24   | Grieta de durabilidad "D". | 30              | Parqueo (pequeño)        | 37             | Retracción                  |                    |   |   |   |     |
| 25   | Escala.                    | 31              | Pulimento de agregados   | 38             | Descascaramiento de esquina |                    |   |   |   |     |
| 26   | Sello de junta.            | 32              | Popouts                  | 39             | Descascaramiento de junta   |                    |   |   |   |     |
|  |                            | 33              | Bombeo                   |                |                             |                    |   |   |   |     |
| Daño   | Severidad                  | No. Losas       | Densidad (%)             | Valor deducido | ESQUEMA                     |                    |   |   |   |     |
|  |                            |                 |                          |                | 0                           | 0                  | 0 | 0 | 0 |     |
|  |                            |                 |                          |                |                             |                    |   |   |   | 10  |
|  |                            |                 |                          |                | 0                           | 0                  | 0 | 0 | 0 | 9   |
|  |                            |                 |                          |                | 0                           | 0                  | 0 | 0 | 0 | 8   |
|  |                            |                 |                          |                | 0                           | 0                  | 0 | 0 | 0 | ... |
|  |                            |                 |                          |                | 0                           | 0                  | 0 | 0 | 0 |     |
|  |                            |                 |                          |                | 1                           | 2                  | 3 | 4 |   |     |

Figura 2. Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico.

Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores las unidades de muestreo se definen en el área o zona de estudio y se dividen en secciones a las que llamamos “unidades de muestreo”. Los tramos se dividirán en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo, luego se identificarán las unidades de muestras individuales a ser inspeccionadas de tal manera que permita a los evaluadores es decir a quienes están haciendo el estudio localizarlas fácilmente sobre la superficie del pavimento.

**2.2.3.2. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo**

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada año de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

Cálculo para carreteras con capa de rodadura asfáltica:

**Etap 1.** Cálculo de los valores deducidos:

- a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna total del formato PCI – 01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b) Divida la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el Área total de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la Densidad del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- c) Determine el valor deducido para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor deducido del daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado,

**Etap 2.** Cálculo de Numero Máximo Admisible de Valores Deducidos

- a) Si a ninguno o tan solo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV.
- b) Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.

Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la ecuación 3:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas.}$$

Donde:  
 $m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la unidad de muestreo  $i$ .  
 $HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

**Figura 3.** Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica.  
**Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).**

El número de valores individuales deducidos se reduce a m, inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que m se utilizan todos los que se tengan.

**Etapa 3.** Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a) Determine el número de valores deducidos,  $q$ , mayores que 2.0.
- b) Determine el “Valor deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c) Determine el CDV con  $q$  y el “Valor deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d) Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que  $q$  sea igual a 1.
- e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

**Etapa 4.** Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3”. (p. 6-7)

Según manifiestan los autores el cálculo del PCI de las unidades de muestreo se realizan después de que se realizó la inspección de campo, una vez obtenidos los resultados se calculan ya sea de forma manual o computarizada. En la primera etapa se registrará los daños según el tipo y severidad dándole un valor, luego se dividirá la cantidad de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y se plasmará el resultado como porcentaje. Luego se determinará el “Valor deducido del daño”.

En la segunda etapa se hará el cálculo de Numero Máximo Admisible de Valores Deducidos ( $m$ ) teniendo un listado de los valores deducidos individuales de mayor a menor y determinado el resultado de este con la formula antes mencionada.

En la tercera etapa se hará el cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido (CDV)” y luego como última etapa se calcula el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la etapa 3.

### 2.2.3.3. Cálculo del PCI de una sección de pavimento

Según manifiesta Vásquez, L. (2002) “Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

**Figura 4.** PCI de una sección del pavimento.  
**Fuente:** *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Donde:

PCIS: PCI de la sección del pavimento.

PCIR: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCIA: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales. N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

Según manifiestan los autores el Cálculo del PCI de una sección de pavimento se comprende en que el área de estudio que se divide en varias secciones. Todas las unidades de muestreo son inventariadas entonces el PCI final será el promedio de cada PCI calculado en las unidades de muestreo.

Se pueden utilizar varias formas para calcular el PCI ya sea la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, en la que el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas, pero

si se utilizaron unidades de muestreo adicionales se procederá a calcularse de otra forma, usando el promedio ponderado calculado con la formula antes mencionada.

#### **2.2.3.4. Clasificación de fallas**

##### *2.2.3.4.1. Piel de cocodrilo.*

Según afirma Vásquez, L. (2002), “las grietas de fatiga o piel de cocodrilo son una serie de grietas interconectadas cuyo origen es la falla por fatiga de la capa de rodadura asfáltica bajo acción repetida de las cargas de tránsito. El agrietamiento se inicia en el fondo de la capa asfáltica (O base estabilizada) donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son mayores bajo la carga de una rueda. Inicialmente, las grietas se propagan a la superficie como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tránsito, las grietas se conectan formando polígonos con ángulos agudos que desarrollan un patrón que se asemeja a una malla de gallinero o a la piel de cocodrilo. Generalmente, el lado más grande de las piezas no supera los 0.60m (...) La piel de cocodrilo se considera como un daño estructural importante y usualmente se presenta acompañado por ahuellamiento. Niveles de severidad:

**L (Low: Bajo):** Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

**M (Medium: Medio):** Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

**H (High: Alto):** Red o Patrón de Grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y descascarados los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el tránsito.

#### **Medida.**

Se mide en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada.





**Figura 5.** Piel de Cocodrilo Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.  
Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores la piel de cocodrilo son una serie de grietas que se originan por una falla por fatiga que se da en la capa de rodadura del pavimento flexible a causa de las cargas repetidas del tránsito, luego estas grietas se conectan formando polígonos angulares desarrollando un patrón en la superficie que se parece a la piel de un cocodrilo. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se dividen en bajo, medio, alto y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### 2.2.3.4.2. Exudación

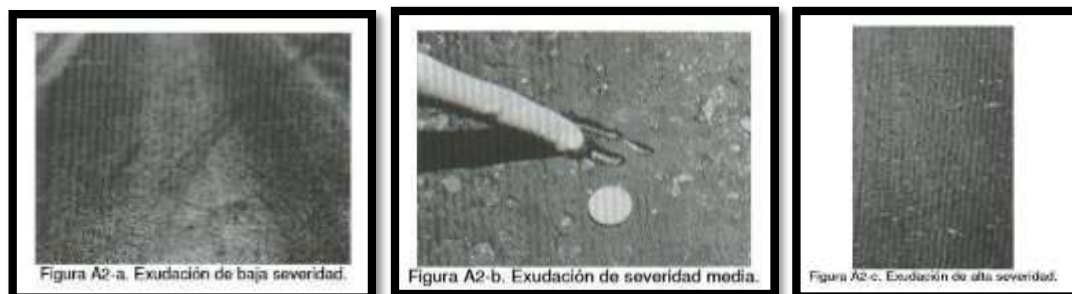
Según manifiesta Vásquez, L. (2002), la exudación es una película de material Bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento.

#### **Niveles de severidad:**

- L: La exudación ha ocurrido solamente en un grado muy ligero y es detectable únicamente durante unos pocos días del año. El asfalto no se pega a los zapatos o a los vehículos.
- M: La Exudación ha ocurrido hasta un punto en el cual el asfalto se pega a los zapatos y vehículos únicamente durante unas pocas semanas del año.
- H: La exudación ha ocurrido de forma extensa y gran cantidad de asfalto se pega a los zapatos y vehículos al menos durante varias semanas al año.

## Medida.

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza la exudación no deberá contabilizarse el pulimento de agregado.



**Figura 6.** Exudación Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.  
Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores la exudación es la presencia de una capa de material bituminoso que se presenta en la superficie del pavimento la cual tiene un aspecto brillante, resbaladizo y puede llegar a ser pegajosa en tiempo cálido. Este tipo de falla es originada por el exceso de asfalto en la mezcla, deficiencia en porcentajes de vacíos o por concentración de residuos de combustibles no quemados.

Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium, Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

### 2.2.3.4.3. Agrietamiento en bloque

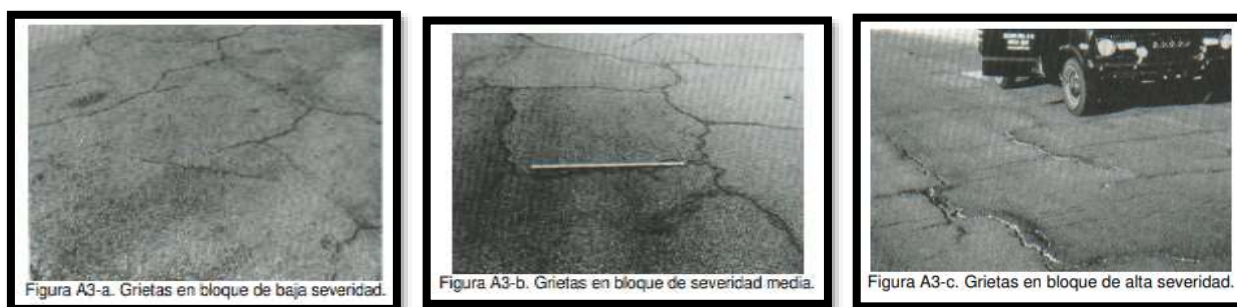
Según afirma Vásquez, L. (2002) “Las grietas en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las grietas en bloque se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las grietas en bloque no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente. Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito (...)

### Niveles de severidad:

- L: Bloques definidos por grietas de baja severidad, como se define para grietas longitudinales y transversales.
- M: Bloques definidos por grietas de severidad media. H: Bloques definidos por grietas de alta severidad.

### Medida.

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Generalmente, se presenta un sólo nivel de severidad en una sección de pavimento; sin embargo, cualquier área de la sección de pavimento que tenga diferente nivel de severidad deberá medirse y anotarse separadamente”. (p. 14)



**Figura 7. Agrietamiento en Bloque Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C)Alta**  
*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores el agrietamiento en bloque son grietas interconectadas que dividen el pavimento en bloques en áreas rectangulares, estos bloques pueden variar de tamaño. Esta falla se origina generalmente por la contracción de la carpeta asfáltica, estas fallas se pueden presentar en largas áreas del pavimento como también solo en áreas donde no hay tráfico, esto la diferencia de otro tipo de fallas que se puedan presentar en la vía ya que no solo son causadas por la carga del tránsito vehicular. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### 2.2.3.4.4. Abultamiento (BUMPS) y hundimientos (SAGS)

Según afirma Vásquez, L. (2002), los abultamientos son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento.

Se diferencian de los desplazamientos, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los abultamientos, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

- 1) Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
- 2) Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
- 3) Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “tenting”) (...)

#### **Niveles de severidad**

- L: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de baja severidad.
- M: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad media.
- H: Los abultamientos o hundimientos originan una calidad de tránsito de severidad alta.

#### **Medida**

Se miden en pies lineales (ó metros lineales). Si aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tránsito y están espaciadas a menos de 3.0 m, el daño se llama corrugación. Si el abultamiento ocurre en combinación con una grieta, ésta también se registra.



**Figura 8.** Abultamiento y Hundimiento Nivel Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta  
Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores el abultamiento (BUMPS) y hundimientos (SAGS) son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos que se dan en la superficie del pavimento y en el caso del abultamiento son desplazamientos pequeños hacia arriba. El abultamiento puede ser causado por el desplazamiento por congelación o infiltración, acumulación de material en una grieta en combinación con cargas de tráfico. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros lineales.

#### 2.2.3.4.5. Corrugación

Según afirma Vásquez, L. (2002), la corrugación (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los abultamientos ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina corrugación.

#### Niveles de severidad

- L: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de baja severidad. M: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de mediana severidad.
- H: Corrugaciones producen una calidad de tránsito de alta severidad. Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.



**Figura 9.** Corrugación Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta  
*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores la corrugación es una serie de depresiones muy continuas que ocurren en intervalos bastante regulares que son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de falla se origina por una combinación de las cargas del tránsito vehicular con una carpeta o base inestable dando como resultado este tipo de deficiencias en el pavimento. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se dividen en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### *2.2.3.4.6. Depresión*

Según afirma Vásquez, L. (2002), son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las depresiones suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las depresiones pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las depresiones son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático.

Los hundimientos a diferencia de las depresiones, son las caídas bruscas del nivel.

## Niveles de severidad.

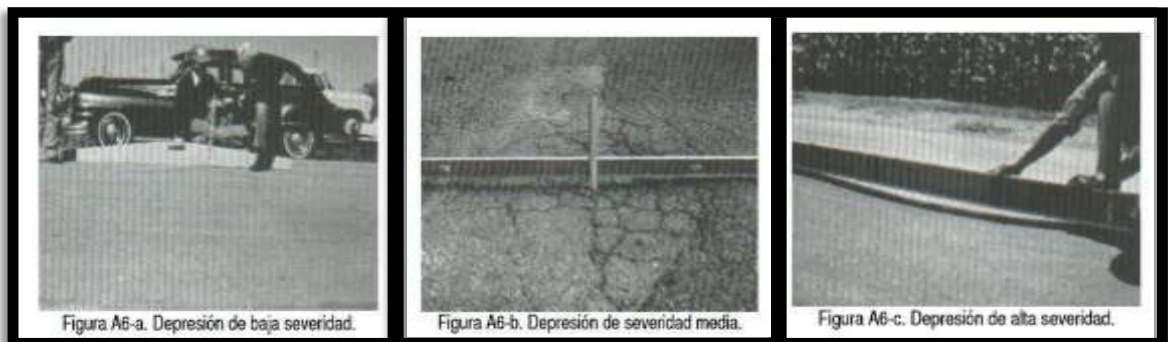
Máxima profundidad de la depresión:

L: 13.0 a 25.0 mm.

M: 25.0 a 51.0 mm.

H: Más de 51.0 mm. Medida

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) del área afectada". (p. 20)



**Figura 10.** Depresión Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.

**Fuente:** *Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores las depresiones son áreas localizadas en la superficie del pavimento flexible que presenta ligeramente un nivel diferente al resto de la vía. Usualmente estas fallas se pueden visualizar después de una lluvia ya que el agua se acumula en las áreas donde se presenta esta falla evidenciando la zona dañada, dejando manchas ocasionadas por el agua. Esta falla es ocasionada por el asentamiento de la sub rasante o por un mal proceso constructivo a la hora de colocar las diferentes capas que compone la estructura del pavimento flexible. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.



#### 2.2.3.4.7. Grieta de borde

Según afirma Vásquez, L. (2002), las grietas de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se agrieta (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

#### Niveles de severidad.

- L: Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación o desprendimiento.
  - M: Grietas medias con algo de fragmentación y desprendimiento.
  - H: Considerable fragmentación o desprendimiento a lo largo del borde. Medida
- La grieta de borde se mide en pies lineales (ó metros lineales).



**Figura 11.** Grieta de Borde Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.  
Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiestan los autores las grietas de borde aparecen paralelas al eje de la vía. Este tipo de falla se acelera con más severidad por la carga de tránsito y puede ser originada por el debilitamiento de la base o de la sub rasante próxima a la carpeta de rodadura. Este tipo de falla se puede originar por las mismas condiciones climáticas o por la falta de soporte lateral, en algunos casos se puede



llegar a perder el material de las partes laterales de la vía por disgregación, por la continua acción de las cargas de tránsito. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metroslineales.

#### *2.2.3.4.8. Grieta de reflexión de junta*

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico (...)

#### **Niveles de Severidad**

- L: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm, o 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).
- M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno con ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio. 3. Grieta rellena de cualquier ancho rodeada de un ligero agrietamiento aleatorio.
- H: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de un agrietamiento aleatorio de media o alta severidad. 2. Grietas sin relleno de más de 76.0 mm. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas (la grieta está severamente fracturada).

#### **Medida**

La grieta de reflexión de junta se mide en pies lineales (o metros lineales). La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. Por ejemplo, una grieta de 15.0 m puede tener 3.0 m de grietas de alta severidad; estas deben registrarse de forma separada. Si se presenta un abultamiento en la grieta de reflexión este también debe registrarse.



**Figura 12. Grieta de Reflexión e Junta Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).**

Según manifiestan los autores la grieta de reflexión de junta es una falla que ocurre cuando se construye una superficie de rodadura sobre una losa de concreto. Esta falla es causada por el movimiento de la losa de concreto que se da por la temperatura o la humedad que se da bajo la superficie de la carpeta asfáltica. Por otra parte, las cargas de tránsito también pueden causar la rotura de la carpeta asfáltica cerca de las grietas que pueda haber en ellas. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros lineales.

#### 2.2.3.4.9. Desnivel carril / berma

Según afirma Vásquez, L. (2002) “El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

#### **Niveles de severidad.**

- L: La diferencia en elevación entre el borde del pavimento y la berma está entre 25.0 y 51.0 mm.
- M: La diferencia está entre 51.0 mm y 102.0 mm.
- H: La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm. Medida

El desnivel carril / berma se miden en pies lineales (ó metros lineales).



**Figura 13.** Desnivel carril/berma nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.  
Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores el desnivel carril/berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es originada por la erosión o asentamiento de la berma o causada por colocar nuevas carpetas (sobrecarpetas) en la vía sin el debido ajuste del nivel de la berma. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros lineales.

#### 2.2.3.4.10. Grietas longitudinales y transversales

Según afirma Vásquez, L. (2002) “Las grietas longitudinales son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción y pueden ser causadas por:

- 1) Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
- 2) Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
- 3) Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto (...)

#### Niveles de Severidad

L: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm. 2. Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

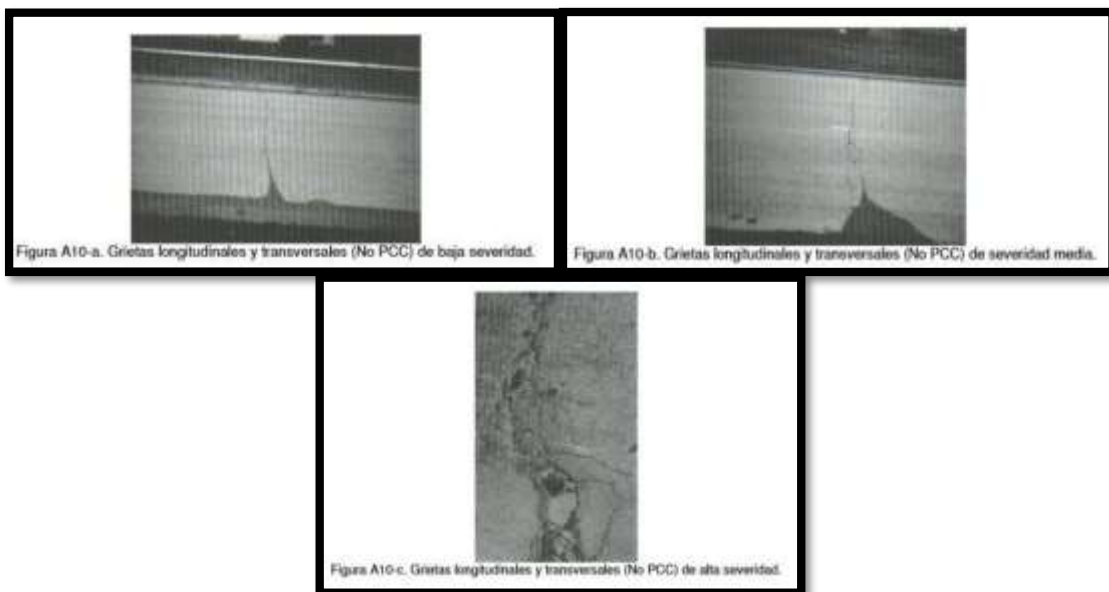
M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Grieta sin relleno de ancho entre

10.0 mm y 76.0 mm. 2. Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas. 3. Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta. 2. Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho. 3. Una grieta de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

### Medida

Las grietas longitudinales y transversales se miden en pies lineales (ó metros lineales). La longitud y severidad de cada grieta debe registrarse después de su identificación. Si la grieta no tiene el mismo nivel de severidad a lo largo de toda su longitud, cada porción de la grieta con un nivel de severidad diferente debe registrarse por separado. Si ocurren abultamientos o hundimientos en la grieta, estos deben registrarse.



**Figura 14. Las Grietas Longitudinales y Transversales, Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta**

Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores las grietas longitudinales y transversales aparecen a lo largo del eje de la vía como perpendiculares a ella. Esta falla se origina por la mala construcción de juntas o por ausencia de ella, por la contracción de la carpeta asfáltica debido a las bajas temperaturas o uso de ligantes muy duros o envejecidos. Usualmente este tipo de fallas no están relacionadas con la carga del tránsito vehicular. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros lineales.

#### *2.2.3.4.11. Parcheo y acometidas de servicio publico*

Según afirma Vásquez, L. (2002), un parche es un área de pavimento la cual ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto no importa que tan bien se comporte (usualmente, un área parchada o el área adyacente no se comportan tan bien como la sección original de pavimento). Por lo general se encuentra alguna rugosidad está asociada con estedaño.

#### **Niveles de Severidad.**

- L: El parche está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.
- M: El parche está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.
- H: El parche está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

#### **Medida.**

Los parches se miden en pies cuadrados (o metros cuadrados) de área afectada. Sin embargo, si un sólo parche tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un parche de 2.32 m<sup>2</sup> puede tener 0.9 m<sup>2</sup> de severidad media y 1.35 m<sup>2</sup> de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente.

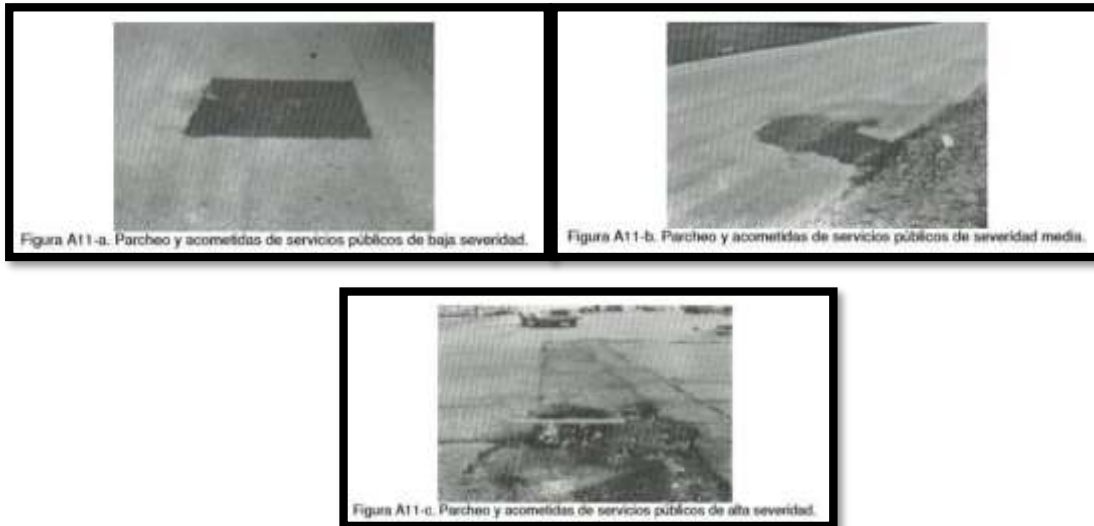


Figura 14: *Parcheo y Acometidas de Servicios Públicos Nivel de Severidad* (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.

Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002)

Según manifiestan los autores el parcheo y acometidas de servicio público son los parches que se colocan en un área del pavimento flexible que se encuentra en mal estado y por consecuencia ha sido reemplazado en el área dañada con el fin de repararla para darle un mejor desplazamiento a la parte superficial de la vía. Los parches de cortes utilitarios son los que se hacen por la instalación de algún servicio ya sea agua, desagüe, teléfono, entre otros trabajos similares. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### 2.2.3.4.12. *Pulimiento de agregados*

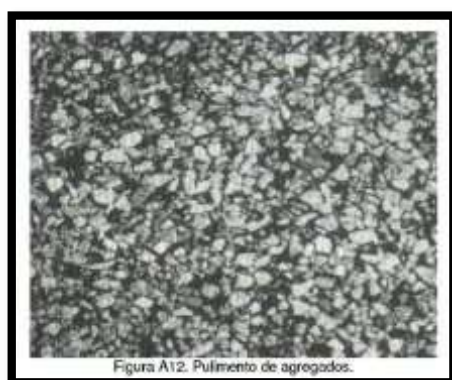
Según afirma Vásquez, L. (2002), este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo (...)

### **Niveles de severidad.**

No se define ningún nivel de severidad. Sin embargo, el grado de pulimento deberá ser significativo antes de ser incluido en una evaluación de la condición y contabilizado como defecto.

### **Medida**

Se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si se contabiliza exudación, no se tendrá en cuenta el pulimento de agregados.



*Figura 15: Pulimento de Agregados Nivel de Severidad no se define  
Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores el pulimento de agregados es causado por repeticiones en la carga del tránsito. El agregado pulido existe cuando una evaluación minuciosa del pavimento da a conocer que el agregado que se extiende sobre el asfalto es muy pequeño o no existe aspereza que proporcione una buena resistencia al deslizamiento. Este tipo de falla se identifica cuando los resultados de los ensayos de resistencia al deslizamiento son bajos a comparación con evaluaciones previas. Los niveles de severidad no se encuentran definidos pero el nivel de pulido se tiene que apreciar claramente y debe ser suave al tacto se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### **2.2.3.4.13. Huecos.**

Según afirma Vásquez, L. (2002), los huecos son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la

acumulación de agua dentro del mismo. Los huecos se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento.

### Niveles de severidad

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos.

Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en pies cuadrados (o metros cuadrados) y dividirla entre 5 pies<sup>2</sup> (0.47 m<sup>2</sup>) para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

**Tabla 6.**

*Cuadro de Niveles de Severidad para Huecos.*

| Profundidad máxima del hueco. | Diámetro medio (mm) |              |              |
|-------------------------------|---------------------|--------------|--------------|
|                               | 102 a 203 mm        | 203 a 457 mm | 457 a 762 mm |
| 12.7 a 25.4 mm                | L                   | L            | M            |
| > 25.4 a 50.8 mm              | L                   | M            | H            |
| > 50.8 mm                     | M                   | M            | H            |

*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

### Medida

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.



**Figura 15.** Huecos Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.

*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores los huecos son depresiones pequeñas que se encuentran en la superficie del pavimento flexible. El crecimiento de este tipo de fallas se acelera por la acumulación de agua que puede haber dentro de ella ya se deba por factores naturales (lluvias) o algún agente externo. Este tipo de falla se



origina cuando en el tránsito vehicular se desprender pedazos de la superficie de rodadura, la desintegración del pavimento aumenta debido a mezclas pobres que podrían hallarse en la superficie, estos también son ocasionados por defectos constructivos, un sub drenaje inadecuado o un mal diseño del paquete estructural. Los niveles de severidad se pueden medir mediante un cuadro antes mencionado que se divide en niveles de bajo, medio, alto y se mide contando los huecos que sean de las severidades antes mencionadas y registrándolas por separado.

#### 2.2.3.4.14. Crece de vía férrea

Según afirma Vásquez, L. (2002), los defectos asociados al cruce de vía férrea son depresiones o abultamientos alrededor o entre los rieles. Niveles de severidad.

L: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de baja severidad.

M: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad media.

H: El cruce de vía férrea produce calidad de tránsito de severidad alta. Medida

El área del cruce se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Si el cruce no afecta la calidad de tránsito, entonces no debe registrarse. Cualquier abultamiento considerable causado por los rieles debe registrarse como parte del cruce.



**Figura 16.** Cruce de Vía Férrea Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta  
*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores el crece de la vía férrea se presentan como abultamientos o depresiones que se encuentran alrededor de los rieles cerca de los pavimentos flexibles. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### 2.2.3.4.15. Ahuellamiento

Según afirma Vásquez, L. (2002), el ahuellamiento es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del ahuellamiento, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El ahuellamiento se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

#### Niveles de severidad

Profundidad media del ahuellamiento:

L: 6.0 a 13.0 mm.

M: >13.0 mm a 25.0 mm. H: > 25.0 mm.

#### Medida

El ahuellamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada y su severidad está definida por la profundidad media de la huella. La profundidad media del ahuellamiento se calcula colocando una regla perpendicular a la dirección del mismo, midiendo su profundidad, y usando las medidas tomadas a lo largo de aquel para calcular su profundidad media.



**Figura 17.** Ahuellamiento Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta.  
Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores el ahuellamiento es una depresión longitudinal al largo del eje de la vía que trae como consecuencia la deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante. Este tipo de falla es causada por una mala compactación en las capas que componen la estructura del pavimento, lo que origina una inestabilidad en las capas originando el desplazamiento lateral de estas debido al tránsito vehicular. Este tipo de falla puede causar una seria falla a nivel estructural del pavimento. Las otras posibles causas pueden ser una mezcla asfáltica inestable, exceso de ligante en riegos, mal diseño del paquete estructural, la mala calidad de los materiales utilizados para su construcción o un mal control de calidad en el proceso constructivo. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### *2.2.3.4.16. Desplazamiento*

Según afirma Vásquez, L. (2002), el desplazamiento es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión) (...)

#### **Niveles de severidad**

- L: El desplazamiento causa calidad de tránsito de baja severidad.
- M: El desplazamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- H: El desplazamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

#### **Medida**

Los desplazamientos se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada. Los desplazamientos que ocurren en parches se consideran para el inventario de daños como parches, no como un daño separado.



**Figura 18.** Desplazamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta  
Fuente: *Pavement Condition Index (PCI)*, (2002).

Según manifiestan los autores el desplazamiento son distorsiones de la superficie originados por el desplazamiento de las mezclas, estos pueden ser longitudinales y permanentes de un área localizada del pavimento. Estas fallas se originan por acción de las cargas producidas por el tránsito vehicular, esto ocurre normalmente en pavimentos con mezclas de asfalto líquidos inestables (emulsiones) o también cuando estos tipos de pavimento colindan con pavimentos rígidos, ya que estos últimos al aumentar su longitud empujan al pavimento flexible produciendo un desplazamiento. Las otras posibles son el exceso de asfalto o de vacíos, la falta de confinamiento lateral o la adherencia inadecuada en el proceso de riego o de imprimación. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se dividen en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### 2.2.3.4.17. Grietas parabólicas

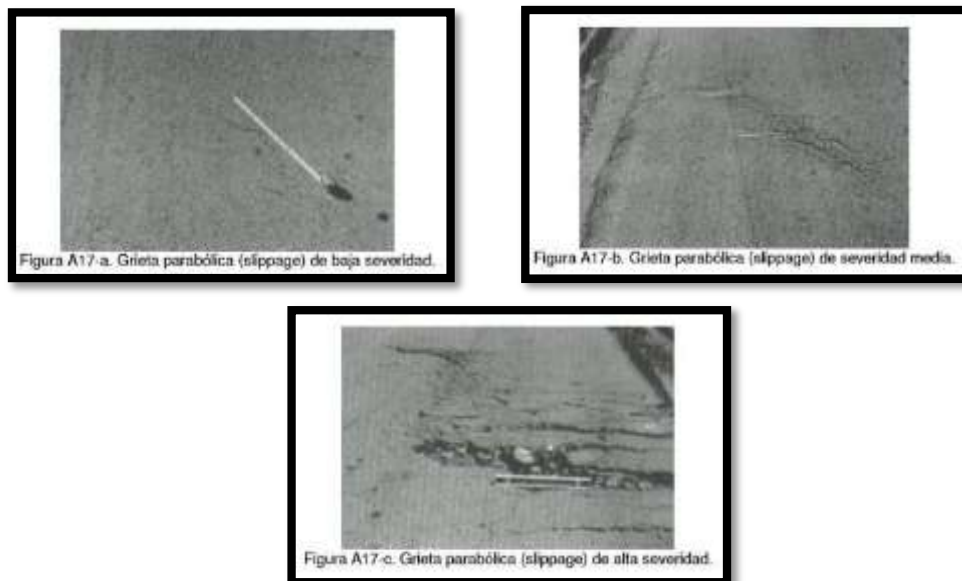
Según afirma Vásquez, L. (2002), las grietas parabólicas por deslizamiento (slippage) son grietas en forma de media luna creciente. Son producidas cuando las ruedas que frenan o giran inducen el deslizamiento o la deformación de la superficie del pavimento. Usualmente, este daño ocurre en presencia de una mezcla asfáltica de baja resistencia, o de una liga pobre entre la superficie y la capa siguiente en la estructura de pavimento. Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica de la calzada.

## Nivel de severidad

- L: Ancho promedio de la grieta menor que 10.0 mm.
- M: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta entre 10.0 mm y 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.
- H: Existe una de las siguientes condiciones: 1. Ancho promedio de la grieta mayor que 38.0 mm. 2. El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos fácilmente removibles.

## Medida

El área asociada con una grieta parabólica se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma.



**Figura 19.** Grietas Parabólicas Nivel de Severidad (A) Baja, (B) Media, (C) Alta  
*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores las grietas parabólicas tienen la forma de una media luna que se dan de manera transversal. Estas fallas se originan por mezclas asfálticas de baja estabilidad o en capas superpuestas. Otras causas que originan este tipo de falla pueden ser el frenado de las ruedas de los vehículos o por un giro

al momento de cambiar de dirección originando el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento flexible, por el exceso de ligante o falta de riego de liga o por un alto contenido de arena fina en la mezcla. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se dividen en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### 2.2.3.4.18. Hinchamiento

Según afirma Vásquez, L. (2002), el hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

#### Nivel de severidad

- L: El hinchamiento causa calidad de tránsito de baja severidad. El hinchamiento de baja severidad no es siempre fácil de ver, pero puede ser detectado conduciendo en el límite de velocidad sobre la sección de pavimento. Si existe un hinchamiento se producirá un movimiento hacia arriba.
- M: El hinchamiento causa calidad de tránsito de severidad media.
- H: El hinchamiento causa calidad de tránsito de alta severidad.

#### Medida

El hinchamiento se mide en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.



**Figura 20.** Hinchamientos nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta.  
*Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).*

Según manifiestan los autores el hinchamiento es el levantamiento ubicado en la superficie del pavimento en forma de una onda larga. Este tipo de falla de origina principalmente por la expansión del suelo de fundación, por suelos expansivos. Estos tipos de fallas pueden estar acompañados de un agrietamiento superficial. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.

#### *2.2.3.4.19. Meteorización / desprendimiento de agregados*

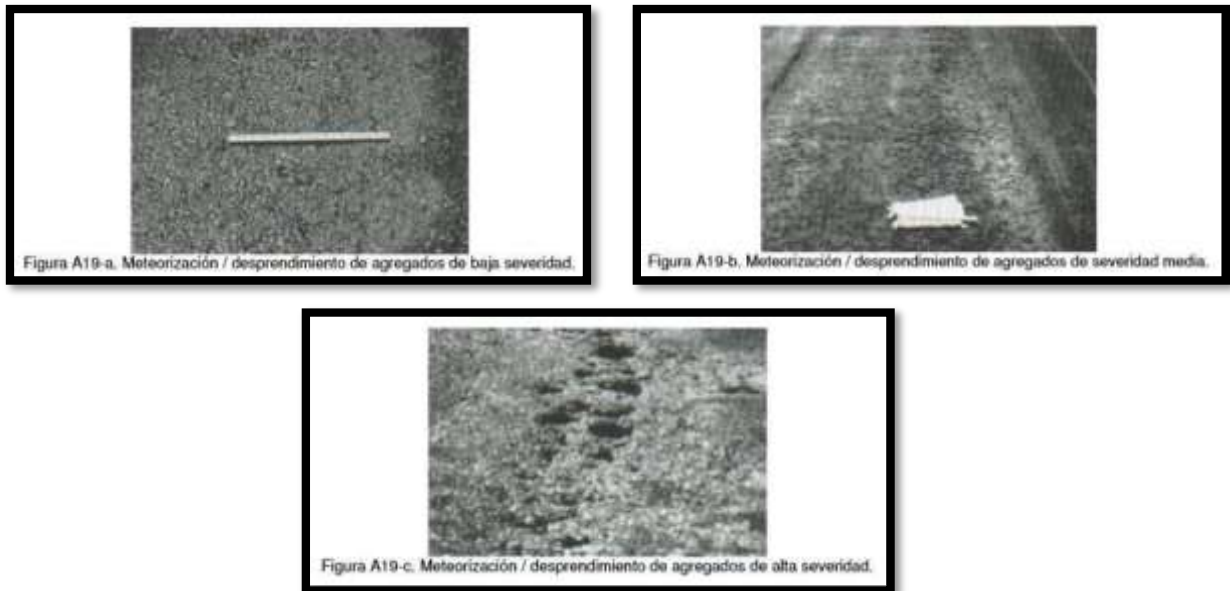
Según afirma Vásquez, L. (2002), la meteorización y el desprendimiento son la pérdida de la superficie del pavimento debida a la pérdida del ligante asfáltico y de las partículas sueltas de agregado. Este daño indica que, o bien el ligante asfáltico se ha endurecido de forma apreciable, o que la mezcla presente es de pobre calidad. Además, el desprendimiento puede ser causado por ciertos tipos de tránsito, por ejemplo, vehículos de orugas. El ablandamiento de la superficie y la pérdida de los agregados debidos al derramamiento de aceites también se consideran como desprendimiento.

#### **Niveles de severidad**

- L: Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.
- M: Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.
- H: Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran huecos. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

## Medida

La meteorización y el desprendimiento se miden en pies cuadrados (ó metros cuadrados) de área afectada.



**Figura 21.** Meteorización / desprendimiento de agregados nivel de severidad (a) baja, (b) media, (c) alta. Fuente: Pavement Condition Index (PCI), (2002).

Según manifiestan los autores la meteorización o desprendimientos de agregados es una desintegración superficial que sufre el pavimento flexible ocasionado por la pérdida del ligante asfáltico. Este tipo de fallas indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que la mezcla es de baja calidad. Otro tipo de causas que originan estas fallas son el ablandamiento de la superficie y la pérdida de agregados, el uso de agregados sucios o muy absorbentes. Los niveles de severidad que tiene este tipo de falla se divide en L (Low: Bajo), M (Medium: Medio), H (High: Alto) y se puede medir el área afectada en las unidades de metros cuadrados.



#### **2.2.4. Estudio del tráfico**

Según Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2015) afirma:

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino (...) El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del Índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de estudio. Es conveniente para ellos que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos. (p. 48)

Según afirma Menéndez, J. (2012):

El tráfico es uno de los factores más relevantes en el diseño del pavimento. Su correcta determinación depende de muchos factores que pueden conducir a una estimación inadecuada del mismo. Los métodos actuales se basan en transformar los diferentes tipos de vehículos en un eje estándar equivalente, para posteriormente calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño del pavimento (ESAL). Esta forma de cálculo conlleva a una serie de errores en la estimación del daño, en especial cuando se trata de ejes simples y ejes no convencionales. Sin embargo, el método de diseño de NCHRP considera el tráfico a través del espectro de cargas por cada tipo de vehículo, es decir, toma en cuenta el hecho de que cada tipo de vehículo tiene un rango de cargas en los diferentes ejes que dependen de la configuración del mismo, la cantidad de carga que trasladan y las condiciones del vehículo. De esta forma los cálculos ya no son efectuados bajo el concepto de ESAL sino directamente con la distribución de cargas por tipo de vehículo. (p. 163).

Según manifiestan los autores el estudio de tráfico es muy importante ya que gracias a ello podemos saber los tipos de vehículos que transitan por esa vía y las horas en la que el tránsito es más pesado. El estudio de tráfico es muy importante ya que la información obtenida nos sirve para el diseño de la estructura del

pavimento flexible. Este estudio nos da el índice medio diario anual para cada tramo que está siendo objeto de estudio, nos proporciona el rango de cargas de cada vehículo, la cantidad de cargas que trasladan, las condiciones del vehículo y nos dan a conocer la distribución de carga que hay por vehículo. Este estudio es importante para realizar el diseño del pavimento y prevenir a futuro los posibles problemas que pueda haber con respecto a la vida útil de esa vía.

#### **2.2.4.1. Periodo de diseño**

Según afirma Menéndez, J. (2012):

Este aspecto es de suma importancia para la determinación de la factibilidad económica de la solución que se plantee, en ninguno de los casos podrá ser menor que el periodo de vida útil de la estructura planteada que por lo general es de 10 a 20 años en los pavimentos flexibles y de 20 a 30 años en los pavimentos rígidos. En este punto es importante tomar en cuenta las restricciones legales para el análisis de factibilidad de proyectos con fondos públicos a pesar de que estos procedimientos se orientan a periodos de corto plazo que no permiten soluciones adecuada en especial en proyectos de tráfico medio. (p. 166)

**Tabla 7.**  
*Periodos de diseños en función del tipo de carretera.*

| Tipo de Carretera                           | Periodo de Diseño |
|---|-------------------|
| Urbana con altos volúmenes de tránsito      | 30-50 años        |
| Interurbana con altos volúmenes de tránsito | 20-50 años        |
| Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito | 15-25 años        |
| Revestidas con bajos volúmenes de tránsito  | 10-20 años        |
| Afirmadas o lastradas                       | 5-10 años         |

*Fuente: Ingeniería de Pavimentos, Materiales, Diseño y Conservación.(2012).*

Según manifiestan los autores el periodo de diseño es un aspecto muy importante ya que determina la solución que se va plantear con respecto a la elección de la construcción del tipo de pavimento y si esta es factible económicamente

dependiendo mucho las zonas, fondos municipales o áreas correspondientes. Las soluciones planteadas deben cubrir como mínimo los rangos de vida útil que tiene cada tipo de pavimento y el periodo de mantenimiento después de su construcción. El desarrollo de la propuesta económica tiene que regirse de acuerdo al marco legal y periodos propuestos.

#### **2.2.4.2. Índice medio diario anual (IMDA)**

Según afirma Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, (2014):

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica. Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. (p. 95)

Según manifiestan los autores el índice medio diario anual representa aritméticamente el volumen diario para todos los días del año tomadas en un punto específico o sección considerada de la vía. Estos valores permiten realizar cálculos para la factibilidad económica, esta información también es utilizada por el proyectista para determinar las características de diseño de la carretera como el tipo de pavimento que sea mejor para la zona, prever los programas de mejoras y de mantenimiento, determinar la demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño calculando así en promedio cuantos vehículos utilizarán por día y que se incrementara con una tasa de crecimiento anual.

### **2.2.4.3. Volumen horario de diseño (VHD)**

Según afirma Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, (2014), el patrón de tráfico en cualquier carretera, muestra una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año. En caminos de alto tránsito, es el volumen horario de diseño (VHD), y no el IMDA, lo que determina las características que deben otorgarse al proyecto, para evitar problemas de congestión y determinar condiciones de servicio aceptables. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño. El VHD deberá obtenerse a partir de un ordenamiento decreciente, de los mayores volúmenes horarios registrados a lo largo de todo un año. Al graficar estos valores se podrá establecer el volumen horario de demanda máxima normal, que para la mayoría de los caminos de tránsito mixto (aquellos que no presentan un componente especializado preponderante, por ejemplo: turismo), coincide con el volumen asociado a la trigésima hora de mayor demanda. Los volúmenes asociados a las horas, que ocupan las primeras posiciones en el ordenamiento decreciente, se consideran máximos extraordinarios, en los que se acepta cierto grado de congestión al final de la vida útil del proyecto. El volumen asociado a la trigésima hora será mayor, aunque muy similar, a los volúmenes previsibles en una gran cantidad de horas al año que figuran a continuación de la trigésima hora, de allí su definición como máximo normal (...) De lo anteriormente expuesto se infiere que el VHD considera las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte, el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo. El volumen horario de proyecto corresponde a un porcentaje entre el 12% y el 18% del IMDA estimado para el año horizonte del proyecto.

Según manifiestan los autores el volumen de horarios de diseño (VHD) que se obtiene mediante el estudio de tráfico nos da a conocer que hay una variación considerable en los volúmenes de tránsito, durante las distintas horas del día y de cada hora durante todo el año. Por lo tanto, una decisión clave para el diseño de una carretera, consiste en determinar cuál de estos volúmenes de tránsito por hora, debe ser utilizado como base para el diseño que se va a realizar. El VHD considera

las demandas críticas tomando en cuenta las variaciones estacionales y diarias que normalmente presenta una carretera. Por otra parte, el VHD debe ser proyectado al término del período de diseño a fin de considerar su evolución en el tiempo.

#### **2.2.4.4. Crecimiento del tránsito**

Según afirma Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, (2014), una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años. La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro.

De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño.

Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas. A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito:

$$P_f = P_0 (1 + T_c)^n$$

Dónde:

P<sub>f</sub>: tránsito final.

P<sub>0</sub>: tránsito inicial (año base).

T<sub>c</sub>: tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo. n : año a estimarse". (p. 98)

Según manifiestan los autores el crecimiento del tránsito debe preverse en los estudios y así evitar problemas a futuro, por ende la vía en estudio debe estar

diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en toda la vida útil después del proyecto. La definición geométrica de las nuevas vías, o en el caso de mejoras en vías existentes, no debe basarse solo en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerarse el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro es decir debe proyectarse para el crecimiento del tránsito vehicular de la zona. En esta forma, se deberán establecer los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesto en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño.

#### **2.2.5. Aditivo TERRASIL.**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012) “TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos”. Según la NORMA TECNICA MTC E 1109, (2004) plantea: “Los estabilizadores químicos pueden tener afectos sobre una o varias de las propiedades de desempeño del suelo, de acuerdo al tipo específico y condiciones de aplicación del estabilizador químico, así como del tipo de suelo tratado”.

Según manifiestan la ficha técnica el aditivo terrasil es un producto formado al 100% por organosilanos, esto le permite repeler el agua evitando así posibles hinchamientos por filtración de agua en las capas inferiores que componen la estructura del pavimento. El aditivo terrasil tiene como propiedad la impermeabilización de suelos y esto lo pone en amplia ventaja a comparación de otros estabilizadores de suelos.

##### **2.2.5.1. Características físicas**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012) “Las características son típicas. Estas pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto”.

**Tabla 8.**  
*Características físicas*

|                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| Forma                 | Líquida                      |
| Color                 | Rojizo pálido                |
| Punto de inflamación  | > 90 °C (recipiente cerrado) |
| Punto de ebullición   | 200°C                        |
| Propiedades Explosiva | No Explosivo                 |
| Densidad              | 1,04 g/ml                    |
| Viscosidad(25°C)      | 100-500 cps                  |

*Fuente: Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012).*

Según manifiestan la ficha técnica el aditivo terrasil tiene como características físicas una forma líquida, color rojizo pálido, punto de inflamación >90° (recipiente cerrado), punto de ebullición 200°C, propiedades explosivas – no explosivo, densidad 1,04 g/ml y viscosidad (25°C) 100-500 cps. Estas propiedades pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto”.

#### **2.2.5.2. Dosificación mezclada**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012), estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

**Tabla 9.**  
*Dosificación de la Mezcla*

| Agua  | Terrasil | Dosificación           |
|---|----------|------------------------|
| 300 litros  | 1 kg     | 0,01 Kg/m <sup>2</sup> |
| Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m <sup>2</sup> de la disolución en dos fases |          |                        |

*Fuente: Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012).*

Según manifiestan la ficha técnica el aditivo terrasil muestra unas dosificaciones recomendadas siendo estas aguas 300 litros, terrasil 1kg, dosificación 0.01 kg/m<sup>2</sup> y esto se aplicara sobre la superficie compactada con 3l/m<sup>2</sup> de la disolución en dos fases.

#### **2.2.5.3. Beneficios**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012)

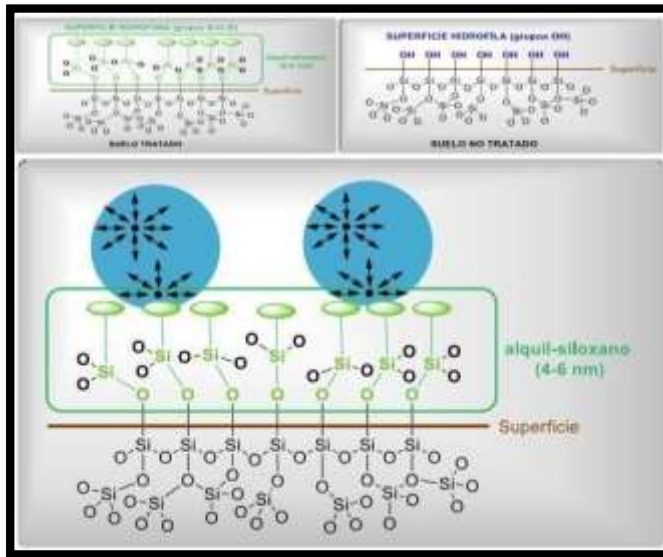
- 1) El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
- 2) El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
- 3) Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
- 4) Se aumentan los valores de CBR.
- 5) El Hinchamiento se reduce.
- 6) Mejora el Módulo Resiliente.
- 7) Se mejoran los datos de densidad y compactación en obra.
- 8) Es posible reducir el consumo de agua necesaria para la compactación del material”.

Según manifiestan la ficha técnica del aditivo terrasil, si se incorpora este aditivo al suelo mejorara en lo posible en reducir el consumo de agua que se necesita para la compactación, el hinchamiento de reducirá, mejora el módulo resiliente, aumentara los valores del CBR y reducirá la plasticidad del suelo.

#### **2.2.5.4. Modo de acción**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012), Terrasil es un aditivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y la radiación ultravioleta. Su principal acción, por tanto, consiste en la impermeabilización de suelos y subsuelos. Posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes. Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma.





**Figura 22.** Repulsión de las Gotas de Agua Sobre la Superficie por Interacciones Desfavorables Polar-Apolar.

*Fuente: Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012).*

Debido a la inexistencia de grupos polares en la superficie de los suelos, las gotas de agua no sufren ruptura en sus moléculas constitutivas, al no formarse los enlaces de hidrógeno necesarios para ello. De esta manera, las repulsiones de tipo sustancia polar-sustancia apolar originan que se mantenga la tensión superficial en las gotas de agua, permaneciendo sobre la superficie del suelo”.



**Figura 23.** Aspecto de gotas de agua depositadas sobre suelos tratados con Terrasil como se puede observar, la repelencia de la gota es total.

*Fuente: Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012).*

Según manifiestan la ficha técnica el aditivo terrasil el modo de acción en el que trabaja este aditivo, es modificando el suelo y componerlo al 100% por organosilanos soluble en agua, estable al calor y la radiación ultravioleta. La

principal propiedad de este aditivo es que una vez agregado al suelo mejora su impermeabilidad ya que como posee grupos silanol que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes.

#### **2.2.5.5. Preparación de la solución**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012), preparar una solución de agua con Terrasil. Por ejemplo, para riegos de impermeabilización se mezclará en la proporción 1 litro de Terrasil cada 300 litros de agua. Se recomienda llenar el tanque o la cisterna con el agua necesaria y añadir posteriormente la cantidad de Terrasil previamente calculada. Mezclar con movimiento previo a su aplicación”.

Según manifiestan la ficha técnica el aditivo terrasil tiene una fácil preparación ya que para riegos de impermeabilización se mezclará en la proporción 1 litro de Terrasil cada 300 litros de agua. Mezclar antes de su aplicación.

#### **2.2.5.6. Aplicación del sistema**

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012)

1. Mezcla de Terrasil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material).
2. Compactación del terreno existente.
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m<sup>2</sup> en dos fases. RIEGO- SECADO- RIEGO.
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar.
6. Mezcla de Terrasil en el agua necesaria para alcanzar la humedad optima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + Terrasil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.

11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de Terrasil.
16. Comprobación de impermeabilidad”.

Según manifiestan la ficha técnica el aditivo terrasil, es una mezcla para impermeabilización de suelo, el proceso de aplicación es la compactación del terreno existente, se riega la solución, se comprueba la impermeabilización, se corroborará los datos y se mezclara el aditivo con el agua necesaria para alcanzar el contenido óptimo de humedad, se mezcla el material, se compacta y luego se comprueba la impermeabilidad del suelo terminado.

#### **2.2.6. Estabilización de suelos**

Según Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, (2015) afirma:

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización de suelos cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada. (p. 73)

Según manifiestan los autores la estabilización de suelos es un mejoramiento muy recurrente en las construcciones de los últimos años ya que es la realización de una mejora que se le hace al suelo para poder obtener mejores propiedades, se usan aditivos que pueden ser de origen sintético, químico o natural. Estas estabilizaciones se realizan mayormente a suelos de la sub rasante inadecuado o pobre en función a los estudios previos realizados por lo cual se añade estos aditivos para mejorar las propiedades del suelo ya sea para la construcción o

prever futuros problemas que se pudieran presentar. Al añadirse el aditivo mejora cumpliendo o aumentando notablemente la vida útil de un pavimento. Las mejoras que se ven al utilizar el aditivo no solo es el proceso constructivo, si no en la reducción del tiempo en mano de obra y costo final de la inversión ya que disminuiría el mantenimiento que este podría tener a lo largo de su vida útil.

#### **2.2.6.1. Criterios Geotécnicos para la estabilización de suelos**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" (2015), manifiesta:

Se consideran como materiales aptos para las capas de la sub rasante suelos con CBR > 6%. En caso de ser menor (Subrasante pobre o sub rasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas, será materia en un estudio especial para la estabilización, mejoramiento o reemplazo, donde el Ingeniero Responsable analizara diversas alternativas de estabilizaciones o de solución como: Estabilización mecánica, reemplazo de suelo de cimentación, estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, estabilización con geo sintéticos (geo textiles, geo mallas u otros), Terraplenes, Capas de arena, elevar la rasante o cambiar el trazo vial si las alternativas analizadas.

Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.

Los factores que se considerarán al seleccionar el método más conveniente de estabilización son:

- a) Tipo de suelo a estabilizar.
- b) Uso propuesto del suelo estabilizado.
- c) Tipo de aditivo estabilizador de suelos.
- d) Experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará.
- e) Disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador.
- f) Disponibilidad del equipo adecuado.
- g) Costos Comparativos.

El siguiente diagrama sintetiza un procedimiento para determinar el método apropiado de estabilización". (p. 73-74).

Según manifiestan los autores los criterios geotécnicos para la estabilización de suelos son considerados como materiales aptos para las capas de la sub rasante de suelos con CBR > 6%. Para establecer un tipo de estabilización de suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas.

Los criterios que se considerarán para seleccionar el método de estabilización más conveniente son saber el tipo de suelo, el presupuesto para la construcción, la disposición del aditivo en tiendas y sobre todo la cantidad solicitada, contar con los equipos y mano de obra adecuado.

#### **2.2.6.2. Estabilización mecánica de suelos**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015), manifiesta que con la estabilización Mecánica de suelos se presenta mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.

Según manifiestan los autores la estabilización mecánica de suelos busca mejorar las propiedades del suelo existente sin cambiar la estructura definida del pavimento a construir, esto se logra mediante la compactación con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.

#### **2.2.6.3. Estabilización por sustitución de los suelos**

Según Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015) afirma:

Cuando se prevea la construcción de la sub rasante mejorada solamente con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por material de adición. En el primer

caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15cm). Una vez que se considere que el suelo de soporte esté debidamente preparado, autoriza la colocación de los materiales, en espesores que garanticen la obtención del nivel de sub rasante y densidad exigidos, empleando el equipo de compactación adecuado. Dichos materiales se humedecen o airearan, según sea necesario para alcanzar la humedad más apropiada de compactación procediéndose luego a su densificación”. (p. 77)

Según manifiestan los autores la estabilización por sustitución de los suelos se proyecta en mejorar la sub rasante adicionando un material encima del suelo existente o excavando y reemplazándolo por completo, en este caso el material tendrá que tener mejores propiedades que el existente. Estos materiales se humedecerán o airearán, según sea necesario para alcanzar la humedad más apropiada de compactación procediéndose luego a su densificación.

#### **2.2.6.4. CBR de suelos (*Californian Bearing Ratio*) con aditivo.**

Según manifiesta Manual de Ensayo de Materiales, (2016), este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y materia de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento”. Según Afirma Rondón, H. y Reyes, F. (2015) “Este ensayo debe realizarse sobre el suelo en estado saturado para simular su condición más crítica. Por este motivo los especímenes en el laboratorio se sumergen en agua durante cuatro días, con una carga aplicada sobre la superficie de dichos especímenes, la cual representa en teoría la masa de la estructura del pavimento que soporta la subrasante.

El CBR mide de manera indirecta en el suelo una resistencia al corte (penetración) y/o una rigidez (esta última propiedad a través de la relación entre una carga y el desplazamiento). Para el diseño de pavimento, por unidad homogénea de suelo, se recomienda como mínimo la relación de cinco ensayos de CBR. La totalidad de los valores del CBR se ordenan de menor a mayor con el fin de determinar el porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR.

Con estos datos se elabora un gráfico de porcentaje de valores iguales o mayores de cada valor de CBR vs. CBR. Con el gráfico se selecciona el valor del percentil de diseño de acuerdo con el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circulan en el carril y en el periodo de diseño (variable tránsito, N). Con base a este percentil se estima el CBR de diseño.

Según manifiestan los autores el CBR es un ensayo del estudio de suelos, este ensayo se le realiza a una muestra de suelo de la zona donde se hará la construcción si se obtienen resultados desfavorables entonces se busca cambiar y mejorar este resultado con un aditivo para mejorar las características del suelo. Como se menciona en la descripción del ensayo de CBR el procedimiento es el mismo solo que, ahora la muestra de suelo será con el aditivo esperando así mejores resultados ya que al añadirle este compuesto mejorará las propiedades del suelo y se podrá hacer una comparación de ambos ensayos. Se tendrán dos resultados un CBR que se hizo inicialmente y otro con el aditivo terrasil y se podrán comparar los resultados y ver las mejoras.

### **2.3. Definición de términos básicos**

**Pavimento flexible:** “Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que cargas repetidas del tránsito le transmite durante el periodo para cual fue diseñada la estructura del pavimento”. Montejo, A. (2002)

**Estabilización de suelos:** “La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de sub rasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización de suelos cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub base o base granular tratada”. Manual de Carreteras: "Suelos,

Geología, Geotecnia y Pavimentos, (2015)

**Estudio de suelos:** “La cimentación de una vía terrestre, no puede hacerse de manera inteligente y satisfactoria, si el proyectista ni tiene un concepto mínimo y razonable de las propiedades físicas existentes. De aquí que la finalidad de una exploración de suelos es suministrar al proyectista una información de calidad y tipos de suelos sobre los cuales se van a construir as vías, así como los materiales a emplearse en ellas, Sin embargo, a estos estudios no se les da la importancia que se merecen y se dejan muchas veces en la responsabilidad de personas poco experimentadas”. Céspedes, J. (2000)

**PCI:** “El deterioro de la estructura de pavimento es una función de la clase de daño, su severidad y cantidad o densidad del mismo. La formulación de un índice que tuviese en cuenta los tres factores mencionados ha sido problemática debido al gran número de posibles condiciones. Para superar esta dificultad se introdujeron los “valores deducidos”, como un arquetipo de factor de ponderación, con el fin de indicar el grado de afectación que cada combinación de clase de daño, nivel de severidad y densidad tiene sobre la condición del pavimento”. Vásquez, L. (2002)

**Estudio del tráfico:** “La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino (...) El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del Índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de estudio. Es conveniente para ellos que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos”. Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", (2015)

**CBR:** “Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, sub base y materia de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento”. Manual de Ensayo de Materiales, (2016)

**Límite líquido:** “Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se



designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo”. Manual de Ensayo de Materiales, (2016)

**Compactación del suelo:** “Este método de ensayo cubre los procedimientos de compactación en el laboratorio que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde con un diámetro de 101,6mm (12 400 pie<sup>3</sup>)”. Manual de Ensayo de Materiales, (2016)

**Exudación:** “La exudación es una película de material Bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento”. Vásquez, L. (2002)

**Desnivel carril / berma:** “El desnivel carril / berma es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpetas en la calzada sin ajustar el nivel de la berma”. Vásquez, L. (2002)

### **III. MÉTODOS Y MATERIALES**

#### **3.1. Hipótesis de la investigación**

##### **3.1.1. Hipótesis general:**

La evaluación del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL si influye significativamente en la estabilización de suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019

Hipótesis específicas:

##### **3.1.2. Hipótesis específica:**

El análisis del Índice de condición del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL si influye significativamente en la estabilización de suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima- 2019

El estudio de tráfico en el pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL si influye significativamente en la estabilización del suelo, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019.

#### **3.2. Variables de estudio**

##### **3.2.1. Definición conceptual**

###### ***3.2.1.1. Variable dependiente Pavimento Flexible.***

Según explica Montejo, A. (2002) “Se denomina Pavimento flexible a aquel cuya estructura total se defleca o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de Pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings”

###### ***3.2.1.1. Variable independiente Aditivo TERRASIL***

Como indica Brem Environmental Solutions S.A.C, (2012) “TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por

tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos”.

Según la NORMA TECNICA MTC E 1109, (2004) plantea: “Los estabilizadores químicos pueden tener afectos sobre una o varias de las propiedades de desempeño del suelo, de acuerdo al tipo específico y condiciones de aplicación del estabilizador químico, así como del tipo de suelo tratado.

### 3.2.2. Definición operacional

| VARIABLES                 | DIMENSIONES                            | INDICADORES                                  | ITEM  | ESCALA  |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|---------------------------|--|--|---|---|---------|---------|--|--|----|----------|-------------------|--------------------|---------------------|------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-------|--------|-------|---------|
| Pavimento Flexible        | Estudio de suelos                      | Análisis granulométrico                      | $\% \text{ Paso } 0,075 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,075}{\text{Peso Total}} \times 100$  | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Contenido de Humedad                         | $W = W_w \times 100 / W_s$  | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Limite Liquido                               | $LL = H^{25} \left( \frac{N^{0,75}}{25} \right) \quad \text{y} \quad LL = kU^n$   | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Limite Plástico                              | $\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$  | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Índice de Plasticidad                        | $IP = LL - LP$  | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Compactación de suelos                       | $\rho_s = 1000 \times \frac{(M_v - M_{vd})}{F}$   | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           | PCI                                    | CBR  | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100\% \quad \text{Espumado} = \frac{L2-L1}{127} \times 100$   | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$ | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Unidad de muestreo                           |   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Cálculo del PCI de las unidades de muestreo  | $m_i = 1,00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Cálculo del PCI de una sección de pavimento  | $PCI_s = \frac{[(N-A) \times PCI_a] + (A \times PCI_b)}{N}$   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           | Estudio de trafico                     | Clasificación de fallas                      | Bajo (L) - Medio (M) - Alto (H)   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Periodo de diseño                            | 05-50 AÑOS  |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Índice medio diario anual                    |   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Volumen horario de diseño                    | $IMDA = IMDSKfr$<br>$VHD(\text{hora}) = 0,12 \times 0,18 \text{ IMDA}(\text{hora})$   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
| Aditivo TERRASIL          | Estabilidad de suelos                  | Crecimiento del transito                     |   | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Espesor                                      | $P_f = P_0 (1+T_c)^n$<br>10 CM – 30 CM  | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Compactación                                 | $\rho_s = 1000 \times \frac{(M_v - M_{vd})}{F}$   | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           | Capacidad de soporte (CBR) con aditivo | Densidad                                     | $\rho_m = M_3 / vpd = M_4 / V$  |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Humedad de compactación                      | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100$  |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           |  | Expansión                                    | $\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100$   |   | ORDINAL |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
|                           | Impermeabilidad                        | Valor de la relación de soporte              | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Penetración</th> <th colspan="3">Presión</th> </tr> <tr> <th>Mm</th> <th>Pulgadas</th> <th>MN/m<sup>2</sup></th> <th>Kg/cm<sup>2</sup></th> <th>Lb/plg<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.54</td> <td>0.1</td> <td>6.9</td> <td>70.31</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>5.08</td> <td>0.2</td> <td>10.35</td> <td>105.46</td> <td>1.500</td> </tr> </tbody> </table> | Penetración   |         | Presión |  |  | Mm | Pulgadas | MN/m <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Lb/plg <sup>2</sup> | 2.54 | 0.1 | 6.9 | 70.31 | 1.000 | 5.08 | 0.2 | 10.35 | 105.46 | 1.500 | ORDINAL |
|                           |  | Penetración                                  |   | Presión   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
| Mm                        | Pulgadas                               | MN/m <sup>2</sup>                            | Kg/cm <sup>2</sup>  | Lb/plg <sup>2</sup>   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
| 2.54                      | 0.1                                    | 6.9  | 70.31   | 1.000   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
| 5.08                      | 0.2                                    | 10.35  | 105.46  | 1.500   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
| Volumen del suelo         |  | $k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$ |   | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |
| Vacío de suelos saturados |  |  |   | ORDINAL   |         |         |  |  |    |          |                   |                    |                     |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Tipo de investigación**

La presente investigación tiene por objetivo Mejorar el Pavimento Flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos en la calle la AV. Dominicos en el distrito de San Martín de Porres-Lima-2019 y así mismo analizar la causa y el efecto de dicha relación, es por eso que se está utilizando el tipo de investigación aplicada Según afirma Borja Suárez, (2012) “El tipo de investigación aplicada busca conocer actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal”.

### **3.4. Nivel de la investigación**

El alcance de la presente investigación es de carácter Explicativa, puesto que este pretende describir la realidad del fenómeno, determinando las relaciones entre los conceptos y si las variables están relacionadas. (Santiago Valderrama Mendoza ,2002)

### **3.5. Diseño de la investigación**

La investigación es cuantitativa con un diseño experimental “El diseño de la investigación experimental es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación “deliberada” por parte del investigador de las variables. Esta investigación determinara la relación causa – efecto de un fenómeno físico o social”. Borja Suárez, (2012)

### **3.6. Población y muestra de estudio**

#### **3.6.1. Población**

Avenidas para su mejoramiento de pavimentos flexibles en la provincia constitucional del Callao.

Según afirma Borja Suárez, (2012) “Desde un punto de vista estadístico, se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio”.

### **3.6.2. Muestra**

Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao “Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un sub grupo representativo de la población, sobre la cual se habrán de recolectar datos. El investigador se deberá interesar que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la población o Universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa (Borja Suárez, 2012).

## **3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.7.1. Técnicas de recolección de datos**

Técnica de recolección de datos es observación experimental, para la presente investigación se utilizará el instrumento de ficha de observación experimental, para los proyectos de investigación en ingeniería, todos los datos observados se deben plasmar en formatos adecuados en recolección de información; en este ítem se deben describir las técnicas que se utilizarán para recopilar toda la información de campo, se deben presentar todos los formatos utilizados en esta tarea; para el caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelo, estudios de tráfico, formatos para realizar los ensayos (Borja Suárez, 2012)

### **3.7.2. Instrumento**

Ficha de registro de datos, por ejemplo: Formatos para el estudio de tráfico, estudio de suelos, levantamientos topográficos, diseño de mezclas, etc. (Borja Suárez, 2012)

## **3.8. Métodos de análisis de datos**

Para el proceso de las fichas de registro de datos sobre El mejoramiento del pavimento Flexible aplicando aditivos TERRASIL para estabilizar suelos, las cuales se realizaron de acuerdo a la muestra, los resultados fueron tabulados en el programa Microsoft Office Excel 2013, y spss donde ha sido procesada toda la información.

### **3.9. Aspectos éticos**

Como profesional, al elaborar esta investigación que está en el área de geotecnia y vías a través de la investigación del mejoramiento usando aditivo TERRASIL para la estabilización de suelos, se espera una mejora tanto en el ámbito económico como social, ya que esto mejoraría la calidad de vida de las personas y en el sector automotriz de la zona, además mejorara la vida útil del pavimento flexible.

## **IV. RESULTADOS**

### **4.1. Presentación de resultados de estudio de suelos**

El presente Estudio de Suelos, se realizó para determinar primordialmente las características físico mecánicas, de los suelos existentes en el área de estudio, con fines de diseño de pavimentos y así poder conocer si con el insumo del aditivo TERRASIL se mejoró el CBR de la muestra original; para cumplir con el objetivo planteado, se han realizado trabajos de campo, laboratorio y gabinete.

El tramo a intervenir es la Av. Dominicos entre la Av. Canta callao – Limite provincial del Callao, abarcando el distrito San Martín de Porres, departamento Lima. Esta vía requiere la rehabilitación de Vías; asimismo, rehabilitación de la vía principal del tramo en estudio.

Los trabajos de mecánica de suelos se realizaron en la Av. Dominicos, se desarrollaron con la finalidad de definir las características físicas y mecánicas que permitan establecer los parámetros de las distintas capas estructurales del pavimento, así como verificar y determinar la clasificación del terreno, determinar el valor de CBR de la sub rasante y el afirmado.

Las labores de campo se orientaron a explorar el subsuelo, mediante la ejecución de excavaciones manuales tipo calicatas a todo lo largo de la vía. Se tomaron muestras disturbadas de todos los estratos encontrados de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que fueron remitidas al laboratorio.

Los trabajos en el laboratorio determinaron las características físicas y mecánicas de los suelos obtenido del muestreo, las que sirvieron de base para definir sus características de todos los suelos encontrados.

#### **Descripción**

Del material extraído se separó en muestras representativas de cada estrato encontrado de material. Se realizó la descripción de la calicata de las muestras. Las muestras representativas se analizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos.



Las calicatas efectuadas están debidamente identificadas en los planos de ubicación de calicatas y en los registros de excavación donde se describe detalladamente las características de los suelos con sus vistas fotográficas correspondientes.

La ubicación de las calicatas (adyacentes a la plataforma actual), ha sido escogida estratégicamente en lugares apropiados que nos brinde información precisa, espacios libres y seguros.

El perfilado de las calicatas fue minucioso e incluyó el registro cuidadoso de todas las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, como tamaño de partículas, humedad, plasticidad, coloración, compacidad y la identificación en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y AASHTO. Las muestras de suelos extraídas de las calicatas debidamente protegidas e identificadas fueron remitidas al laboratorio, para su ejecución y análisis.

### **Análisis estadístico**

Si se considera que la hipótesis general es:

H0: Análisis del mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos TERRASIL para estabilizar suelos si influye significativamente en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019.

H1: Análisis del mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos TERRASIL para estabilizar suelos no influye significativamente en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019.

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas, como siguen a continuación:

#### **A. Hipótesis Estadística**

H<sub>i</sub>: El nivel de Análisis del mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos TERRASIL para estabilizar suelos en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin

de Porres-Lima-2019 es mayor al 32% de acuerdo al estudio de mecánica de suelos y los resultados de CBR sin aditivo TERRASIL.

Hi:  $X > 32$ .

H<sub>0</sub>: El nivel de Análisis del mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivos TERRASIL para estabilizar suelos en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la Provincia Constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019 es mayor igual a 68% de acuerdo al estudio de mecánica de suelos y los resultados de CBR con aditivo TERRASIL

Ho:  $\mu \geq 68$

- A) Zonas: Unilaterales derecha
- B) Confianza: 95%
- C) P. Estadística: Prueba t de Student.
- D) G. Libertad: 10gl
- E) T tabla:  $t_t = 1.75$
- F) Resultado de la Prueba.  $t_c = -46.20$
- G) R. Prueba t
- H) Habiéndose realizado 6 pruebas de mecánica de suelos donde el aditivo TERRASIL donde el promedio de la muestra es 32.16 y el promedio teórico es 68, la desviación estándar es 1.97 los resultados de la muestra del CBR son los siguientes:

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 32% | 30% | 31% | 35% | 33% | 32% |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

s

$$Tc = \frac{(X - \mu)}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

$X = \text{promedio de muestra}$

$\mu = \text{promedio teorico}$

s = desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

n= muestra

$$T_c = (32.16 - 68) / \left( \frac{1.9}{\sqrt{6}} \right)$$

$$T_c = -46.205$$



### I) Decisión estadística

De acuerdo al grafico de GAUSS, el resultado nos da -46.21 por lo que se encuentra en la zona de rechazo es por ello que se acepta la hipótesis alternativa y luego rechaza la hipótesis nula. Es decir, la contrastación de la hipótesis demuestra que, el análisis del estudio de tráfico en el mejoramiento del pavimento flexible Si influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la Provincia Constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019 si existe relación.

### 4.2. Presentación de resultados del PCI

A continuación, se presenta los resultados de la determinación del índice de estado del pavimento del Proyecto “Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019”.

El fin de la inspección de pavimentos es determinar el porcentaje de área de pavimento afectado, estableciendo los tipos de daño que se presentan, su extensión, severidad y recurrencia.

Para capturar los datos correspondientes a los daños del pavimento durante la inspección visual, se desarrolló un formato que permite registrar los tipos de deterioro especificando cada daño con severidad y dimensiones características (longitud y ancho en la mayoría de los casos).

En el Tramo Av. Canta Callao - Limite con la Provincia Constitucional del Callao Distrito de san Martin de Porres, se han realizado 16 evaluaciones del estado del pavimento.

| METODO PCI   |  |                                     |   | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL                               |  |                    |              |                    |                                  |        |
|--|--|-------------------------------------|---|--|--|--------------------|--------------|--------------------|----------------------------------|--------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |                                     |   | PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTA CALLAO                          |  |                    |              |                    |                                  |        |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |                                     |   | - LIMITE CON LA PROVINCIA DECONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |  |                    |              |                    |                                  |        |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION:                            |   | KM 0+000.00 KM 0+037.50  |  | UNIDAD DE MUESTRA: |              | M01                |                                  |        |
|  |  |                                     |   | FECHA:   |  | 25/01/2020         |              | AREA:              |                                  | 225.00 |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y de cortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                 | 17. Hinchamiento                          |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                          | 18. Peladura por                          |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                   | intemperismo y desprendimiento            |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                  | de agregados                              |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| NIVEL DE FALLA:                                    |  | LEVE (L)                            | MEDIA (M)                                 | ALTA (H)   |  |                    | TOTAL m2 (I) | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |        |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| 13M  | 0.42                                       | 7.80                                | 1.20                                      |  |  |                    | 9.42         | 4.19               | 45.00                            |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
| 14M  | 10.40                                      |                                     |   |  |  |                    | 10.40        | 4.62               | 20.00                            |        |
| 14H  | 7.80                                       |                                     |   |  |  |                    | 7.80         | 3.47               | 44.00                            |        |
| 4M   | 5.60                                       |                                     |   |  |  |                    | 5.60         | 2.49               | 19.50                            |        |
| 10M  | 4.00                                       |                                     |   |  |  |                    | 4.00         | 1.78               | 6.40                             |        |
| 13H  | 2.40                                       |                                     |   |  |  |                    | 2.40         | 1.07               | 51.00                            |        |
| 14L  | 0.90                                       |                                     |   |  |  |                    | 0.90         | 0.40               | 3.60                             |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |
|  |  |                                     |   |  |  |                    |              |                    |                                  |        |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |       |       |      |      |  |       | M01    |     |    |
|---|----------------|-------|-------|-------|-------|------|------|--|-------|--------|-----|----|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |       |       |      |      |  | Total | q      | CDV |    |
| 1                                       | 51.00          | 45.00 | 44.00 | 20.00 | 19.50 | 6.40 | 3.60 |  |       | 189.50 | 7   | 82 |
| 2                                       | 51.00          | 45.00 | 44.00 | 20.00 | 19.50 | 6.40 | 2.00 |  |       | 187.90 | 6   | 88 |
| 3                                       | 51.00          | 45.00 | 44.00 | 20.00 | 19.50 | 2.00 | 2.00 |  |       | 183.50 | 5   | 89 |
| 4                                       | 51.00          | 45.00 | 44.00 | 20.00 | 2.00  | 2.00 | 2.00 |  |       | 166.00 | 4   | 90 |
| 5                                       | 51.00          | 45.00 | 44.00 | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 2.00 |  |       | 148.00 | 3   | 88 |
| 6                                       | 51.00          | 45.00 | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 2.00 |  |       | 106.00 | 2   | 76 |
| 7                                       | 51.00          | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 2.00 |  |       | 63.00  | 1   | 64 |
| 8                                       |                |       |       |       |       |      |      |  |       |        |     |    |
| 9                                       |                |       |       |       |       |      |      |  |       |        |     |    |

|          |                 |
|----------|-----------------|
| Máx CDV= | <u>90</u>       |
| PCI =    | <u>10</u>       |
| Rating=  | <b>MUY MALO</b> |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

| METODO PCI   |  |  |  | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO |                      |                                  |  |
|--|--|--|--|---|----------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |  | - LIMITE CON LA PROVINCIA DECONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020                                      |                      |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |  |   |                      |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 0+237.50 KM 0+275.00           |  | UNIDAD DE MUESTRA: M02  |                      |                                  |  |
|  |  | FECHA: 25/01/2020                          |  | AREA: 225.00  |                      |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |   |                      |                                  |  |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento   |   |                      |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |   |                      |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          |  |   |                      |                                  |  |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |  |   |                      |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)   | TOTAL m2 (I)  | DENSIDAD (I) / A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| 11L  | 6.00                                       |  |  | 6.00  | 2.67                 | 8.00                             |  |
| 13H  | 20.00                                      |  |  | 20.00   | 8.89                 | 98.00                            |  |
| 1M   | 15.00                                      |  |  | 15.00   | 6.67                 | 43.00                            |  |
| 10L  | 3.00                                       |  |  | 3.00  | 1.33                 | 0.10                             |  |
| 7M   | 7.20                                       |  |  | 7.20  | 3.20                 | 9.40                             |  |
| 12L  | 1.75                                       |  |  | 1.75  | 0.78                 | 0.20                             |  |
| 14M  | 4.80                                       |  |  | 4.80  | 2.13                 | 26.50                            |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |      |      |      |      |  |       | M02    |     |     |
|---|----------------|-------|-------|------|------|------|------|--|-------|--------|-----|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |      |      |      |      |  | Total | q      | CDV |     |
| 1                                       | 98.00          | 43.00 | 26.50 | 9.40 | 8.00 | 0.20 | 0.10 |  |       | 185.20 | 7   | 82  |
| 2                                       | 98.00          | 43.00 | 26.50 | 9.40 | 8.00 | 0.20 | 2.00 |  |       | 187.10 | 6   | 88  |
| 3                                       | 98.00          | 43.00 | 26.50 | 9.40 | 8.00 | 2.00 | 2.00 |  |       | 188.90 | 5   | 92  |
| 4                                       | 98.00          | 43.00 | 26.50 | 9.40 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |  |       | 182.90 | 4   | 95  |
| 5                                       | 98.00          | 43.00 | 26.50 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |  |       | 175.50 | 3   | 98  |
| 6                                       | 98.00          | 43.00 | 2.00  | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |  |       | 151.00 | 2   | 96  |
| 7                                       | 98.00          | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |  |       | 110.00 | 1   | 100 |
| 8                                       |                |       |       |      |      |      |      |  |       |        |     |     |
| 9                                       |                |       |       |      |      |      |      |  |       |        |     |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |         |
|----------|---------|
| Máx CDV= | 100     |
| PCI =    | 0       |
| Rating=  | FALLADO |

| METODO PCI   |          |  |          | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARAESTABILIZAR SUELOS ENLAAV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO |                    |  |  |
|--|----------|--|----------|--|--------------------|--|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |          |  |          | - LIMITE CON LA PROVINCIA DECONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020                                   |                    |  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |          |  |          |  |                    |  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |          | SECCION: KM 0+475.00 KM 0+512.50           |          | UNIDAD DE MUESTRA: M03   |                    |  |  |
|  |          | FECHA: 25/01/2020                          |          | AREA: 225.00   |                    |  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               |          | 6. Depresión                               |          | 11. Parches y parches decortes utilitarios   |                    | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |  |
| 2. Exudación                                       |          | 7. Fisura de Borde                         |          | 12. Agregado Pulido  |                    | 17. Hinchamiento   |  |
| 3. Fisuras en bloque                               |          | 8. Fisura de Reflexión de junta            |          | 13. Baches   |                    | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    |          | 9. Desnivel carril-berma                   |          | 14. Ahuellamiento  |                    |  |  |
| 5. Corrugación                                     |          | 10. Fisuras longitudinales y transversales |          | 15. Desplazamiento   |                    |  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L) | MEDIA (M)                                  | ALTA (H) | TOTAL m2 (I)   | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A                             |  |
| FALLA  | CANTIDAD |  |          |  |                    |  |  |
| 11L  | 6.60     | 4.60                                       | 5.20     | 16.40  | 7.29               | 14.00  |  |
| 12L  | 12.80    | 18.20                                      | 8.20     | 39.20  | 17.42              | 8.50   |  |
| 13M  | 22.50    |  |          | 22.50  | 10.00              | 88.00  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |
|  |          |  |          |  |                    |  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |      |  |  |  |  |  |  | M03    |   |     |
|---|----------------|-------|------|--|--|--|--|--|--|--------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |      |  |  |  |  |  |  | Total  | q | CDV |
| 1                                       | 88.00          | 14.00 | 8.50 |  |  |  |  |  |  | 110.50 | 3 | 69  |
| 2                                       | 88.00          | 14.00 | 2.00 |  |  |  |  |  |  | 104.00 | 2 | 74  |
| 3                                       | 88.00          | 2.00  | 2.00 |  |  |  |  |  |  | 92.00  | 1 | 91  |
| 4                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 5                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 6                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 7                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 8                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 9                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |        |   |     |

| <table border="1"> <tr> <td>Máx CDV=</td> <td><u>91</u></td> </tr> <tr> <td>PCI =</td> <td><u>9</u></td> </tr> <tr> <td>Rating=</td> <td><u>FALLADO</u></td> </tr> </table> | Máx CDV=       | <u>91</u> | PCI = | <u>9</u> | Rating= | <u>FALLADO</u> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Clasificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100-85</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>85-70</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>70-55</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>55-40</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>40-25</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>25-10</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>10-0</td> <td>Fallado</td> </tr> </tbody> </table> | Rango | Clasificación | 100-85 | Excelente | 85-70 | Muy Bueno | 70-55 | Bueno | 55-40 | Regular | 40-25 | Malo | 25-10 | Muy Malo | 10-0 | Fallado |
|---|----------------|-----------|-------|----------|---------|----------------|---|-------|---------------|--------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|------|-------|----------|------|---------|
| Máx CDV=  | <u>91</u>      |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| PCI =   | <u>9</u>       |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| Rating=   | <u>FALLADO</u> |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| Rango   | Clasificación  |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 100-85  | Excelente      |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 85-70   | Muy Bueno      |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 70-55   | Bueno          |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 55-40   | Regular        |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 40-25   | Malo           |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 25-10   | Muy Malo       |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 10-0  | Fallado        |           |       |          |         |                |   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |

| METODO PCI   |  |  |  | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DECONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                    |                                  |  |
|--|--|--|--|--|--------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |  |  |                    |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |  |  |                    |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 0+712.50 KM 0+750.00           |  | UNIDAD DE MUESTRA: M04   |                    |                                  |  |
|  |  | FECHA: 25/01/2020                          |  | AREA: 225.00   |                    |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |  |                    |                                  |  |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento   |  |                    |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |  |                    |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          |  |  |                    |                                  |  |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |  |  |                    |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)   | TOTAL m2 (I)   | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |  |  |  |                    |                                  |  |
| 11L  | 6.80                                       |  |  | 6.80   | 3.02               | 8.40                             |  |
| 10L  | 8.00                                       | 10.00                                      | 4.00   | 22.00  | 9.78               | 9.60                             |  |
| 12L  | 22.00                                      | 8.20                                       | 6.80   | 37.00  | 16.44              | 6.50                             |  |
| 1M   | 9.20                                       |  |  | 9.20   | 4.09               | 36.20                            |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |      |      |      |  |  |  |  |       | M04 |     |  |
|---|----------------|------|------|------|--|--|--|--|-------|-----|-----|--|
| #                                       | Valor Deducido |      |      |      |  |  |  |  | Total | q   | CDV |  |
| 1                                       | 36.20          | 9.60 | 8.40 | 6.50 |  |  |  |  | 60.70 | 4   | 36  |  |
| 2                                       | 36.20          | 9.60 | 8.40 | 2.00 |  |  |  |  | 56.20 | 3   | 34  |  |
| 3                                       | 36.20          | 9.60 | 2.00 | 2.00 |  |  |  |  | 49.80 | 2   | 38  |  |
| 4                                       | 36.20          | 2.00 | 2.00 | 2.00 |  |  |  |  | 42.20 | 1   | 42  |  |
| 5                                       |                |      |      |      |  |  |  |  |       |     |     |  |
| 6                                       |                |      |      |      |  |  |  |  |       |     |     |  |
| 7                                       |                |      |      |      |  |  |  |  |       |     |     |  |
| 8                                       |                |      |      |      |  |  |  |  |       |     |     |  |
| 9                                       |                |      |      |      |  |  |  |  |       |     |     |  |

|          |              |
|----------|--------------|
| Máx CDV= | <b>42</b>    |
| PCI =    | <b>58</b>    |
| Rating=  | <b>BUENO</b> |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

| METODO PCI   |  |  |   | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARAESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO |                    |                                  |  |
|--|--|--|---|--|--------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |   | - LIMITE CON LA PROVINCIA DECONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020                                     |                    |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |   |  |                    |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 0+950.00 KM 0+987.50           |   | UNIDAD DE MUESTRA: M05   |                    |                                  |  |
|  |  | FECHA: 25/01/2020                          |   | AREA: 225.00   |                    |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |  |                    |                                  |  |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento                          |  |                    |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y           |  |                    |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          | desprendimiento de agregados              |  |                    |                                  |  |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |   |  |                    |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)                                  | TOTAL m2 (l)   | DENSIDAD (l) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |  |   |  |                    |                                  |  |
| 13H  | 8.00                                       | 66.00                                      |   | 74.00  | 32.89              | 12<br>0.0<br>0                   |  |
| 1M   | 108.00                                     |  |   | 108.00   | 48.00              | 68.<br>00                        |  |
| 14H  | 14.20                                      |  |   | 14.20  | 6.31               | 53.<br>40                        |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                    |                                  |  |



| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |  |  |  |  |  |  | M05    |   |     |
|---|----------------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |  |  |  |  |  |  | Total  | q | CDV |
| 1                                       | 120.00         | 68.00 | 53.40 |  |  |  |  |  |  | 241.40 | 3 | 100 |
| 2                                       | 120.00         | 68.00 | 2.00  |  |  |  |  |  |  | 190.00 | 2 | 100 |
| 3                                       | 120.00         | 2.00  | 2.00  |  |  |  |  |  |  | 124.00 | 1 | 100 |
| 4                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 5                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 6                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 7                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 8                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |        |   |     |
| 9                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |        |   |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |                |
|----------|----------------|
| Máx CDV= | <b>100</b>     |
| PCI =    | <b>0</b>       |
| Rating=  | <b>FALLADO</b> |

| METODO PCI   |  |  |   | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL                               |                      |                                  |  |
|--|--|--|---|--|----------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |   | PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO                           |                      |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |   | - LIMITE CON LA PROVINCIA DECONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                      |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 1+187.50 KM 1+225.00           |   | UNIDAD DE MUESTRA: M06   |                      |                                  |  |
|  |  | FECHA: 25/01/2020                          |   | AREA: 225.00   |                      |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |  |                      |                                  |  |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento                          |  |                      |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y           |  |                      |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          | desprendimiento de agregados              |  |                      |                                  |  |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |   |  |                      |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)                                  | TOTAL m2 (I)   | DENSIDAD (I) / A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |  |   |  |                      |                                  |  |
| 7M   | 24.00                                      | 18.40                                      |   | 42.40  | 18.84                | 19.20                            |  |
| 10M  | 13.00                                      | 14.60                                      |   | 27.60  | 12.27                | 20.00                            |  |
| 11M  | 4.20                                       |  |   | 4.20   | 1.87                 | 12.10                            |  |
| 1M   | 8.80                                       |  |   | 8.80   | 3.91                 | 37.00                            |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |
|  |  |  |   |  |                      |                                  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |       |  |  |  |  |  | M06   |   |     |
|---|----------------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|-------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |       |  |  |  |  |  | Total | q | CDV |
| 1                                       | 37.00          | 20.00 | 19.20 | 12.10 |  |  |  |  |  | 88.30 | 4 | 50  |
| 2                                       | 37.00          | 20.00 | 19.20 | 2.00  |  |  |  |  |  | 78.20 | 3 | 50  |
| 3                                       | 37.00          | 20.00 | 2.00  | 2.00  |  |  |  |  |  | 61.00 | 2 | 44  |
| 4                                       | 37.00          | 2.00  | 2.00  | 2.00  |  |  |  |  |  | 43.00 | 1 | 43  |
| 5                                       |                |       |       |       |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 6                                       |                |       |       |       |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 7                                       |                |       |       |       |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 8                                       |                |       |       |       |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 9                                       |                |       |       |       |  |  |  |  |  |       |   |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |                |
|----------|----------------|
| Máx CDV= | <b>50</b>      |
| PCI =    | <b>50</b>      |
| Rating=  | <b>REGULAR</b> |

| METODO PCI   |          |  |          | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                    |  |  |
|--|----------|--|----------|---|--------------------|--|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |          |  |          | UNIDAD DE MUESTRA: M07  |                    |  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |          |  |          | FECHA: 25/01/2020 AREA: 225.00  |                    |  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |          | SECCION: KM 1+425.00 KM 1+462.50           |          | UNIDAD DE MUESTRA: M07  |                    |  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               |          | 6. Depresión                               |          | 11. Parches y parches decortes utilitarios  |                    | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |  |
| 2. Exudación                                       |          | 7. Fisura de Borde                         |          | 12. Agregado Pulido   |                    | 17. Hinchamiento   |  |
| 3. Fisuras en bloque                               |          | 8. Fisura de Reflexión de junta            |          | 13. Baches  |                    | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    |          | 9. Desnivel carril-berma                   |          | 14. Ahuellamiento   |                    |  |  |
| 5. Corrugación                                     |          | 10. Fisuras longitudinales y transversales |          | 15. Desplazamiento  |                    |  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L) | MEDIA (M)                                  | ALTA (H) | TOTAL m2 (I)  | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A                             |  |
| 7M   | 0.05     |  |          | 0.05  | 0.02               | 0.05   |  |
| 10M  | 37.54    | 2.30                                       |          | 39.84   | 17.71              | 23.00  |  |
| 1M   | 0.25     | 0.65                                       | 1.20     | 2.10  | 0.93               | 20.00  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |      |  |  |  |  |  |  | M07   |   |     |
|---|----------------|-------|------|--|--|--|--|--|--|-------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |      |  |  |  |  |  |  | Total | q | CDV |
| 1                                       | 23.00          | 20.00 | 0.05 |  |  |  |  |  |  | 43.05 | 3 | 28  |
| 2                                       | 23.00          | 20.00 | 2.00 |  |  |  |  |  |  | 45.00 | 2 | 35  |
| 3                                       | 23.00          | 2.00  | 2.00 |  |  |  |  |  |  | 27.00 | 1 | 26  |
| 4                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 5                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 6                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 7                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 8                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 9                                       |                |       |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |              |
|----------|--------------|
| Máx CDV= | <b>35</b>    |
| PCI =    | <b>65</b>    |
| Rating=  | <b>BUENO</b> |

| METODO PCI   |  |  |   | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                    |                                  |       |
|--|--|--|---|---|--------------------|----------------------------------|-------|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |   |   |                    |                                  |       |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |   |   |                    |                                  |       |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 1+662.50 KM 1+700.00           |   | UNIDAD DE MUESTRA: M08  |                    |                                  |       |
|  |  | FECHA: 25/01/2020                          |   | AREA: 225.00  |                    |                                  |       |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |   |                    |                                  |       |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento                          |   |                    |                                  |       |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y           |   |                    |                                  |       |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          | desprendimiento de agregados              |   |                    |                                  |       |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |   |   |                    |                                  |       |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)                                  | TOTAL m2 (I)  | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |       |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |  |   |   |                    |                                  |       |
| 1M   | 210.00                                     | 1.80                                       | 0.65                                      | 3.25  | 215.70             | 95.87                            | 79.20 |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |
|  |  |  |   |   |                    |                                  |       |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |  |  |  |  |  |  |  |  | M08   |   |     |
|---|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |  |  |  |  |  |  |  |  | Total | q | CDV |
| 1                                       | 79.20          |  |  |  |  |  |  |  |  | 79.20 | 1 | 80  |
| 2                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 3                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 4                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 5                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 6                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 7                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 8                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 9                                       |                |  |  |  |  |  |  |  |  |       |   |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |                 |
|----------|-----------------|
| Máx CDV= | <b>80</b>       |
| PCI =    | <b>20</b>       |
| Rating=  | <b>MUY MALO</b> |

| METODO PCI   |          |  |          | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                    |  |  |
|--|----------|--|----------|---|--------------------|--|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |          |  |          | UNIDAD DE MUESTRA: M09  |                    |  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |          |  |          | FECHA: 25/01/2020 AREA: 225.00  |                    |  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |          | SECCION: KM 1+700.00 KM 1+662.50           |          | UNIDAD DE MUESTRA: M09  |                    |  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               |          | 6. Depresión                               |          | 11. Parches y parches de cortes utilitarios   |                    | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |  |
| 2. Exudación                                       |          | 7. Fisura de Borde                         |          | 12. Agregado Pulido   |                    | 17. Hinchamiento   |  |
| 3. Fisuras en bloque                               |          | 8. Fisura de Reflexión de junta            |          | 13. Baches  |                    | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    |          | 9. Desnivel carril-berma                   |          | 14. Ahuellamiento   |                    |  |  |
| 5. Corrugación                                     |          | 10. Fisuras longitudinales y transversales |          | 15. Desplazamiento  |                    |  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L) | MEDIA (M)                                  | ALTA (H) | TOTAL m2 (I)  | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A                             |  |
| FALLA  | CANTIDAD |  |          |   |                    |  |  |
| 1M   | 87.50    |  |          | 87.50   | 38.89              | 65.00  |  |
| 12L  | 10.20    |  |          | 10.20   | 4.53               | 1.80   |  |
| 7M   | 5.20     |  |          | 5.20  | 2.31               | 8.20   |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |
|  |          |  |          |   |                    |  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |      |      |  |  |  |  |  |  | M09   |   |     |
|---|----------------|------|------|--|--|--|--|--|--|-------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |      |      |  |  |  |  |  |  | Total | q | CDV |
| 1                                       | 65.00          | 8.20 | 1.80 |  |  |  |  |  |  | 75.00 | 3 | 48  |
| 2                                       | 65.00          | 8.20 | 2.00 |  |  |  |  |  |  | 75.20 | 2 | 54  |
| 3                                       | 65.00          | 2.00 | 2.00 |  |  |  |  |  |  | 69.00 | 1 | 68  |
| 4                                       |                |      |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 5                                       |                |      |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 6                                       |                |      |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 7                                       |                |      |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 8                                       |                |      |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 9                                       |                |      |      |  |  |  |  |  |  |       |   |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |             |
|----------|-------------|
| Máx CDV= | <b>68</b>   |
| PCI =    | <b>32</b>   |
| Rating=  | <b>MALO</b> |

| METODO PCI   |  |  |  | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINGOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                    |                                  |  |
|--|--|--|--|--|--------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |  |  |                    |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |  |  |                    |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 1+462.50 KM 1+425.00           |  | UNIDAD DE MUESTRA: M10   |                    |                                  |  |
| FECHA: 25/01/2020                                  |  | AREA: 225.00                               |  |  |                    |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |  |                    |                                  |  |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento   |  |                    |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |  |                    |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          |  |  |                    |                                  |  |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |  |  |                    |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)   | TOTAL m2 (I)   | DENSIDAD (I) A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |  |  |  |                    |                                  |  |
| 11M  | 15.00                                      | 4.50                                       |  | 19.50  | 8.67               | 29.50                            |  |
| 10M  | 10.00                                      |  |  | 10.00  | 4.44               | 10.00                            |  |
| 13H  | 4.20                                       |  |  | 4.20   | 1.87               | 65.00                            |  |
| 1M   | 5.20                                       |  |  | 5.20   | 2.31               | 29.00                            |  |
| 17M  | 10.40                                      |  |  | 10.40  | 4.62               | 12.40                            |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |
|  |  |  |  |  |                    |                                  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |       |       |  |  |  |        | M10 |     |  |
|---|----------------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--------|-----|-----|--|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |       |       |  |  |  | Total  | q   | CDV |  |
| 1                                       | 65.00          | 29.50 | 29.00 | 12.40 | 10.00 |  |  |  | 145.90 | 5   | 76  |  |
| 2                                       | 65.00          | 29.50 | 29.00 | 12.40 | 2.00  |  |  |  | 137.90 | 4   | 78  |  |
| 3                                       | 65.00          | 29.50 | 29.00 | 2.00  | 2.00  |  |  |  | 127.50 | 3   | 78  |  |
| 4                                       | 65.00          | 29.50 | 2.00  | 2.00  | 2.00  |  |  |  | 100.50 | 2   | 72  |  |
| 5                                       | 65.00          | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |  |  |  | 73.00  | 1   | 74  |  |
| 6                                       |                |       |       |       |       |  |  |  |        |     |     |  |
| 7                                       |                |       |       |       |       |  |  |  |        |     |     |  |
| 8                                       |                |       |       |       |       |  |  |  |        |     |     |  |
| 9                                       |                |       |       |       |       |  |  |  |        |     |     |  |

| <p>Máx CDV= <b>78</b></p> <p>PCI = <b>22</b></p> <p>Rating= <b>MUY MALO</b></p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rango</th> <th>Clasificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100-85</td> <td>Excelente</td> </tr> <tr> <td>85-70</td> <td>Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td>70-55</td> <td>Bueno</td> </tr> <tr> <td>55-40</td> <td>Regular</td> </tr> <tr> <td>40-25</td> <td>Malo</td> </tr> <tr> <td>25-10</td> <td>Muy Malo</td> </tr> <tr> <td>10-0</td> <td>Fallado</td> </tr> </tbody> </table> | Rango | Clasificación | 100-85 | Excelente | 85-70 | Muy Bueno | 70-55 | Bueno | 55-40 | Regular | 40-25 | Malo | 25-10 | Muy Malo | 10-0 | Fallado |
|---|---|-------|---------------|--------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|------|-------|----------|------|---------|
| Rango   | Clasificación   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 100-85  | Excelente   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 85-70   | Muy Bueno   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 70-55   | Bueno   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 55-40   | Regular   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 40-25   | Malo  |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 25-10   | Muy Malo  |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 10-0  | Fallado   |       |               |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |

| METODO PCI   |          |           |          | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                      |                                  |  |
|--|----------|-----------|----------|---|----------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS             |          |           |          | UNIDAD DE MUESTRA: M11  |                      |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO   |          |           |          | FECHA: 25/01/2020 AREA: 225.00  |                      |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO SECCION: KM 1+225.00 KM 1+187.50 |          |           |          | UNIDAD DE MUESTRA: M11  |                      |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo   |          |           |          | 6. Depresión 11. Parches y parches decortes utilitarios   |                      |                                  |  |
| 2. Exudación   |          |           |          | 7. Fisura de Borde 12. Agregado Pulido 17. Hinchamiento   |                      |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque   |          |           |          | 8. Fisura de Reflexión de junta 13. Baches 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados   |                      |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                                |          |           |          | 9. Desnivel carril-berma 14. Ahuellamiento  |                      |                                  |  |
| 5. Corrugación   |          |           |          | 10. Fisuras longitudinales y transversales 15. Desplazamiento   |                      |                                  |  |
| 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                      |          |           |          |   |                      |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:  | LEVE (L) | MEDIA (M) | ALTA (H) | TOTAL m2 (I)  | DENSIDAD (I) / A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| FALLA  | CANTIDAD |           |          |   |                      |                                  |  |
| 11M  | 3.50     | 4.80      |          | 8.30  | 3.69                 | 19.60                            |  |
| 1M   | 52.50    | 3.10      |          | 55.60   | 24.71                | 58.00                            |  |
| 10M  | 2.50     | 24.50     |          | 27.00   | 12.00                | 20.00                            |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |
|  |          |           |          |   |                      |                                  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |  |  |  |  |  |  | M11   |   |     |
|---|----------------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|-------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |  |  |  |  |  |  | Total | q | CDV |
| 1                                       | 58.00          | 20.00 | 19.60 |  |  |  |  |  |  | 97.60 | 3 | 62  |
| 2                                       | 58.00          | 20.00 | 2.00  |  |  |  |  |  |  | 80.00 | 2 | 58  |
| 3                                       | 58.00          | 2.00  | 2.00  |  |  |  |  |  |  | 62.00 | 1 | 62  |
| 4                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 5                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 6                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 7                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 8                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |       |   |     |
| 9                                       |                |       |       |  |  |  |  |  |  |       |   |     |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |

|          |             |
|----------|-------------|
| Máx CDV= | <u>62</u>   |
| PCI =    | <u>38</u>   |
| Rating=  | <u>MALO</u> |

| METODO PCI   |  |  |  | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020 |                      |                                  |  |
|--|--|--|--|---|----------------------|----------------------------------|--|
| INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS |  |  |  |   |                      |                                  |  |
| HOJA DE REGISTRO                                   |  |  |  |   |                      |                                  |  |
| NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO                      |  | SECCION: KM 0+987.50 KM 0+950.00           |  | UNIDAD DE MUESTRA: M12  |                      |                                  |  |
|  |  | FECHA: 25/01/2020                          |  | AREA: 225.00  |                      |                                  |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                               | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento                    |   |                      |                                  |  |
| 2. Exudación                                       | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento   |   |                      |                                  |  |
| 3. Fisuras en bloque                               | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |   |                      |                                  |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                    | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          |  |   |                      |                                  |  |
| 5. Corrugación                                     | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |  |   |                      |                                  |  |
| NIVEL DE FALLA:                                    | LEVE (L)                                   | MEDIA (M)                                  | ALTA (H)   | TOTAL m2 (I)  | DENSIDAD (I) / A*100 | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |  |
| FALLA  | CANTIDAD                                   |  |  |   |                      |                                  |  |
| 10M  | 12.00                                      |  |  | 12.00   | 5.33                 | 11.50                            |  |
| 10L  | 5.00                                       |  |  | 5.00  | 2.22                 | 2.30                             |  |
| 12L  | 4.00                                       |  |  | 4.00  | 1.78                 | 0.10                             |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |
|  |  |  |  |   |                      |                                  |  |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |  |                   |           |                   |              |                          | M12   |                                  |     |
|---|--|-------------------|-----------|-------------------|--------------|--------------------------|---|----------------------------------|-----|
| METODO PCI                              |  |                   |           |                   |              |                          | MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCION DEL CALLAO, DISTRITO DE |                                  |     |
| #                                       | Valor Deducido   |                   |           |                   |              |                          | Total   | q                                | CDV |
| 1                                       | 11.50  | 2.30              | 0.10      |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 2                                       | 11.50  | 2.30              | 2.00      |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 3                                       | NOMBRE VIA 2 AV. CANTACALLAO SECCION: KM 0+750.00 KM 0+712.50  |                   |           | FECHA: 25/01/2020 | AREA: 225.00 | UNIDAD DE MUESTRA: 13.50 | M13   | 1                                | 16  |
| 4                                       | HOJA DE REGISTRO SAN MARTIN DE PORRES 2020 2 10  |                   |           |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 5                                       | 1. Piel de Cocodrilo 6. Depresión 11. Parches y parches de cortes utilitarios 16. Fisura parabólica o por deslizamiento      |                   |           |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 6                                       | 2. Exudación 7. Fisura de Borde 12. Agregado Pulido 17. Hinchamiento   |                   |           |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 7                                       | 3. Fisuras en bloque 8. Fisura de Reflexión de junta 13. Baches 18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados |                   |           |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 8                                       | 4. Abultamientos y Hundimientos 9. Desnivel carril-berma 14. Ahuellamiento   |                   |           |                   |              |                          |   |                                  |     |
| 9                                       | 5. Cofugación 10. Fisuras longitudinales y transversales 15. Desplazamiento  |                   |           |                   |              |                          |   |                                  |     |
| NIVEL DE FALLA:                         |  | LEVE (L)          | MEDIA (M) | ALTA (H)          |              | TOTAL m2                 | DENSIDAD (I) / A*100  | VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A |     |
| FALLA                                   | CANTIDAD   |                   |           |                   |              | (I)                      |   |                                  |     |
| 12L                                     | 100.00   |                   |           |                   |              | 100.00                   | 44.44   | 11.00                            |     |
| 7M                                      | 8.00   |                   |           |                   |              | 8.00                     | 3.56  | 9.20                             |     |
| 10M                                     | 25.00  |                   |           |                   |              | 25.00                    | 11.11   | 19.00                            |     |
| 13H                                     | 4.00   | Máx CDV= 16       | 2.50      | 35.00             |              | 100-85                   | 41.50   | 18.44                            |     |
| 11H                                     | 6.00   | PCI= 94           | 6.20      |                   |              | 85-70                    | 12.20   | 39.20                            |     |
| 7H                                      | 5.00   | Rating= MUY BUENO |           |                   |              | 70-55                    | 5.00  | 10.50                            |     |
|   |  |                   |           |                   |              | 55-40                    |   |                                  |     |
|   |  |                   |           |                   |              | 40-25                    |   |                                  |     |
|   |  |                   |           |                   |              | 25-10                    |   |                                  |     |
|   |  |                   |           |                   |              | 10-0                     |   |                                  |     |

| CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA |                |       |       |       |       |      | M13    |   |     |
|---|----------------|-------|-------|-------|-------|------|--------|---|-----|
| #                                       | Valor Deducido |       |       |       |       |      | Total  | q | CDV |
| 1                                       | 110.00         | 39.20 | 19.00 | 11.00 | 10.50 | 9.20 | 198.90 | 6 | 90  |
| 2                                       | 110.00         | 39.20 | 19.00 | 11.00 | 10.50 | 2.00 | 191.70 | 5 | 92  |
| 3                                       | 110.00         | 39.20 | 19.00 | 11.00 | 2.00  | 2.00 | 183.20 | 4 | 95  |
| 4                                       | 110.00         | 39.20 | 19.00 | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 174.20 | 3 | 98  |
| 5                                       | 110.00         | 39.20 | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 157.20 | 2 | 100 |
| 6                                       | 110.00         | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00 | 120.00 | 1 | 100 |
| 7                                       |                |       |       |       |       |      |        |   |     |
| 8                                       |                |       |       |       |       |      |        |   |     |
| 9                                       |                |       |       |       |       |      |        |   |     |

|          |         |
|----------|---------|
| Máx CDV= | 100     |
| PCI =    | 0       |
| Rating=  | FALLADO |

| Rango  | Clasificación |
|--------|---------------|
| 100-85 | Excelente     |
| 85-70  | Muy Bueno     |
| 70-55  | Bueno         |
| 55-40  | Regular       |
| 40-25  | Malo          |
| 25-10  | Muy Malo      |
| 10-0   | Fallado       |



|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|---|--|--|---|--|--|---------------------|---------------------------|---|--|
| <b>METODO PCI</b>   |  |  |   | <b>MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE APLICANDO ADITIVO TERRASIL PARA ESTABILIZAR SUELOS EN LA AV. DOMINICOS, TRAMO AV. CANTACALLAO - LIMITE CON LA PROVINCIA DE CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES 2020</b> |  |                     |                           |   |  |
| <b>INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN VIAS</b> |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
| <b>HOJA DE REGISTRO</b>                                   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
| <b>NOMBRE VIA : AV. CANTA CALLAO</b>                      |  | <b>SECCION: KM 0+512.50 KM 0+475.00</b>    |   | <b>UNIDAD DE MUESTRA: M14</b>  |  |                     |                           |   |  |
|   |  | <b>FECHA: 25/01/2020</b>                   |   | <b>AREA: 225.00</b>  |  |                     |                           |   |  |
| 1. Piel de Cocodrilo                                      | 6. Depresión                               | 11. Parches y parches decortes utilitarios | 16. Fisura parabólica o por deslizamiento |  |  |                     |                           |   |  |
| 2. Exudación  | 7. Fisura de Borde                         | 12. Agregado Pulido                        | 17. Hinchamiento                          |  |  |                     |                           |   |  |
| 3. Fisuras en bloque                                      | 8. Fisura de Reflexión de junta            | 13. Baches                                 | 18. Peladura por intemperismo y           |  |  |                     |                           |   |  |
| 4. Abultamientos y Hundimientos                           | 9. Desnivel carril-berma                   | 14. Ahuellamiento                          | desprendimiento de agregados              |  |  |                     |                           |   |  |
| 5. Corrugación  | 10. Fisuras longitudinales y transversales | 15. Desplazamiento                         |   |  |  |                     |                           |   |  |
| <b>NIVEL DE FALLA:</b>                                    |  | <b>LEVE (L)</b>                            | <b>MEDIA (M)</b>                          | <b>ALTA (H)</b>  |  | <b>TOTAL m2 (I)</b> | <b>DENSIDAD (I) A*100</b> | <b>VALOR DEDUCIDO VER TABLA ANEXO A</b> |  |
| <b>FALLA</b>  | <b>CANTIDAD</b>                            |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
| 11H   | 12.00                                      |  |   |  |  | 12.00               | 5.33                      | 69.00                                   |  |
| 11M   | 6.00                                       | 2.00                                       |   |  |  | 8.00                | 3.56                      | 19.28                                   |  |
| 10M   | 4.00                                       |  |   |  |  | 4.00                | 1.78                      | 6.30                                    |  |
| 13H   | 20.00                                      |  |   |  |  | 20.00               | 8.89                      | 99.50                                   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |
|   |  |  |   |  |  |                     |                           |   |  |

|   |                       |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
|---|-----------------------|-------|-------|------|--|--|--|--|--------------|------------|------------|-------|---|---------|---------|---|--|--------------|----------------------|--------|-----------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|------|-------|----------|------|---------|
| <b>CALCULO DEL PCI DE LA UNIDAD DE MUESTRA</b>  |                       |       |       |      |  |  |  |  |              | <b>M14</b> |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| <b>#</b>  | <b>Valor Deducido</b> |       |       |      |  |  |  |  | <b>Total</b> | <b>q</b>   | <b>CDV</b> |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 1   | 99.50                 | 69.00 | 19.28 | 6.30 |  |  |  |  | 194.08       | 4          | 98         |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 2   | 99.50                 | 69.00 | 19.28 | 2.00 |  |  |  |  | 189.78       | 3          | 100        |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 3   | 99.50                 | 69.00 | 2.00  | 2.00 |  |  |  |  | 172.50       | 2          | 100        |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 4   | 99.50                 | 2.00  | 2.00  | 2.00 |  |  |  |  | 105.50       | 1          | 100        |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 5   |                       |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 6   |                       |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 7   |                       |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 8   |                       |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 9   |                       |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| <table border="1"> <tr> <td colspan="1">Máx CDV=</td> <td colspan="1">100</td> </tr> <tr> <td colspan="1">PCI =</td> <td colspan="1">0</td> </tr> <tr> <td colspan="1">Rating=</td> <td colspan="1">FALLADO</td> </tr> </table> |                       |       |       |      |  |  |  |  |              | Máx CDV=   | 100        | PCI = | 0 | Rating= | FALLADO | <table border="1"> <tr> <td colspan="1"><b>Rango</b></td> <td colspan="1"><b>Clasificación</b></td> </tr> <tr> <td colspan="1">100-85</td> <td colspan="1">Excelente</td> </tr> <tr> <td colspan="1">85-70</td> <td colspan="1">Muy Bueno</td> </tr> <tr> <td colspan="1">70-55</td> <td colspan="1">Bueno</td> </tr> <tr> <td colspan="1">55-40</td> <td colspan="1">Regular</td> </tr> <tr> <td colspan="1">40-25</td> <td colspan="1">Malo</td> </tr> <tr> <td colspan="1">25-10</td> <td colspan="1">Muy Malo</td> </tr> <tr> <td colspan="1">10-0</td> <td colspan="1">Fallado</td> </tr> </table> |  | <b>Rango</b> | <b>Clasificación</b> | 100-85 | Excelente | 85-70 | Muy Bueno | 70-55 | Bueno | 55-40 | Regular | 40-25 | Malo | 25-10 | Muy Malo | 10-0 | Fallado |
| Máx CDV=  | 100                   |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| PCI =   | 0                     |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| Rating=   | FALLADO               |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| <b>Rango</b>  | <b>Clasificación</b>  |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 100-85  | Excelente             |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 85-70   | Muy Bueno             |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 70-55   | Bueno                 |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 55-40   | Regular               |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 40-25   | Malo                  |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 25-10   | Muy Malo              |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |
| 10-0  | Fallado               |       |       |      |  |  |  |  |              |            |            |       |   |         |         |   |  |              |                      |        |           |       |           |       |       |       |         |       |      |       |          |      |         |





## CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS DEL PCI

| RESUMEN DE RESULTADO AV. DOMINICOS |               |             |         |        |                       |             |             |             |
|------------------------------------|---------------|-------------|---------|--------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|
| UNIDAD DE MUESTRA                  | PROG. INICIAL | PROG. FINAL | SECCION | AREA   | PCI UNIDAD DE MUESTRA | DESCRIPCION | PCI SECCION | DESCRIPCION |
| M01                                | km 0+000.00   | km 0+037.50 | 0       | 225.00 | 10                    | MUY MALO    | 30.13       | MALO        |
| M02                                | km 0+237.50   | km 0+275.00 | 237.5   | 225.00 | 0                     | FALLADO     |             |             |
| M03                                | km 0+475.00   | km 0+512.50 | 475     | 225.00 | 9                     | FALLADO     |             |             |
| M04                                | km 0+712.50   | km 0+750.00 | 712.5   | 225.00 | 58                    | BUENO       |             |             |
| M05                                | km 0+950.00   | km 0+987.50 | 950     | 225.00 | 0                     | FALLADO     |             |             |
| M06                                | km 1+187.50   | km 1+225.00 | 1187.5  | 225.00 | 50                    | REGULAR     |             |             |
| M07                                | km 1+425.00   | km 1+462.50 | 1425    | 225.00 | 65                    | BUENO       |             |             |
| M08                                | km 1+662.50   | km 1+700.00 | 1662.5  | 225.00 | 20                    | MUY MALO    |             |             |
| M09                                | km 1+700.00   | km 1+662.50 | 1700    | 225.00 | 32                    | MALO        |             |             |
| M10                                | km 1+462.50   | km 1+425.00 | 1462.5  | 225.00 | 22                    | MUY MALO    |             |             |
| M11                                | km 1+225.00   | km 1+187.50 | 1225    | 225.00 | 38                    | MALO        |             |             |
| M12                                | km 0+987.50   | km 0+950.00 | 987.5   | 225.00 | 84                    | MUY BUENO   |             |             |
| M13                                | km 0+750.00   | km 0+712.50 | 750     | 225.00 | 0                     | FALLADO     |             |             |
| M14                                | km 0+512.50   | km 0+475.00 | 512.5   | 225.00 | 0                     | FALLADO     |             |             |
| M15                                | km 0+275.00   | km 0+237.50 | 275     | 225.00 | 58                    | BUENO       |             |             |
| M16                                | km 0+037.50   | km 0+000.00 | 37.5    | 225.00 | 36                    | MALO        |             |             |

Si se considera que la primera hipótesis específica:

Evaluación del índice de condición del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019.

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas, como siguen a continuación:

**H0:** Evaluación del índice de condición del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019.

**Hi:** Evaluación del índice de condición del pavimento flexible no influye significativamente en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima- 2019.

### A. Hipótesis Estadística

Hi: La evaluación del índice de condición del pavimento flexible no influye significativamente en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-

2019.es mayor al 30.13 de acuerdo a la evaluación del índice de condición de los pavimentos el cual se muestra en el siguiente cuadro:

$$H_i: X \geq 30.13.$$

Con los parámetros siguientes:

| <b>Rango</b> | <b>Clasificación</b> |
|--------------|----------------------|
| 100 – 85     | Excelente            |
| 85 – 70      | Muy Bueno            |
| 70 – 55      | Bueno                |
| 55 – 40      | Regular              |
| 40 – 25      | Malo                 |
| 25 – 10      | Muy Malo             |
| 10 – 0       | Fallado              |

$H_0$ : Evaluación del índice de condición del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2019.

$$H_0: \mu \geq 85$$

- a. Zonas: Unilaterales derecha
- b. Confianza: 95%
- c. P. Estadística: Prueba t de Student.
- d. G. Libertad: 10gl
- e. T tabla:  $t_t = 1.75$
- f. Resultado de la Prueba.  $t_c = -8.17$
- g. R. Prueba t
- h. Habiéndose realizado 16 pruebas del PCI donde no se agregó aditivo TERRASIL ya el PCI es de inspección visual donde el promedio de la muestra es 30.13 y el promedio teórico es 85, la desviación estándar es: 26.85 de los resultados del PCI.

$$T_c = \frac{(X - \mu)}{s} \sqrt{n}$$

$X$  = promedio de muestra

$\mu$  = promedio teorico

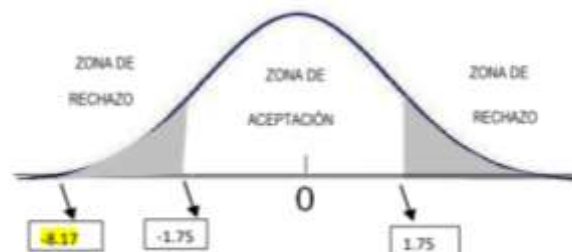
$s$  = desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$n$  = muestra

$$T_c = \frac{(30.13 - 85)}{\frac{26.85}{\sqrt{16}}}$$

$$T_c = -8.17$$



#### i. Decisión Estadística

De acuerdo al grafico de GAUSS, el resultado nos da -8.27 por lo que se encuentra en la zona de rechazo es por ello que se acepta la hipótesis alternativa y luego rechaza la hipótesis nula. Es decir, la contrastación de la hipótesis demuestra que el análisis del índice de condición del pavimento flexible si influye, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao- Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres.

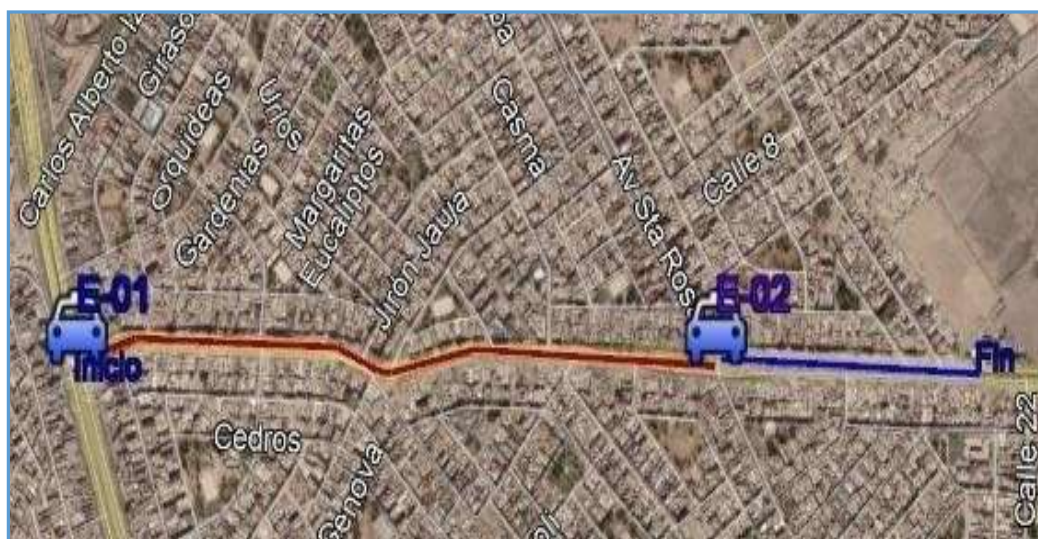
### 4.3. Presentación de resultados de tráfico

El desarrollo del estudio de tráfico, contempla la evaluación y análisis del tráfico de los factores que afectan la operatividad de la Av. Dominicos, tramo: Av. Canta Callao hasta el Límite Provincial del Callao, considerando aspectos del transporte como un medio prioritario para la población y con la intención de mejorar la accesibilidad en el distrito, mejora que reincidirá a su vez en otras vías adyacentes y circundantes, dentro del cual predomina la evaluación de la capacidad y de los principales agentes que permitan otorgar ordenamiento, fluidez y seguridad en el tránsito.

Finalmente, se ha identificado los tramos homogéneos en cuanto a la variación vehicular que presentan las vías, realizando muestreo de flujos vehiculares en las principales intersecciones, lo cual haría posible determinar los indicadores de tráfico, las horas punta, los índices medios diarios IMD y IMDA y las proyecciones con proyecto y sin proyecto, las mismas que servirán como datos para la determinación del diseño de pavimento y diseño geométrico.

#### 4.3.1. Ubicación de los conteos vehiculares

Contemplo dos (02) estaciones de control vehicular, los cuales se indican en el siguiente gráfico:



Fuente: Google Earth

## **Leyenda**

E-01: Av. Dominicos – Av. Canta Callao E-02: Av. Dominicos – Av. Santa Rosa

### **4.3.1.1. Para los Aforos Vehiculares:**

En base a las observaciones realizadas en campo, se planifica llevar a cabo los aforos respectivos, en las horas de mayor flujo, acorde al periodo de análisis (16 horas), establecidas en el marco de referencia, las mismas que se realizan en dos días típicos y atípicos, establecidas para este caso el 04,06 (Día Típico) y 8 de Febrero (Día Atípico), de manera tal que podamos expandir la muestra y estudiar el comportamiento del volumen vehicular, peatonal.

Para determinar los volúmenes vehiculares se realizaron conteos vehiculares registrados, los que se agruparon en formatos de campo en períodos de 15 minutos, diferenciándose los distintos tipos de vehículos y peatones de la siguiente manera:

- Vehículo Menores: Moto taxis, Moto Lineal
- Transporte Público: Ómnibus, Microbús, Camioneta Rural, camionetas.
- Transporte Privado: Autos, statiton wagón.
- Transporte Pesado: Camiones, Bus Interprovincial, tráiler, volquetes.

### **4.3.1.2. Relevamiento de información**

En esta etapa se procede a registrar mediciones de campo para la realización del Diagnóstico, Análisis y Planteamientos a nivel de tránsito. Las acciones a ejecutar son:

Preparación de los equipos de trabajo:

Se determina luego de visitar el área bajo estudio, la cantidad de personal suficiente en cada intersección, se convocará dicho personal y se le dará la instrucción necesaria para el cumplimiento de su trabajo.

Relevamiento o Medición de Flujos Vehiculares y Peatonales:

Se procede a recopilar la información de campo en esta etapa, a través de censos vehiculares, los cuales permiten obtener datos representativos del



comportamiento del movimiento vehicular, en las intersecciones.

La información recopilada, es registrado directamente en los formatos de campo en períodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el tipo de movimiento (directo, giro a derecha y giro a izquierda), y de acuerdo con el tipo de vehículo a medida que van entrando a la intersección.

La metodología empleada para los aforos son los conteos manuales, cual, dependiendo de la magnitud del tránsito, se registra en forma individual anotando “palitos” para cada tipología o con conto metro.

Se efectuó primeramente el levantamiento en los tres periodos, se procedió a validar en una segunda etapa, la consistencia y representatividad de las Horas Pico Día, determinada para la HPM, HPT y HPN.

#### **4.3.1.3. Procesamiento de información**

La metodología seguida para la aplicación de la recolección y procesamiento de datos de campo, ha sido tomada del “Manual de Encuestas de Transporte Urbano - 1989” del Fondo Metropolitano de Inversiones de Lima – INVERMET, “Términos de Referencia para Aforos de Tránsito Vehicular y Capacidad de Utilización de los Modos de Transporte Urbano” de la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico de Lima – AATE, Estudios de campo de la GTU y otros de la Municipalidad Metropolitana de Lima. Las equivalencias son las siguientes:

| <b>Tipología</b>                  | <b>UCP</b> |
|-----------------------------------|------------|
| <b>Auto, statio wagón</b>         | 1.00       |
| <b>Camioneta Rural, camioneta</b> | 1.25       |
| <b>Microbús</b>                   | 2.00       |
| <b>Ómnibus</b>                    | 3.00       |
| <b>Camión, volquete</b>           | 2.50       |
| <b>Semitrailer, trailer</b>       | 3.50       |
| <b>Mototaxi</b>                   | 0.75       |
| <b>Moto Lineal</b>                | 0.33       |

Esta etapa, consta del registro de datos en forma tabular y gráfica, así como del análisis de los elementos que son objeto de diagnóstico del área de estudio, es decir las intersecciones y vías definidas en los términos de referencia.

#### **4.3.1.4. Resultados del conteo vehicular**

A fin de identificar las principales características de la circulación vehicular en las intersecciones se procedió a realizar aforos vehiculares, aplicando la metodología descrita, el día donde presenta mayor flujo vehicular durante los tres días de aforos, es el día jueves que presenta un total de 40,797 vehículo, seguido por el día martes con un total de 39,339 vehículos y el día sábado 32,231 vehículos, estas cantidades son flujos vehiculares durante las 16 horas de conteos continuos.

#### **Avenida Dominicos – Avenida Canta Callao**

Teniendo el día de mayor flujo vehicular, se procederá a realizar el análisis de la intersección, para esta intersección se realizará el análisis para el día jueves, ya que presenta el flujo vehicular más alto de los dos días aforados.

**La hora punta de la mañana HPM se registró de 07:00 a 08:00 horas,** registrándose un total de 3,729 veh/hr que representa 4,754 veh. en UCP.

Por la Av. Canta Callao llegan del sentido Norte un total de 2,292 veh/hr (3,160 UCP): vienen de la vía principal 855 veh/hr (1,334 UCP) que continúa de frente, 1,060 veh/hr (1,235 UCP) doblan de la vía principal hacia la izquierda y 377 veh/hr (590 UCP) vienen de la vía auxiliar continuando de frente.

Por la Av. Canta Callao llegan del sentido Sur un total de 947 veh/hr (1,062 UCP): vienen de la vía principal 589 veh/hr (675 UCP) que continúa de frente, 257 veh/hr (294 UCP) vienen de la vía auxiliar continuando de frente y 101 veh/hr (92 UCP) doblan de la vía principal hacia la derecha.

Por la Av. Dominicos llegan del sentido Este un total de 499 veh/hr (533 UCP): dobla a la derecha 307 veh/hr (348 UCP) y 183 veh/hr (185 UCP) dobla a la izquierda.

**La hora punta de la mañana HPT se registró de 11:30 a 12:30 horas,** registrándose un total de 3,273 veh/hr que representa 4,303 veh. en UCP.

Por la Av. Canta Callao llegan del sentido Norte un total de 1,697 veh/hr

(2,340 UCP): vienen de la vía principal 684 veh/hr (1,077 UCP) que continúa de frente, 714 veh/hr (791 UCP) doblan de la vía principal hacia la izquierda y 299 veh/hr (472 UCP) vienen de la vía auxiliar continuando de frente.

Por la Av. Canta Callao llegan del sentido Sur un total de 947 veh/hr (1,125 UCP): vienen de la vía principal 594 veh/hr (726 UCP) que continúa de frente, 253 veh/hr (309 UCP) vienen de la vía auxiliar continuando de frente y 100 veh/hr (91 UCP) doblan de la vía principal hacia la derecha.

Por la Av. Dominicos llegan del sentido Este un total de 629 veh/hr (838 UCP): dobla a la derecha 474veh/hr (668 UCP) y 155veh/hr (170 UCP) dobla a la izquierda.

***La hora punta de la noche HPN se registró de 17:00 a 18:00 horas,*** registrándose un total de 3,064 veh/hr que representa 3,527 veh. en UCP.

Por la Av. Canta Callao llegan del sentido Norte un total de 1,370 veh/hr (1,753 UCP): vienen de la vía principal 426 veh/hr (585 UCP) que continúa de frente, 755 veh/hr (906 UCP) doblan de la vía principal hacia la izquierda y 189 veh/hr (261 UCP) vienen de la vía auxiliar continuando de frente.

Por la Av. Canta Callao llegan del sentido Sur un total de 1,195 veh/hr (1,202 UCP): vienen de la vía principal 755 veh/hr (755 UCP) que continúa de frente, 329 veh/hr (334 UCP) vienen de la vía auxiliar continuando de frente y 111 veh/hr (112 UCP) doblan de la vía principal hacia la derecha.

Por la Av. Dominicos llegan del sentido Este un total de 499 veh/hr (572 UCP): dobla a la derecha 358 veh/hr (413 UCP) y 141 veh/hr (159 UCP) dobla a la izquierda.

### **Avenida Dominicos – Avenida Santa Rosa**

El día donde presenta mayor flujo vehicular durante los tres días de aforos, es el día jueves donde se puede apreciar que presenta un total de 20,256 vehículo, seguido por el día martes con un total de 18,805 vehículos y el día sábado 16,708 vehículos, estas cantidades son flujos vehiculares durante las 16 horas de conteos continuos.

Teniendo el día de mayor flujo vehicular, se procederá a realizar el análisis de la intersección, para esta intersección se realizará el análisis para el día jueves, ya que presenta el flujo vehicular más alto de los dos días aforados.

***La hora punta de la mañana HPM se registró de 09:30 a 10:30 horas,*** registrándose un total de 1,584 veh/hr que representa 1,568 veh. en UCP.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Norte un total de 498 veh/hr (540 UCP): 98 veh/hr (107 UCP) continúan de frente, 220 veh/hr (306 UCP) doblan a la izquierda y 180 veh/hr (127 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Sur un total de 136 veh/hr (132 UCP): 97 veh/hr (101 UCP) continúan de frente, 21 veh/hr (17 UCP) doblan a la izquierda y 18 veh/hr (13 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Este un total de 442 veh/hr (435 UCP): 170 veh/hr (169 UCP) continúan de frente, 143 veh/hr (140 UCP) doblan a la izquierda y 129 veh/hr (126 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Oeste un total de 508 veh/hr (461 UCP): 406 veh/hr (373 UCP) continúan de frente, 20 veh/hr (15 UCP) doblan a la izquierda y 82 veh/hr (73 UCP) doblan a la derecha.

***La hora punta de la mañana HPT se registró de 13:15 a 14:15 horas,*** registrándose un total de 1,592 veh/hr que representa 1,530 veh. en UCP.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Norte un total de 506 veh/hr (529 UCP): 107 veh/hr (109 UCP) continúan de frente, 227 veh/hr (298 UCP) doblan a la izquierda y 172 veh/hr (121 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Sur un total de 135 veh/hr (127 UCP):

89 veh/hr (87 UCP) continúan de frente, 23 veh/hr (18 UCP) doblan a la izquierda y 23 veh/hr (22 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Este un total de 464 veh/hr (439 UCP): 204 veh/hr (188 UCP) continúan de frente, 135 veh/hr (144 UCP) doblan a la izquierda y 125 veh/hr (107 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Oeste un total de 487 veh/hr (436 UCP): 398 veh/hr (356 UCP) continúan de frente, 28 veh/hr (22 UCP) doblan a la izquierda y 61 veh/hr (58 UCP) doblan a la derecha.

**La hora punta de la noche HPN se registró de 17:15 a 18:15 horas,** registrándose un total de 1,227 veh/hr que representa 1,147 veh. en UCP.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Norte un total de 384 veh/hr (404 UCP): 76 veh/hr (79 UCP) continúan de frente, 179 veh/hr (234 UCP) doblan a la izquierda y 129 veh/hr (92 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Sur un total de 132 veh/hr (119 UCP):

108 veh/hr (102 UCP) continúan de frente, 9 veh/hr (9 UCP) doblan a la izquierda y 15 veh/hr (7 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Este un total de 380 veh/hr (341 UCP): 180 veh/hr (157 UCP) continúan de frente, 124 veh/hr (114 UCP) doblan a la izquierda y 76 veh/hr (70 UCP) doblan a la derecha.

Por la Av. Santa Rosa llegan del sentido Oeste un total de 331 veh/hr (277 UCP): 250 veh/hr (211 UCP) continúan de frente, 26 veh/hr (19 UCP) doblan a la izquierda y 55 veh/hr (47 UCP) doblan a la derecha.

### 4.3.2. Cuadro resumen de hora punta de conteo vehiculares

| AV. DOMINICOS - AV. CANTA CALLAO | MARTES 04.02.2020     |                       | JUEVES 06.02.2020     |                     | SABADO 08.02.2020     |                       |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                  |                       | H.P. M (08:15 -09:15) |                       | H.P. M (07:00 -08:) |                       | H.P. M (08:00 -09:00) |
|                                  | VEH/HR                | U.C.P                 | VEH/HR                | U.C.P               | VEH/HR                | U.C.P                 |
|                                  | 3,737                 | 4,721                 | 3,729                 | 4,754               | 3,112                 | 3,960                 |
|                                  | H.P. T (12:15 -13:15) |                       | H.P. T (11:30 -12:30) |                     | H.P. T (12:15 -13:15) |                       |
|                                  | VEH/HR                | U.C.P                 | VEH/HR                | U.C.P               | VEH/HR                | U.C.P                 |
|                                  | 2,665                 | 3,490                 | 3,273                 | 4,303               | 2,170                 | 285                   |
|                                  | H.P. N (17:30 -18:30) |                       | H.P. N (17:00 -18:00) |                     | H.P. N (17:30 -18:30) |                       |
|                                  | VEH/HR                | U.C.P                 | VEH/HR                | U.C.P               | VEH/HR                | U.C.P                 |
|                                  | 2,897                 | 3,458                 | 3,064                 | 3,527               | 2,372                 | 2,815                 |
| AV. DOMINICOS - AV. SANTA ROSA   | H.P. M (08:15 -09:15) |                       | H.P. M (09:30 -10:30) |                     | H.P. M (09:45 -10:45) |                       |
|                                  | VEH/HR                | U.C.P                 | VEH/HR                | U.C.P               | VEH/HR                | U.C.P                 |
|                                  | 1,397                 | 1,323                 | 1,584                 | 1,483               | 1,394                 | 1,268                 |
|                                  | H.P. T (12:30 -13:30) |                       | H.P. T (13:15- 14:15) |                     | H.P. T (12:30 -13:30) |                       |
|                                  | VEH/HR                | U.C.P                 | VEH/HR                | U.C.P               | VEH/HR                | U.C.P                 |
|                                  | 1,576                 | 1,553                 | 1,592                 | 1,530               | 1,375                 | 1,205                 |
|                                  | H.P. N (17:15 -18:15) |                       | H.P. N (17:15 -18:15) |                     | H.P. N (17:15 -18:15) |                       |
| VEH/HR                           | U.C.P                 | VEH/HR                | U.C.P                 | VEH/HR              | U.C.P                 |                       |
|                                  | 1,305                 | 1,309                 | 1,227                 | 1,141               | 1,103                 | 989                   |

### 4.3.3. Cálculo del índice medio diario

Se ha realizado los cálculos de acuerdo a lo siguiente:

DEL TRAMO I: Limite Provincia Constitucional Callao – Av. Santa Rosa  
 DEL TRAMO II: Av. Canta Callao – Av. Santa Rosa

Para la cuantificación de la demanda actual del tramo I y II, se ha procedido a realizar la sumatoria de los movimientos vehiculares en cada intersección correspondiendo de cada tramo.

Con la finalidad de obtener 24 horas de conteo vehicular, se asumió una proyección reservada, las dieciséis horas de conteo vehicular representan el 95%, considerando que el registro se realizó en las horas de mayor demanda vehicular, asimismo las ocho horas durante la noche representan el 5%.

A continuación, se realiza un esquema del Tramo I y II sentido Este a Oeste.



Para obtener los resultados de los conteos vehiculares, se ha registrado los siguientes movimientos:

| Tipo de Vehículo      | Martes Conteo Vehicular 24 horas | Jueves Conteo Vehicular 24 horas | Sábado Conteo Vehicular 24 horas |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| MOTO LINEAL           | 245                              | 188                              | 314                              |
| MOTOTAXI              | 2,464                            | 1,876                            | 2,569                            |
| AUTO                  | 2,485                            | 2,951                            | 2,600                            |
| STATION WAGON         | 409                              | 643                              | 533                              |
| CAMIONETA             | 282                              | 361                              | 308                              |
| C. RURAL (COMBI)      | 156                              | 249                              | 189                              |
| MICROBUS              | 16                               | 48                               | 34                               |
| OMNIBUS               | 25                               | 23                               | 16                               |
| CAMION                | 275                              | 259                              | 187                              |
| VOLQUETE              | 0                                | 0                                | 0                                |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 1                                | 14                               | 4                                |
| <b>TOTAL</b>          | <b>6,359</b>                     | <b>6,613</b>                     | <b>6,755</b>                     |

Tramo I: Sentido OE Proyección Conteo vehicular 24 horas

| Tipo de Vehículo      | Martes Conteo Vehicular 24 horas | Jueves Conteo Vehicular 24 horas | Sábado Conteo Vehicular 24 horas |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| MOTO LINEAL           | 188                              | 159                              | 132                              |
| MOTOTAXI              | 1,707                            | 3,434                            | 2,981                            |
| AUTO                  | 1,629                            | 2,902                            | 2,413                            |
| STATION WAGON         | 312                              | 813                              | 628                              |
| CAMIONETA             | 232                              | 202                              | 164                              |
| C. RURAL (COMBI)      | 225                              | 199                              | 173                              |
| MICROBUS              | 54                               | 13                               | 5                                |
| OMNIBUS               | 28                               | 1                                | 0                                |
| CAMION                | 204                              | 176                              | 157                              |
| VOLQUETE              | 0                                | 0                                | 0                                |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 0                                | 1                                | 1                                |
| <b>TOTAL</b>          | <b>4,580</b>                     | <b>7,899</b>                     | <b>6,654</b>                     |

Tramo II: Sentido EO - Proyección Conteo vehicular 24 horas

| Tipo de Vehículo      | Martes Conteo Vehicular 24 horas | Jueves Conteo Vehicular 24 horas | Sábado Conteo Vehicular 24 horas |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| MOTO LINEAL           | 198                              | 285                              | 262                              |
| MOTOTAXI              | 1,572                            | 1,126                            | 1,311                            |
| AUTO                  | 2,564                            | 1,874                            | 1,750                            |
| STATION WAGON         | 631                              | 783                              | 415                              |
| CAMIONETA             | 393                              | 626                              | 252                              |
| C. RURAL (COMBI)      | 269                              | 514                              | 300                              |
| MICROBUS              | 179                              | 725                              | 197                              |
| OMNIBUS               | 12                               | 309                              | 64                               |
| CAMION                | 303                              | 318                              | 147                              |
| VOLQUETE              | 0                                | 0                                | 1                                |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 4                                | 9                                | 3                                |
| <b>TOTAL</b>          | <b>6,125</b>                     | <b>6,570</b>                     | <b>4,700</b>                     |

Tramo II: Sentido OE - Proyección Conteo vehicular 24 horas



| Tipo de Vehículo      | Martes Conteo Vehicular 24 horas | Jueves Conteo Vehicular 24 horas | Sábado Conteo Vehicular 24 horas |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| MOTO LINEAL           | 317                              | 375                              | 257                              |
| MOTOTAXI              | 1,290                            | 1,392                            | 2,034                            |
| AUTO                  | 3,744                            | 2,839                            | 2,898                            |
| STATION WAGON         | 1,499                            | 1,492                            | 1,421                            |
| CAMIONETA             | 1,472                            | 1,040                            | 1,315                            |
| C. RURAL (COMBI)      | 911                              | 652                              | 816                              |
| MICROBUS              | 324                              | 380                              | 261                              |
| OMNIBUS               | 1,167                            | 746                              | 1,094                            |
| CAMION                | 339                              | 392                              | 279                              |
| VOLQUETE              | 0                                | 0                                | 0                                |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 8                                | 6                                | 2                                |
| <b>TOTAL</b>          | <b>11,072</b>                    | <b>9,314</b>                     | <b>10,376</b>                    |

#### 4.3.4. Cálculo del índice medio anual

El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico.

El IMDA se obtiene de la multiplicación del Índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el Factor de Corrección Estacional (FC).

Fórmula aplicada:

$$\text{IMDA} = \text{IMDs FEBRERO} \times \text{FCE FEBRERO}$$

Dónde:

IMDs FEBRERO es el promedio diario de los volúmenes de tráfico del mes de agosto

IMDA es el Índice Medio Diario Anual

FCE es el factor de corrección estacional para el mes de agosto

$$((V \text{ Martes} + V \text{ Jueves})/2) * 5 + V \text{ Sábado} * 2 \text{ IMDS FEBRERO} = 7$$

V: Volumen

Para expandir la muestra tomada se utiliza los factores de corrección

estacional FCE. Por tanto, el factor usado fue del peaje Serpentin Pacasmayo.

| Tipo de Vehículo | FCE - Agosto |
|------------------|--------------|
| Ligeros          | 0.8150       |
| Pesados          | 0.9814       |

### Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje – Promedio (2010 -2016)

| N° | Peaje                | Enero   |         | Febrero |         | Marzo         |         | Julio   |         | Agosto  |         | Setiembre |         | Octubre |         | Noviembre |         | Diciembre |         | Total   |         |
|----|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
|    |                      | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros       | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros   | Ligeros | Ligeros | Ligeros | Ligeros   | Ligeros | Ligeros   | Ligeros | Ligeros | Ligeros |
|    |                      | FC      | FC      | FC      | FC      | FC            | FC      | FC      | FC      | FC      | FC      | FC        | FC      | FC      | FC      | FC        | FC      | FC        | FC      | FC      | FC      |
| 58 | PUNTA PERDIDA        | 0.9849  | 0.8010  | 1.1299  | 0.8099  | 0.5874        | 1.1694  | 1.055   | 1.269   | 1.073   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 59 | QUIULLA              | 1.1371  | 1.1635  | 1.250   | 0.8120  | 0.8670        | 0.9850  | 0.989   | 1.119   | 0.819   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 60 | RUMICHACA            | 1.0728  | 0.9436  | 1.029   | 0.875   | 0.8975        | 1.0348  | 1.071   | 1.170   | 0.991   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 61 | SAN ANTON            |         |         |         |         | 1.1261        | 1.0559  | 0.963   | 1.033   | 0.880   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 62 | SAN GABAN            | 1.0500  | 0.9816  | 1.0788  | 0.9730  | 0.9088        | 0.9408  | 0.923   | 0.967   | 0.818   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 63 | SAN LORENZO          | 0.9766  | 1.0535  | 1.1199  | 0.8775  | 0.9294        | 0.9572  | 0.953   | 1.055   | 0.755   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 64 | SANTA LUCIA          | 1.0119  | 0.8481  | 1.134   | 0.9390  | 0.7603        | 1.0670  | 1.012   | 1.065   | 0.842   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 65 | SAYLLA               | 1.0247  | 0.9848  | 1.1232  | 0.9819  | 0.9125        | 0.9189  | 0.985   | 0.987   | 0.930   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 66 | SERPENTIN DE PASAMAY | 1.0952  | 1.0572  | 1.0806  | 0.9688  | <b>0.8150</b> | 1.0387  | 1.059   | 1.048   | 0.938   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 67 | SICUYANI             | 1.0307  | 0.8251  | 1.0266  | 0.910   | 0.7631        | 1.0876  | 1.058   | 1.185   | 1.030   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 68 | SOCOS                | 1.2201  | 0.9974  | 0.9997  | 0.9417  | 0.9564        | 1.0113  | 1.004   | 1.029   | 0.939   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |
| 69 | TAMBOGRANDE          | 0.9319  | 0.9595  | 1.044   | 1.0462  | 1.0492        | 1.0252  | 0.899   | 0.961   | 0.893   | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |         |

### Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje – Promedio (2010 -2016)

| Código | Peaje                 | Enero   |         | Febrero |         | Marzo         |         | Julio   |         | Agosto  |         | Setiembre |         | Octubre |         | Noviembre |         | Diciembre |         | Total   |
|--------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-----------|---------|-----------|---------|---------|
|        |                       | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados       | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados   | Pesados | Pesados | Pesados | Pesados   | Pesados | Pesados   | Pesados | Pesados |
|        |                       | FC      | FC      | FC      | FC      | FC            | FC      | FC      | FC      | FC      | FC      | FC        | FC      | FC      | FC      | FC        | FC      | FC        | FC      | FC      |
| 58     | PUNTA PERDIDA         | 1.124   | 1.1208  | 1.0721  | 0.9881  | 0.9410        | 0.9228  | 0.8656  | 0.9105  | 0.9502  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 59     | QUIULLA               | 1.1612  | 1.0951  | 1.0804  | 0.9523  | 0.9509        | 0.9766  | 0.9979  | 1.1255  | 0.9767  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 60     | RUMICHACA             | 1.0818  | 1.0268  | 1.0299  | 0.9651  | 0.9211        | 0.9717  | 0.9617  | 1.0142  | 1.0086  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 61     | SAN ANTON             |         |         |         |         |               |         | 1.0513  | 1.0045  | 0.9507  | 1.0325  | 0.9682    | 1.0000  |         |         |           |         |           |         |         |
| 62     | SAN GABAN             | 1.0987  | 1.0538  | 1.1783  | 1.2293  | 0.8892        | 0.8511  | 0.8426  | 0.9370  | 0.8556  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 63     | SAN LORENZO           | 1.4046  | 1.3695  | 1.3441  | 0.9617  | 0.9140        | 0.8716  | 0.8117  | 0.8314  | 0.7406  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 64     | SANTA LUCIA           | 1.0470  | 1.0248  | 1.0863  | 1.0265  | 0.9249        | 0.9396  | 0.9085  | 0.9206  | 0.7987  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 65     | SAYLLA                | 1.0655  | 1.0234  | 1.0782  | 0.9836  | 0.9496        | 0.9489  | 0.9527  | 0.9402  | 0.9677  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 66     | SERPENTIN DE PASAMAYO | 1.0230  | 1.0047  | 1.0391  | 1.0079  | <b>0.9814</b> | 0.9903  | 0.9671  | 0.9547  | 0.8073  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 67     | SICUYANI              | 1.1224  | 1.0194  | 1.0416  | 1.0892  | 1.0167        | 1.0202  | 0.9074  | 0.9111  | 0.9537  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 68     | SOCOS                 | 1.0895  | 1.0107  | 1.0057  | 0.9791  | 0.9551        | 0.9911  | 0.9563  | 1.0190  | 0.9775  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |
| 69     | TAMBOGRANDE           | 0.5981  | 0.7330  | 1.1320  | 1.3179  | 1.3397        | 1.1955  | 1.0221  | 0.9193  | 0.7364  | 1.0000  |           |         |         |         |           |         |           |         |         |

### Tramo I: Sentido EO – Resultado Calculo IMDA

| Tipo de Vehículo      | MARTES       | JUEVES       | SÁBADO       | IMDS         | FACTOR DE CORRECCIÓN | IMDA         | Distribución (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| AUTO                  | 2,485        | 2,951        | 2,600        | 2,684        | 0.815000             | 2,188        | 66.5             |
| STATION WAGON         | 409          | 643          | 533          | 528          | 0.815000             | 430          | 13.1             |
| CAMIONETA             | 282          | 361          | 308          | 318          | 0.815000             | 259          | 7.9              |
| C. RURAL (COMBI)      | 156          | 249          | 189          | 199          | 0.815000             | 162          | 4.9              |
| MICROBUS              | 16           | 48           | 34           | 33           | 0.815000             | 27           | 0.8              |
| OMNIBUS               | 25           | 23           | 16           | 22           | 0.941970             | 21           | 0.5              |
| CAMION                | 275          | 259          | 187          | 244          | 0.941970             | 230          | 6.1              |
| VOLQUETE              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0.941970             | 0            | 0.0              |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 1            | 14           | 4            | 6            | 0.941970             | 6            | 0.2              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>3,649</b> | <b>4,548</b> | <b>3,872</b> | <b>4,034</b> |                      | <b>3,322</b> | <b>100</b>       |

### Tramo I: Sentido OE – Resultado Calculo IMDA

| Tipo de Vehículo      | MARTES       | JUEVES       | SÁBADO       | IMDS         | FACTOR DE CORRECCIÓN | IMDA         | Distribución (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| AUTO                  | 1,629        | 159          | 132          | 676          | 0.815000             | 551          | 11.9             |
| STATION WAGON         | 312          | 3,434        | 2,981        | 2,189        | 0.815000             | 1,784        | 38.5             |
| CAMIONETA             | 232          | 2,902        | 2,413        | 1,808        | 0.815000             | 1,474        | 31.8             |
| C. RURAL (COMBI)      | 225          | 813          | 628          | 550          | 0.815000             | 448          | 9.7              |
| MICROBUS              | 54           | 202          | 164          | 138          | 0.815000             | 113          | 2.4              |
| OMNIBUS               | 28           | 199          | 173          | 131          | 0.941970             | 123          | 2.3              |
| CAMION                | 204          | 13           | 5            | 79           | 0.941970             | 74           | 1.4              |
| VOLQUETE              | 0            | 1            | 0            | 0            | 0.941970             | 0            | 0.0              |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 0            | 176          | 157          | 108          | 0.941970             | 101          | 1.9              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>2,684</b> | <b>7,898</b> | <b>6,653</b> | <b>5,680</b> |                      | <b>4,670</b> | <b>100</b>       |

### Tramo I: AMBOS SENTIDOS – Resultado Calculo IMDA

| Tipo de Vehículo      | MARTES       | JUEVES       | SÁBADO       | IMDS         | FACTOR DE CORRECCIÓN | IMDA         | Distribución (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| AUTO                  | 2,057        | 1,555        | 1,366        | 1,680        | 0.815000             | 1,369        | 34.6             |
| STATION WAGON         | 361          | 2,038        | 1,757        | 1,359        | 0.815000             | 1,107        | 28.0             |
| CAMIONETA             | 257          | 1,632        | 1,361        | 1,063        | 0.815000             | 866          | 21.9             |
| C. RURAL (COMBI)      | 191          | 531          | 409          | 375          | 0.815000             | 305          | 7.7              |
| MICROBUS              | 35           | 125          | 99           | 85           | 0.815000             | 70           | 1.8              |
| OMNIBUS               | 27           | 111          | 94           | 76           | 0.941970             | 72           | 1.6              |
| CAMION                | 239          | 136          | 96           | 162          | 0.941970             | 152          | 3.3              |
| VOLQUETE              | 0            | 1            | 0            | 0            | 0.941970             | 0            | 0.0              |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 1            | 95           | 81           | 57           | 0.941970             | 54           | 1.2              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>3,167</b> | <b>6,223</b> | <b>5,262</b> | <b>4,857</b> |                      | <b>3,996</b> | <b>100</b>       |

## Tramo II: Sentido EO – Resultado Calculo IMDA

| Tipo de Vehículo      | MARTES       | JUEVES       | SÁBADO       | IMDS         | FACTOR DE CORRECCIÓN | IMDA         | Distribución (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| AUTO                  | 2,564        | 1,874        | 1,750        | 2,085        | 0.815000             | 1,699        | 48.6             |
| STATION WAGON         | 631          | 783          | 415          | 624          | 0.815000             | 508          | 14.5             |
| CAMIONETA             | 393          | 626          | 252          | 436          | 0.815000             | 355          | 10.2             |
| C. RURAL (COMBI)      | 269          | 514          | 300          | 365          | 0.815000             | 298          | 8.5              |
| MICROBUS              | 179          | 725          | 197          | 379          | 0.815000             | 309          | 8.8              |
| OMNIBUS               | 12           | 309          | 64           | 133          | 0.941970             | 125          | 3.1              |
| CAMION                | 303          | 318          | 147          | 264          | 0.941970             | 248          | 6.1              |
| VOLQUETE              | 0            | 0            | 1            | 0            | 0.941970             | 0            | 0.0              |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 4            | 9            | 3            | 6            | 0.941970             | 5            | 0.1              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>4,355</b> | <b>5,158</b> | <b>3,128</b> | <b>4,291</b> |                      | <b>3,549</b> | <b>100</b>       |

## Tramo II: Sentido OE – Resultado Calculo IMDA

| Tipo de Vehículo      | MARTES       | JUEVES       | SÁBADO       | IMDS         | FACTOR DE CORRECCIÓN | IMDA         | Distribución (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| AUTO                  | 3,744        | 2,839        | 2,898        | 3,179        | 0.815000             | 2,591        | 37.9             |
| STATION WAGON         | 1,499        | 1,492        | 1,421        | 1,474        | 0.815000             | 1,201        | 17.6             |
| CAMIONETA             | 1,472        | 1,040        | 1,315        | 1,273        | 0.815000             | 1,037        | 15.2             |
| C. RURAL (COMBI)      | 911          | 652          | 816          | 791          | 0.815000             | 645          | 9.4              |
| MICROBUS              | 324          | 380          | 261          | 326          | 0.815000             | 266          | 3.9              |
| OMNIBUS               | 1,167        | 746          | 1,094        | 996          | 0.941970             | 938          | 11.9             |
| CAMION                | 339          | 392          | 279          | 341          | 0.941970             | 321          | 4.1              |
| VOLQUETE              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0.941970             | 0            | 0.0              |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 8            | 6            | 2            | 6            | 0.941970             | 5            | 0.1              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>9,464</b> | <b>7,547</b> | <b>8,086</b> | <b>8,386</b> |                      | <b>7,005</b> | <b>100</b>       |

## Tramo II: AMBOS SENTIDOS – Resultado Calculo IMDA

| Tipo de Vehículo      | MARTES       | JUEVES       | SÁBADO       | IMDS         | FACTOR DE CORRECCIÓN | IMDA         | Distribución (%) |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|------------------|
| AUTO                  | 3,154        | 2,357        | 2,324        | 2,632        | 0.815000             | 2,145        | 871.1            |
| STATION WAGON         | 1,065        | 1,138        | 918          | 1,049        | 0.815000             | 855          | 347.1            |
| CAMIONETA             | 933          | 833          | 783          | 854          | 0.815000             | 696          | 282.8            |
| C. RURAL (COMBI)      | 590          | 583          | 558          | 578          | 0.815000             | 471          | 191.4            |
| MICROBUS              | 252          | 552          | 229          | 353          | 0.815000             | 287          | 116.7            |
| OMNIBUS               | 590          | 528          | 579          | 564          | 0.941970             | 532          | 186.8            |
| CAMION                | 321          | 355          | 213          | 302          | 0.941970             | 285          | 100.0            |
| VOLQUETE              | 0            | 0            | 0            | 0            | 0.941970             | 0            | 0.0              |
| SEMITRAYLER Y TRAILER | 6            | 8            | 2            | 6            | 0.941970             | 5            | 1.9              |
| <b>TOTAL</b>          | <b>6,910</b> | <b>6,353</b> | <b>5,607</b> | <b>6,339</b> |                      | <b>5,277</b> | <b>2,098</b>     |

#### 4.4. Proyección del tráfico

El Tráfico obtenido corresponde al tráfico normal, el tráfico inducido o generado es el que se obtiene en forma adicional, como resultado de aquel que se va estableciendo como consecuencia de las mejoras en la infraestructura vial que ese imponga. Este tráfico, en forma proyectada es el que conjuntamente con el Normal, queda establecido, como consecuencia de la aplicación de variables socioeconómicas representadas por los factores y tasas empleadas en las proyecciones.

Para el cálculo del tráfico futuro se utilizará la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1+r)^n$$

En la que:

$T_n$  = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

$T_o$  = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

$n$  = Número de años del período de diseño

$r$  = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La proyección del tránsito de los vehículos se considera para un horizonte de planeamiento de 1 año para los procesos de aprobación, licitación y ejecución de obra y 20 años para el período de vida útil de la obra; por lo tanto, el número de años para la proyección del tráfico, a partir del presente año, es de  $n = 20$  años. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). Ambos índices de crecimiento correspondientes a Lima Metropolitana.

Para el caso del transporte de carga se ha utilizado la tasa de crecimiento del PBI de la Región promedio de Lima de los últimos años; es decir correspondiente a 4.8%, tal como fue publicado por el INEI, tasa que se utilizará para proyectar los vehículos pesados; mientras que para los vehículos ligeros, teniendo en cuenta que se trata de una vía importante que permite interconectar Lima Metropolitana y la Región Callao se tomará en cuenta la tasa de crecimiento

de Lima Metropolitana correspondiente a 1.3%.

| Distrito                                  | % de Crecimiento |
|---|------------------|
| Tasa de Crecimiento de Lima Metropolitana | 1.3 %            |
| Tasa de Crecimiento del PBI Regional      | 4.8%             |

A continuación, presentamos la proyección de la demanda para un horizonte de 20 años:

Para la presente evaluación se ha tomado los resultados del lmda del Tramo II, por representar la mayor demanda vehicular.

| TIPO DE VEHÍCULO           | IMDAI | r     | 2020 | PROYECCION DEL IMDA |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-------|-------|------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            |       |       |      | AÑO 0               |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                            |       |       |      | 2020                | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  | 2026  | 2027  | 2028  | 2029  | 2030  | 2031  | 2032  | 2033  | 2034  | 2035  | 2036  | 2037  | 2038  | 2039  | 2040  |
| 2020                       | (%)   | n=0   | n=1  | n=2                 | n=3   | n=4   | n=5   | n=6   | n=7   | n=8   | n=9   | n=10  | n=11  | n=12  | n=13  | n=14  | n=15  | n=16  | n=17  | n=18  | n=19  | n=20  |       |       |
| <b>TRAFICO NORMAL</b>      | 5277  |       |      | 5,277               | 5,355 | 5,436 | 5,518 | 5,601 | 5,674 | 5,760 | 5,848 | 5,938 | 6,029 | 6,123 | 6,218 | 6,315 | 6,414 | 6,516 | 6,620 | 6,725 | 6,834 | 6,944 | 7,057 | 7,173 |
| AUTOS, STATION WAGON       | 3,000 | 1.013 | 0    | 3,000               | 3039  | 3079  | 3119  | 3159  | 3200  | 3242  | 3284  | 3327  | 3370  | 3414  | 3458  | 3503  | 3549  | 3595  | 3641  | 3689  | 3737  | 3785  | 3834  | 3884  |
| CAMIONETA RURAL, CAMIONETA | 1,168 | 1.013 | 0    | 1,168               | 1183  | 1198  | 1214  | 1230  | 1246  | 1262  | 1278  | 1295  | 1312  | 1329  | 1346  | 1363  | 1381  | 1399  | 1417  | 1436  | 1454  | 1473  | 1492  | 1512  |
| MICROBUS                   | 287   | 1.013 | 0    | 287                 | 291   | 295   | 299   | 303   | 307   | 311   | 315   | 319   | 323   | 327   | 331   | 336   | 340   | 344   | 349   | 353   | 358   | 363   | 367   | 372   |
| OMNIBUS                    | 532   | 1.013 | 0    | 532                 | 539   | 546   | 553   | 560   | 567   | 574   | 582   | 590   | 597   | 605   | 613   | 621   | 629   | 637   | 645   | 654   | 662   | 671   | 680   | 688   |
| CAMION                     | 285   | 1.048 | 0    | 285                 | 298   | 313   | 328   | 343   | 348   | 365   | 382   | 400   | 420   | 440   | 461   | 483   | 506   | 531   | 556   | 583   | 611   | 640   | 671   | 703   |
| SEMITRAYLER-TRAYLER        | 5     | 1.048 | 0    | 5                   | 6     | 6     | 6     | 6     | 7     | 7     | 7     | 8     | 8     | 9     | 9     | 9     | 10    | 10    | 11    | 11    | 12    | 12    | 13    | 14    |
| <b>TRAFICO GENERADO</b>    |       |       |      | 0                   | 264   | 268   | 272   | 276   | 280   | 284   | 288   | 292   | 297   | 301   | 306   | 311   | 316   | 321   | 326   | 331   | 336   | 342   | 347   | 353   |
| AUTOS, STATION WAGON       |       | 1.013 |      | 0                   | 150   | 152   | 154   | 156   | 158   | 160   | 162   | 164   | 166   | 168   | 171   | 173   | 175   | 177   | 180   | 182   | 184   | 187   | 189   | 192   |
| CAMIONETA RURAL, CAMIONETA |       | 1.013 |      | 0                   | 58    | 59    | 60    | 61    | 61    | 62    | 63    | 64    | 65    | 66    | 66    | 67    | 68    | 69    | 70    | 71    | 72    | 73    | 74    | 75    |
| MICROBUS                   |       | 1.013 |      | 0                   | 14    | 15    | 15    | 15    | 15    | 15    | 16    | 16    | 16    | 16    | 16    | 17    | 17    | 17    | 17    | 17    | 18    | 18    | 18    | 18    |
| OMNIBUS                    |       | 1.013 |      | 0                   | 27    | 27    | 27    | 28    | 28    | 28    | 29    | 29    | 29    | 30    | 30    | 31    | 31    | 31    | 32    | 32    | 33    | 33    | 34    | 34    |
| CAMION                     |       | 1.048 |      | 0                   | 14    | 15    | 16    | 16    | 17    | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 27    | 28    | 29    | 31    | 32    | 34    |
| SEMITRAYLER-TRAYLER        |       | 1.048 |      | 0                   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     |
| <b>TOTAL IMDAn</b>         |       |       |      | 5,277               | 5,619 | 5,704 | 5,789 | 5,877 | 5,954 | 6,044 | 6,136 | 6,230 | 6,326 | 6,424 | 6,524 | 6,626 | 6,730 | 6,837 | 6,945 | 7,056 | 7,170 | 7,286 | 7,405 | 7,526 |
| <b>TRAFICO DESVIADO</b>    |       |       |      |                     | 329   | 334   | 339   | 344   | 350   | 354   | 360   | 365   | 371   | 376   | 382   | 388   | 394   | 400   | 407   | 413   | 420   | 426   | 433   | 440   |
| AUTOS, STATION WAGON       |       | 1.013 |      |                     | 188   | 190   | 192   | 195   | 197   | 200   | 203   | 205   | 208   | 211   | 213   | 216   | 219   | 222   | 225   | 228   | 231   | 234   | 237   | 240   |
| CAMIONETA RURAL, CAMIONETA |       | 1.013 |      |                     | 73    | 74    | 75    | 76    | 77    | 78    | 79    | 80    | 81    | 82    | 83    | 84    | 85    | 86    | 87    | 89    | 90    | 91    | 92    | 93    |
| MICROBUS                   |       | 1.048 |      |                     | 18    | 18    | 18    | 19    | 19    | 19    | 19    | 20    | 20    | 20    | 20    | 21    | 21    | 21    | 22    | 22    | 22    | 22    | 23    | 23    |
| OMNIBUS                    |       | 1.048 |      |                     | 33    | 34    | 34    | 35    | 35    | 35    | 36    | 36    | 37    | 37    | 38    | 38    | 39    | 39    | 40    | 40    | 41    | 41    | 42    | 42    |
| CAMION                     |       | 0.000 |      |                     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| SEMITRAYLER-TRAYLER        |       | 0.000 |      |                     | 18    | 19    | 20    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    | 27    | 29    | 30    | 32    | 33    | 35    | 36    | 38    | 40    | 42    |
| <b>TOTAL IMDAn</b>         |       |       |      | 1,168               | 1,662 | 1,684 | 1,707 | 1,730 | 1,753 | 1,776 | 1,800 | 1,824 | 1,849 | 1,873 | 1,899 | 1,924 | 1,950 | 1,977 | 2,004 | 2,031 | 2,058 | 2,086 | 2,115 | 2,144 |

Si se considera que la segunda hipótesis específica:

Análisis del estudio de tráfico, en el mejoramiento del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020.

Se plantea las siguientes hipótesis estadísticas, como siguen a continuación:

**H0:** Análisis del estudio de tráfico, en el mejoramiento del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020.

**H1:** Análisis del estudio de tráfico, en el mejoramiento del pavimento flexible no influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020.

### A. Hipótesis Estadística

$H_i$ : Análisis del estudio de tráfico, en el mejoramiento del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020.

$H_i$ :  $X > 5277$

| TIPO DE VEHICULO        | IMDA        | +     | 2020     | PROYECCION DEL IMDA |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|-------------------------|-------------|-------|----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                         |             |       |          | AÑO                 |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                         |             |       |          | 2021                | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | 2026         | 2027         | 2028         | 2029         | 2030         | 2031         | 2032         | 2033         | 2034         | 2035         | 2036         | 2037         | 2038         | 2039         | 2040         |              |
| <b>TRAFICO NORMAL</b>   | <b>5277</b> |       |          | <b>5,277</b>        | <b>5,355</b> | <b>5,436</b> | <b>5,518</b> | <b>5,601</b> | <b>5,674</b> | <b>5,760</b> | <b>5,848</b> | <b>5,938</b> | <b>6,029</b> | <b>6,123</b> | <b>6,218</b> | <b>6,315</b> | <b>6,414</b> | <b>6,516</b> | <b>6,620</b> | <b>6,725</b> | <b>6,834</b> | <b>6,944</b> | <b>7,057</b> | <b>7,173</b> |
| ALTO, STATION WAGON     | 3,000       | 1.0E3 | 0        | 3,000               | 3039         | 3079         | 3119         | 3159         | 3200         | 3242         | 3284         | 3327         | 3370         | 3414         | 3458         | 3503         | 3548         | 3595         | 3641         | 3689         | 3737         | 3785         | 3834         | 3884         |
| CAMIONETA RURAL         | 1,168       | 1.0E3 | 0        | 1,168               | 1183         | 1198         | 1214         | 1230         | 1246         | 1262         | 1278         | 1295         | 1312         | 1329         | 1346         | 1363         | 1381         | 1399         | 1417         | 1436         | 1454         | 1473         | 1492         | 1512         |
| MICROBUS                | 287         | 1.0E3 | 0        | 287                 | 291          | 295          | 299          | 303          | 307          | 311          | 315          | 319          | 323          | 327          | 331          | 336          | 340          | 344          | 349          | 353          | 358          | 363          | 367          | 372          |
| OMNIBUS                 | 532         | 1.0E3 | 0        | 532                 | 539          | 546          | 553          | 560          | 567          | 574          | 582          | 590          | 597          | 605          | 613          | 621          | 629          | 637          | 645          | 654          | 662          | 671          | 680          | 688          |
| CAMION                  | 285         | 1.048 | 0        | 285                 | 288          | 293          | 298          | 303          | 308          | 313          | 318          | 323          | 328          | 333          | 338          | 343          | 348          | 353          | 358          | 363          | 368          | 373          | 378          | 383          |
| SEMI TRAILER-TRAILER    | 5           | 1.048 | 0        | 5                   | 6            | 6            | 6            | 6            | 7            | 7            | 7            | 8            | 8            | 9            | 9            | 9            | 10           | 10           | 11           | 11           | 12           | 12           | 13           | 14           |
| <b>TRAFICO GENERADO</b> |             |       | <b>0</b> | <b>264</b>          | <b>368</b>   | <b>272</b>   | <b>276</b>   | <b>280</b>   | <b>284</b>   | <b>288</b>   | <b>292</b>   | <b>297</b>   | <b>301</b>   | <b>306</b>   | <b>311</b>   | <b>316</b>   | <b>321</b>   | <b>326</b>   | <b>331</b>   | <b>336</b>   | <b>342</b>   | <b>347</b>   | <b>353</b>   |              |
| ALTO, STATION WAGON     |             | 1.0E3 | 0        | 150                 | 152          | 154          | 156          | 158          | 160          | 162          | 164          | 166          | 168          | 171          | 173          | 175          | 177          | 180          | 182          | 184          | 187          | 189          | 192          |              |
| CAMIONETA RURAL         |             | 1.0E3 | 0        | 58                  | 59           | 60           | 61           | 61           | 62           | 63           | 64           | 65           | 66           | 66           | 67           | 68           | 68           | 70           | 71           | 72           | 73           | 74           | 75           |              |
| MICROBUS                |             | 1.0E3 | 0        | 14                  | 15           | 15           | 15           | 15           | 16           | 16           | 16           | 16           | 16           | 17           | 17           | 17           | 17           | 17           | 17           | 18           | 18           | 18           | 18           |              |
| OMNIBUS                 |             | 1.0E3 | 0        | 27                  | 27           | 27           | 28           | 28           | 28           | 29           | 29           | 29           | 29           | 30           | 30           | 31           | 31           | 31           | 32           | 32           | 33           | 33           | 34           | 34           |
| CAMION                  |             | 1.048 | 0        | 14                  | 15           | 16           | 16           | 17           | 17           | 18           | 19           | 20           | 21           | 22           | 23           | 24           | 25           | 27           | 28           | 29           | 31           | 32           | 34           |              |
| SEMI TRAILER-TRAILER    |             | 1.048 | 0        | 0                   | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 1            | 1            | 1            | 1            | 1            |              |
| <b>TOTAL IMDA</b>       |             |       |          | <b>5,277</b>        | <b>5,619</b> | <b>5,704</b> | <b>5,789</b> | <b>5,877</b> | <b>5,954</b> | <b>6,044</b> | <b>6,136</b> | <b>6,230</b> | <b>6,325</b> | <b>6,424</b> | <b>6,524</b> | <b>6,626</b> | <b>6,730</b> | <b>6,837</b> | <b>6,945</b> | <b>7,056</b> | <b>7,170</b> | <b>7,286</b> | <b>7,405</b> | <b>7,526</b> |
| <b>TRAFICO DESVIADO</b> |             |       |          | <b>129</b>          | <b>334</b>   | <b>339</b>   | <b>344</b>   | <b>350</b>   | <b>354</b>   | <b>360</b>   | <b>365</b>   | <b>371</b>   | <b>376</b>   | <b>382</b>   | <b>388</b>   | <b>394</b>   | <b>400</b>   | <b>407</b>   | <b>413</b>   | <b>420</b>   | <b>426</b>   | <b>433</b>   | <b>440</b>   |              |
| ALTO, STATION WAGON     |             | 1.0E3 |          | 188                 | 190          | 192          | 195          | 197          | 200          | 203          | 205          | 208          | 211          | 213          | 216          | 219          | 222          | 225          | 228          | 231          | 234          | 237          | 240          |              |
| CAMIONETA RURAL         |             | 1.0E3 |          | 73                  | 74           | 75           | 76           | 77           | 78           | 79           | 80           | 81           | 82           | 83           | 84           | 85           | 86           | 87           | 89           | 90           | 91           | 92           | 93           |              |
| MICROBUS                |             | 1.048 |          | 18                  | 18           | 18           | 19           | 19           | 19           | 19           | 20           | 20           | 20           | 20           | 21           | 21           | 21           | 22           | 22           | 22           | 22           | 23           | 23           |              |
| OMNIBUS                 |             | 1.048 |          | 33                  | 34           | 34           | 35           | 35           | 35           | 36           | 36           | 37           | 37           | 38           | 38           | 39           | 39           | 40           | 40           | 41           | 41           | 42           | 42           |              |
| CAMION                  |             | 0.000 |          | 0                   | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            | 0            |              |
| SEMI TRAILER-TRAILER    |             | 0.000 |          | 18                  | 19           | 20           | 20           | 21           | 22           | 23           | 24           | 25           | 26           | 27           | 29           | 30           | 32           | 33           | 35           | 36           | 38           | 40           | 42           |              |
| <b>TOTAL IMDA</b>       |             |       |          | <b>1,168</b>        | <b>1,662</b> | <b>1,684</b> | <b>1,707</b> | <b>1,730</b> | <b>1,753</b> | <b>1,776</b> | <b>1,800</b> | <b>1,824</b> | <b>1,849</b> | <b>1,873</b> | <b>1,899</b> | <b>1,924</b> | <b>1,950</b> | <b>1,977</b> | <b>2,004</b> | <b>2,031</b> | <b>2,058</b> | <b>2,086</b> | <b>2,115</b> | <b>2,144</b> |



El análisis del estudio de tráfico, en el mejoramiento del pavimento flexible influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres- Lima-2020. Establece mayor igual a 2144 para el año 2040 de acuerdo al estudio del PCI.

$$H_0: \mu \geq 7526$$

- A. **Zonas:** Unilaterales derecha
- B. **Confianza:** 95%
- C. **P. Estadística:** Prueba t de Student.
- D. **G. Libertad:** 10gl
- E. **T tabla:**  $t_t = 1.729$
- F. **Resultado de la Prueba.**  $t_c = -75.41$
- G. **R. Pruebat**
- H. Habiéndose realizado pruebas del PCI y proyectándonos hasta el año 2040 donde el promedio de la muestra es 5277 y el promedio teórico es 7526, la desviación estándar es 577.758.

$$T_c = \frac{(X - \mu) / \left( \frac{s}{\sqrt{n}} \right)}$$

$X =$  promedio de muestra

$\mu =$  promedio teorico

$s =$  desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N}}$$

$n =$  muestra

$$T_c = (5277 - 7526) / \left( \frac{577.785}{\sqrt{40}} \right)$$

$$T_c = -17.14$$



### I. Decisión Estadística

De acuerdo al gráfico de GAUSS, el resultado nos da -17.14 por lo que se encuentra en la zona de rechazo es por ello que se acepta la hipótesis alternativa y luego rechaza la hipótesis nula. Es decir, la contrastación de la hipótesis demuestra que el análisis del estudio de tráfico, en el mejoramiento del pavimento flexible SI influye en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de resultados la iniciamos con las pruebas de laboratorio del CBR, PCI y IMDA en la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite los análisis nos permite determinar lo siguiente:

Los análisis CBR (california bearing ratio) con aditivo y sin aditivo demuestran gran eficacia del aditivo Terrasil ya que el análisis del CBR nos ayuda a precisar la medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo para poder evaluar la calidad del terreno de una subrasante, sub base, y base del pavimento donde se realizó bajo condiciones controladas de humedad y densidad dando un aumento de porcentaje del CBR de 32.16% a 68% como promedio y las estadísticas lo demuestran donde la  $T_c < T_t$  ( $-75.41 < 1.75$ ) cayendo en una zona de aceptación demostrando lo previsto que el aditivo Terrasil efectivamente aumenta la resistencia al esfuerzo para todas las capas de la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite.

Por otro lado, el análisis del PCI donde se evalúa el índice de condición del pavimento donde se realizaron 16 muestras en el cual el pci de la sección es de 30.13 donde según el rango de calificación es malo la Av Dominicos, Tramo Av. Canta Callao – Limite. Y además las proyecciones luego de usado el aditivo terrasil pasado el periodo de vida del pavimento 20 años presentara un 85 de pci y sometándolo a la evaluación estadística esto demuestra que la hipótesis nula es aceptada y efectivamente el aditivo terrasil está cumpliendo los propósitos,  $T_c < T_t$  ( $-8.17 < 1.75$ )

En el estudio de tráfico donde dicho estudio sirve para el diseño del pavimento y tanto como el espesor de las capas de la subrasante, sub base y base, nosotros realizamos el análisis del índice medio diario anual IMDA En el cual para este año 2020 el resultado arrojó 1168 y para nuestra proyección a 20 años los resultados del estudio son de 2110 y haciendo los cálculos respectivos estadístico fueron  $T_c < T_t$  ( $-27.79 < 1.75$ ) lo cual cae en una zona de aceptación de la hipótesis nula.

## **VI. CONCLUSIONES**

- 1) Se concluye que las pruebas del CBR realizado con el aditivo Terrasil cumple de una manera satisfactoria la resistencia del suelo para poder evaluar la calidad del terreno de una subrasante, sub base, y base del pavimento donde se realizó bajo condiciones controladas de humedad y densidad dando un aumento de porcentaje del CBR de 32.16% a 68%.
- 2) Se concluye que el análisis del PCI donde se evalúa el índice de condición del pavimento, el promedio de las secciones es de 30.13 donde según el rango de calificación es malo, lo cual se hace una proyección en 20 años utilizando el aditivo Terrasil, hay un aumento del PCI de 85 que según el rango de calificación sería de excelente.
- 3) Se concluye que de acuerdo al análisis del estudio de tráfico donde dicho estudio sirve para el diseño del pavimento, el índice medio diario anual IMDA para este el año 2020 el resultado arrojó 5277 y para nuestra proyección a 20 años los resultados del estudio son de 7526, por lo cual hay un incremento del IMDA, por ende se ve necesidad de utilizar el aditivo Terrasil para poder mejorar la base del pavimento.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1) De acuerdo a los resultados de la presente investigación podemos recomendar el uso del aditivo TERRASIL como una alternativa de estabilización de suelos ya que se ha demostrado que aumenta los valores de CBR significativamente, permitiendo que el pavimento tenga una mayor vida útil.
- 2) Se recomienda realizar inspecciones periódicas utilizando el método del PCI y así poder conocer el estado que se encuentra la vía para determinar el tipo de mantenimiento que se le pueda realizar con el objetivo de garantizar la vida útil y así evitando su reconstrucción.
- 3) Los estudios de tráfico deben realizarse en puntos estratégicos y con profesionales capacitados para así poder obtener resultados reales ya que eso dependerá si califica para ser flexible, rígido o si solo se queda como trocha carrozable.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo, D. y Rojas F. (2016). *Ensayo de fiabilidad con aditivo Proes para la estabilización del suelo en el AA.HH El Milagro, 2016. Iquitos, Perú.*
- Borja Suárez, M. (2012). *Metodología de la Investigación para Ingenieros. Chiclayo, Perú.*
- Céspedes Abanto, J. (2000). *Los Pavimentos en las Vías Terrestres. Cajamarca, Perú.*
- De la Cruz, L. y Salcedo F. (2016). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian-Huancayo-Junín, Perú.*
- Gavilanes, E. (2015). *Estabilización y mejoramiento de subrasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de santo pampa barrio colinas del sur, Ecuador.*
- Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio), Ecuador.*
- Hidalgo, D. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo- cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante, Ecuador.*
- Mamani, L. y Yataco Alejandro. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho, Perú.*
- Manual de Ensayo de Materiales. (2016). Perú.
- Manual de Ensayo de Materiales. (2014). Perú.
- Manual de Carreteras (2018). *Diseño Geométrico. Perú.*
- Manual de Carreteras (2015). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. R.D. N° 10-2014-MTC/14. Perú: Macro EIRL.*
- Menéndez Acurio, J. R. (2012). *Ingeniería de Pavimentos materiales, diseño y Conservación. Lima, Lima, Perú: ICG.*
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá, Colombia: Agora Editores*

- Quiroz, W. (2017). *Comparación entre la estabilización de suelos con emulsión asfáltica y la estabilización de suelo con asfalto y diesel para determinar cuál estabilización proporciona mayor densidad aparente y relación de soporte cbr, Ecuador.*
- Ramos, G. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucara Huancavelica, Perú.*
- Rodríguez, D. y Pérez, R. (2016). *Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y de la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del Canton Quevedo, Provincia De Los Rios, Ecuador.*
- Velásquez, C. (2018). *Influencia del cemento portland tipo i en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida DINAMARCA, sector La Molina, Perú.*
- Vásquez Varela, L. R. (2002). *Manual: Pavement Condition Index (PCI).* Manizales, Colombia.

## **ANEXOS**



## Anexo 1: Matriz de consistencia

| ANEXO 01<br>MATRIZ DE CONSISTENCIA - PROYECTO DE INVESTIGACION  |   |  |  |  |
|---|---|--|--|--|
| "Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo terrasil para estabilizar suelos en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020"              |   |  |  |  |
| PROBLEMA GENERAL  | OBJETIVO GENERAL  | HIPOTESIS PRINCIPAL  | VARIABLES  | DISEÑO METODOLOGICO  |
| ¿Cuál sería la evaluación del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020? | Analizar cuál sería la evaluación del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020. | Análisis de la evaluación del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020.        | <b>Variable Independiente:</b><br>Pavimento Flexible: Montejo, A. (2002) "Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que cargas repetidas del tránsito le transmite durante el periodo para cual fue diseñada la estructura del pavimento".<br><b>Variable Dependiente:</b><br>Aditivo TERRASIL: Según Brem Environmental Solutions S.A.C. (2012) "TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos". | <b>Tipo de Investigación:</b> Aplicativa<br>Según afirma Borja Suárez, (2012) "El tipo de investigación aplicada busca conocer actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal".<br><b>Método de Investigación:</b> Cuantitativo<br>Según afirma Borja Suárez, (2012) "El método de investigación Cuantitativo por lo común en los estudios cuantitativos se establece una o varias hipótesis (suposiciones acerca de la realidad), se diseña un plan para someterlas a prueba, se miden los conceptos incluidos en la hipótesis (variables) y se transforman las mediciones en valores numéricos para analizarse posteriormente con técnicas estadísticas y extender los resultados a un universo más amplio o para consolidar las creencias de una teoría".<br><b>Diseño de la Investigación:</b> Experimental<br>Según manifiesta Borja Suárez, (2012) "El diseño de la investigación experimental es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación "deliberada" por parte del investigador de las variables. Esta investigación determinara la relación causa – efecto de un fenómeno físico o social".<br><b>Area de estudios:</b><br>Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao<br><b>Población y muestra:</b><br>Según manifiesta Borja Suárez, (2012) "Para una investigación cuantitativa, la muestra de estudio es un sub grupo representativo de la población, sobre la cual se habrán de recolectar datos. EL investigador se deberá interesar que los resultados encontrados en la muestra logren generalizarse o extrapolarse a la población o Universo. La muestra debe ser estadísticamente representativa".<br><b>Instrumento:</b><br>Ficha de Observación<br>Para la presente investigación se utilizará el instrumento de ficha de observación, según Borja Suárez, (2012) "Para los proyectos de investigación en ingeniería, todos los datos observados se deben plasmar en formatos adecuados en recolección de información; por ejemplo: Formatos para el estudio de tráfico, estudio de suelos, levantamientos topográficos, diseño de mezclas, etc".<br><b>Valoración estadística:</b><br>Paquete estadístico de Microsoft Excel que sirve para procesar datos recolectados y crear archivos electrónicos. |
| PROBLEMAS ESPECIFICOS   | OBJETIVOS ESPECIFICOS   | HIPOTESIS ESPECIFICAS  |  |  |
| ¿Analizar cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020?                                  | Analizar cuál sería el índice de condición del pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020.   | Análisis del Índice de condición del pavimento flexible aplicando aditivo TERRASIL para estabilizar suelos, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020. |  |  |
| ¿De qué manera influye el estudio de tráfico en el pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres-Lima-2020?                               | Evaluar de qué manera influye el estudio de tráfico en el pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres -Lima-2020.                               | Evaluar el estudio de tráfico en el pavimento flexible, en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martin de Porres -Lima-2020.  |  |  |

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

| Tabla de Operacionalización de Variables |                    |   |  |         |
|--|--------------------|---|--|---------|
| VARIABLES                                | DIMENSIONES        | INDICADORES                                 | ITEM   | ESCALA  |
| Pavimento Flexible                       | Estudio de suelos  | Análisis granulométrico                     | $\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$ | ORDINAL |
|  |                    | Contenido de Humedad                        | $W = W_w \times 100 / W_s$   | ORDINAL |
|  |                    | Limite Liquido                              | $LL = W^* \left( \frac{N}{25} \right)^{0,1191} \quad \text{o} \quad LL = AW^*$   | ORDINAL |
|  |                    | Limite Plástico                             | $\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$                         | ORDINAL |
|  |                    | Índice de Plasticidad                       | $IP = LL - LP$   | ORDINAL |
|  |                    | Compactación de suelos                      | $\rho_s = 1000 \times \frac{(M_v - M_{vd})}{V}$  | ORDINAL |
|  |                    | CBR   | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100$<br>$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100$          | ORDINAL |
|  | PCI                | Unidad de muestreo                          | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$  | ORDINAL |
|  |                    | Cálculo del PCI de las unidades de muestreo | $m_v = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_v)$  | ORDINAL |
|  |                    | Cálculo del PCI de una sección de pavimento | $PCI_s = \frac{[(N-A) \times PCI_n] + (A \times PCI_A)}{N}$  | ORDINAL |
|  |                    | Clasificación de fallas                     | Bajo (L) - Medio (M) - Alto (H)  | ORDINAL |
|  | Estudio de trafico | Periodo de diseño                           | 05-50 AÑOS   | ORDINAL |
|  |                    | Índice medio diario anual                   | $IMDA = IMDSXfe$   | ORDINAL |
|  |                    | Volumen horario de diseño                   | $VND_{\text{diseño}} = 0,12 \sim 0,18 \text{ IMDA}_{\text{diseño}}$  | ORDINAL |
| Crecimiento del transito                 |                    | $P_f = P_0 (1+T_c)^n$                       | ORDINAL  |         |

| <b>Aditivo TERRASIL</b> | <b>Estabilidad de suelos</b>                  | Espesor                                      | 10 CM – 30 CM   | ORDINAL     |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|-------------------------|---|--|---|-------------|---------|---------|--|--|----|----------|-------|---------|---------|------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-------|--------|-------|
|                         |   | Compactación                                 | $\rho_s = 1000 \times \frac{(M_1 - M_{mo})}{V}$   | ORDINAL     |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         |   | Densidad                                     | $\rho_m = M_3 / V$ $\rho_d = M_4 / V$   | ORDINAL     |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         | <b>Capacidad de soporte (CBR) con aditivo</b> | Humedad de compactación                      | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100$  | ORDINAL     |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         |   | Expansión                                    | $\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$   | ORDINAL     |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         |   | Valor de la relación de soporte              | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Penetración</th> <th colspan="3">Presión</th> </tr> <tr> <th>Mm</th> <th>Pulgadas</th> <th>MN/m2</th> <th>Kgf/cm2</th> <th>Lb/plg2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.54</td> <td>0.1</td> <td>6.9</td> <td>70.31</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>5.08</td> <td>0.2</td> <td>10.35</td> <td>105.46</td> <td>1.500</td> </tr> </tbody> </table> | Penetración |         | Presión |  |  | Mm | Pulgadas | MN/m2 | Kgf/cm2 | Lb/plg2 | 2.54 | 0.1 | 6.9 | 70.31 | 1.000 | 5.08 | 0.2 | 10.35 | 105.46 | 1.500 |
|                         | Penetración                                   |  | Presión   |             |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         | Mm  | Pulgadas                                     | MN/m2   | Kgf/cm2     | Lb/plg2 |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         | 2.54  | 0.1  | 6.9   | 70.31       | 1.000   |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
| 5.08                    | 0.2   | 10.35  | 105.46  | 1.500       |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
| <b>Impermeabilidad</b>  | Volumen del suelo                             |  | ORDINAL   |             |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |
|                         | Vacío de suelos saturados                     | $k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$ | ORDINAL   |             |         |         |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |

Nota: Las DIMENSIONES e INDICADORES, solo si proceden, en dependencia de la naturaleza de la investigación y de las variables.

### Anexo 3: Instrumento


| <b>Título de la investigación:</b><br>"Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo terrasil para estabilizar suelos en la Av. Dominicos, Tramo Av. Canta Callao-Limite con la provincia constitucional del Callao, en el Distrito de San Martín de Porres-Lima-2020" |                    |   |  |         |                     |           |                            |
|--|--------------------|---|--|---------|---------------------|-----------|----------------------------|
| <b>Apellidos y nombres del investigador:</b><br>Munive Vega, Rebeca Alexandra y Huamani Cahuana, Cristell Frida  |                    |   |  |         |                     |           |                            |
| <b>Apellidos y nombres del experto:</b>  |                    |   |  |         |                     |           |                            |
| ASPECTO POR EVALUAR  |                    |   |  |         | OPINIÓN DEL EXPERTO |           |                            |
| VARIABLES  | DIMENSIONES        | INDICADORES                                 | ITEM   | ESCALA  | SI CUMPLE           | NO CUMPLE | OBSERVACIONES /SUGERENCIAS |
| Pavimento Flexible   | Estudio de suelos  | Análisis granulométrico                     | $\% \text{ Pasa } 0,075 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,075}{\text{Peso Total}} \times 100$ | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | Contenido de Humedad                        | $W = W_w \times 100 / W_s$   | ORDINAL | x                   |           |                            |
|  |                    | Limite Liquido                              | $LL = W \left( \frac{N}{25} \right)^{0.75} = LL - 40^*$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | Limite Plástico                             | $\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$                           | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | Índice de Plasticidad                       | $IP = LL - LP$   | ORDINAL | x                   |           |                            |
|  |                    | Compactación de suelos                      | $\rho_s = 1000 \times \frac{(M_1 - M_{so})}{V}$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | CBR   | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100$ $\% \text{ Espesura} = \frac{1,2 \cdot 1,1}{1,27} \times 100$     | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  | PCI                | Unidad de muestreo                          | $n = \frac{N \times a^2}{c^2 \times (N-1) + a^2}$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | Cálculo del PCI de las unidades de muestreo | $m_1 = 1,00 + \frac{9}{99} (100 - HDV_1)$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | Cálculo del PCI de una sección de pavimento | $PCI_s = \frac{(N-A) \times PCI_1 + (A \times PCI_2)}{N}$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|  |                    | Clasificación de fallas                     | Bajo (L) - Medio (M) - Alto (H)  | ORDINAL | x                   |           |                            |
|  | Estudio de trafico | Periodo de diseño                           | 05-50 AÑOS   | ORDINAL | x                   |           |                            |
|  |                    | Índice medio diario anual                   | $IMDA = IMD5Xfc$   | ORDINAL | x                   |           |                            |
|  |                    | Volumen horario de diseño                   | $VHD_{año i} = 0,12 = 0,18 \text{ IMD}_{año i}$  | ORDINAL | x                   |           |                            |
| Crecimiento del transito   |                    | $P_1 = P_0 (1 + T_c)^n$                     | ORDINAL  | x       |                     |           |                            |

Anexo 4: Validación de instrumentos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS VARIABLE DEPENDIENTE: PAVIMENTO FLEXIBLE

| ASPECTO POR EVALUAR |                          |   |  |         | OPINIÓN DEL EXPERTO |           |                            |
|---------------------|--------------------------|---|--|---------|---------------------|-----------|----------------------------|
| VARIABLES           | DIMENSIONES              | INDICADORES                                 | ITEM   | ESCALA  | SI CUMPLE           | NO CUMPLE | OBSERVACIONES /SUGERENCIAS |
| Pavimento Flexible  | Estudio de suelos        | Análisis granulométrico                     | $\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$ | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Contenido de Humedad                        | $W = Ww \times 100 / Ws$   | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Limite Liquido                              | $LL = W \left( \frac{M}{25} \right)^{0,75} \quad \text{y} \quad LL = kP^0,75$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Limite Plástico                             | $\text{Limite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$                         | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Índice de Plasticidad                       | $IP = LL - LP$   | ORDINAL |                     |           |                            |
|                     |                          | Compactación de suelos                      | $Ps = 1000 \times \frac{(M_1 - M_{20})}{P}$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | CBR   | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \quad \% \text{ de expansión} = \frac{L' - L}{L} \times 100$       | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     | PCI                      | Unidad de muestreo                          | $n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N-1) + \sigma^2}$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Cálculo del PCI de las unidades de muestreo | $m_1 = 1,00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_1)$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Cálculo del PCI de una sección de pavimento | $PCI_3 = \frac{[(N-A) \times PCI_2] + (A \times PCI_1)}{N}$  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     | Estudio de trafico       | Clasificación de fallas                     | Bajo (L) - Medio (M) - Alto (H)  | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Periodo de diseño                           | 05-50 AÑOS   | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Índice medio diario anual                   | $IMDA = IMDS \times f_c$   | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     |                          | Volumen horario de diseño                   | $VHD_{\text{año } i} = 0,12 + 0,18 \text{ IMDA}_{\text{año } i}$   | ORDINAL | X                   |           |                            |
|                     | Crecimiento del transito | $P_t = P_o (1 + T_c)^n$                     | ORDINAL  | X       |                     |           |                            |

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DE LOS INSTRUMENTOS VARIABLE INDEPENDIENTE: ADITIVO TERRASIL**

| <b>Aditivo TERRASIL</b> | <b>Estabilidad desuelos</b>                | Espesor   | 10 CM – 30 CM   | ORDINAL            | ✗       |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|-------------------------|--|---|---|--------------------|---------|--|--|--|----|----------|-------|---------|---------|------|-----|-----|-------|-------|------|-----|-------|--------|-------|---------|---|--|
|                         |  | Compactación  | $\rho_s = 1000 \times \frac{(M_1 - M_{ad})}{V}$   | ORDINAL            | ✗       |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|                         |  | Densidad  | $\rho_m = M_3 / V$ $\rho_d = M_4 / V$   | ORDINAL            | ✗       |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|                         | <b>Capacidadde soporte (CBR)conaditivo</b> | Humedadde compactación  | $\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100$  | ORDINAL            | ✗       |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|                         |  | Expansión   | $\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$   | ORDINAL            | ✗       |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|                         |  | Valordelarelaciónde soporte   | <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Penetración</th> <th colspan="3">Presión</th> </tr> <tr> <th>Mm</th> <th>Pulgadas</th> <th>MN/m2</th> <th>Kgf/cm2</th> <th>Lb/plg2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.54</td> <td>0.1</td> <td>6.9</td> <td>70.31</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>5.08</td> <td>0.2</td> <td>10.35</td> <td>105.46</td> <td>1.500</td> </tr> </tbody> </table> | Penetración        |         | Presión                                      |  |  | Mm | Pulgadas | MN/m2 | Kgf/cm2 | Lb/plg2 | 2.54 | 0.1 | 6.9 | 70.31 | 1.000 | 5.08 | 0.2 | 10.35 | 105.46 | 1.500 | ORDINAL | ✗ |  |
|                         | Penetración                                |   | Presión   |                    |         |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|                         | Mm   | Pulgadas  | MN/m2   | Kgf/cm2            | Lb/plg2 |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
| 2.54                    | 0.1  | 6.9   | 70.31   | 1.000              |         |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
| 5.08                    | 0.2  | 10.35   | 105.46  | 1.500              |         |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
| <b>Impermeabilidad</b>  | Volumen del suelo                          |   | ORDINAL   | ✗                  |         |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
|                         | Vacío de suelos saturados                  |   | ORDINAL   | ✗                  |         |  |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |
| Firma del experto:      |  |  |   | Fecha: 15/ 08/2020 |         | $k = \frac{Q \times L}{A \times t \times h}$ |  |  |    |          |       |         |         |      |     |     |       |       |      |     |       |        |       |         |   |  |

**Observaciones (precisar si hay suficiencia): si existe suficiencia**

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [x] Aplicable después de  
corregir [ ] No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr/Mg: MSc. Caceda Corillocla, Juan Antenor

**DNI: 41568334**

**Especialidad del validador: MSc. Seguridad y medio ambiente**

Lima, 15 de Agosto de 2020

<sup>1</sup> **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup> **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al  
componente o Dimensión específica del constructo.

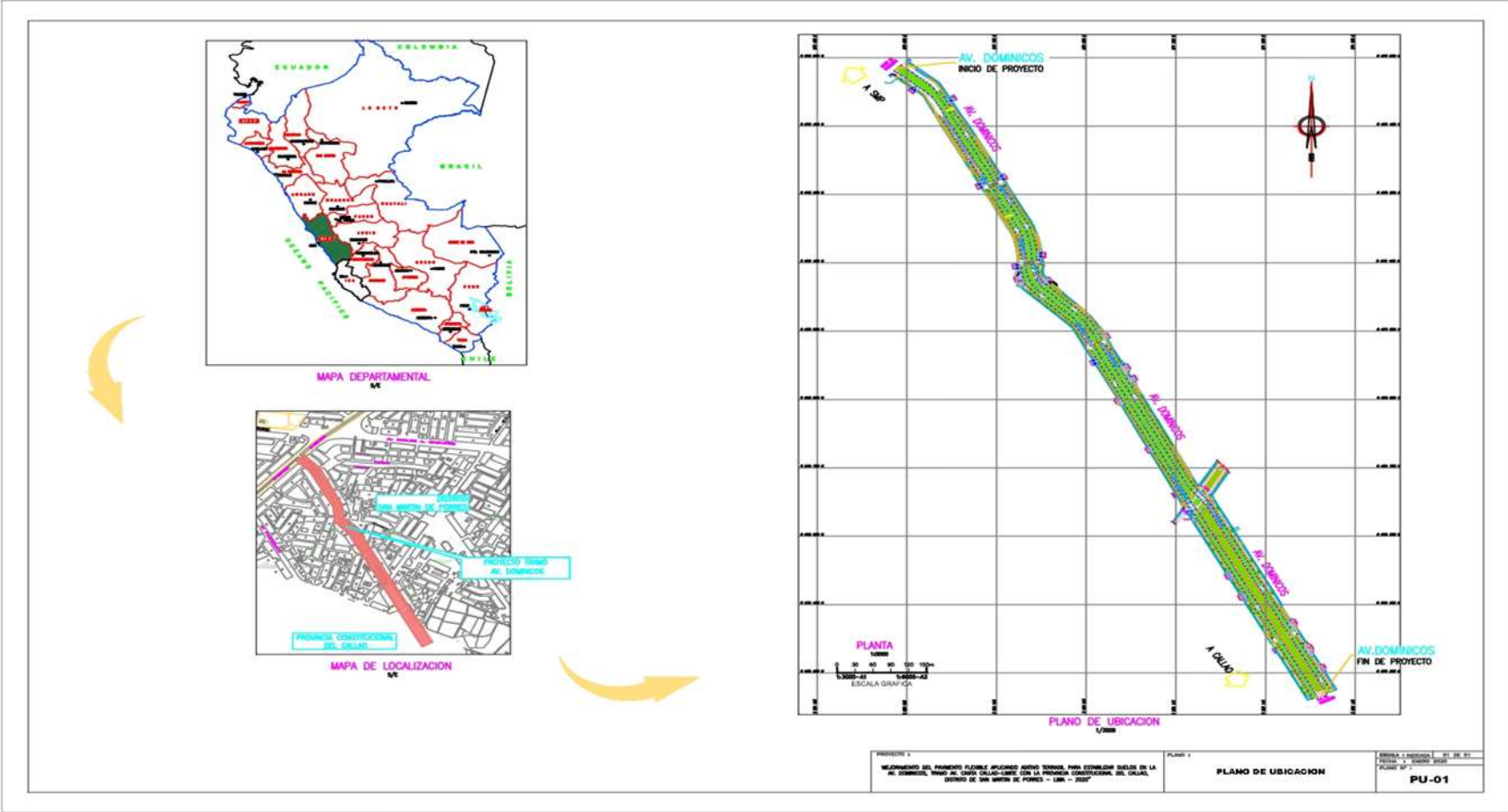
<sup>3</sup> **Claridad:** Se extiende sin dificultad alguna el  
anunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems  
planteados son Suficientes para medir la dimensión.

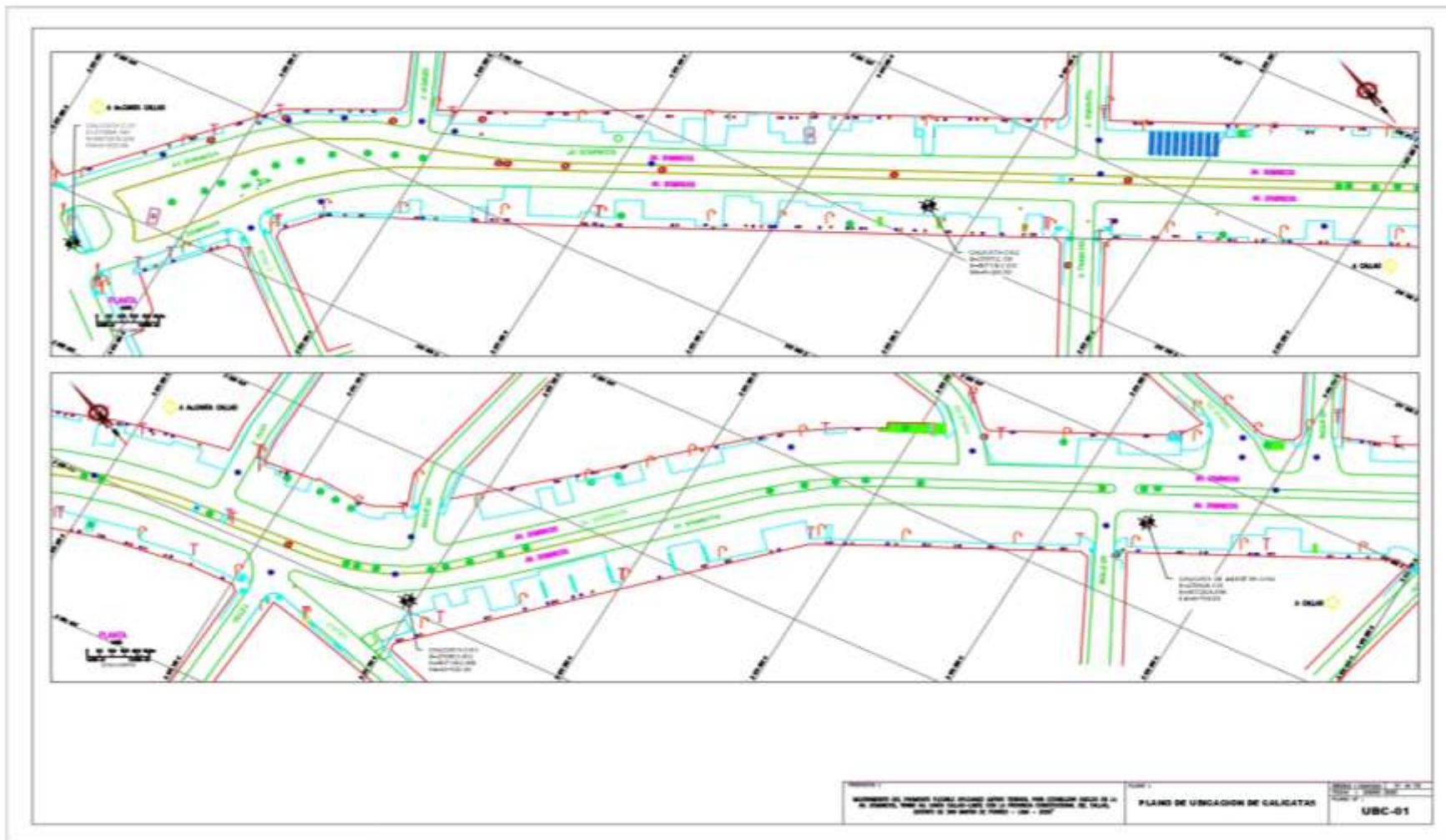


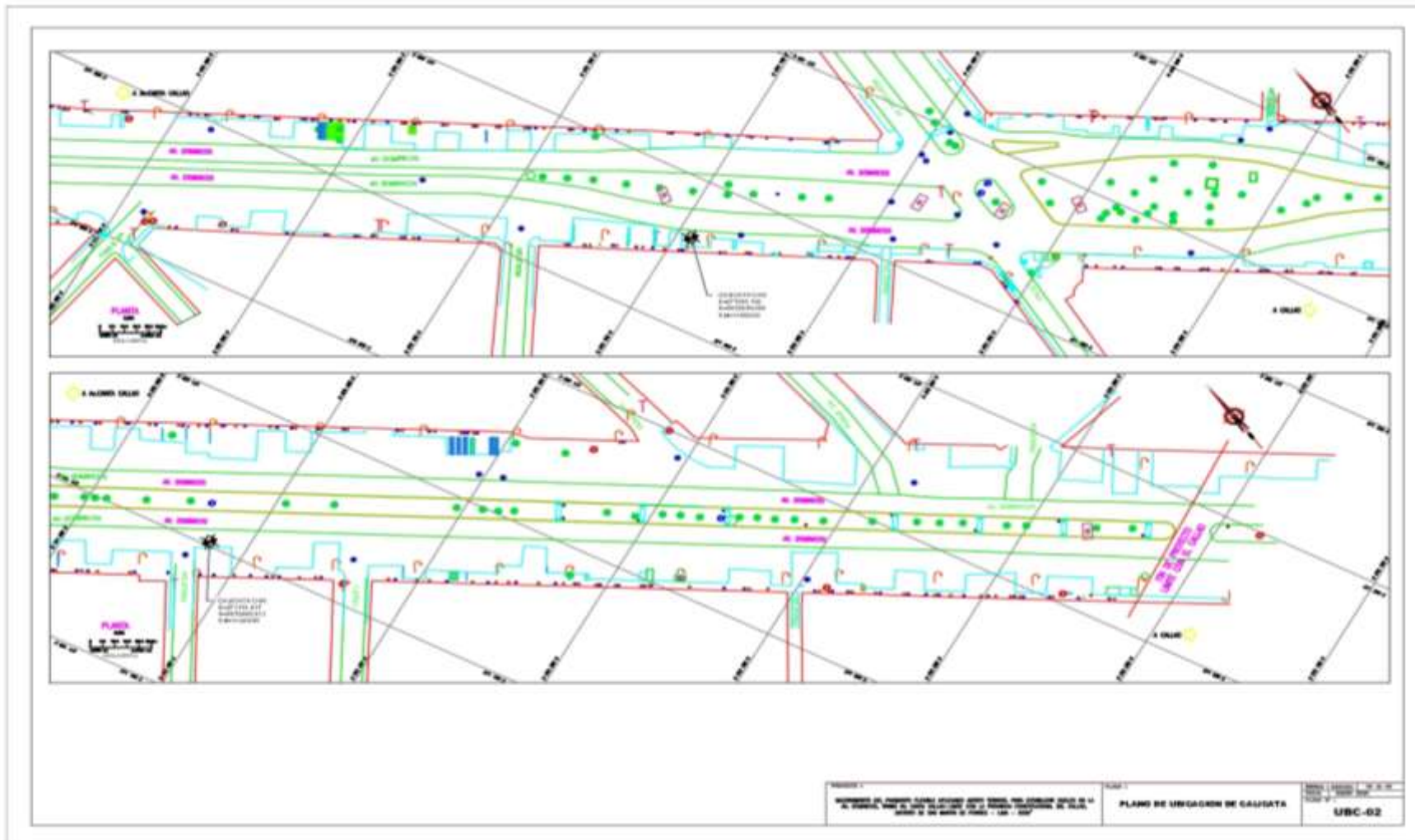
.....  
Firma del Validador

Anexo 5: Plano de ubicación del proyecto





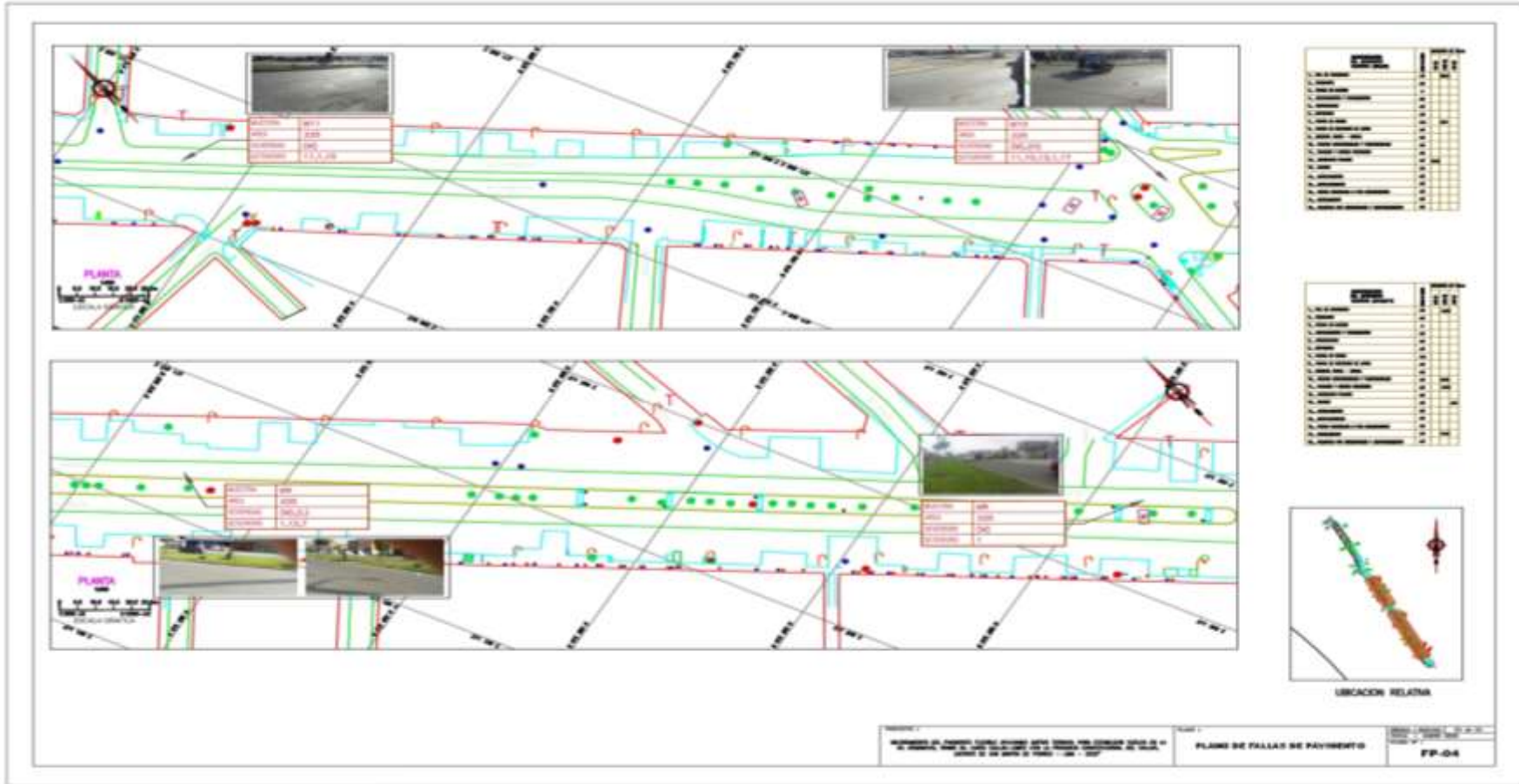


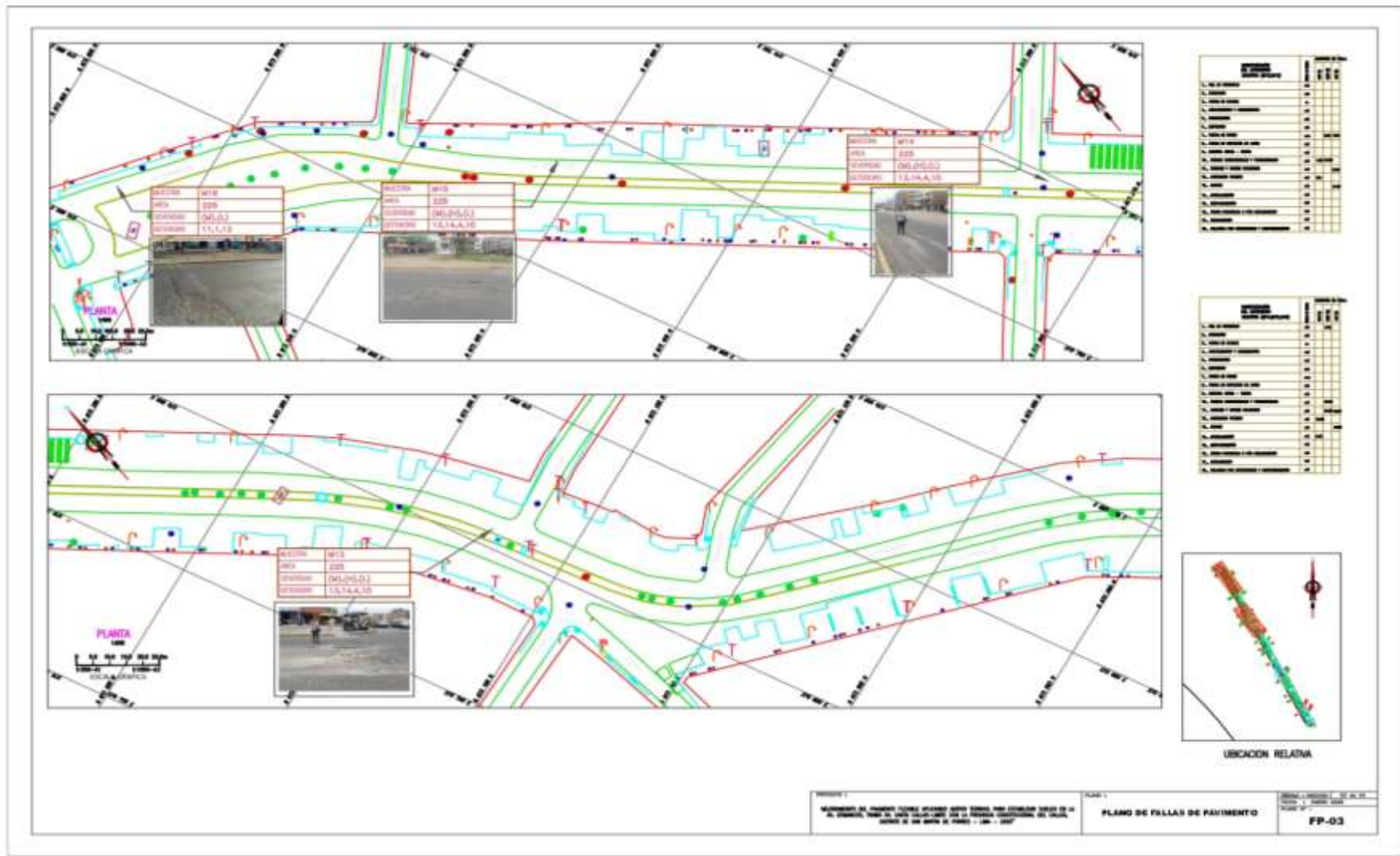














**Anexo 6: Panel fotográfico de calicata**



**Figura 1. Calicata- 1**



**Figura 2. Fondo de Calicata- 1**



**Figura 3. Calicata – 2**



**Figura 4. Fondo de Calicata - 2**



**Figura 5.** Calicata - 3



**Figura 6.** Fondo de Calicata - 3



**Figura 7.** Calicata - 5



**Figura 8.** Fondo de Calicata - 5



**Figura 9.** Calicata - 5



**Figura 10.** Fondo de Calicata - 5



## CALICATA N° 04 – MUESTRA



**Figura 11.** Ubicación de calicata 4 - muestra



**Figura 12.** Excavación de calicata 4 - muestra



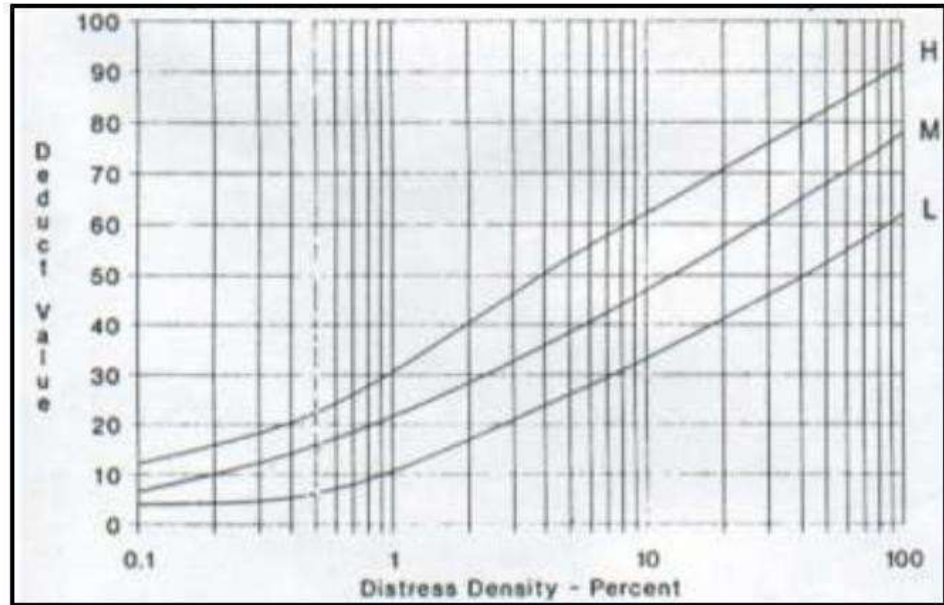
**Figura 13.** Fondo de calicata 4 - muestra



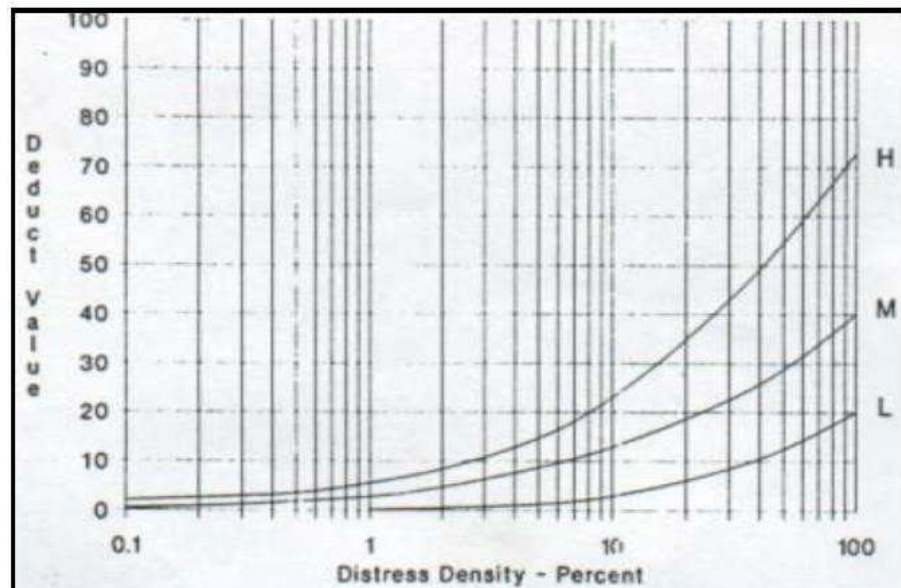
**Figura 14.** Calicata 4 - muestra

## Anexo 7: Curvas de valor deducido

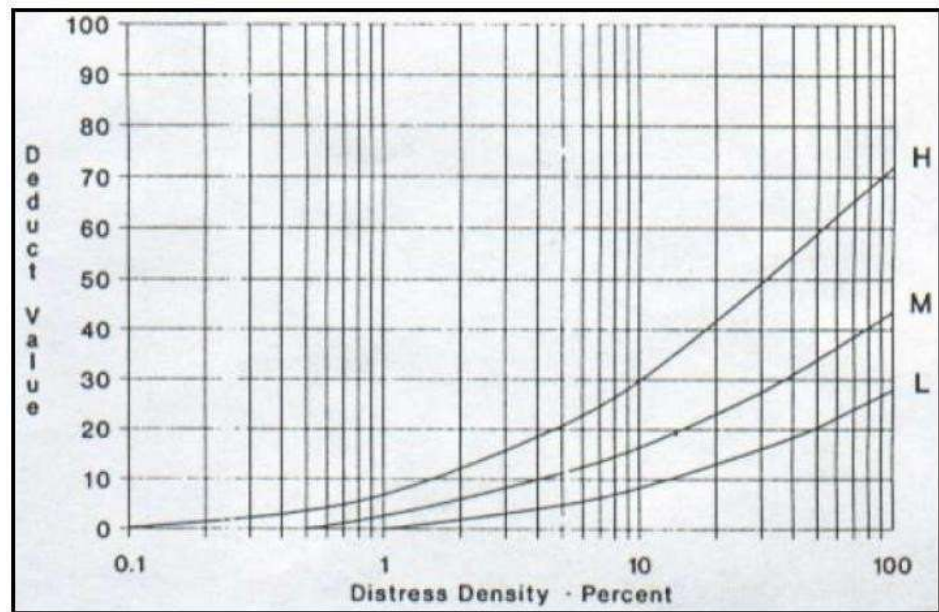
### 1. Piel de Cocodrilo



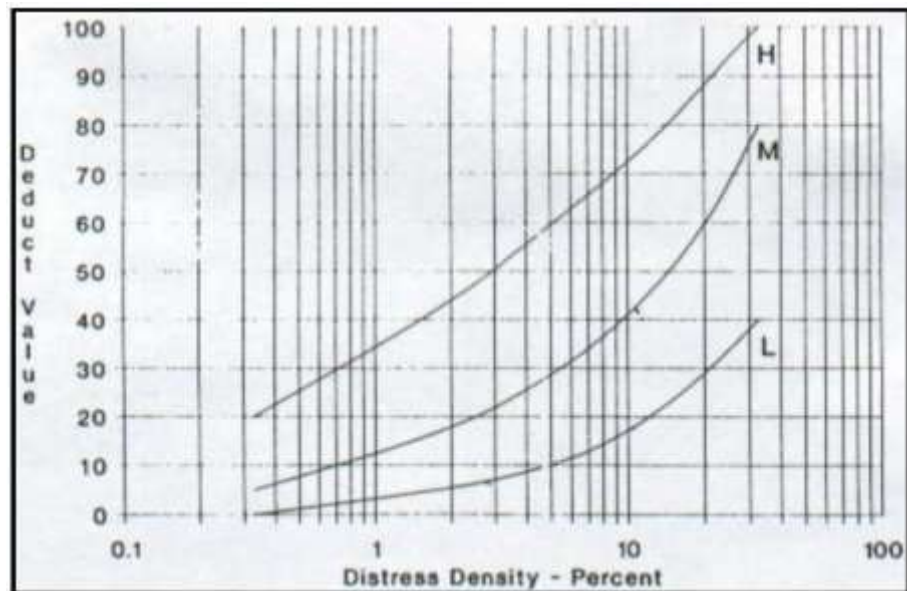
### 2. Exudación



### 3. Fisura en Bloque

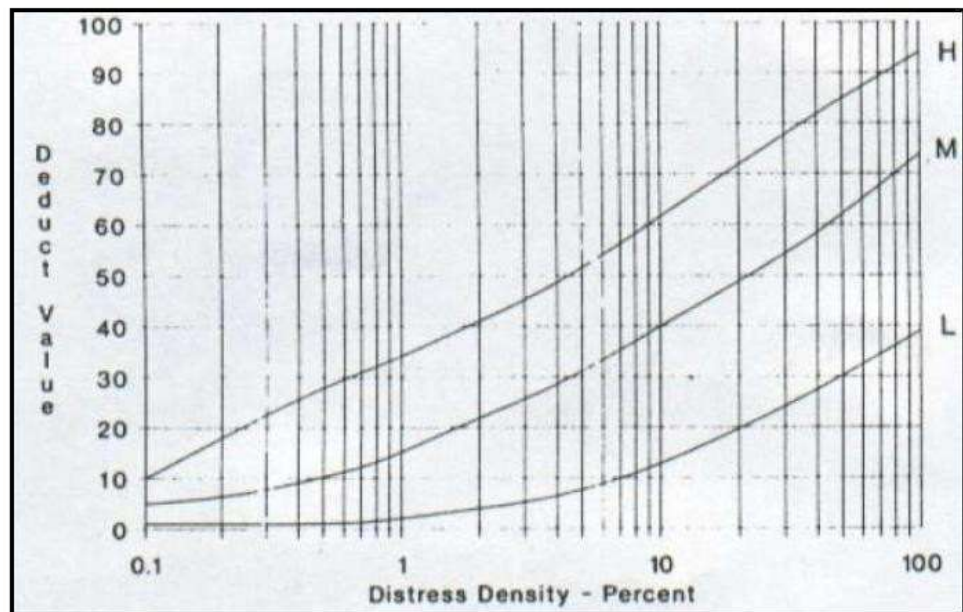


### 4. Abultamientos y hundimientos

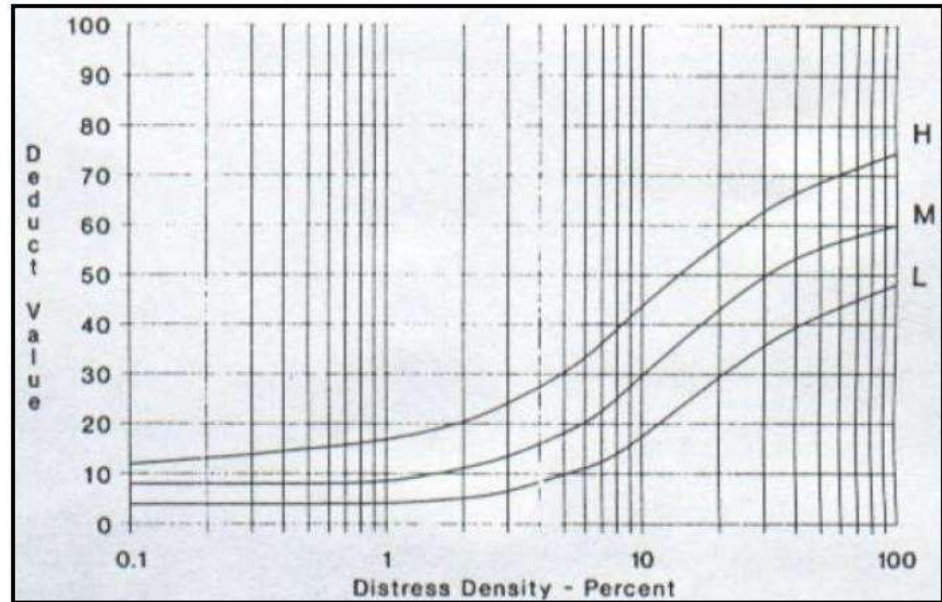




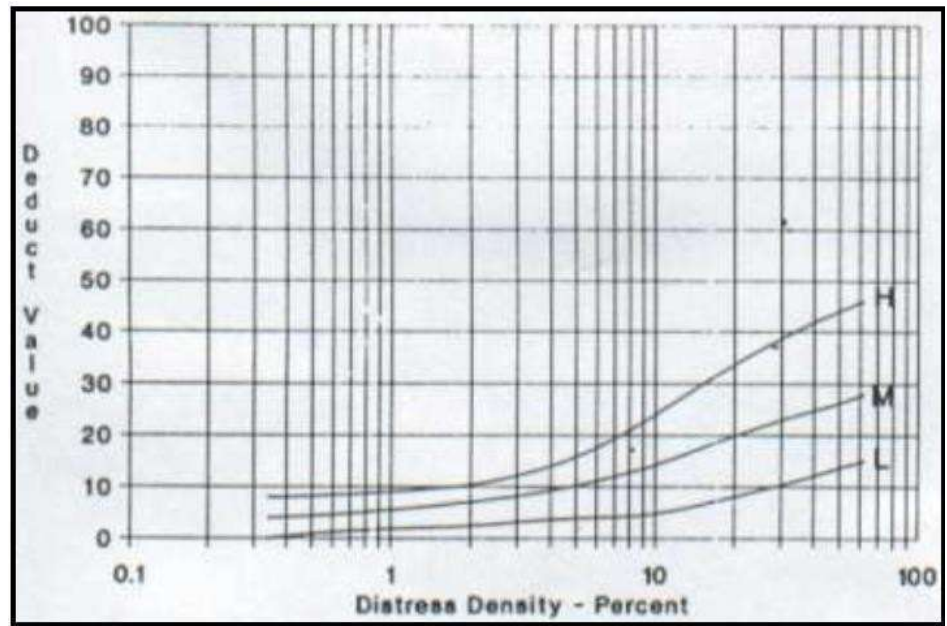
## 5. Corrugación



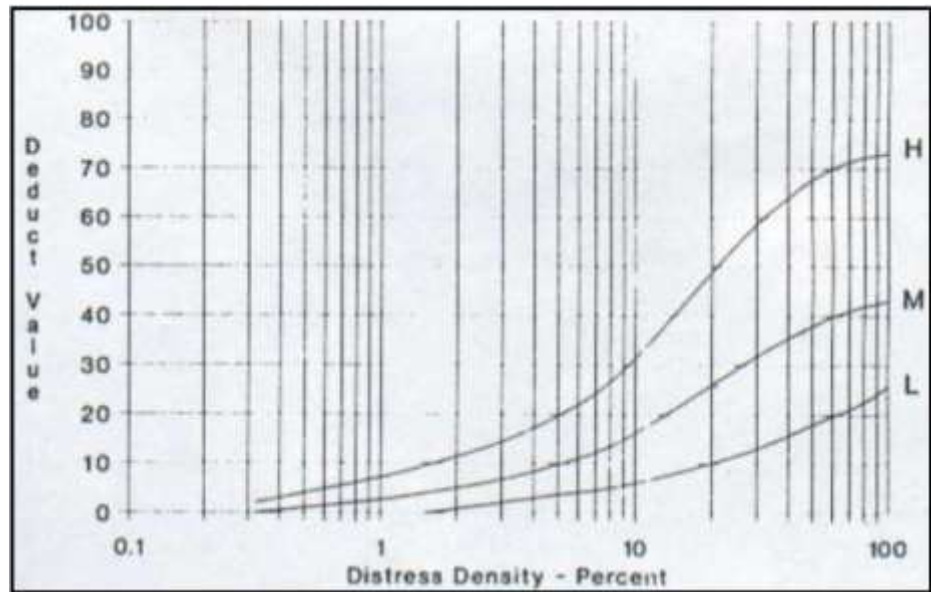
## 6. Depresión



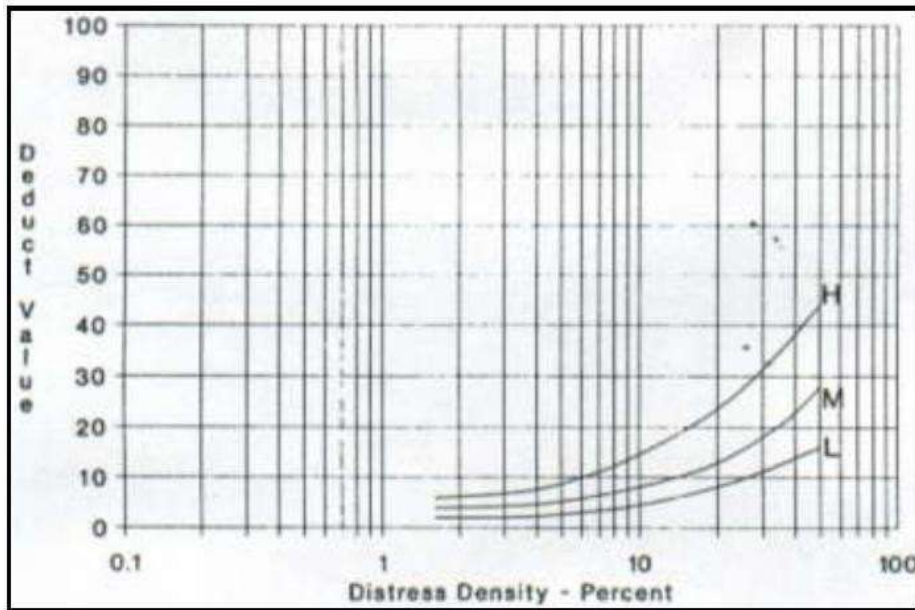
### 7. Agrietamiento de Borde



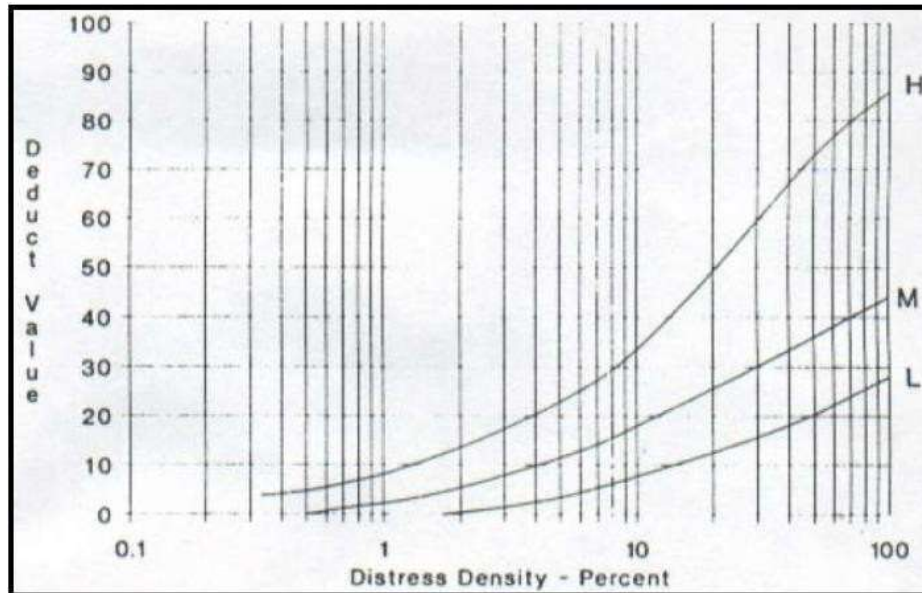
### 8. Fisuras de reflexión de junta



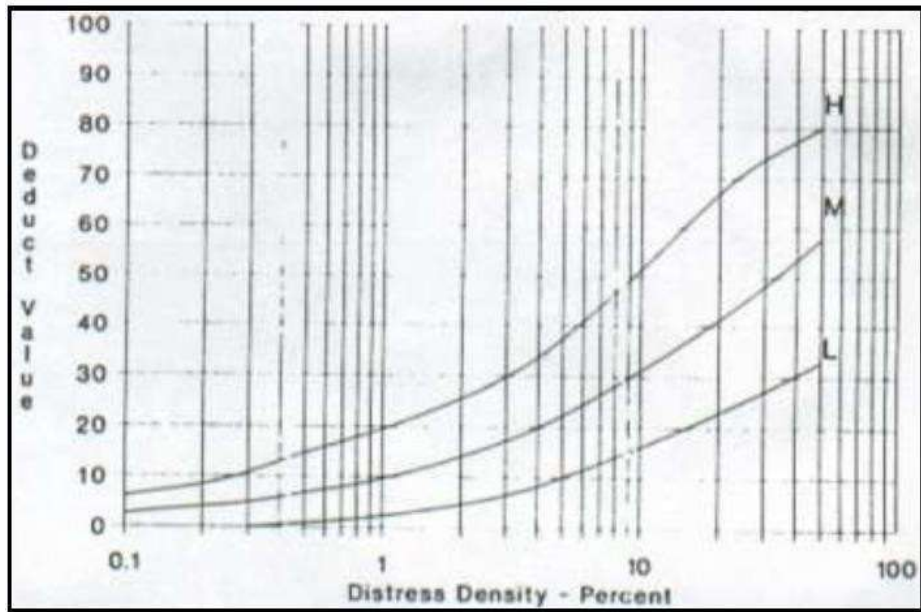
9. Desnivel Carril / Berma



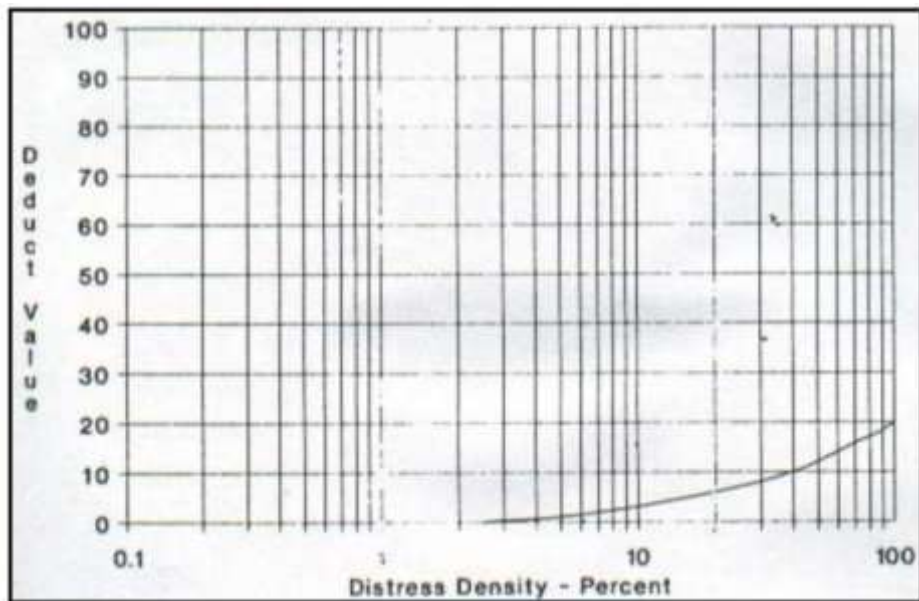
10. Fisuras longitudinales y transversales



### 11. Parches y parches de cortes utilitarios

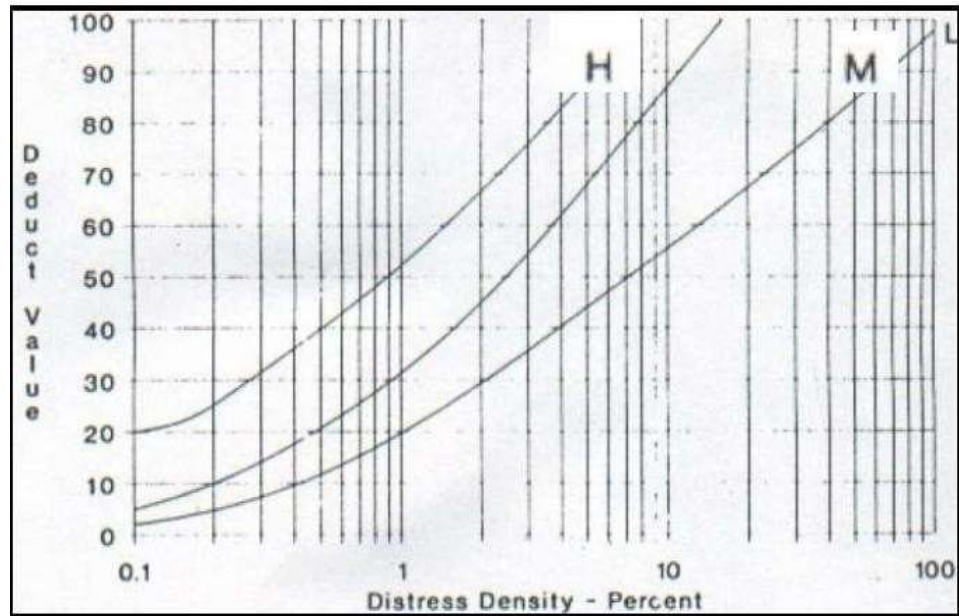


### 12. Pulimiento de agregados

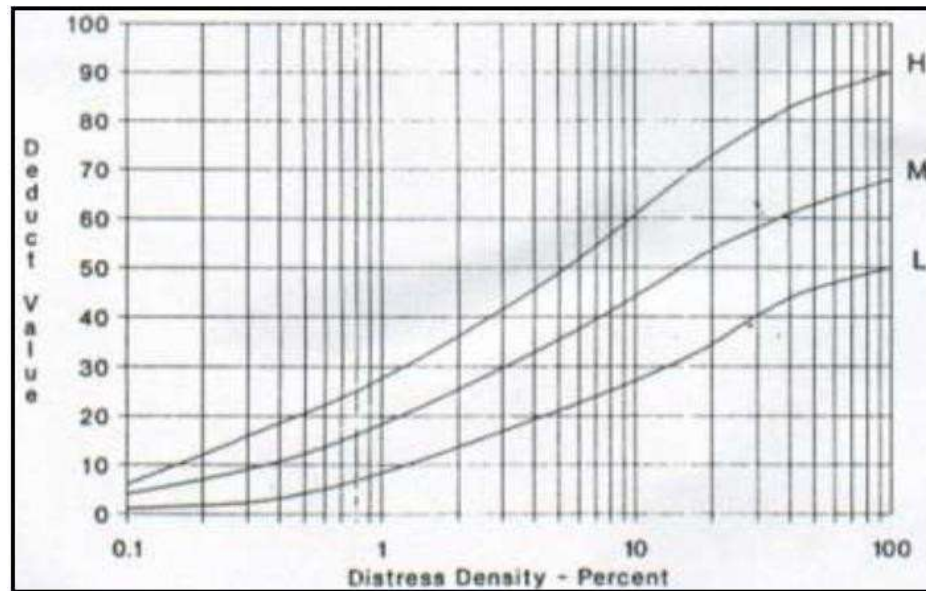




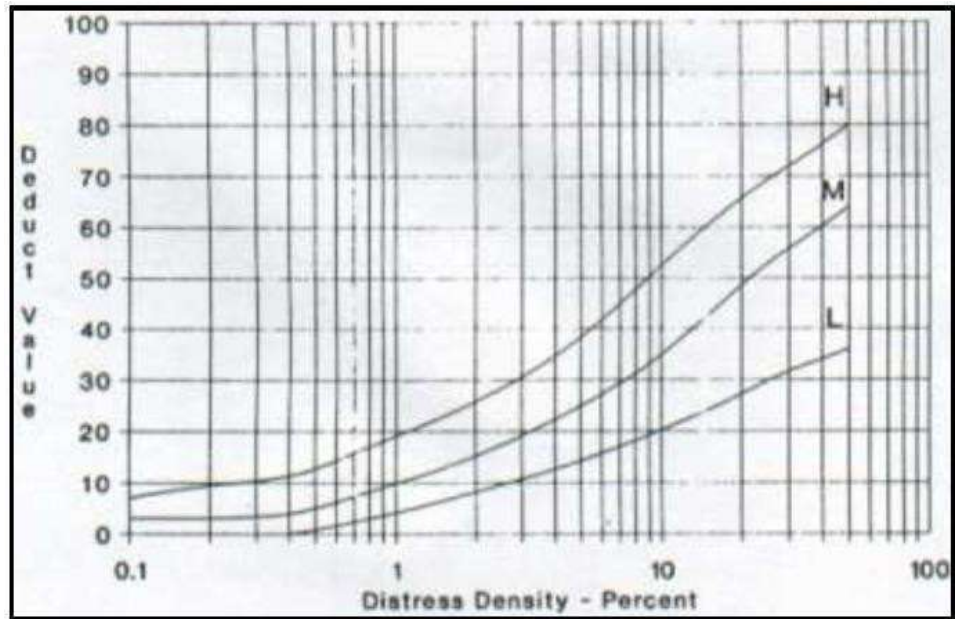
13. Baches



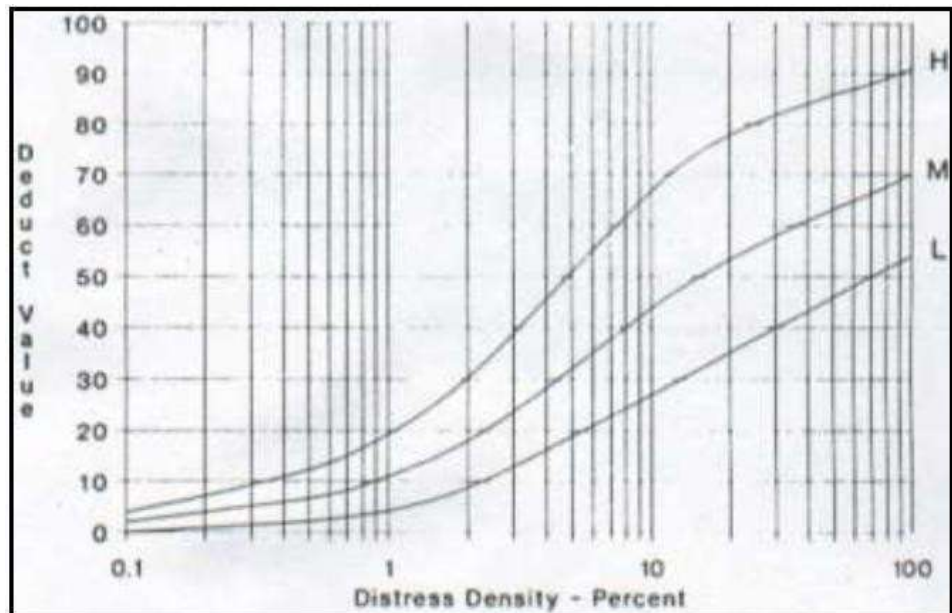
14. Ahuellamiento



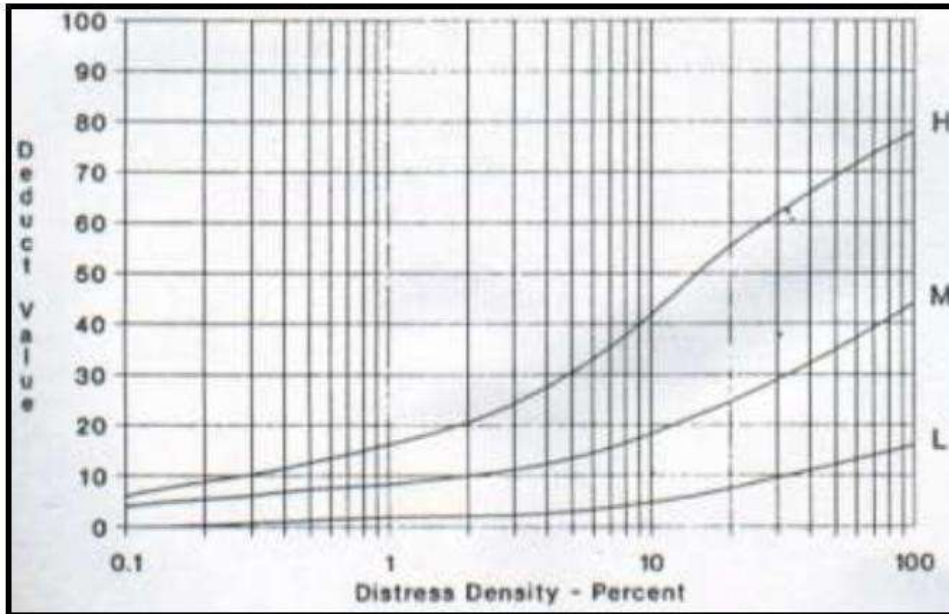
15. Desplazamiento



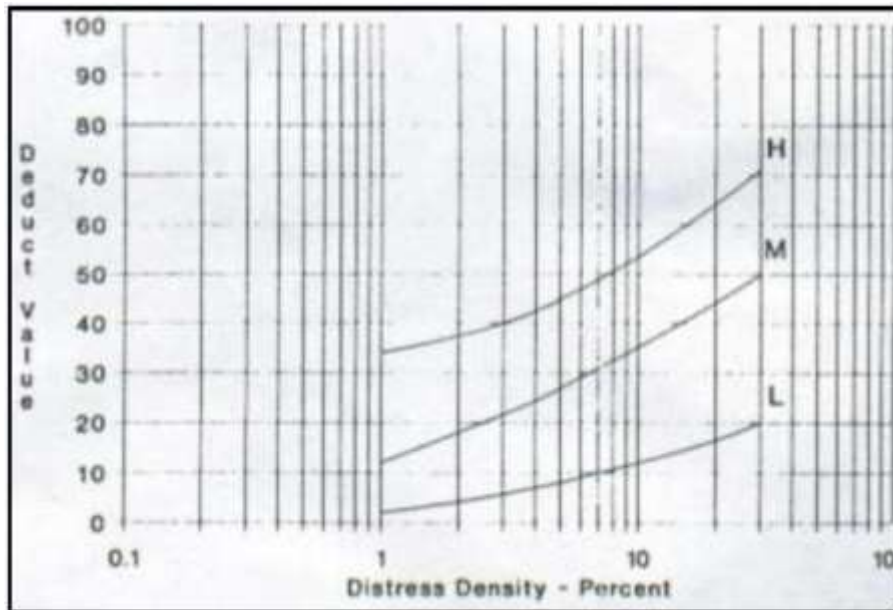
16. Fisura parabólica



17. Peladura y desprendimiento



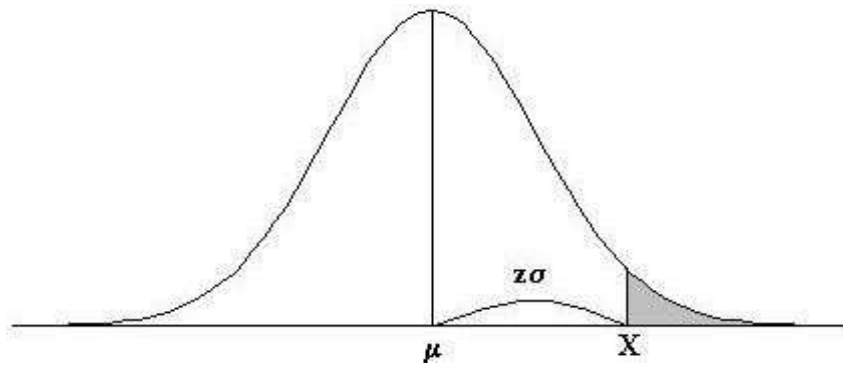
18. Hinchamiento



## Anexo 8: Estadística

### TABLA 1: DISTRIBUCIÓN NORMAL

Áreas bajo la curva normal



Ejemplo:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

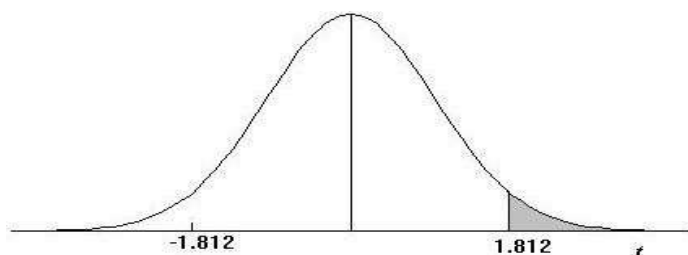
$$P[Z > 1] = 0.1587$$

$$P[Z > 1.96] = 0.0250$$

| Desv. normal x | 0.00   | 0.01   | 0.02   | 0.03   | 0.04   | 0.05   | 0.06   | 0.07   | 0.08   | 0.09   |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0            | 0.5000 | 0.4960 | 0.4920 | 0.4880 | 0.4840 | 0.4801 | 0.4761 | 0.4721 | 0.4681 | 0.4641 |
| 0.1            | 0.4602 | 0.4562 | 0.4522 | 0.4483 | 0.4443 | 0.4404 | 0.4364 | 0.4325 | 0.4286 | 0.4247 |
| 0.2            | 0.4207 | 0.4168 | 0.4129 | 0.4090 | 0.4052 | 0.4013 | 0.3974 | 0.3936 | 0.3897 | 0.3859 |
| 0.3            | 0.3821 | 0.3783 | 0.3745 | 0.3707 | 0.3669 | 0.3632 | 0.3594 | 0.3557 | 0.3520 | 0.3483 |
| 0.4            | 0.3446 | 0.3409 | 0.3372 | 0.3336 | 0.3300 | 0.3264 | 0.3228 | 0.3192 | 0.3156 | 0.3121 |
| 0.5            | 0.3085 | 0.3050 | 0.3015 | 0.2981 | 0.2946 | 0.2912 | 0.2877 | 0.2843 | 0.2810 | 0.2776 |
| 0.6            | 0.2743 | 0.2709 | 0.2676 | 0.2643 | 0.2611 | 0.2578 | 0.2546 | 0.2514 | 0.2483 | 0.2451 |
| 0.7            | 0.2420 | 0.2389 | 0.2358 | 0.2327 | 0.2296 | 0.2266 | 0.2236 | 0.2206 | 0.2177 | 0.2148 |
| 0.8            | 0.2119 | 0.2090 | 0.2061 | 0.2033 | 0.2005 | 0.1977 | 0.1949 | 0.1922 | 0.1894 | 0.1867 |
| 0.9            | 0.1841 | 0.1814 | 0.1788 | 0.1762 | 0.1736 | 0.1711 | 0.1685 | 0.1660 | 0.1635 | 0.1611 |
| 1.0            | 0.1587 | 0.1562 | 0.1539 | 0.1515 | 0.1492 | 0.1469 | 0.1446 | 0.1423 | 0.1401 | 0.1379 |
| 1.1            | 0.1357 | 0.1335 | 0.1314 | 0.1292 | 0.1271 | 0.1251 | 0.1230 | 0.1210 | 0.1190 | 0.1170 |
| 1.2            | 0.1151 | 0.1131 | 0.1112 | 0.1093 | 0.1075 | 0.1056 | 0.1038 | 0.1020 | 0.1003 | 0.0985 |
| 1.3            | 0.0968 | 0.0951 | 0.0934 | 0.0918 | 0.0901 | 0.0885 | 0.0869 | 0.0853 | 0.0838 | 0.0823 |
| 1.4            | 0.0808 | 0.0793 | 0.0778 | 0.0764 | 0.0749 | 0.0735 | 0.0721 | 0.0708 | 0.0694 | 0.0681 |
| 1.5            | 0.0668 | 0.0655 | 0.0643 | 0.0630 | 0.0618 | 0.0606 | 0.0594 | 0.0582 | 0.0571 | 0.0559 |
| 1.6            | 0.0548 | 0.0537 | 0.0526 | 0.0516 | 0.0505 | 0.0495 | 0.0485 | 0.0475 | 0.0465 | 0.0455 |
| 1.7            | 0.0446 | 0.0436 | 0.0427 | 0.0418 | 0.0409 | 0.0401 | 0.0392 | 0.0384 | 0.0375 | 0.0367 |
| 1.8            | 0.0359 | 0.0351 | 0.0344 | 0.0336 | 0.0329 | 0.0322 | 0.0314 | 0.0307 | 0.0301 | 0.0294 |
| 1.9            | 0.0287 | 0.0281 | 0.0274 | 0.0268 | 0.0262 | 0.0256 | 0.0250 | 0.0244 | 0.0239 | 0.0233 |
| 2.0            | 0.0228 | 0.0222 | 0.0217 | 0.0212 | 0.0207 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0192 | 0.0188 | 0.0183 |
| 2.1            | 0.0179 | 0.0174 | 0.0170 | 0.0166 | 0.0162 | 0.0158 | 0.0154 | 0.0150 | 0.0146 | 0.0143 |
| 2.2            | 0.0139 | 0.0136 | 0.0132 | 0.0129 | 0.0125 | 0.0122 | 0.0119 | 0.0116 | 0.0113 | 0.0110 |
| 2.3            | 0.0107 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0089 | 0.0087 | 0.0084 |
| 2.4            | 0.0082 | 0.0080 | 0.0078 | 0.0075 | 0.0073 | 0.0071 | 0.0069 | 0.0068 | 0.0066 | 0.0064 |
| 2.5            | 0.0062 | 0.0060 | 0.0059 | 0.0057 | 0.0055 | 0.0054 | 0.0052 | 0.0051 | 0.0049 | 0.0048 |
| 2.6            | 0.0047 | 0.0045 | 0.0044 | 0.0043 | 0.0041 | 0.0040 | 0.0039 | 0.0038 | 0.0037 | 0.0036 |
| 2.7            | 0.0035 | 0.0034 | 0.0033 | 0.0032 | 0.0031 | 0.0030 | 0.0029 | 0.0028 | 0.0027 | 0.0026 |
| 2.8            | 0.0026 | 0.0025 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0019 |
| 2.9            | 0.0019 | 0.0018 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0014 |
| 3.0            | 0.0013 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0012 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0010 | 0.0010 |

## TABLA 2: DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Puntos de porcentaje de la distribución t



### Ejemplo

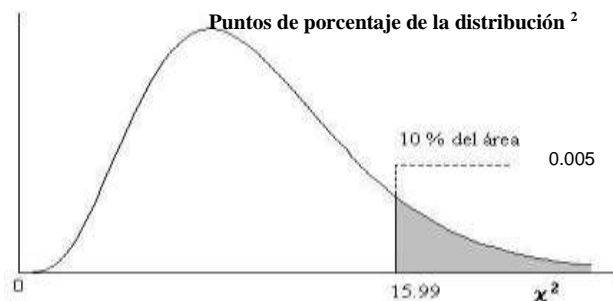
Para =  
10 grados de  
libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

| $\alpha$<br>$\gamma$ | 0,25  | 0,2   | 0,15  | 0,1   | 0,05  | 0,025  | 0,01   | 0,005  | 0,0005  |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| 1                    | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,078 | 6,314 | 12,706 | 31,821 | 63,656 | 636,578 |
| 2                    | 0,816 | 1,061 | 1,386 | 1,886 | 2,920 | 4,303  | 6,965  | 9,925  | 31,600  |
| 3                    | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,353 | 3,182  | 4,541  | 5,841  | 12,924  |
| 4                    | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,132 | 2,776  | 3,747  | 4,604  | 8,610   |
| 5                    | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,015 | 2,571  | 3,365  | 4,032  | 6,869   |
| 6                    | 0,718 | 0,906 | 1,134 | 1,440 | 1,943 | 2,447  | 3,143  | 3,707  | 5,959   |
| 7                    | 0,711 | 0,896 | 1,119 | 1,415 | 1,895 | 2,365  | 2,998  | 3,499  | 5,408   |
| 8                    | 0,706 | 0,889 | 1,108 | 1,397 | 1,860 | 2,306  | 2,896  | 3,355  | 5,041   |
| 9                    | 0,703 | 0,883 | 1,100 | 1,383 | 1,833 | 2,262  | 2,821  | 3,250  | 4,781   |
| 10                   | 0,700 | 0,879 | 1,093 | 1,372 | 1,812 | 2,228  | 2,764  | 3,169  | 4,587   |
| 11                   | 0,697 | 0,876 | 1,088 | 1,363 | 1,796 | 2,201  | 2,718  | 3,106  | 4,437   |
| 12                   | 0,695 | 0,873 | 1,083 | 1,356 | 1,782 | 2,179  | 2,681  | 3,055  | 4,318   |
| 13                   | 0,694 | 0,870 | 1,079 | 1,350 | 1,771 | 2,160  | 2,650  | 3,012  | 4,221   |
| 14                   | 0,692 | 0,868 | 1,076 | 1,345 | 1,761 | 2,145  | 2,624  | 2,977  | 4,140   |
| 15                   | 0,691 | 0,866 | 1,074 | 1,341 | 1,753 | 2,131  | 2,602  | 2,947  | 4,073   |
| 16                   | 0,690 | 0,865 | 1,071 | 1,337 | 1,746 | 2,120  | 2,583  | 2,921  | 4,015   |
| 17                   | 0,689 | 0,863 | 1,069 | 1,333 | 1,740 | 2,110  | 2,567  | 2,898  | 3,965   |
| 18                   | 0,688 | 0,862 | 1,067 | 1,330 | 1,734 | 2,101  | 2,552  | 2,878  | 3,922   |
| 19                   | 0,688 | 0,861 | 1,066 | 1,328 | 1,729 | 2,093  | 2,539  | 2,861  | 3,883   |
| 20                   | 0,687 | 0,860 | 1,064 | 1,325 | 1,725 | 2,086  | 2,528  | 2,845  | 3,850   |
| 21                   | 0,686 | 0,859 | 1,063 | 1,323 | 1,721 | 2,080  | 2,518  | 2,831  | 3,819   |
| 22                   | 0,686 | 0,858 | 1,061 | 1,321 | 1,717 | 2,074  | 2,508  | 2,819  | 3,792   |
| 23                   | 0,685 | 0,858 | 1,060 | 1,319 | 1,714 | 2,069  | 2,500  | 2,807  | 3,768   |
| 24                   | 0,685 | 0,857 | 1,059 | 1,318 | 1,711 | 2,064  | 2,492  | 2,797  | 3,745   |
| 25                   | 0,684 | 0,856 | 1,058 | 1,316 | 1,708 | 2,060  | 2,485  | 2,787  | 3,725   |
| 26                   | 0,684 | 0,856 | 1,058 | 1,315 | 1,706 | 2,056  | 2,479  | 2,779  | 3,707   |
| 27                   | 0,684 | 0,855 | 1,057 | 1,314 | 1,703 | 2,052  | 2,473  | 2,771  | 3,689   |
| 28                   | 0,683 | 0,855 | 1,056 | 1,313 | 1,701 | 2,048  | 2,467  | 2,763  | 3,674   |
| 29                   | 0,683 | 0,854 | 1,055 | 1,311 | 1,699 | 2,045  | 2,462  | 2,756  | 3,660   |
| 30                   | 0,683 | 0,854 | 1,055 | 1,310 | 1,697 | 2,042  | 2,457  | 2,750  | 3,646   |
| 40                   | 0,681 | 0,851 | 1,050 | 1,303 | 1,684 | 2,021  | 2,423  | 2,704  | 3,551   |
| 60                   | 0,679 | 0,848 | 1,045 | 1,296 | 1,671 | 2,000  | 2,390  | 2,660  | 3,460   |
| 120                  | 0,677 | 0,845 | 1,041 | 1,289 | 1,658 | 1,980  | 2,358  | 2,617  | 3,373   |
|                      | 0,674 | 0,842 | 1,036 | 1,282 | 1,645 | 1,960  | 2,326  | 2,576  | 3,290   |

**TABLA 3: DISTRIBUCIÓN**



**Ejemplo:**  
Para= 10 grados de libertad

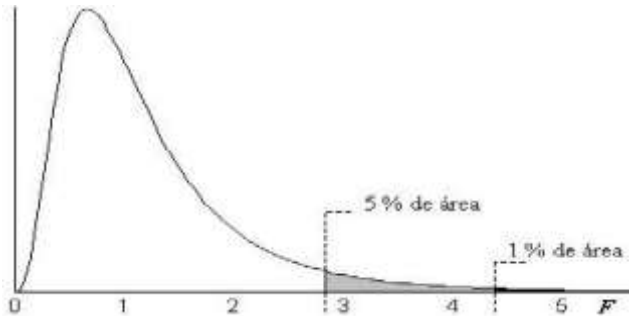
$$P[\chi^2 > 15.99] = 0.10$$

| $\pi$ | 0.995    | 0.99     | 0.975    | 0.95     | 0.9      | 0.75   | 0.5   | 0.25  | 0.1   | 0.05  | 0.025 | 0.01  |       | $\pi$ |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 3.93E-05 | 1.57E-0  | 9.82E-0  | 3.93E-03 | 1.58E-02 | 0.102  | 0.455 | 1.323 | 2.71  | 3.84  | 5.02  | 6.63  | 7.88  | 1     |
| 2     | 1.00E-02 | 2.01E-02 | 5.06E-02 | 0.103    | 0.211    | 0.575  | 1.386 | 2.77  | 4.61  | 5.99  | 7.38  | 9.21  | 10.60 | 2     |
| 3     | 7.17E-02 | 0.115    | 0.216    | 0.352    | 0.584    | 1.213  | 2.37  | 4.11  | 6.25  | 7.81  | 9.35  | 11.34 | 12.84 | 3     |
| 4     | 0.207    | 0.297    | 0.484    | 0.711    | 1.064    | 1.923  | 3.36  | 5.39  | 7.78  | 9.49  | 11.14 | 13.28 | 14.86 | 4     |
| 5     | 0.412    | 0.554    | 0.831    | 1.145    | 1.610    | 2.67   | 4.35  | 6.63  | 9.24  | 11.07 | 12.83 | 15.09 | 16.75 | 5     |
| 6     | 0.676    | 0.872    | 1.237    | 1.635    | 2.20     | 3.45   | 5.35  | 7.84  | 10.64 | 12.59 | 14.45 | 16.81 | 18.55 | 6     |
| 7     | 0.989    | 1.239    | 1.690    | 2.17     | 2.83     | 4.25   | 6.35  | 9.04  | 12.02 | 14.07 | 16.01 | 18.48 | 20.3  | 7     |
| 8     | 1.344    | 1.647    | 2.18     | 2.73     | 3.49     | 5.07   | 7.34  | 10.22 | 13.36 | 15.51 | 17.53 | 20.1  | 22.0  | 8     |
| 9     | 1.735    | 2.09     | 2.70     | 3.33     | 4.17     | 5.90   | 8.34  | 11.39 | 14.68 | 16.92 | 19.02 | 21.7  | 23.6  | 9     |
| 10    | 2.16     | 2.56     | 3.25     | 3.94     | 4.87     | 6.74   | 9.34  | 12.55 | 15.99 | 18.31 | 20.5  | 23.2  | 25.2  | 10    |
| 11    | 2.60     | 3.05     | 3.82     | 4.57     | 5.58     | 7.58   | 10.34 | 13.70 | 17.28 | 19.68 | 21.9  | 24.7  | 26.8  | 11    |
| 12    | 3.07     | 3.57     | 4.40     | 5.23     | 6.30     | 8.44   | 11.34 | 14.85 | 18.55 | 21.0  | 23.3  | 26.2  | 28.3  | 12    |
| 13    | 3.57     | 4.11     | 5.01     | 5.89     | 7.04     | 9.30   | 12.34 | 15.98 | 19.81 | 22.4  | 24.7  | 27.7  | 29.8  | 13    |
| 14    | 4.07     | 4.66     | 5.63     | 6.57     | 7.79     | 10.17  | 13.34 | 17.12 | 21.1  | 23.7  | 26.1  | 29.1  | 31.3  | 14    |
| 15    | 4.60     | 5.23     | 6.26     | 7.26     | 8.55     | 11.04  | 14.34 | 18.25 | 22.3  | 25.0  | 27.5  | 30.6  | 32.8  | 15    |
| 16    | 5.14     | 5.81     | 6.91     | 7.96     | 9.31     | 11.91  | 15.34 | 19.37 | 23.5  | 26.3  | 28.8  | 32.0  | 34.3  | 16    |
| 17    | 5.70     | 6.41     | 7.56     | 8.67     | 10.09    | 12.79  | 16.34 | 20.5  | 24.8  | 27.6  | 30.2  | 33.4  | 35.7  | 17    |
| 18    | 6.26     | 7.01     | 8.23     | 9.39     | 10.86    | 13.68  | 17.34 | 21.6  | 26.0  | 28.9  | 31.5  | 34.8  | 37.2  | 18    |
| 19    | 6.84     | 7.63     | 8.91     | 10.12    | 11.65    | 14.56  | 18.34 | 22.7  | 27.2  | 30.1  | 32.9  | 36.2  | 38.6  | 19    |
| 20    | 7.43     | 8.26     | 9.59     | 10.85    | 12.44    | 15.45  | 19.34 | 23.8  | 28.4  | 31.4  | 34.2  | 37.6  | 40.0  | 20    |
| 21    | 8.03     | 8.90     | 10.28    | 11.59    | 13.24    | 16.34  | 20.3  | 24.9  | 29.6  | 32.7  | 35.5  | 38.9  | 41.4  | 21    |
| 22    | 8.64     | 9.54     | 10.98    | 12.34    | 14.04    | 17.24  | 21.3  | 26.0  | 30.8  | 33.9  | 36.8  | 40.3  | 42.8  | 22    |
| 23    | 9.26     | 10.20    | 11.69    | 13.09    | 14.85    | 18.14  | 22.3  | 27.1  | 32.0  | 35.2  | 38.1  | 41.6  | 44.2  | 23    |
| 24    | 9.89     | 10.86    | 12.40    | 13.85    | 15.66    | 19.04  | 23.3  | 28.2  | 33.2  | 36.4  | 39.4  | 43.0  | 45.6  | 24    |
| 25    | 10.52    | 11.52    | 13.12    | 14.61    | 16.47    | 19.94  | 24.3  | 29.3  | 34.4  | 37.7  | 40.6  | 44.3  | 46.9  | 25    |
| 26    | 11.16    | 12.20    | 13.84    | 15.38    | 17.29    | 20.8   | 25.3  | 30.4  | 35.6  | 38.9  | 41.9  | 45.6  | 48.3  | 26    |
| 27    | 11.81    | 12.88    | 14.57    | 16.15    | 18.11    | 21.7   | 26.3  | 31.5  | 36.7  | 40.1  | 43.2  | 47.0  | 49.6  | 27    |
| 28    | 12.46    | 13.56    | 15.31    | 16.93    | 18.94    | 22.7   | 27.3  | 32.6  | 37.9  | 41.3  | 44.5  | 48.3  | 51.0  | 28    |
| 29    | 13.12    | 14.26    | 16.05    | 17.71    | 19.77    | 23.6   | 28.3  | 33.7  | 39.1  | 42.6  | 45.7  | 49.6  | 52.3  | 29    |
| 30    | 13.79    | 14.95    | 16.79    | 18.49    | 20.6     | 24.5   | 29.3  | 34.8  | 40.3  | 43.8  | 47.0  | 50.9  | 53.7  | 30    |
| 40    | 20.7     | 22.2     | 24.4     | 26.5     | 29.1     | 33.7   | 39.3  | 45.6  | 51.8  | 55.8  | 59.3  | 63.7  | 66.8  | 40    |
| 50    | 28.0     | 29.7     | 32.4     | 34.8     | 37.7     | 42.9   | 49.3  | 56.3  | 63.2  | 67.5  | 71.4  | 76.2  | 79.5  | 50    |
| 60    | 35.5     | 37.      | 40.5     | 43.2     | 46.5     | 52.3   | 59.3  | 67.0  | 74.4  | 79.1  | 83.3  | 88.4  | 92.0  | 60    |
| 70    | 43.3     | 45.4     | 48.8     | 51.7     | 55.3     | 61.7   | 69.3  | 77.6  | 85.5  | 90.5  | 95.0  | 100.4 | 104.2 | 70    |
| 80    | 51.2     | 53.5     | 57.2     | 60.4     | 64.3     | 71.1   | 79.3  | 88.1  | 96.6  | 101.9 | 106.6 | 112.3 | 116.3 | 80    |
| 90    | 59.2     | 61.8     | 65.6     | 69.1     | 73.3     | 80.6   | 89.3  | 98.6  | 107.6 | 113.1 | 118.1 | 124.1 | 128.3 | 90    |
| 100   | 67.3     | 70.1     | 74.2     | 77.9     | 82.4     | 90.1   | 99.3  | 109.1 | 118.5 | 124.3 | 129.6 | 135.8 | 140.2 | 100   |
| Z     | -2.58    | -2.33    | -1.96    | -1.64    | -1.28    | -0.674 | 0.000 | 0.674 | 1.282 | 1.645 | 1.96  | 2.33  | 2.58  | Z     |

1)  $Z$  es la desviación normal estandarizada correspondiente al nivel de significancia y se muestra en la parte superior de la tabla.

### TABLA 4: DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

Puntos de Porcentaje de la distribución F



**Ejemplo:**

Para  $n_1 = 9, n_2 = 12$  grados de libertad:  
 $P[F > 2.80] = 0.05$   $P[F > 4.39] = 0.01$

| n <sub>2</sub> | 5% (normal) y 1% (negritas) puntos para la distribución de F     |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              | n <sub>2</sub> |              |              |              |    |
|----------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|--------------|----|
|                | n <sub>1</sub> grados de libertad (para el mayor cuadrado medio) |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |                |              |              |              |    |
|                | 1  | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           | 11           | 12           | 14           | 16           | 20           | 24           | 30           | 40           | 50           | 75           | 100            | 200          | 500          |              |    |
| 1              | 161  | 199          | 216          | 225          | 230          | 234          | 237          | 239          | 241          | 242          | 243          | 244          | 245          | 246          | 248          | 249          | 250          | 251          | 252          | 253          | 253            | 254          | 254          | 254          | 1  |
|                | <b>4052</b>  | <b>4999</b>  | <b>5404</b>  | <b>5624</b>  | <b>5764</b>  | <b>5859</b>  | <b>5928</b>  | <b>5981</b>  | <b>6022</b>  | <b>6056</b>  | <b>6083</b>  | <b>6107</b>  | <b>6143</b>  | <b>6170</b>  | <b>6209</b>  | <b>6234</b>  | <b>6260</b>  | <b>6286</b>  | <b>6302</b>  | <b>6324</b>  | <b>6334</b>    | <b>6350</b>  | <b>6360</b>  | <b>6366</b>  |    |
| 2              | 18.51  | 19.00        | 19.16        | 19.25        | 19.30        | 19.33        | 19.35        | 19.37        | 19.38        | 19.40        | 19.40        | 19.41        | 19.42        | 19.43        | 19.45        | 19.45        | 19.46        | 19.47        | 19.48        | 19.48        | 19.49          | 19.49        | 19.49        | 19.50        | 2  |
|                | <b>98.50</b>   | <b>99.00</b> | <b>99.16</b> | <b>99.25</b> | <b>99.30</b> | <b>99.33</b> | <b>99.36</b> | <b>99.38</b> | <b>99.39</b> | <b>99.40</b> | <b>99.41</b> | <b>99.42</b> | <b>99.43</b> | <b>99.44</b> | <b>99.45</b> | <b>99.46</b> | <b>99.47</b> | <b>99.48</b> | <b>99.48</b> | <b>99.48</b> | <b>99.49</b>   | <b>99.49</b> | <b>99.50</b> | <b>99.50</b> |    |
| 3              | 10.13  | 9.55         | 9.28         | 9.12         | 9.01         | 8.94         | 8.89         | 8.85         | 8.81         | 8.79         | 8.76         | 8.74         | 8.71         | 8.69         | 8.66         | 8.64         | 8.62         | 8.59         | 8.58         | 8.56         | 8.55           | 8.54         | 8.53         | 8.53         | 3  |
|                | <b>34.12</b>   | <b>30.82</b> | <b>29.46</b> | <b>28.71</b> | <b>28.24</b> | <b>27.91</b> | <b>27.67</b> | <b>27.49</b> | <b>27.34</b> | <b>27.23</b> | <b>27.13</b> | <b>27.05</b> | <b>26.92</b> | <b>26.83</b> | <b>26.69</b> | <b>26.60</b> | <b>26.50</b> | <b>26.41</b> | <b>26.35</b> | <b>26.28</b> | <b>26.24</b>   | <b>26.18</b> | <b>26.15</b> | <b>26.13</b> |    |
| 4              | 7.71   | 6.94         | 6.59         | 6.39         | 6.26         | 6.16         | 6.09         | 6.04         | 6.00         | 5.96         | 5.94         | 5.91         | 5.87         | 5.84         | 5.80         | 5.77         | 5.75         | 5.72         | 5.70         | 5.68         | 5.66           | 5.65         | 5.64         | 5.63         | 4  |
|                | <b>21.20</b>   | <b>18.00</b> | <b>16.69</b> | <b>15.98</b> | <b>15.52</b> | <b>15.21</b> | <b>14.98</b> | <b>14.80</b> | <b>14.66</b> | <b>14.55</b> | <b>14.45</b> | <b>14.37</b> | <b>14.25</b> | <b>14.15</b> | <b>14.02</b> | <b>13.93</b> | <b>13.84</b> | <b>13.75</b> | <b>13.69</b> | <b>13.61</b> | <b>13.58</b>   | <b>13.52</b> | <b>13.49</b> | <b>13.46</b> |    |
| 5              | 6.61   | 5.79         | 5.41         | 5.19         | 5.05         | 4.95         | 4.88         | 4.82         | 4.77         | 4.74         | 4.70         | 4.68         | 4.64         | 4.60         | 4.56         | 4.53         | 4.50         | 4.46         | 4.44         | 4.42         | 4.41           | 4.39         | 4.37         | 4.37         | 5  |
|                | <b>16.26</b>   | <b>13.27</b> | <b>12.06</b> | <b>11.39</b> | <b>10.97</b> | <b>10.67</b> | <b>10.46</b> | <b>10.29</b> | <b>10.16</b> | <b>10.05</b> | <b>9.96</b>  | <b>9.89</b>  | <b>9.77</b>  | <b>9.68</b>  | <b>9.55</b>  | <b>9.47</b>  | <b>9.38</b>  | <b>9.29</b>  | <b>9.24</b>  | <b>9.17</b>  | <b>9.13</b>    | <b>9.08</b>  | <b>9.04</b>  | <b>9.02</b>  |    |
| 6              | 5.99   | 5.14         | 4.76         | 4.53         | 4.39         | 4.28         | 4.21         | 4.15         | 4.10         | 4.06         | 4.03         | 4.00         | 3.96         | 3.92         | 3.87         | 3.84         | 3.81         | 3.77         | 3.75         | 3.73         | 3.71           | 3.69         | 3.68         | 3.67         | 6  |
|                | <b>13.75</b>   | <b>10.92</b> | <b>9.78</b>  | <b>9.15</b>  | <b>8.75</b>  | <b>8.47</b>  | <b>8.26</b>  | <b>8.10</b>  | <b>7.98</b>  | <b>7.87</b>  | <b>7.79</b>  | <b>7.72</b>  | <b>7.60</b>  | <b>7.52</b>  | <b>7.40</b>  | <b>7.31</b>  | <b>7.23</b>  | <b>7.14</b>  | <b>7.09</b>  | <b>7.02</b>  | <b>6.99</b>    | <b>6.93</b>  | <b>6.90</b>  | <b>6.88</b>  |    |
| 7              | 5.59   | 4.74         | 4.35         | 4.12         | 3.97         | 3.87         | 3.79         | 3.73         | 3.68         | 3.64         | 3.60         | 3.57         | 3.53         | 3.49         | 3.44         | 3.41         | 3.38         | 3.34         | 3.32         | 3.29         | 3.27           | 3.25         | 3.24         | 3.23         | 7  |
|                | <b>12.25</b>   | <b>9.55</b>  | <b>8.45</b>  | <b>7.85</b>  | <b>7.46</b>  | <b>7.19</b>  | <b>6.99</b>  | <b>6.84</b>  | <b>6.72</b>  | <b>6.62</b>  | <b>6.54</b>  | <b>6.47</b>  | <b>6.36</b>  | <b>6.28</b>  | <b>6.16</b>  | <b>6.07</b>  | <b>5.99</b>  | <b>5.91</b>  | <b>5.86</b>  | <b>5.79</b>  | <b>5.75</b>    | <b>5.70</b>  | <b>5.67</b>  | <b>5.65</b>  |    |
| 8              | 5.32   | 4.46         | 4.07         | 3.84         | 3.69         | 3.58         | 3.50         | 3.44         | 3.39         | 3.35         | 3.31         | 3.28         | 3.24         | 3.20         | 3.15         | 3.12         | 3.08         | 3.04         | 3.02         | 2.99         | 2.97           | 2.95         | 2.94         | 2.93         | 8  |
|                | <b>11.26</b>   | <b>8.65</b>  | <b>7.59</b>  | <b>7.01</b>  | <b>6.63</b>  | <b>6.37</b>  | <b>6.18</b>  | <b>6.03</b>  | <b>5.91</b>  | <b>5.81</b>  | <b>5.73</b>  | <b>5.67</b>  | <b>5.56</b>  | <b>5.48</b>  | <b>5.36</b>  | <b>5.28</b>  | <b>5.20</b>  | <b>5.12</b>  | <b>5.07</b>  | <b>5.00</b>  | <b>4.96</b>    | <b>4.91</b>  | <b>4.88</b>  | <b>4.86</b>  |    |
| 9              | 5.12   | 4.26         | 3.86         | 3.63         | 3.48         | 3.37         | 3.29         | 3.23         | 3.18         | 3.14         | 3.10         | 3.07         | 3.03         | 2.99         | 2.94         | 2.90         | 2.86         | 2.83         | 2.80         | 2.77         | 2.76           | 2.73         | 2.72         | 2.71         | 9  |
|                | <b>10.56</b>   | <b>8.02</b>  | <b>6.99</b>  | <b>6.42</b>  | <b>6.06</b>  | <b>5.80</b>  | <b>5.61</b>  | <b>5.47</b>  | <b>5.35</b>  | <b>5.26</b>  | <b>5.18</b>  | <b>5.11</b>  | <b>5.01</b>  | <b>4.92</b>  | <b>4.81</b>  | <b>4.73</b>  | <b>4.65</b>  | <b>4.57</b>  | <b>4.52</b>  | <b>4.45</b>  | <b>4.41</b>    | <b>4.36</b>  | <b>4.33</b>  | <b>4.31</b>  |    |
| 10             | 4.96   | 4.10         | 3.71         | 3.48         | 3.33         | 3.22         | 3.14         | 3.07         | 3.02         | 2.98         | 2.94         | 2.91         | 2.86         | 2.83         | 2.77         | 2.74         | 2.70         | 2.66         | 2.64         | 2.60         | 2.59           | 2.56         | 2.55         | 2.54         | 10 |
|                | <b>10.04</b>   | <b>7.56</b>  | <b>6.55</b>  | <b>5.99</b>  | <b>5.64</b>  | <b>5.39</b>  | <b>5.20</b>  | <b>5.06</b>  | <b>4.94</b>  | <b>4.85</b>  | <b>4.77</b>  | <b>4.71</b>  | <b>4.60</b>  | <b>4.52</b>  | <b>4.41</b>  | <b>4.33</b>  | <b>4.25</b>  | <b>4.17</b>  | <b>4.12</b>  | <b>4.05</b>  | <b>4.01</b>    | <b>3.96</b>  | <b>3.93</b>  | <b>3.91</b>  |    |

| n <sub>2</sub> | 5 % (normal) y 1 % (negritas) puntos para la distribución de F |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | n <sub>2</sub> |             |             |             |    |
|----------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----|
|                | n1 grados libertad (para el mayor cuadrado medio)              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                |             |             |             |    |
|                | 1  | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 14          | 16          | 20          | 24          | 30          | 40          | 50          | 75          |                | 100         | 200         | 500         |    |
| 11             | 4.84   | 3.98        | 3.59        | 3.36        | 3.20        | 3.09        | 3.01        | 2.95        | 2.90        | 2.85        | 2.82        | 2.79        | 2.74        | 2.70        | 2.65        | 2.61        | 2.57        | 2.53        | 2.51        | 2.47        | 2.46           | 2.43        | 2.42        | 2.40        | 11 |
|                | <b>9.65</b>  | <b>7.21</b> | <b>6.22</b> | <b>5.67</b> | <b>5.32</b> | <b>5.07</b> | <b>4.89</b> | <b>4.74</b> | <b>4.63</b> | <b>4.54</b> | <b>4.46</b> | <b>4.40</b> | <b>4.29</b> | <b>4.21</b> | <b>4.10</b> | <b>4.02</b> | <b>3.94</b> | <b>3.86</b> | <b>3.81</b> | <b>3.74</b> | <b>3.71</b>    | <b>3.66</b> | <b>3.62</b> | <b>3.60</b> |    |
| 12             | 4.75   | 3.89        | 3.49        | 3.26        | 3.11        | 3.00        | 2.91        | 2.85        | 2.80        | 2.75        | 2.72        | 2.69        | 2.64        | 2.60        | 2.54        | 2.51        | 2.47        | 2.43        | 2.40        | 2.37        | 2.35           | 2.32        | 2.31        | 2.30        | 12 |
|                | <b>9.33</b>  | <b>6.93</b> | <b>5.95</b> | <b>5.41</b> | <b>5.06</b> | <b>4.82</b> | <b>4.64</b> | <b>4.50</b> | <b>4.39</b> | <b>4.30</b> | <b>4.22</b> | <b>4.16</b> | <b>4.05</b> | <b>3.97</b> | <b>3.86</b> | <b>3.78</b> | <b>3.70</b> | <b>3.62</b> | <b>3.57</b> | <b>3.50</b> | <b>3.47</b>    | <b>3.41</b> | <b>3.38</b> | <b>3.36</b> |    |
| 13             | 4.67   | 3.81        | 3.41        | 3.18        | 3.03        | 2.92        | 2.83        | 2.77        | 2.71        | 2.67        | 2.63        | 2.60        | 2.55        | 2.51        | 2.46        | 2.42        | 2.38        | 2.34        | 2.31        | 2.28        | 2.26           | 2.23        | 2.22        | 2.21        | 13 |
|                | <b>9.07</b>  | <b>6.70</b> | <b>5.74</b> | <b>5.21</b> | <b>4.86</b> | <b>4.62</b> | <b>4.44</b> | <b>4.30</b> | <b>4.19</b> | <b>4.10</b> | <b>4.02</b> | <b>3.96</b> | <b>3.86</b> | <b>3.78</b> | <b>3.66</b> | <b>3.59</b> | <b>3.51</b> | <b>3.43</b> | <b>3.38</b> | <b>3.31</b> | <b>3.27</b>    | <b>3.22</b> | <b>3.19</b> | <b>3.17</b> |    |
| 14             | 4.60   | 3.74        | 3.34        | 3.11        | 2.96        | 2.85        | 2.76        | 2.70        | 2.65        | 2.60        | 2.57        | 2.53        | 2.48        | 2.44        | 2.39        | 2.35        | 2.31        | 2.27        | 2.24        | 2.21        | 2.19           | 2.16        | 2.14        | 2.13        | 14 |
|                | <b>8.86</b>  | <b>6.51</b> | <b>5.56</b> | <b>5.04</b> | <b>4.69</b> | <b>4.46</b> | <b>4.28</b> | <b>4.14</b> | <b>4.03</b> | <b>3.94</b> | <b>3.86</b> | <b>3.80</b> | <b>3.70</b> | <b>3.62</b> | <b>3.51</b> | <b>3.43</b> | <b>3.35</b> | <b>3.27</b> | <b>3.22</b> | <b>3.15</b> | <b>3.11</b>    | <b>3.06</b> | <b>3.03</b> | <b>3.00</b> |    |
| 15             | 4.54   | 3.68        | 3.29        | 3.06        | 2.90        | 2.79        | 2.71        | 2.64        | 2.59        | 2.54        | 2.51        | 2.48        | 2.42        | 2.38        | 2.33        | 2.29        | 2.25        | 2.20        | 2.18        | 2.14        | 2.12           | 2.10        | 2.08        | 2.07        | 15 |
|                | <b>8.68</b>  | <b>6.36</b> | <b>5.42</b> | <b>4.89</b> | <b>4.56</b> | <b>4.32</b> | <b>4.14</b> | <b>4.00</b> | <b>3.89</b> | <b>3.80</b> | <b>3.73</b> | <b>3.67</b> | <b>3.56</b> | <b>3.49</b> | <b>3.37</b> | <b>3.29</b> | <b>3.21</b> | <b>3.13</b> | <b>3.08</b> | <b>3.01</b> | <b>2.98</b>    | <b>2.92</b> | <b>2.89</b> | <b>2.87</b> |    |
| 16             | 4.49   | 3.63        | 3.24        | 3.01        | 2.85        | 2.74        | 2.66        | 2.59        | 2.54        | 2.49        | 2.46        | 2.42        | 2.37        | 2.33        | 2.28        | 2.24        | 2.19        | 2.15        | 2.12        | 2.09        | 2.07           | 2.04        | 2.02        | 2.01        | 16 |
|                | <b>8.53</b>  | <b>6.23</b> | <b>5.29</b> | <b>4.77</b> | <b>4.44</b> | <b>4.20</b> | <b>4.03</b> | <b>3.89</b> | <b>3.78</b> | <b>3.69</b> | <b>3.62</b> | <b>3.55</b> | <b>3.45</b> | <b>3.37</b> | <b>3.26</b> | <b>3.18</b> | <b>3.10</b> | <b>3.02</b> | <b>2.97</b> | <b>2.90</b> | <b>2.86</b>    | <b>2.81</b> | <b>2.78</b> | <b>2.75</b> |    |
| 17             | 4.45   | 3.59        | 3.20        | 2.96        | 2.81        | 2.70        | 2.61        | 2.55        | 2.49        | 2.45        | 2.41        | 2.38        | 2.33        | 2.29        | 2.23        | 2.19        | 2.15        | 2.10        | 2.08        | 2.04        | 2.02           | 1.99        | 1.97        | 1.96        | 17 |
|                | <b>8.40</b>  | <b>6.11</b> | <b>5.19</b> | <b>4.67</b> | <b>4.34</b> | <b>4.10</b> | <b>3.93</b> | <b>3.79</b> | <b>3.68</b> | <b>3.59</b> | <b>3.52</b> | <b>3.46</b> | <b>3.35</b> | <b>3.27</b> | <b>3.16</b> | <b>3.08</b> | <b>3.00</b> | <b>2.92</b> | <b>2.87</b> | <b>2.80</b> | <b>2.76</b>    | <b>2.71</b> | <b>2.68</b> | <b>2.65</b> |    |
| 18             | 4.41   | 3.55        | 3.16        | 2.93        | 2.77        | 2.66        | 2.58        | 2.51        | 2.46        | 2.41        | 2.37        | 2.34        | 2.29        | 2.25        | 2.19        | 2.15        | 2.11        | 2.06        | 2.04        | 2.00        | 1.98           | 1.95        | 1.93        | 1.92        | 18 |
|                | <b>8.29</b>  | <b>6.01</b> | <b>5.09</b> | <b>4.58</b> | <b>4.25</b> | <b>4.01</b> | <b>3.84</b> | <b>3.71</b> | <b>3.60</b> | <b>3.51</b> | <b>3.43</b> | <b>3.37</b> | <b>3.27</b> | <b>3.19</b> | <b>3.08</b> | <b>3.00</b> | <b>2.92</b> | <b>2.84</b> | <b>2.78</b> | <b>2.71</b> | <b>2.68</b>    | <b>2.62</b> | <b>2.59</b> | <b>2.57</b> |    |
| 19             | 4.38   | 3.52        | 3.13        | 2.90        | 2.74        | 2.63        | 2.54        | 2.48        | 2.42        | 2.38        | 2.34        | 2.31        | 2.26        | 2.21        | 2.16        | 2.11        | 2.07        | 2.03        | 2.00        | 1.96        | 1.94           | 1.91        | 1.89        | 1.88        | 19 |
|                | <b>8.18</b>  | <b>5.93</b> | <b>5.01</b> | <b>4.50</b> | <b>4.17</b> | <b>3.94</b> | <b>3.77</b> | <b>3.63</b> | <b>3.52</b> | <b>3.43</b> | <b>3.36</b> | <b>3.30</b> | <b>3.19</b> | <b>3.12</b> | <b>3.00</b> | <b>2.92</b> | <b>2.84</b> | <b>2.76</b> | <b>2.71</b> | <b>2.64</b> | <b>2.60</b>    | <b>2.55</b> | <b>2.51</b> | <b>2.49</b> |    |
| 20             | 4.35   | 3.49        | 3.10        | 2.87        | 2.71        | 2.60        | 2.51        | 2.45        | 2.39        | 2.35        | 2.31        | 2.28        | 2.22        | 2.18        | 2.12        | 2.08        | 2.04        | 1.99        | 1.97        | 1.93        | 1.91           | 1.88        | 1.86        | 1.84        | 20 |
|                | <b>8.10</b>  | <b>5.85</b> | <b>4.94</b> | <b>4.43</b> | <b>4.10</b> | <b>3.87</b> | <b>3.70</b> | <b>3.56</b> | <b>3.46</b> | <b>3.37</b> | <b>3.29</b> | <b>3.23</b> | <b>3.13</b> | <b>3.05</b> | <b>2.94</b> | <b>2.86</b> | <b>2.78</b> | <b>2.69</b> | <b>2.64</b> | <b>2.57</b> | <b>2.54</b>    | <b>2.48</b> | <b>2.44</b> | <b>2.42</b> |    |
| 21             | 4.32   | 3.47        | 3.07        | 2.84        | 2.68        | 2.57        | 2.49        | 2.42        | 2.37        | 2.32        | 2.28        | 2.25        | 2.20        | 2.16        | 2.10        | 2.05        | 2.01        | 1.96        | 1.94        | 1.90        | 1.88           | 1.84        | 1.83        | 1.81        | 21 |
|                | <b>8.02</b>  | <b>5.78</b> | <b>4.87</b> | <b>4.37</b> | <b>4.04</b> | <b>3.81</b> | <b>3.64</b> | <b>3.51</b> | <b>3.40</b> | <b>3.31</b> | <b>3.24</b> | <b>3.17</b> | <b>3.07</b> | <b>2.99</b> | <b>2.88</b> | <b>2.80</b> | <b>2.72</b> | <b>2.64</b> | <b>2.58</b> | <b>2.51</b> | <b>2.48</b>    | <b>2.42</b> | <b>2.38</b> | <b>2.36</b> |    |
| 22             | 4.30   | 3.44        | 3.05        | 2.82        | 2.66        | 2.55        | 2.46        | 2.40        | 2.34        | 2.30        | 2.26        | 2.23        | 2.17        | 2.13        | 2.07        | 2.03        | 1.98        | 1.94        | 1.91        | 1.87        | 1.85           | 1.82        | 1.80        | 1.78        | 22 |
|                | <b>7.95</b>  | <b>5.72</b> | <b>4.82</b> | <b>4.31</b> | <b>3.99</b> | <b>3.76</b> | <b>3.59</b> | <b>3.45</b> | <b>3.35</b> | <b>3.26</b> | <b>3.18</b> | <b>3.12</b> | <b>3.02</b> | <b>2.94</b> | <b>2.83</b> | <b>2.75</b> | <b>2.67</b> | <b>2.58</b> | <b>2.53</b> | <b>2.46</b> | <b>2.42</b>    | <b>2.36</b> | <b>2.33</b> | <b>2.31</b> |    |
| 23             | 4.28   | 3.42        | 3.03        | 2.80        | 2.64        | 2.53        | 2.44        | 2.37        | 2.32        | 2.27        | 2.24        | 2.20        | 2.15        | 2.11        | 2.05        | 2.01        | 1.96        | 1.91        | 1.88        | 1.84        | 1.82           | 1.79        | 1.77        | 1.76        | 23 |
|                | <b>7.88</b>  | <b>5.66</b> | <b>4.76</b> | <b>4.26</b> | <b>3.94</b> | <b>3.71</b> | <b>3.54</b> | <b>3.41</b> | <b>3.30</b> | <b>3.21</b> | <b>3.14</b> | <b>3.07</b> | <b>2.97</b> | <b>2.89</b> | <b>2.78</b> | <b>2.70</b> | <b>2.62</b> | <b>2.54</b> | <b>2.48</b> | <b>2.41</b> | <b>2.37</b>    | <b>2.32</b> | <b>2.28</b> | <b>2.26</b> |    |
| 24             | 4.26   | 3.40        | 3.01        | 2.78        | 2.62        | 2.51        | 2.42        | 2.36        | 2.30        | 2.25        | 2.22        | 2.18        | 2.13        | 2.09        | 2.03        | 1.98        | 1.94        | 1.89        | 1.86        | 1.82        | 1.80           | 1.77        | 1.75        | 1.73        | 24 |
|                | <b>7.82</b>  | <b>5.61</b> | <b>4.72</b> | <b>4.22</b> | <b>3.90</b> | <b>3.67</b> | <b>3.50</b> | <b>3.36</b> | <b>3.26</b> | <b>3.17</b> | <b>3.09</b> | <b>3.03</b> | <b>2.93</b> | <b>2.85</b> | <b>2.74</b> | <b>2.66</b> | <b>2.58</b> | <b>2.49</b> | <b>2.44</b> | <b>2.37</b> | <b>2.33</b>    | <b>2.27</b> | <b>2.24</b> | <b>2.21</b> |    |
| 25             | 4.24   | 3.39        | 2.99        | 2.76        | 2.60        | 2.49        | 2.40        | 2.34        | 2.28        | 2.24        | 2.20        | 2.16        | 2.11        | 2.07        | 2.01        | 1.96        | 1.92        | 1.87        | 1.84        | 1.80        | 1.78           | 1.75        | 1.73        | 1.71        | 25 |
|                | <b>7.77</b>  | <b>5.57</b> | <b>4.68</b> | <b>4.18</b> | <b>3.85</b> | <b>3.63</b> | <b>3.46</b> | <b>3.32</b> | <b>3.22</b> | <b>3.13</b> | <b>3.06</b> | <b>2.99</b> | <b>2.89</b> | <b>2.81</b> | <b>2.70</b> | <b>2.62</b> | <b>2.54</b> | <b>2.45</b> | <b>2.40</b> | <b>2.33</b> | <b>2.29</b>    | <b>2.23</b> | <b>2.19</b> | <b>2.17</b> |    |
| 26             | 4.23   | 3.37        | 2.98        | 2.74        | 2.59        | 2.47        | 2.39        | 2.32        | 2.27        | 2.22        | 2.18        | 2.15        | 2.09        | 2.05        | 1.99        | 1.95        | 1.90        | 1.85        | 1.82        | 1.78        | 1.76           | 1.73        | 1.71        | 1.69        | 26 |
|                | <b>7.72</b>  | <b>5.53</b> | <b>4.64</b> | <b>4.14</b> | <b>3.82</b> | <b>3.59</b> | <b>3.42</b> | <b>3.29</b> | <b>3.18</b> | <b>3.09</b> | <b>3.02</b> | <b>2.96</b> | <b>2.86</b> | <b>2.78</b> | <b>2.66</b> | <b>2.58</b> | <b>2.50</b> | <b>2.42</b> | <b>2.36</b> | <b>2.29</b> | <b>2.25</b>    | <b>2.19</b> | <b>2.16</b> | <b>2.13</b> |    |
| 27             | 4.21   | 3.35        | 2.96        | 2.73        | 2.57        | 2.46        | 2.37        | 2.31        | 2.25        | 2.20        | 2.17        | 2.13        | 2.08        | 2.04        | 1.97        | 1.93        | 1.88        | 1.84        | 1.81        | 1.76        | 1.74           | 1.71        | 1.69        | 1.67        | 27 |
|                | <b>7.68</b>  | <b>5.49</b> | <b>4.60</b> | <b>4.11</b> | <b>3.78</b> | <b>3.56</b> | <b>3.39</b> | <b>3.26</b> | <b>3.15</b> | <b>3.06</b> | <b>2.99</b> | <b>2.93</b> | <b>2.82</b> | <b>2.75</b> | <b>2.63</b> | <b>2.55</b> | <b>2.47</b> | <b>2.38</b> | <b>2.33</b> | <b>2.26</b> | <b>2.22</b>    | <b>2.16</b> | <b>2.12</b> | <b>2.10</b> |    |
| 28             | 4.20   | 3.34        | 2.95        | 2.71        | 2.56        | 2.45        | 2.36        | 2.29        | 2.24        | 2.19        | 2.15        | 2.12        | 2.06        | 2.02        | 1.96        | 1.91        | 1.87        | 1.82        | 1.79        | 1.75        | 1.73           | 1.69        | 1.67        | 1.65        | 28 |
|                | <b>7.64</b>  | <b>5.45</b> | <b>4.57</b> | <b>4.07</b> | <b>3.75</b> | <b>3.53</b> | <b>3.36</b> | <b>3.23</b> | <b>3.12</b> | <b>3.03</b> | <b>2.96</b> | <b>2.90</b> | <b>2.79</b> | <b>2.72</b> | <b>2.60</b> | <b>2.52</b> | <b>2.44</b> | <b>2.35</b> | <b>2.30</b> | <b>2.23</b> | <b>2.19</b>    | <b>2.13</b> | <b>2.09</b> | <b>2.06</b> |    |
| 29             | 4.18   | 3.33        | 2.93        | 2.70        | 2.55        | 2.43        | 2.35        | 2.28        | 2.22        | 2.18        | 2.14        | 2.10        | 2.05        | 2.01        | 1.94        | 1.90        | 1.85        | 1.81        | 1.77        | 1.73        | 1.71           | 1.67        | 1.65        | 1.64        | 29 |
|                | <b>7.60</b>  | <b>5.42</b> | <b>4.54</b> | <b>4.04</b> | <b>3.73</b> | <b>3.50</b> | <b>3.33</b> | <b>3.20</b> | <b>3.09</b> | <b>3.00</b> | <b>2.93</b> | <b>2.87</b> | <b>2.77</b> | <b>2.69</b> | <b>2.57</b> | <b>2.49</b> | <b>2.41</b> | <b>2.33</b> | <b>2.27</b> | <b>2.20</b> | <b>2.16</b>    | <b>2.10</b> | <b>2.06</b> | <b>2.03</b> |    |
| 30             | 4.17   | 3.32        | 2.92        | 2.69        | 2.53        | 2.42        | 2.33        | 2.27        | 2.21        | 2.16        | 2.13        | 2.09        | 2.04        | 1.99        | 1.93        | 1.89        | 1.84        | 1.79        | 1.76        | 1.72        | 1.70           | 1.66        | 1.64        | 1.62        | 30 |
|                | <b>7.56</b>  | <b>5.39</b> | <b>4.51</b> | <b>4.02</b> | <b>3.70</b> | <b>3.47</b> | <b>3.30</b> | <b>3.17</b> | <b>3.07</b> | <b>2.98</b> | <b>2.91</b> | <b>2.84</b> | <b>2.74</b> | <b>2.66</b> | <b>2.55</b> | <b>2.47</b> | <b>2.39</b> | <b>2.30</b> | <b>2.25</b> | <b>2.17</b> | <b>2.13</b>    | <b>2.07</b> | <b>2.03</b> | <b>2.01</b> |    |
| 32             | 4.15   | 3.29        | 2.90        | 2.67        | 2.51        | 2.40        | 2.31        | 2.24        | 2.19        | 2.14        | 2.10        | 2.07        | 2.01        | 1.97        | 1.91        | 1.86        | 1.82        | 1.77        | 1.74        | 1.69        | 1.67           | 1.63        | 1.61        | 1.59        | 32 |
|                | <b>7.50</b>  | <b>5.34</b> | <b>4.46</b> | <b>3.97</b> | <b>3.65</b> | <b>3.43</b> | <b>3.26</b> | <b>3.13</b> | <b>3.02</b> | <b>2.93</b> | <b>2.86</b> | <b>2.80</b> | <b>2.70</b> | <b>2.62</b> | <b>2.50</b> | <b>2.42</b> | <b>2.34</b> | <b>2.25</b> | <b>2.20</b> | <b>2.12</b> | <b>2.08</b>    | <b>2.02</b> | <b>1.98</b> | <b>1.96</b> |    |



| n <sub>2</sub> | 5 % (normal) y 1 % (negritas) puntos para la distribución de F   |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | n <sub>2</sub> |             |             |             |      |
|----------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|------|
|                | n <sub>1</sub> grados de libertad (para el mayor cuadrado medio) |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |                |             |             |             |      |
|                | 1  | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 14          | 16          | 20          | 24          | 30          | 40          | 50          | 75          |                | 100         | 200         | 500         |      |
| 34             | 4.13   | 3.28        | 2.88        | 2.65        | 2.49        | 2.38        | 2.29        | 2.23        | 2.17        | 2.12        | 2.08        | 2.05        | 1.99        | 1.95        | 1.89        | 1.84        | 1.80        | 1.75        | 1.71        | 1.67        | 1.65           | 1.61        | 1.59        | 1.57        | 34   |
|                | <b>7.44</b>  | <b>5.29</b> | <b>4.42</b> | <b>3.93</b> | <b>3.61</b> | <b>3.39</b> | <b>3.22</b> | <b>3.09</b> | <b>2.98</b> | <b>2.89</b> | <b>2.82</b> | <b>2.76</b> | <b>2.66</b> | <b>2.58</b> | <b>2.46</b> | <b>2.38</b> | <b>2.30</b> | <b>2.21</b> | <b>2.16</b> | <b>2.08</b> | <b>2.04</b>    | <b>1.98</b> | <b>1.94</b> | <b>1.91</b> |      |
| 36             | 4.11   | 3.26        | 2.87        | 2.63        | 2.48        | 2.36        | 2.28        | 2.21        | 2.15        | 2.11        | 2.07        | 2.03        | 1.98        | 1.93        | 1.87        | 1.82        | 1.78        | 1.73        | 1.69        | 1.65        | 1.62           | 1.59        | 1.56        | 1.55        | 36   |
|                | <b>7.40</b>  | <b>5.25</b> | <b>4.38</b> | <b>3.89</b> | <b>3.57</b> | <b>3.35</b> | <b>3.18</b> | <b>3.05</b> | <b>2.95</b> | <b>2.86</b> | <b>2.79</b> | <b>2.72</b> | <b>2.62</b> | <b>2.54</b> | <b>2.43</b> | <b>2.35</b> | <b>2.26</b> | <b>2.18</b> | <b>2.12</b> | <b>2.04</b> | <b>2.00</b>    | <b>1.94</b> | <b>1.90</b> | <b>1.87</b> |      |
| 38             | 4.10   | 3.24        | 2.85        | 2.62        | 2.46        | 2.35        | 2.26        | 2.19        | 2.14        | 2.09        | 2.05        | 2.02        | 1.96        | 1.92        | 1.85        | 1.81        | 1.76        | 1.71        | 1.68        | 1.63        | 1.61           | 1.57        | 1.54        | 1.53        | 38   |
|                | <b>7.35</b>  | <b>5.21</b> | <b>4.34</b> | <b>3.86</b> | <b>3.54</b> | <b>3.32</b> | <b>3.15</b> | <b>3.02</b> | <b>2.92</b> | <b>2.83</b> | <b>2.75</b> | <b>2.69</b> | <b>2.59</b> | <b>2.51</b> | <b>2.40</b> | <b>2.32</b> | <b>2.23</b> | <b>2.14</b> | <b>2.09</b> | <b>2.01</b> | <b>1.97</b>    | <b>1.90</b> | <b>1.86</b> | <b>1.84</b> |      |
| 40             | 4.08   | 3.23        | 2.84        | 2.61        | 2.45        | 2.34        | 2.25        | 2.18        | 2.12        | 2.08        | 2.04        | 2.00        | 1.95        | 1.90        | 1.84        | 1.79        | 1.74        | 1.69        | 1.66        | 1.61        | 1.59           | 1.55        | 1.53        | 1.51        | 40   |
|                | <b>7.31</b>  | <b>5.18</b> | <b>4.31</b> | <b>3.83</b> | <b>3.51</b> | <b>3.29</b> | <b>3.12</b> | <b>2.99</b> | <b>2.89</b> | <b>2.80</b> | <b>2.73</b> | <b>2.66</b> | <b>2.56</b> | <b>2.48</b> | <b>2.37</b> | <b>2.29</b> | <b>2.20</b> | <b>2.11</b> | <b>2.06</b> | <b>1.98</b> | <b>1.94</b>    | <b>1.87</b> | <b>1.83</b> | <b>1.81</b> |      |
| 42             | 4.07   | 3.22        | 2.83        | 2.59        | 2.44        | 2.32        | 2.24        | 2.17        | 2.11        | 2.06        | 2.03        | 1.99        | 1.94        | 1.89        | 1.83        | 1.78        | 1.73        | 1.68        | 1.65        | 1.60        | 1.57           | 1.53        | 1.51        | 1.49        | 42   |
|                | <b>7.28</b>  | <b>5.15</b> | <b>4.29</b> | <b>3.80</b> | <b>3.49</b> | <b>3.27</b> | <b>3.10</b> | <b>2.97</b> | <b>2.86</b> | <b>2.78</b> | <b>2.70</b> | <b>2.64</b> | <b>2.54</b> | <b>2.46</b> | <b>2.34</b> | <b>2.26</b> | <b>2.18</b> | <b>2.09</b> | <b>2.03</b> | <b>1.95</b> | <b>1.91</b>    | <b>1.85</b> | <b>1.80</b> | <b>1.78</b> |      |
| 44             | 4.06   | 3.21        | 2.82        | 2.58        | 2.43        | 2.31        | 2.23        | 2.16        | 2.10        | 2.05        | 2.01        | 1.98        | 1.92        | 1.88        | 1.81        | 1.77        | 1.72        | 1.67        | 1.63        | 1.59        | 1.56           | 1.52        | 1.49        | 1.48        | 44   |
|                | <b>7.25</b>  | <b>5.12</b> | <b>4.26</b> | <b>3.78</b> | <b>3.47</b> | <b>3.24</b> | <b>3.08</b> | <b>2.95</b> | <b>2.84</b> | <b>2.75</b> | <b>2.68</b> | <b>2.62</b> | <b>2.52</b> | <b>2.44</b> | <b>2.32</b> | <b>2.24</b> | <b>2.15</b> | <b>2.07</b> | <b>2.01</b> | <b>1.93</b> | <b>1.89</b>    | <b>1.82</b> | <b>1.78</b> | <b>1.75</b> |      |
| 46             | 4.05   | 3.20        | 2.81        | 2.57        | 2.42        | 2.30        | 2.22        | 2.15        | 2.09        | 2.04        | 2.00        | 1.97        | 1.91        | 1.87        | 1.80        | 1.76        | 1.71        | 1.65        | 1.62        | 1.57        | 1.55           | 1.51        | 1.48        | 1.46        | 46   |
|                | <b>7.22</b>  | <b>5.10</b> | <b>4.24</b> | <b>3.76</b> | <b>3.44</b> | <b>3.22</b> | <b>3.06</b> | <b>2.93</b> | <b>2.82</b> | <b>2.73</b> | <b>2.66</b> | <b>2.60</b> | <b>2.50</b> | <b>2.42</b> | <b>2.30</b> | <b>2.22</b> | <b>2.13</b> | <b>2.04</b> | <b>1.99</b> | <b>1.91</b> | <b>1.86</b>    | <b>1.80</b> | <b>1.76</b> | <b>1.73</b> |      |
| 48             | 4.04   | 3.19        | 2.80        | 2.57        | 2.41        | 2.29        | 2.21        | 2.14        | 2.08        | 2.03        | 1.99        | 1.96        | 1.90        | 1.86        | 1.79        | 1.75        | 1.70        | 1.64        | 1.61        | 1.56        | 1.54           | 1.49        | 1.47        | 1.45        | 48   |
|                | <b>7.19</b>  | <b>5.08</b> | <b>4.22</b> | <b>3.74</b> | <b>3.43</b> | <b>3.20</b> | <b>3.04</b> | <b>2.91</b> | <b>2.80</b> | <b>2.71</b> | <b>2.64</b> | <b>2.58</b> | <b>2.48</b> | <b>2.40</b> | <b>2.28</b> | <b>2.20</b> | <b>2.12</b> | <b>2.02</b> | <b>1.97</b> | <b>1.89</b> | <b>1.84</b>    | <b>1.78</b> | <b>1.73</b> | <b>1.70</b> |      |
| 50             | 4.03   | 3.18        | 2.79        | 2.56        | 2.40        | 2.29        | 2.20        | 2.13        | 2.07        | 2.03        | 1.99        | 1.95        | 1.89        | 1.85        | 1.78        | 1.74        | 1.69        | 1.63        | 1.60        | 1.55        | 1.52           | 1.48        | 1.46        | 1.44        | 50   |
|                | <b>7.17</b>  | <b>5.06</b> | <b>4.20</b> | <b>3.72</b> | <b>3.41</b> | <b>3.19</b> | <b>3.02</b> | <b>2.89</b> | <b>2.78</b> | <b>2.70</b> | <b>2.63</b> | <b>2.56</b> | <b>2.46</b> | <b>2.38</b> | <b>2.27</b> | <b>2.18</b> | <b>2.10</b> | <b>2.01</b> | <b>1.95</b> | <b>1.87</b> | <b>1.82</b>    | <b>1.76</b> | <b>1.71</b> | <b>1.68</b> |      |
| 55             | 4.02   | 3.16        | 2.77        | 2.54        | 2.38        | 2.27        | 2.18        | 2.11        | 2.06        | 2.01        | 1.97        | 1.93        | 1.88        | 1.83        | 1.76        | 1.72        | 1.67        | 1.61        | 1.58        | 1.53        | 1.50           | 1.46        | 1.43        | 1.41        | 55   |
|                | <b>7.12</b>  | <b>5.01</b> | <b>4.16</b> | <b>3.68</b> | <b>3.37</b> | <b>3.15</b> | <b>2.98</b> | <b>2.85</b> | <b>2.75</b> | <b>2.66</b> | <b>2.59</b> | <b>2.53</b> | <b>2.42</b> | <b>2.34</b> | <b>2.23</b> | <b>2.15</b> | <b>2.06</b> | <b>1.97</b> | <b>1.91</b> | <b>1.83</b> | <b>1.78</b>    | <b>1.71</b> | <b>1.67</b> | <b>1.64</b> |      |
| 60             | 4.00   | 3.15        | 2.76        | 2.53        | 2.37        | 2.25        | 2.17        | 2.10        | 2.04        | 1.99        | 1.95        | 1.92        | 1.86        | 1.82        | 1.75        | 1.70        | 1.65        | 1.59        | 1.56        | 1.51        | 1.48           | 1.44        | 1.41        | 1.39        | 60   |
|                | <b>7.08</b>  | <b>4.98</b> | <b>4.13</b> | <b>3.65</b> | <b>3.34</b> | <b>3.12</b> | <b>2.95</b> | <b>2.82</b> | <b>2.72</b> | <b>2.63</b> | <b>2.56</b> | <b>2.50</b> | <b>2.39</b> | <b>2.31</b> | <b>2.20</b> | <b>2.12</b> | <b>2.03</b> | <b>1.94</b> | <b>1.88</b> | <b>1.79</b> | <b>1.75</b>    | <b>1.68</b> | <b>1.63</b> | <b>1.60</b> |      |
| 65             | 3.99   | 3.14        | 2.75        | 2.51        | 2.36        | 2.24        | 2.15        | 2.08        | 2.03        | 1.98        | 1.94        | 1.90        | 1.85        | 1.80        | 1.73        | 1.69        | 1.63        | 1.58        | 1.54        | 1.49        | 1.46           | 1.42        | 1.39        | 1.37        | 65   |
|                | <b>7.04</b>  | <b>4.95</b> | <b>4.10</b> | <b>3.62</b> | <b>3.31</b> | <b>3.09</b> | <b>2.93</b> | <b>2.80</b> | <b>2.69</b> | <b>2.61</b> | <b>2.53</b> | <b>2.47</b> | <b>2.37</b> | <b>2.29</b> | <b>2.17</b> | <b>2.09</b> | <b>2.00</b> | <b>1.91</b> | <b>1.85</b> | <b>1.77</b> | <b>1.72</b>    | <b>1.65</b> | <b>1.60</b> | <b>1.57</b> |      |
| 70             | 3.98   | 3.13        | 2.74        | 2.50        | 2.35        | 2.23        | 2.14        | 2.07        | 2.02        | 1.97        | 1.93        | 1.89        | 1.84        | 1.79        | 1.72        | 1.67        | 1.62        | 1.57        | 1.53        | 1.48        | 1.45           | 1.40        | 1.37        | 1.35        | 70   |
|                | <b>7.01</b>  | <b>4.92</b> | <b>4.07</b> | <b>3.60</b> | <b>3.29</b> | <b>3.07</b> | <b>2.91</b> | <b>2.78</b> | <b>2.67</b> | <b>2.59</b> | <b>2.51</b> | <b>2.45</b> | <b>2.35</b> | <b>2.27</b> | <b>2.15</b> | <b>2.07</b> | <b>1.98</b> | <b>1.89</b> | <b>1.83</b> | <b>1.74</b> | <b>1.70</b>    | <b>1.62</b> | <b>1.57</b> | <b>1.54</b> |      |
| 80             | 3.96   | 3.11        | 2.72        | 2.49        | 2.33        | 2.21        | 2.13        | 2.06        | 2.00        | 1.95        | 1.91        | 1.88        | 1.82        | 1.77        | 1.70        | 1.65        | 1.60        | 1.54        | 1.51        | 1.45        | 1.43           | 1.38        | 1.35        | 1.33        | 80   |
|                | <b>6.96</b>  | <b>4.88</b> | <b>4.04</b> | <b>3.56</b> | <b>3.24</b> | <b>3.04</b> | <b>2.87</b> | <b>2.74</b> | <b>2.64</b> | <b>2.55</b> | <b>2.48</b> | <b>2.42</b> | <b>2.31</b> | <b>2.23</b> | <b>2.12</b> | <b>2.03</b> | <b>1.94</b> | <b>1.85</b> | <b>1.79</b> | <b>1.70</b> | <b>1.65</b>    | <b>1.58</b> | <b>1.53</b> | <b>1.50</b> |      |
| 100            | 3.94   | 3.09        | 2.70        | 2.46        | 2.31        | 2.19        | 2.10        | 2.03        | 1.97        | 1.93        | 1.89        | 1.85        | 1.79        | 1.75        | 1.68        | 1.63        | 1.57        | 1.52        | 1.48        | 1.42        | 1.39           | 1.34        | 1.31        | 1.28        | 100  |
|                | <b>6.90</b>  | <b>4.82</b> | <b>3.98</b> | <b>3.51</b> | <b>3.21</b> | <b>2.99</b> | <b>2.82</b> | <b>2.69</b> | <b>2.59</b> | <b>2.50</b> | <b>2.43</b> | <b>2.37</b> | <b>2.27</b> | <b>2.19</b> | <b>2.07</b> | <b>1.98</b> | <b>1.89</b> | <b>1.80</b> | <b>1.74</b> | <b>1.65</b> | <b>1.60</b>    | <b>1.52</b> | <b>1.47</b> | <b>1.43</b> |      |
| 125            | 3.92   | 3.07        | 2.68        | 2.44        | 2.29        | 2.17        | 2.08        | 2.01        | 1.96        | 1.91        | 1.87        | 1.83        | 1.77        | 1.73        | 1.66        | 1.60        | 1.55        | 1.49        | 1.45        | 1.40        | 1.36           | 1.31        | 1.27        | 1.25        | 125  |
|                | <b>6.84</b>  | <b>4.78</b> | <b>3.94</b> | <b>3.47</b> | <b>3.17</b> | <b>2.95</b> | <b>2.79</b> | <b>2.66</b> | <b>2.55</b> | <b>2.47</b> | <b>2.39</b> | <b>2.33</b> | <b>2.23</b> | <b>2.15</b> | <b>2.03</b> | <b>1.94</b> | <b>1.85</b> | <b>1.76</b> | <b>1.69</b> | <b>1.60</b> | <b>1.55</b>    | <b>1.47</b> | <b>1.41</b> | <b>1.37</b> |      |
| 150            | 3.90   | 3.06        | 2.66        | 2.43        | 2.27        | 2.16        | 2.07        | 2.00        | 1.94        | 1.89        | 1.85        | 1.82        | 1.76        | 1.71        | 1.64        | 1.59        | 1.54        | 1.48        | 1.44        | 1.38        | 1.34           | 1.29        | 1.25        | 1.22        | 150  |
|                | <b>6.81</b>  | <b>4.75</b> | <b>3.91</b> | <b>3.45</b> | <b>3.14</b> | <b>2.92</b> | <b>2.76</b> | <b>2.63</b> | <b>2.53</b> | <b>2.44</b> | <b>2.37</b> | <b>2.31</b> | <b>2.20</b> | <b>2.12</b> | <b>2.00</b> | <b>1.92</b> | <b>1.83</b> | <b>1.73</b> | <b>1.66</b> | <b>1.57</b> | <b>1.52</b>    | <b>1.43</b> | <b>1.38</b> | <b>1.33</b> |      |
| 200            | 3.89   | 3.04        | 2.65        | 2.42        | 2.26        | 2.14        | 2.06        | 1.98        | 1.93        | 1.88        | 1.84        | 1.80        | 1.74        | 1.69        | 1.62        | 1.57        | 1.52        | 1.46        | 1.41        | 1.35        | 1.32           | 1.26        | 1.22        | 1.19        | 200  |
|                | <b>6.76</b>  | <b>4.71</b> | <b>3.88</b> | <b>3.41</b> | <b>3.11</b> | <b>2.89</b> | <b>2.73</b> | <b>2.60</b> | <b>2.50</b> | <b>2.41</b> | <b>2.34</b> | <b>2.27</b> | <b>2.17</b> | <b>2.09</b> | <b>1.97</b> | <b>1.89</b> | <b>1.79</b> | <b>1.69</b> | <b>1.63</b> | <b>1.53</b> | <b>1.48</b>    | <b>1.39</b> | <b>1.33</b> | <b>1.28</b> |      |
| 400            | 3.86   | 3.02        | 2.63        | 2.39        | 2.24        | 2.12        | 2.03        | 1.96        | 1.90        | 1.85        | 1.81        | 1.78        | 1.72        | 1.67        | 1.60        | 1.54        | 1.49        | 1.42        | 1.38        | 1.32        | 1.28           | 1.22        | 1.17        | 1.13        | 400  |
|                | <b>6.70</b>  | <b>4.66</b> | <b>3.83</b> | <b>3.37</b> | <b>3.06</b> | <b>2.85</b> | <b>2.68</b> | <b>2.56</b> | <b>2.45</b> | <b>2.37</b> | <b>2.29</b> | <b>2.23</b> | <b>2.13</b> | <b>2.05</b> | <b>1.92</b> | <b>1.84</b> | <b>1.75</b> | <b>1.64</b> | <b>1.58</b> | <b>1.48</b> | <b>1.42</b>    | <b>1.32</b> | <b>1.25</b> | <b>1.19</b> |      |
| 1000           | 3.85   | 3.00        | 2.61        | 2.38        | 2.22        | 2.11        | 2.02        | 1.95        | 1.89        | 1.84        | 1.80        | 1.76        | 1.70        | 1.65        | 1.58        | 1.53        | 1.47        | 1.41        | 1.36        | 1.30        | 1.26           | 1.19        | 1.13        | 1.08        | 1000 |
|                | <b>6.66</b>  | <b>4.63</b> | <b>3.80</b> | <b>3.34</b> | <b>3.04</b> | <b>2.82</b> | <b>2.66</b> | <b>2.53</b> | <b>2.43</b> | <b>2.34</b> | <b>2.27</b> | <b>2.20</b> | <b>2.10</b> | <b>2.02</b> | <b>1.90</b> | <b>1.81</b> | <b>1.72</b> | <b>1.61</b> | <b>1.54</b> | <b>1.44</b> | <b>1.38</b>    | <b>1.28</b> | <b>1.19</b> | <b>1.12</b> |      |
|                | 3.84   | 3.00        | 2.60        | 2.37        | 2.21        | 2.10        | 2.01        | 1.94        | 1.88        | 1.83        | 1.79        | 1.75        | 1.69        | 1.64        | 1.57        | 1.52        | 1.46        | 1.39        | 1.35        | 1.28        | 1.24           | 1.17        | 1.11        | 1.00        |      |
|                | <b>6.63</b>  | <b>4.61</b> | <b>3.78</b> | <b>3.32</b> | <b>3.02</b> | <b>2.80</b> | <b>2.64</b> | <b>2.51</b> | <b>2.41</b> | <b>2.32</b> | <b>2.25</b> | <b>2.18</b> | <b>2.08</b> | <b>2.00</b> | <b>1.88</b> | <b>1.79</b> | <b>1.70</b> | <b>1.59</b> | <b>1.52</b> | <b>1.42</b> | <b>1.36</b>    | <b>1.25</b> | <b>1.15</b> | <b>1.00</b> |      |

**TABLA 5: PROBABILIDADES BINOMIALES**

| $n$ | $k$ | $p$    |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|     |     | 0.05   | 0.10   | 0.15   | 0.20   | 0.25   | 0.30   | 0.35   | 0.40   | 0.45   | 0.5   |
| 1   | 0   | 0.9500 | 0.9000 | 0.8500 | 0.8000 | 0.7500 | 0.7000 | 0.6500 | 0.6000 | 0.5500 | 0.500 |
| 1   | 1   | 0.0500 | 0.1000 | 0.1500 | 0.2000 | 0.2500 | 0.3000 | 0.3500 | 0.4000 | 0.4500 | 0.500 |
| 2   | 0   | 0.9025 | 0.8100 | 0.7225 | 0.6400 | 0.5625 | 0.4900 | 0.4225 | 0.3600 | 0.3025 | 0.250 |
| 2   | 1   | 0.0950 | 0.1800 | 0.2550 | 0.3200 | 0.3750 | 0.4200 | 0.4550 | 0.4800 | 0.4950 | 0.500 |
| 2   | 2   | 0.0025 | 0.0100 | 0.0225 | 0.0400 | 0.0625 | 0.0900 | 0.1225 | 0.1600 | 0.2025 | 0.250 |
| 3   | 0   | 0.8574 | 0.7290 | 0.6141 | 0.5120 | 0.4219 | 0.3430 | 0.2746 | 0.2160 | 0.1664 | 0.125 |
| 3   | 1   | 0.1354 | 0.2430 | 0.3251 | 0.3840 | 0.4219 | 0.4410 | 0.4436 | 0.4320 | 0.4084 | 0.375 |
| 3   | 2   | 0.0071 | 0.0270 | 0.0574 | 0.0960 | 0.1406 | 0.1890 | 0.2389 | 0.2880 | 0.3341 | 0.375 |
| 3   | 3   | 0.0001 | 0.0010 | 0.0034 | 0.0080 | 0.0156 | 0.0270 | 0.0429 | 0.0640 | 0.0911 | 0.125 |
| 4   | 0   | 0.8145 | 0.6561 | 0.5220 | 0.4096 | 0.3164 | 0.2401 | 0.1785 | 0.1296 | 0.0915 | 0.062 |
| 4   | 1   | 0.1715 | 0.2916 | 0.3685 | 0.4096 | 0.4219 | 0.4116 | 0.3845 | 0.3456 | 0.2995 | 0.250 |
| 4   | 2   | 0.0135 | 0.0486 | 0.0975 | 0.1536 | 0.2109 | 0.2646 | 0.3105 | 0.3456 | 0.3675 | 0.375 |
| 4   | 3   | 0.0005 | 0.0036 | 0.0115 | 0.0256 | 0.0469 | 0.0756 | 0.1115 | 0.1536 | 0.2005 | 0.250 |
| 4   | 4   | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0016 | 0.0039 | 0.0081 | 0.0150 | 0.0256 | 0.0410 | 0.062 |
| 5   | 0   | 0.7738 | 0.5905 | 0.4437 | 0.3277 | 0.2373 | 0.1681 | 0.1160 | 0.0778 | 0.0503 | 0.031 |
| 5   | 1   | 0.2036 | 0.3281 | 0.3915 | 0.4096 | 0.3955 | 0.3602 | 0.3124 | 0.2592 | 0.2059 | 0.156 |
| 5   | 2   | 0.0214 | 0.0729 | 0.1382 | 0.2048 | 0.2637 | 0.3087 | 0.3364 | 0.3456 | 0.3369 | 0.312 |
| 5   | 3   | 0.0011 | 0.0081 | 0.0244 | 0.0512 | 0.0879 | 0.1323 | 0.1811 | 0.2304 | 0.2757 | 0.312 |
| 5   | 4   | 0.0000 | 0.0005 | 0.0022 | 0.0064 | 0.0146 | 0.0284 | 0.0488 | 0.0768 | 0.1128 | 0.156 |
| 5   | 5   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0010 | 0.0024 | 0.0053 | 0.0102 | 0.0185 | 0.031 |
| 6   | 0   | 0.7351 | 0.5314 | 0.3771 | 0.2621 | 0.1780 | 0.1176 | 0.0754 | 0.0467 | 0.0277 | 0.015 |
| 6   | 1   | 0.2321 | 0.3543 | 0.3993 | 0.3932 | 0.3560 | 0.3025 | 0.2437 | 0.1866 | 0.1359 | 0.093 |
| 6   | 2   | 0.0305 | 0.0984 | 0.1762 | 0.2458 | 0.2966 | 0.3241 | 0.3280 | 0.3110 | 0.2780 | 0.234 |
| 6   | 3   | 0.0021 | 0.0146 | 0.0415 | 0.0819 | 0.1318 | 0.1852 | 0.2355 | 0.2765 | 0.3032 | 0.312 |
| 6   | 4   | 0.0001 | 0.0012 | 0.0055 | 0.0154 | 0.0330 | 0.0595 | 0.0951 | 0.1382 | 0.1861 | 0.234 |
| 6   | 5   | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0015 | 0.0044 | 0.0102 | 0.0205 | 0.0369 | 0.0609 | 0.093 |
| 6   | 6   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0007 | 0.0018 | 0.0041 | 0.0083 | 0.015 |
| 7   | 0   | 0.6983 | 0.4783 | 0.3206 | 0.2097 | 0.1335 | 0.0824 | 0.0490 | 0.0280 | 0.0152 | 0.007 |
| 7   | 1   | 0.2573 | 0.3720 | 0.3960 | 0.3670 | 0.3115 | 0.2471 | 0.1848 | 0.1306 | 0.0872 | 0.054 |
| 7   | 2   | 0.0406 | 0.1240 | 0.2097 | 0.2753 | 0.3115 | 0.3177 | 0.2985 | 0.2613 | 0.2140 | 0.164 |
| 7   | 3   | 0.0036 | 0.0230 | 0.0617 | 0.1147 | 0.1730 | 0.2269 | 0.2679 | 0.2903 | 0.2918 | 0.273 |
| 7   | 4   | 0.0002 | 0.0026 | 0.0109 | 0.0287 | 0.0577 | 0.0972 | 0.1442 | 0.1935 | 0.2388 | 0.273 |
| 7   | 5   | 0.0000 | 0.0002 | 0.0012 | 0.0043 | 0.0115 | 0.0250 | 0.0466 | 0.0774 | 0.1172 | 0.164 |
| 7   | 6   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0036 | 0.0084 | 0.0172 | 0.0320 | 0.054 |
| 7   | 7   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0006 | 0.0016 | 0.0037 | 0.007 |
| 8   | 0   | 0.6634 | 0.4305 | 0.2725 | 0.1678 | 0.1001 | 0.0576 | 0.0319 | 0.0168 | 0.0084 | 0.003 |
| 8   | 1   | 0.2793 | 0.3826 | 0.3847 | 0.3355 | 0.2670 | 0.1977 | 0.1373 | 0.0896 | 0.0548 | 0.031 |
| 8   | 2   | 0.0515 | 0.1488 | 0.2376 | 0.2936 | 0.3115 | 0.2965 | 0.2587 | 0.2090 | 0.1569 | 0.109 |
| 8   | 3   | 0.0054 | 0.0331 | 0.0839 | 0.1468 | 0.2076 | 0.2541 | 0.2786 | 0.2787 | 0.2568 | 0.218 |
| 8   | 4   | 0.0004 | 0.0046 | 0.0185 | 0.0459 | 0.0865 | 0.1361 | 0.1875 | 0.2322 | 0.2627 | 0.273 |
| 8   | 5   | 0.0000 | 0.0004 | 0.0026 | 0.0092 | 0.0231 | 0.0467 | 0.0808 | 0.1239 | 0.1719 | 0.218 |
| 8   | 6   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0011 | 0.0038 | 0.0100 | 0.0217 | 0.0413 | 0.0703 | 0.109 |
| 8   | 7   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0012 | 0.0033 | 0.0079 | 0.0164 | 0.031 |
| 8   | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0007 | 0.0017 | 0.003 |

| $n$ | $k$ | $p$    |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|     |     | 0.05   | 0.10   | 0.15   | 0.20   | 0.25   | 0.30   | 0.35   | 0.40   | 0.45   | 0.5   |
| 9   | 0   | 0.6302 | 0.3874 | 0.2316 | 0.1342 | 0.0751 | 0.0404 | 0.0207 | 0.0101 | 0.0046 | 0.002 |
| 9   | 1   | 0.2985 | 0.3874 | 0.3679 | 0.3020 | 0.2253 | 0.1556 | 0.1004 | 0.0605 | 0.0339 | 0.017 |
| 9   | 2   | 0.0629 | 0.1722 | 0.2597 | 0.3020 | 0.3003 | 0.2668 | 0.2162 | 0.1612 | 0.1110 | 0.070 |
| 9   | 3   | 0.0077 | 0.0446 | 0.1069 | 0.1762 | 0.2336 | 0.2668 | 0.2716 | 0.2508 | 0.2119 | 0.164 |
| 9   | 4   | 0.0006 | 0.0074 | 0.0283 | 0.0661 | 0.1168 | 0.1715 | 0.2194 | 0.2508 | 0.2600 | 0.246 |
| 9   | 5   | 0.0000 | 0.0008 | 0.0050 | 0.0165 | 0.0389 | 0.0735 | 0.1181 | 0.1672 | 0.2128 | 0.246 |
| 9   | 6   | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0028 | 0.0087 | 0.0210 | 0.0424 | 0.0743 | 0.1160 | 0.164 |
| 9   | 7   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0012 | 0.0039 | 0.0098 | 0.0212 | 0.0407 | 0.070 |
| 9   | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0013 | 0.0035 | 0.0083 | 0.017 |
| 9   | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0008 | 0.002 |
| 10  | 0   | 0.5987 | 0.3487 | 0.1969 | 0.1074 | 0.0563 | 0.0282 | 0.0135 | 0.0060 | 0.0025 | 0.001 |
| 10  | 1   | 0.3151 | 0.3874 | 0.3474 | 0.2684 | 0.1877 | 0.1211 | 0.0725 | 0.0403 | 0.0207 | 0.009 |
| 10  | 2   | 0.0746 | 0.1937 | 0.2759 | 0.3020 | 0.2816 | 0.2335 | 0.1757 | 0.1209 | 0.0763 | 0.043 |
| 10  | 3   | 0.0105 | 0.0574 | 0.1298 | 0.2013 | 0.2503 | 0.2668 | 0.2522 | 0.2150 | 0.1665 | 0.117 |
| 10  | 4   | 0.0010 | 0.0112 | 0.0401 | 0.0881 | 0.1460 | 0.2001 | 0.2377 | 0.2508 | 0.2384 | 0.205 |
| 10  | 5   | 0.0001 | 0.0015 | 0.0085 | 0.0264 | 0.0584 | 0.1029 | 0.1536 | 0.2007 | 0.2340 | 0.246 |
| 10  | 6   | 0.0000 | 0.0001 | 0.0012 | 0.0055 | 0.0162 | 0.0368 | 0.0689 | 0.1115 | 0.1596 | 0.205 |
| 10  | 7   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0031 | 0.0090 | 0.0212 | 0.0425 | 0.0746 | 0.117 |
| 10  | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0014 | 0.0043 | 0.0106 | 0.0229 | 0.043 |
| 10  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0016 | 0.0042 | 0.009 |
| 10  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.001 |
| 11  | 0   | 0.5688 | 0.3138 | 0.1673 | 0.0859 | 0.0422 | 0.0198 | 0.0088 | 0.0036 | 0.0014 | 0.000 |
| 11  | 1   | 0.3293 | 0.3835 | 0.3248 | 0.2362 | 0.1549 | 0.0932 | 0.0518 | 0.0266 | 0.0125 | 0.005 |
| 11  | 2   | 0.0867 | 0.2131 | 0.2866 | 0.2953 | 0.2581 | 0.1998 | 0.1395 | 0.0887 | 0.0513 | 0.026 |
| 11  | 3   | 0.0137 | 0.0710 | 0.1517 | 0.2215 | 0.2581 | 0.2568 | 0.2254 | 0.1774 | 0.1259 | 0.080 |
| 11  | 4   | 0.0014 | 0.0158 | 0.0536 | 0.1107 | 0.1721 | 0.2201 | 0.2428 | 0.2365 | 0.2060 | 0.161 |
| 11  | 5   | 0.0001 | 0.0025 | 0.0132 | 0.0388 | 0.0803 | 0.1321 | 0.1830 | 0.2207 | 0.2360 | 0.225 |
| 11  | 6   | 0.0000 | 0.0003 | 0.0023 | 0.0097 | 0.0268 | 0.0566 | 0.0985 | 0.1471 | 0.1931 | 0.225 |
| 11  | 7   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0017 | 0.0064 | 0.0173 | 0.0379 | 0.0701 | 0.1128 | 0.161 |
| 11  | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0011 | 0.0037 | 0.0102 | 0.0234 | 0.0462 | 0.080 |
| 11  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0018 | 0.0052 | 0.0126 | 0.026 |
| 11  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0007 | 0.0021 | 0.005 |
| 11  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.000 |
| 12  | 0   | 0.5404 | 0.2824 | 0.1422 | 0.0687 | 0.0317 | 0.0138 | 0.0057 | 0.0022 | 0.0008 | 0.000 |
| 12  | 1   | 0.3413 | 0.3766 | 0.3012 | 0.2062 | 0.1267 | 0.0712 | 0.0368 | 0.0174 | 0.0075 | 0.002 |
| 12  | 2   | 0.0988 | 0.2301 | 0.2924 | 0.2835 | 0.2323 | 0.1678 | 0.1088 | 0.0639 | 0.0339 | 0.016 |
| 12  | 3   | 0.0173 | 0.0852 | 0.1720 | 0.2362 | 0.2581 | 0.2397 | 0.1954 | 0.1419 | 0.0923 | 0.053 |
| 12  | 4   | 0.0021 | 0.0213 | 0.0683 | 0.1329 | 0.1936 | 0.2311 | 0.2367 | 0.2128 | 0.1700 | 0.120 |
| 12  | 5   | 0.0002 | 0.0038 | 0.0193 | 0.0532 | 0.1032 | 0.1585 | 0.2039 | 0.2270 | 0.2225 | 0.193 |
| 12  | 6   | 0.0000 | 0.0005 | 0.0040 | 0.0155 | 0.0401 | 0.0792 | 0.1281 | 0.1766 | 0.2124 | 0.225 |
| 12  | 7   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0033 | 0.0115 | 0.0291 | 0.0591 | 0.1009 | 0.1489 | 0.193 |
| 12  | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0024 | 0.0078 | 0.0199 | 0.0420 | 0.0762 | 0.120 |
| 12  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0015 | 0.0048 | 0.0125 | 0.0277 | 0.053 |
| 12  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0008 | 0.0025 | 0.0068 | 0.016 |
| 12  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0010 | 0.002 |
| 12  | 12  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.000 |

| $n$ | $k$ | $p$    |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|     |     | 0.05   | 0.10   | 0.15   | 0.20   | 0.25   | 0.30   | 0.35   | 0.40   | 0.45   | 0.5   |
| 13  | 0   | 0.5133 | 0.2542 | 0.1209 | 0.0550 | 0.0238 | 0.0097 | 0.0037 | 0.0013 | 0.0004 | 0.000 |
| 13  | 1   | 0.3512 | 0.3672 | 0.2774 | 0.1787 | 0.1029 | 0.0540 | 0.0259 | 0.0113 | 0.0045 | 0.001 |
| 13  | 2   | 0.1109 | 0.2448 | 0.2937 | 0.2680 | 0.2059 | 0.1388 | 0.0836 | 0.0453 | 0.0220 | 0.009 |
| 13  | 3   | 0.0214 | 0.0997 | 0.1900 | 0.2457 | 0.2517 | 0.2181 | 0.1651 | 0.1107 | 0.0660 | 0.034 |
| 13  | 4   | 0.0028 | 0.0277 | 0.0838 | 0.1535 | 0.2097 | 0.2337 | 0.2222 | 0.1845 | 0.1350 | 0.087 |
| 13  | 5   | 0.0003 | 0.0055 | 0.0266 | 0.0691 | 0.1258 | 0.1803 | 0.2154 | 0.2214 | 0.1989 | 0.157 |
| 13  | 6   | 0.0000 | 0.0008 | 0.0063 | 0.0230 | 0.0559 | 0.1030 | 0.1546 | 0.1968 | 0.2169 | 0.209 |
| 13  | 7   | 0.0000 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0058 | 0.0186 | 0.0442 | 0.0833 | 0.1312 | 0.1775 | 0.209 |
| 13  | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0047 | 0.0142 | 0.0336 | 0.0656 | 0.1089 | 0.157 |
| 13  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0009 | 0.0034 | 0.0101 | 0.0243 | 0.0495 | 0.087 |
| 13  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0022 | 0.0065 | 0.0162 | 0.034 |
| 13  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0012 | 0.0036 | 0.009 |
| 13  | 12  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 |
| 13  | 13  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 14  | 0   | 0.4877 | 0.2288 | 0.1028 | 0.0440 | 0.0178 | 0.0068 | 0.0024 | 0.0008 | 0.0002 | 0.000 |
| 14  | 1   | 0.3593 | 0.3559 | 0.2539 | 0.1539 | 0.0832 | 0.0407 | 0.0181 | 0.0073 | 0.0027 | 0.000 |
| 14  | 2   | 0.1229 | 0.2570 | 0.2912 | 0.2501 | 0.1802 | 0.1134 | 0.0634 | 0.0317 | 0.0141 | 0.005 |
| 14  | 3   | 0.0259 | 0.1142 | 0.2056 | 0.2501 | 0.2402 | 0.1943 | 0.1366 | 0.0845 | 0.0462 | 0.022 |
| 14  | 4   | 0.0037 | 0.0349 | 0.0998 | 0.1720 | 0.2202 | 0.2290 | 0.2022 | 0.1549 | 0.1040 | 0.061 |
| 14  | 5   | 0.0004 | 0.0078 | 0.0352 | 0.0860 | 0.1468 | 0.1963 | 0.2178 | 0.2066 | 0.1701 | 0.122 |
| 14  | 6   | 0.0000 | 0.0013 | 0.0093 | 0.0322 | 0.0734 | 0.1262 | 0.1759 | 0.2066 | 0.2088 | 0.183 |
| 14  | 7   | 0.0000 | 0.0002 | 0.0019 | 0.0092 | 0.0280 | 0.0618 | 0.1082 | 0.1574 | 0.1952 | 0.209 |
| 14  | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0020 | 0.0082 | 0.0232 | 0.0510 | 0.0918 | 0.1398 | 0.183 |
| 14  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0018 | 0.0066 | 0.0183 | 0.0408 | 0.0762 | 0.122 |
| 14  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0014 | 0.0049 | 0.0136 | 0.0312 | 0.061 |
| 14  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0010 | 0.0033 | 0.0093 | 0.022 |
| 14  | 12  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0019 | 0.005 |
| 14  | 13  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.000 |
| 14  | 14  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 15  | 0   | 0.4633 | 0.2059 | 0.0874 | 0.0352 | 0.0134 | 0.0047 | 0.0016 | 0.0005 | 0.0001 | 0.000 |
| 15  | 1   | 0.3658 | 0.3432 | 0.2312 | 0.1319 | 0.0668 | 0.0305 | 0.0126 | 0.0047 | 0.0016 | 0.000 |
| 15  | 2   | 0.1348 | 0.2669 | 0.2856 | 0.2309 | 0.1559 | 0.0916 | 0.0476 | 0.0219 | 0.0090 | 0.003 |
| 15  | 3   | 0.0307 | 0.1285 | 0.2184 | 0.2501 | 0.2252 | 0.1700 | 0.1110 | 0.0634 | 0.0318 | 0.013 |
| 15  | 4   | 0.0049 | 0.0428 | 0.1156 | 0.1876 | 0.2252 | 0.2186 | 0.1792 | 0.1268 | 0.0780 | 0.041 |
| 15  | 5   | 0.0006 | 0.0105 | 0.0449 | 0.1032 | 0.1651 | 0.2061 | 0.2123 | 0.1859 | 0.1404 | 0.091 |
| 15  | 6   | 0.0000 | 0.0019 | 0.0132 | 0.0430 | 0.0917 | 0.1472 | 0.1906 | 0.2066 | 0.1914 | 0.152 |
| 15  | 7   | 0.0000 | 0.0003 | 0.0030 | 0.0138 | 0.0393 | 0.0811 | 0.1319 | 0.1771 | 0.2013 | 0.196 |
| 15  | 8   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0035 | 0.0131 | 0.0348 | 0.0710 | 0.1181 | 0.1647 | 0.196 |
| 15  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0034 | 0.0116 | 0.0298 | 0.0612 | 0.1048 | 0.152 |
| 15  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0007 | 0.0030 | 0.0096 | 0.0245 | 0.0515 | 0.091 |
| 15  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0024 | 0.0074 | 0.0191 | 0.041 |
| 15  | 12  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0016 | 0.0052 | 0.013 |
| 15  | 13  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0010 | 0.003 |
| 15  | 14  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.000 |
| 15  | 15  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |

| <i>n</i> | <i>k</i> | 0.05   | 0.10   | 0.15   | 0.20   | 0.25   | 0.30   | 0.35   | 0.40   | 0.45   | 0.50   |
|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 16       | 0        | 0.4401 | 0.1853 | 0.0743 | 0.0281 | 0.0100 | 0.0033 | 0.0010 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0000 |
| 16       | 1        | 0.3706 | 0.3294 | 0.2097 | 0.1126 | 0.0535 | 0.0228 | 0.0087 | 0.0030 | 0.0009 | 0.0002 |
| 16       | 2        | 0.1463 | 0.2745 | 0.2775 | 0.2111 | 0.1336 | 0.0732 | 0.0353 | 0.0150 | 0.0056 | 0.0018 |
| 16       | 3        | 0.0359 | 0.1423 | 0.2285 | 0.2463 | 0.2079 | 0.1465 | 0.0888 | 0.0468 | 0.0215 | 0.0085 |
| 16       | 4        | 0.0061 | 0.0514 | 0.1311 | 0.2001 | 0.2252 | 0.2040 | 0.1553 | 0.1014 | 0.0572 | 0.0278 |
| 16       | 5        | 0.0008 | 0.0137 | 0.0555 | 0.1201 | 0.1802 | 0.2099 | 0.2008 | 0.1623 | 0.1123 | 0.0667 |
| 16       | 6        | 0.0001 | 0.0028 | 0.0180 | 0.0550 | 0.1101 | 0.1649 | 0.1982 | 0.1983 | 0.1684 | 0.1222 |
| 16       | 7        | 0.0000 | 0.0004 | 0.0045 | 0.0197 | 0.0524 | 0.1010 | 0.1524 | 0.1889 | 0.1969 | 0.1746 |
| 16       | 8        | 0.0000 | 0.0001 | 0.0009 | 0.0055 | 0.0197 | 0.0487 | 0.0923 | 0.1417 | 0.1812 | 0.1964 |
| 16       | 9        | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0012 | 0.0058 | 0.0185 | 0.0442 | 0.0840 | 0.1318 | 0.1746 |
| 16       | 10       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0014 | 0.0056 | 0.0167 | 0.0392 | 0.0755 | 0.1222 |
| 16       | 11       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0013 | 0.0049 | 0.0142 | 0.0337 | 0.0667 |
| 16       | 12       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0011 | 0.0040 | 0.0115 | 0.0278 |
| 16       | 13       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0008 | 0.0029 | 0.0085 |
| 16       | 14       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0018 |
| 16       | 15       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 |
| 16       | 16       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 17       | 0        | 0.4181 | 0.1668 | 0.0631 | 0.0225 | 0.0075 | 0.0023 | 0.0007 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 |
| 17       | 1        | 0.3741 | 0.3150 | 0.1893 | 0.0957 | 0.0426 | 0.0169 | 0.0060 | 0.0019 | 0.0005 | 0.0001 |
| 17       | 2        | 0.1575 | 0.2800 | 0.2673 | 0.1914 | 0.1136 | 0.0581 | 0.0260 | 0.0102 | 0.0035 | 0.0010 |
| 17       | 3        | 0.0415 | 0.1556 | 0.2359 | 0.2393 | 0.1893 | 0.1245 | 0.0701 | 0.0341 | 0.0144 | 0.0052 |
| 17       | 4        | 0.0076 | 0.0605 | 0.1457 | 0.2093 | 0.2209 | 0.1868 | 0.1320 | 0.0796 | 0.0411 | 0.0182 |
| 17       | 5        | 0.0010 | 0.0175 | 0.0668 | 0.1361 | 0.1914 | 0.2081 | 0.1849 | 0.1379 | 0.0875 | 0.0472 |
| 17       | 6        | 0.0001 | 0.0039 | 0.0236 | 0.0680 | 0.1276 | 0.1784 | 0.1991 | 0.1839 | 0.1432 | 0.0944 |
| 17       | 7        | 0.0000 | 0.0007 | 0.0065 | 0.0267 | 0.0668 | 0.1201 | 0.1685 | 0.1927 | 0.1841 | 0.1484 |
| 17       | 8        | 0.0000 | 0.0001 | 0.0014 | 0.0084 | 0.0279 | 0.0644 | 0.1134 | 0.1606 | 0.1883 | 0.1855 |
| 17       | 9        | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0021 | 0.0093 | 0.0276 | 0.0611 | 0.1070 | 0.1540 | 0.1855 |
| 17       | 10       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0025 | 0.0095 | 0.0263 | 0.0571 | 0.1008 | 0.1484 |
| 17       | 11       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0026 | 0.0090 | 0.0242 | 0.0525 | 0.0944 |
| 17       | 12       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0024 | 0.0081 | 0.0215 | 0.0472 |
| 17       | 13       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0021 | 0.0068 | 0.0182 |
| 17       | 14       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 0.0016 | 0.0052 |
| 17       | 15       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0010 |
| 17       | 16       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 |
| 17       | 17       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 18       | 0        | 0.3972 | 0.1501 | 0.0536 | 0.0180 | 0.0056 | 0.0016 | 0.0004 | 0.0001 | 0.0000 | 0.0000 |
| 18       | 1        | 0.3763 | 0.3002 | 0.1704 | 0.0811 | 0.0338 | 0.0126 | 0.0042 | 0.0012 | 0.0003 | 0.0001 |
| 18       | 2        | 0.1683 | 0.2835 | 0.2556 | 0.1723 | 0.0958 | 0.0458 | 0.0190 | 0.0069 | 0.0022 | 0.0006 |
| 18       | 3        | 0.0473 | 0.1680 | 0.2406 | 0.2297 | 0.1704 | 0.1046 | 0.0547 | 0.0246 | 0.0095 | 0.0031 |
| 18       | 4        | 0.0093 | 0.0700 | 0.1592 | 0.2153 | 0.2130 | 0.1681 | 0.1104 | 0.0614 | 0.0291 | 0.0117 |
| 18       | 5        | 0.0014 | 0.0218 | 0.0787 | 0.1507 | 0.1988 | 0.2017 | 0.1664 | 0.1146 | 0.0666 | 0.0327 |
| 18       | 6        | 0.0002 | 0.0052 | 0.0301 | 0.0816 | 0.1436 | 0.1873 | 0.1941 | 0.1655 | 0.1181 | 0.0708 |
| 18       | 7        | 0.0000 | 0.0010 | 0.0091 | 0.0350 | 0.0820 | 0.1376 | 0.1792 | 0.1892 | 0.1657 | 0.1214 |
| 18       | 8        | 0.0000 | 0.0002 | 0.0022 | 0.0120 | 0.0376 | 0.0811 | 0.1327 | 0.1734 | 0.1864 | 0.1669 |
| 18       | 9        | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0033 | 0.0139 | 0.0386 | 0.0794 | 0.1284 | 0.1694 | 0.1855 |
| 18       | 10       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0042 | 0.0149 | 0.0385 | 0.0771 | 0.1248 | 0.1669 |
| 18       | 11       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0010 | 0.0046 | 0.0151 | 0.0374 | 0.0742 | 0.1214 |
| 18       | 12       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0012 | 0.0047 | 0.0145 | 0.0354 | 0.0708 |
| 18       | 13       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0012 | 0.0045 | 0.0134 | 0.0327 |
| 18       | 14       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0011 | 0.0039 | 0.0117 |
| 18       | 15       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0009 | 0.0031 |
| 18       | 16       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 |
| 18       | 17       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 |
| 18       | 18       | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

| $n$ | $k$ | $p$    |        |        |        |        |        |        |        |        |       |
|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
|     |     | 0.05   | 0.10   | 0.15   | 0.20   | 0.25   | 0.30   | 0.35   | 0.40   | 0.45   | 0.5   |
| 19  | 0   | 0.3774 | 0.1351 | 0.0456 | 0.0144 | 0.0042 | 0.0011 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0000 | 0.000 |
| 19  | 1   | 0.3774 | 0.2852 | 0.1529 | 0.0685 | 0.0268 | 0.0093 | 0.0029 | 0.0008 | 0.0002 | 0.000 |
| 19  | 2   | 0.1787 | 0.2852 | 0.2428 | 0.1540 | 0.0803 | 0.0358 | 0.0138 | 0.0046 | 0.0013 | 0.000 |
| 19  | 3   | 0.0533 | 0.1796 | 0.2428 | 0.2182 | 0.1517 | 0.0869 | 0.0422 | 0.0175 | 0.0062 | 0.001 |
| 19  | 4   | 0.0112 | 0.0798 | 0.1714 | 0.2182 | 0.2023 | 0.1491 | 0.0909 | 0.0467 | 0.0203 | 0.007 |
| 19  | 5   | 0.0018 | 0.0266 | 0.0907 | 0.1636 | 0.2023 | 0.1916 | 0.1468 | 0.0933 | 0.0497 | 0.022 |
| 19  | 6   | 0.0002 | 0.0069 | 0.0374 | 0.0955 | 0.1574 | 0.1916 | 0.1844 | 0.1451 | 0.0949 | 0.051 |
| 19  | 7   | 0.0000 | 0.0014 | 0.0122 | 0.0443 | 0.0974 | 0.1525 | 0.1844 | 0.1797 | 0.1443 | 0.096 |
| 19  | 8   | 0.0000 | 0.0002 | 0.0032 | 0.0166 | 0.0487 | 0.0981 | 0.1489 | 0.1797 | 0.1771 | 0.144 |
| 19  | 9   | 0.0000 | 0.0000 | 0.0007 | 0.0051 | 0.0198 | 0.0514 | 0.0980 | 0.1464 | 0.1771 | 0.176 |
| 19  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0013 | 0.0066 | 0.0220 | 0.0528 | 0.0976 | 0.1449 | 0.176 |
| 19  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0018 | 0.0077 | 0.0233 | 0.0532 | 0.0970 | 0.144 |
| 19  | 12  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 0.0022 | 0.0083 | 0.0237 | 0.0529 | 0.096 |
| 19  | 13  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0024 | 0.0085 | 0.0233 | 0.051 |
| 19  | 14  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0006 | 0.0024 | 0.0082 | 0.022 |
| 19  | 15  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0022 | 0.007 |
| 19  | 16  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 |
| 19  | 17  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.000 |
| 19  | 18  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 19  | 19  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 20  | 0   | 0.3585 | 0.1216 | 0.0388 | 0.0115 | 0.0032 | 0.0008 | 0.0002 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 20  | 1   | 0.3774 | 0.2702 | 0.1368 | 0.0576 | 0.0211 | 0.0068 | 0.0020 | 0.0005 | 0.0001 | 0.000 |
| 20  | 2   | 0.1887 | 0.2852 | 0.2293 | 0.1369 | 0.0669 | 0.0278 | 0.0100 | 0.0031 | 0.0008 | 0.000 |
| 20  | 3   | 0.0596 | 0.1901 | 0.2428 | 0.2054 | 0.1339 | 0.0716 | 0.0323 | 0.0123 | 0.0040 | 0.001 |
| 20  | 4   | 0.0133 | 0.0898 | 0.1821 | 0.2182 | 0.1897 | 0.1304 | 0.0738 | 0.0350 | 0.0139 | 0.004 |
| 20  | 5   | 0.0022 | 0.0319 | 0.1028 | 0.1746 | 0.2023 | 0.1789 | 0.1272 | 0.0746 | 0.0365 | 0.014 |
| 20  | 6   | 0.0003 | 0.0089 | 0.0454 | 0.1091 | 0.1686 | 0.1916 | 0.1712 | 0.1244 | 0.0746 | 0.037 |
| 20  | 7   | 0.0000 | 0.0020 | 0.0160 | 0.0545 | 0.1124 | 0.1643 | 0.1844 | 0.1659 | 0.1221 | 0.073 |
| 20  | 8   | 0.0000 | 0.0004 | 0.0046 | 0.0222 | 0.0609 | 0.1144 | 0.1614 | 0.1797 | 0.1623 | 0.120 |
| 20  | 9   | 0.0000 | 0.0001 | 0.0011 | 0.0074 | 0.0271 | 0.0654 | 0.1158 | 0.1597 | 0.1771 | 0.160 |
| 20  | 10  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0020 | 0.0099 | 0.0308 | 0.0686 | 0.1171 | 0.1593 | 0.176 |
| 20  | 11  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0005 | 0.0030 | 0.0120 | 0.0336 | 0.0710 | 0.1185 | 0.160 |
| 20  | 12  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0039 | 0.0136 | 0.0355 | 0.0727 | 0.120 |
| 20  | 13  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0010 | 0.0045 | 0.0146 | 0.0366 | 0.073 |
| 20  | 14  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.0012 | 0.0049 | 0.0150 | 0.037 |
| 20  | 15  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0013 | 0.0049 | 0.014 |
| 20  | 16  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0003 | 0.0013 | 0.004 |
| 20  | 17  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0002 | 0.001 |
| 20  | 18  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 20  | 19  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |
| 20  | 20  | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.000 |

## ANEXO 6: PROBABILIDADES DE POISSON

| <i>k</i> | 0.005  | 0.01  | 0.02   | 0.03   | 0.04   | 0.05   | 0.06   | 0.07   | 0.08   | 0.09   |
|----------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0        | 0.9950 | 0.990 | 0.9802 | 0.9704 | 0.9608 | 0.9512 | 0.9418 | 0.9324 | 0.9231 | 0.9139 |
| 1        | 0.0050 | 0.009 | 0.0196 | 0.0291 | 0.0384 | 0.0476 | 0.0565 | 0.0653 | 0.0738 | 0.0823 |
| 2        | 0.0000 | 0.000 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0008 | 0.0012 | 0.0017 | 0.0023 | 0.0030 | 0.0037 |
| 3        | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |

| <i>k</i> | 0.1    | 0.2   | 0.3    | 0.4    | 0.5    | 0.6    | 0.7    | 0.8    | 0.9    | 1.0    |
|----------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0        | 0.9048 | 0.818 | 0.7408 | 0.6703 | 0.6065 | 0.5488 | 0.4966 | 0.4493 | 0.4066 | 0.3679 |
| 1        | 0.0905 | 0.163 | 0.2222 | 0.2681 | 0.3033 | 0.3293 | 0.3476 | 0.3595 | 0.3659 | 0.3679 |
| 2        | 0.0045 | 0.016 | 0.0333 | 0.0536 | 0.0758 | 0.0988 | 0.1217 | 0.1438 | 0.1647 | 0.1839 |
| 3        | 0.0002 | 0.001 | 0.0033 | 0.0072 | 0.0126 | 0.0198 | 0.0284 | 0.0383 | 0.0494 | 0.0613 |
| 4        | 0.0000 | 0.000 | 0.0003 | 0.0007 | 0.0016 | 0.0030 | 0.0050 | 0.0077 | 0.0111 | 0.0153 |
| 5        | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0007 | 0.0012 | 0.0020 | 0.0031 |
| 6        | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 |
| 7        | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 |

| <i>k</i> | 1.1    | 1.2   | 1.3    | 1.4    | 1.5    | 1.6    | 1.7    | 1.8    | 1.9    | 2.0    |
|----------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0        | 0.3329 | 0.301 | 0.2725 | 0.2466 | 0.2231 | 0.2019 | 0.1827 | 0.1653 | 0.1496 | 0.1353 |
| 1        | 0.3662 | 0.361 | 0.3543 | 0.3452 | 0.3347 | 0.3230 | 0.3106 | 0.2975 | 0.2842 | 0.2707 |
| 2        | 0.2014 | 0.216 | 0.2303 | 0.2417 | 0.2510 | 0.2584 | 0.2640 | 0.2678 | 0.2700 | 0.2707 |
| 3        | 0.0738 | 0.086 | 0.0998 | 0.1128 | 0.1255 | 0.1378 | 0.1496 | 0.1607 | 0.1710 | 0.1804 |
| 4        | 0.0203 | 0.026 | 0.0324 | 0.0395 | 0.0471 | 0.0551 | 0.0636 | 0.0723 | 0.0812 | 0.0902 |
| 5        | 0.0045 | 0.006 | 0.0084 | 0.0111 | 0.0141 | 0.0176 | 0.0216 | 0.0260 | 0.0309 | 0.0361 |
| 6        | 0.0008 | 0.001 | 0.0018 | 0.0026 | 0.0035 | 0.0047 | 0.0061 | 0.0078 | 0.0098 | 0.0120 |
| 7        | 0.0001 | 0.000 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0008 | 0.0011 | 0.0015 | 0.0020 | 0.0027 | 0.0034 |
| 8        | 0.0000 | 0.000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0009 |
| 9        | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 |

| <i>k</i> | 2.1    | 2.2   | 2.3    | 2.4    | 2.5    | 2.6    | 2.7    | 2.8    | 2.9    | 3.0    |
|----------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0        | 0.1225 | 0.110 | 0.1003 | 0.0907 | 0.0821 | 0.0743 | 0.0672 | 0.0608 | 0.0550 | 0.0498 |
| 1        | 0.2572 | 0.243 | 0.2306 | 0.2177 | 0.2052 | 0.1931 | 0.1815 | 0.1703 | 0.1596 | 0.1494 |
| 2        | 0.2700 | 0.268 | 0.2652 | 0.2613 | 0.2565 | 0.2510 | 0.2450 | 0.2384 | 0.2314 | 0.2240 |
| 3        | 0.1890 | 0.196 | 0.2033 | 0.2090 | 0.2138 | 0.2176 | 0.2205 | 0.2225 | 0.2237 | 0.2240 |
| 4        | 0.0992 | 0.108 | 0.1169 | 0.1254 | 0.1336 | 0.1414 | 0.1488 | 0.1557 | 0.1622 | 0.1680 |
| 5        | 0.0417 | 0.047 | 0.0538 | 0.0602 | 0.0668 | 0.0735 | 0.0804 | 0.0872 | 0.0940 | 0.1008 |
| 6        | 0.0146 | 0.017 | 0.0206 | 0.0241 | 0.0278 | 0.0319 | 0.0362 | 0.0407 | 0.0455 | 0.0504 |
| 7        | 0.0044 | 0.005 | 0.0068 | 0.0083 | 0.0099 | 0.0118 | 0.0139 | 0.0163 | 0.0188 | 0.0216 |
| 8        | 0.0011 | 0.001 | 0.0019 | 0.0025 | 0.0031 | 0.0038 | 0.0047 | 0.0057 | 0.0068 | 0.0081 |
| 9        | 0.0003 | 0.000 | 0.0005 | 0.0007 | 0.0009 | 0.0011 | 0.0014 | 0.0018 | 0.0022 | 0.0027 |
| 10       | 0.0001 | 0.000 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0008 |
| 11       | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 |
| 12       | 0.0000 | 0.000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 |

| k  | 3.1    | 3.2    | 3.3    | 3.4    | 3.5    | 3.6    | 3.7    | 3.8    | 3.9    | 4.     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0  | 0.0450 | 0.0408 | 0.0369 | 0.0334 | 0.0302 | 0.0273 | 0.0247 | 0.0224 | 0.0202 | 0.0183 |
| 1  | 0.1397 | 0.1304 | 0.1217 | 0.1135 | 0.1057 | 0.0984 | 0.0915 | 0.0850 | 0.0789 | 0.0733 |
| 2  | 0.2165 | 0.2087 | 0.2008 | 0.1929 | 0.1850 | 0.1771 | 0.1692 | 0.1615 | 0.1539 | 0.1465 |
| 3  | 0.2237 | 0.2226 | 0.2209 | 0.2186 | 0.2158 | 0.2125 | 0.2087 | 0.2046 | 0.2001 | 0.1954 |
| 4  | 0.1733 | 0.1781 | 0.1823 | 0.1858 | 0.1888 | 0.1912 | 0.1931 | 0.1944 | 0.1951 | 0.1954 |
| 5  | 0.1075 | 0.1140 | 0.1203 | 0.1264 | 0.1322 | 0.1377 | 0.1429 | 0.1477 | 0.1522 | 0.1563 |
| 6  | 0.0555 | 0.0608 | 0.0662 | 0.0716 | 0.0771 | 0.0826 | 0.0881 | 0.0936 | 0.0989 | 0.1042 |
| 7  | 0.0246 | 0.0278 | 0.0312 | 0.0348 | 0.0385 | 0.0425 | 0.0466 | 0.0508 | 0.0551 | 0.0595 |
| 8  | 0.0095 | 0.0111 | 0.0129 | 0.0148 | 0.0169 | 0.0191 | 0.0215 | 0.0241 | 0.0269 | 0.0298 |
| 9  | 0.0033 | 0.0040 | 0.0047 | 0.0056 | 0.0066 | 0.0076 | 0.0089 | 0.0102 | 0.0116 | 0.0132 |
| 10 | 0.0010 | 0.0013 | 0.0016 | 0.0019 | 0.0023 | 0.0028 | 0.0033 | 0.0039 | 0.0045 | 0.0053 |
| 11 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0009 | 0.0011 | 0.0013 | 0.0016 | 0.0019 |
| 12 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 |
| 13 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 |
| 14 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 |

| k  | 4.1    | 4.2    | 4.3    | 4.4    | 4.5    | 4.6    | 4.7    | 4.8    | 4.9    | 5.     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0  | 0.0166 | 0.0150 | 0.0136 | 0.0123 | 0.0111 | 0.0101 | 0.0091 | 0.0082 | 0.0074 | 0.0067 |
| 1  | 0.0679 | 0.0630 | 0.0583 | 0.0540 | 0.0500 | 0.0462 | 0.0427 | 0.0395 | 0.0365 | 0.0337 |
| 2  | 0.1393 | 0.1323 | 0.1254 | 0.1188 | 0.1125 | 0.1063 | 0.1005 | 0.0948 | 0.0894 | 0.0842 |
| 3  | 0.1904 | 0.1852 | 0.1798 | 0.1743 | 0.1687 | 0.1631 | 0.1574 | 0.1517 | 0.1460 | 0.1404 |
| 4  | 0.1951 | 0.1944 | 0.1933 | 0.1917 | 0.1898 | 0.1875 | 0.1849 | 0.1820 | 0.1789 | 0.1755 |
| 5  | 0.1600 | 0.1633 | 0.1662 | 0.1687 | 0.1708 | 0.1725 | 0.1738 | 0.1747 | 0.1753 | 0.1755 |
| 6  | 0.1093 | 0.1143 | 0.1191 | 0.1237 | 0.1281 | 0.1323 | 0.1362 | 0.1398 | 0.1432 | 0.1462 |
| 7  | 0.0640 | 0.0686 | 0.0732 | 0.0778 | 0.0824 | 0.0869 | 0.0914 | 0.0959 | 0.1002 | 0.1044 |
| 8  | 0.0328 | 0.0360 | 0.0393 | 0.0428 | 0.0463 | 0.0500 | 0.0537 | 0.0575 | 0.0614 | 0.0653 |
| 9  | 0.0150 | 0.0168 | 0.0188 | 0.0209 | 0.0232 | 0.0255 | 0.0281 | 0.0307 | 0.0334 | 0.0363 |
| 10 | 0.0061 | 0.0071 | 0.0081 | 0.0092 | 0.0104 | 0.0118 | 0.0132 | 0.0147 | 0.0164 | 0.0181 |
| 11 | 0.0023 | 0.0027 | 0.0032 | 0.0037 | 0.0043 | 0.0049 | 0.0056 | 0.0064 | 0.0073 | 0.0082 |
| 12 | 0.0008 | 0.0009 | 0.0011 | 0.0013 | 0.0016 | 0.0019 | 0.0022 | 0.0026 | 0.0030 | 0.0034 |
| 13 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0009 | 0.0011 | 0.0013 |
| 14 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 |
| 15 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 |

| k  | 5.1    | 5.2    | 5.3    | 5.4    | 5.5    | 5.6    | 5.7    | 5.8    | 5.9    | 6.     |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0  | 0.0061 | 0.0055 | 0.0050 | 0.0045 | 0.0041 | 0.0037 | 0.0033 | 0.0030 | 0.0027 | 0.0025 |
| 1  | 0.0311 | 0.0287 | 0.0265 | 0.0244 | 0.0225 | 0.0207 | 0.0191 | 0.0176 | 0.0162 | 0.0149 |
| 2  | 0.0793 | 0.0746 | 0.0701 | 0.0659 | 0.0618 | 0.0580 | 0.0544 | 0.0509 | 0.0477 | 0.0446 |
| 3  | 0.1348 | 0.1293 | 0.1239 | 0.1185 | 0.1133 | 0.1082 | 0.1033 | 0.0985 | 0.0938 | 0.0892 |
| 4  | 0.1719 | 0.1681 | 0.1641 | 0.1600 | 0.1558 | 0.1515 | 0.1472 | 0.1428 | 0.1383 | 0.1339 |
| 5  | 0.1753 | 0.1748 | 0.1740 | 0.1728 | 0.1714 | 0.1697 | 0.1678 | 0.1656 | 0.1632 | 0.1606 |
| 6  | 0.1490 | 0.1515 | 0.1537 | 0.1555 | 0.1571 | 0.1584 | 0.1594 | 0.1601 | 0.1605 | 0.1606 |
| 7  | 0.1086 | 0.1125 | 0.1163 | 0.1200 | 0.1234 | 0.1267 | 0.1298 | 0.1326 | 0.1353 | 0.1377 |
| 8  | 0.0692 | 0.0731 | 0.0771 | 0.0810 | 0.0849 | 0.0887 | 0.0925 | 0.0962 | 0.0998 | 0.1033 |
| 9  | 0.0392 | 0.0423 | 0.0454 | 0.0486 | 0.0519 | 0.0552 | 0.0586 | 0.0620 | 0.0654 | 0.0688 |
| 10 | 0.0200 | 0.0220 | 0.0241 | 0.0262 | 0.0285 | 0.0309 | 0.0334 | 0.0359 | 0.0386 | 0.0413 |
| 11 | 0.0093 | 0.0104 | 0.0116 | 0.0129 | 0.0143 | 0.0157 | 0.0173 | 0.0190 | 0.0207 | 0.0225 |
| 12 | 0.0039 | 0.0045 | 0.0051 | 0.0058 | 0.0065 | 0.0073 | 0.0082 | 0.0092 | 0.0102 | 0.0113 |
| 13 | 0.0015 | 0.0018 | 0.0021 | 0.0024 | 0.0028 | 0.0032 | 0.0036 | 0.0041 | 0.0046 | 0.0052 |
| 14 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0009 | 0.0011 | 0.0013 | 0.0015 | 0.0017 | 0.0019 | 0.0022 |
| 15 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0009 |
| 16 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 |
| 17 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |



| K  | 6.1    | 6.2    | 6.3    | 6.4    | 6.5    | 6.6    | 6.7    | 6.8    | 6.9    | 7.0   |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 0  | 0.0022 | 0.0020 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0012 | 0.0011 | 0.0010 | 0.000 |
| 1  | 0.0137 | 0.0126 | 0.0116 | 0.0106 | 0.0098 | 0.0090 | 0.0082 | 0.0076 | 0.0070 | 0.006 |
| 2  | 0.0417 | 0.0390 | 0.0364 | 0.0340 | 0.0318 | 0.0296 | 0.0276 | 0.0258 | 0.0240 | 0.022 |
| 3  | 0.0848 | 0.0806 | 0.0765 | 0.0726 | 0.0688 | 0.0652 | 0.0617 | 0.0584 | 0.0552 | 0.052 |
| 4  | 0.1294 | 0.1249 | 0.1205 | 0.1162 | 0.1118 | 0.1076 | 0.1034 | 0.0992 | 0.0952 | 0.091 |
| 5  | 0.1579 | 0.1549 | 0.1519 | 0.1487 | 0.1454 | 0.1420 | 0.1385 | 0.1349 | 0.1314 | 0.127 |
| 6  | 0.1605 | 0.1601 | 0.1595 | 0.1586 | 0.1575 | 0.1562 | 0.1546 | 0.1529 | 0.1511 | 0.149 |
| 7  | 0.1399 | 0.1418 | 0.1435 | 0.1450 | 0.1462 | 0.1472 | 0.1480 | 0.1486 | 0.1489 | 0.149 |
| 8  | 0.1066 | 0.1099 | 0.1130 | 0.1160 | 0.1188 | 0.1215 | 0.1240 | 0.1263 | 0.1284 | 0.130 |
| 9  | 0.0723 | 0.0757 | 0.0791 | 0.0825 | 0.0858 | 0.0891 | 0.0923 | 0.0954 | 0.0985 | 0.101 |
| 10 | 0.0441 | 0.0469 | 0.0498 | 0.0528 | 0.0558 | 0.0588 | 0.0618 | 0.0649 | 0.0679 | 0.071 |
| 11 | 0.0244 | 0.0265 | 0.0285 | 0.0307 | 0.0330 | 0.0353 | 0.0377 | 0.0401 | 0.0426 | 0.045 |
| 12 | 0.0124 | 0.0137 | 0.0150 | 0.0164 | 0.0179 | 0.0194 | 0.0210 | 0.0227 | 0.0245 | 0.026 |
| 13 | 0.0058 | 0.0065 | 0.0073 | 0.0081 | 0.0089 | 0.0099 | 0.0108 | 0.0119 | 0.0130 | 0.014 |
| 14 | 0.0025 | 0.0029 | 0.0033 | 0.0037 | 0.0041 | 0.0046 | 0.0052 | 0.0058 | 0.0064 | 0.007 |
| 15 | 0.0010 | 0.0012 | 0.0014 | 0.0016 | 0.0018 | 0.0020 | 0.0023 | 0.0026 | 0.0029 | 0.003 |
| 16 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0010 | 0.0011 | 0.0013 | 0.001 |
| 17 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0005 | 0.000 |
| 18 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.000 |
| 19 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.000 |

| k  | 7.1    | 7.2    | 7.3    | 7.4    | 7.5    | 7.6    | 7.7    | 7.8    | 7.9    | 8.0   |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 0  | 0.0008 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0004 | 0.000 |
| 1  | 0.0059 | 0.0054 | 0.0049 | 0.0045 | 0.0041 | 0.0038 | 0.0035 | 0.0032 | 0.0029 | 0.002 |
| 2  | 0.0208 | 0.0194 | 0.0180 | 0.0167 | 0.0156 | 0.0145 | 0.0134 | 0.0125 | 0.0116 | 0.010 |
| 3  | 0.0492 | 0.0464 | 0.0438 | 0.0413 | 0.0389 | 0.0366 | 0.0345 | 0.0324 | 0.0305 | 0.028 |
| 4  | 0.0874 | 0.0836 | 0.0799 | 0.0764 | 0.0729 | 0.0696 | 0.0663 | 0.0632 | 0.0602 | 0.057 |
| 5  | 0.1241 | 0.1204 | 0.1167 | 0.1130 | 0.1094 | 0.1057 | 0.1021 | 0.0986 | 0.0951 | 0.091 |
| 6  | 0.1468 | 0.1445 | 0.1420 | 0.1394 | 0.1367 | 0.1339 | 0.1311 | 0.1282 | 0.1252 | 0.122 |
| 7  | 0.1489 | 0.1486 | 0.1481 | 0.1474 | 0.1465 | 0.1454 | 0.1442 | 0.1428 | 0.1413 | 0.139 |
| 8  | 0.1321 | 0.1337 | 0.1351 | 0.1363 | 0.1373 | 0.1381 | 0.1388 | 0.1392 | 0.1395 | 0.139 |
| 9  | 0.1042 | 0.1070 | 0.1096 | 0.1121 | 0.1144 | 0.1167 | 0.1187 | 0.1207 | 0.1224 | 0.124 |
| 10 | 0.0740 | 0.0770 | 0.0800 | 0.0829 | 0.0858 | 0.0887 | 0.0914 | 0.0941 | 0.0967 | 0.099 |
| 11 | 0.0478 | 0.0504 | 0.0531 | 0.0558 | 0.0585 | 0.0613 | 0.0640 | 0.0667 | 0.0695 | 0.072 |
| 12 | 0.0283 | 0.0303 | 0.0323 | 0.0344 | 0.0366 | 0.0388 | 0.0411 | 0.0434 | 0.0457 | 0.048 |
| 13 | 0.0154 | 0.0168 | 0.0181 | 0.0196 | 0.0211 | 0.0227 | 0.0243 | 0.0260 | 0.0278 | 0.029 |
| 14 | 0.0078 | 0.0086 | 0.0095 | 0.0104 | 0.0113 | 0.0123 | 0.0134 | 0.0145 | 0.0157 | 0.016 |
| 15 | 0.0037 | 0.0041 | 0.0046 | 0.0051 | 0.0057 | 0.0062 | 0.0069 | 0.0075 | 0.0083 | 0.009 |
| 16 | 0.0016 | 0.0019 | 0.0021 | 0.0024 | 0.0026 | 0.0030 | 0.0033 | 0.0037 | 0.0041 | 0.004 |
| 17 | 0.0007 | 0.0008 | 0.0009 | 0.0010 | 0.0012 | 0.0013 | 0.0015 | 0.0017 | 0.0019 | 0.002 |
| 18 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0007 | 0.0008 | 0.000 |
| 19 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.000 |
| 20 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.000 |
| 21 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0001 | 0.000 |

**TABLA 7: NÚMEROS AL AZAR**

| Primera serie |       |    |    |       |    |        |    |         |    |         |    |         |    |         |    |         |    |         |    |         |  |
|---------------|-------|----|----|-------|----|--------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|--|
|               | 1 - 4 |    |    | 5 - 8 |    | 9 - 12 |    | 13 - 16 |    | 17 - 20 |    | 21 - 24 |    | 25 - 28 |    | 29 - 32 |    | 33 - 36 |    | 37 - 40 |  |
| 1             | 20    | 77 | 81 | 43    | 63 | 92     | 68 | 61      | 70 | 79      | 88 | 81      | 05 | 47      | 63 | 07      | 13 | 10      | 46 | 19      |  |
| 2             | 09    | 42 | 70 | 58    | 14 | 76     | 27 | 02      | 29 | 73      | 87 | 66      | 47 | 73      | 31 | 59      | 02 | 96      | 41 | 07      |  |
| 3             | 93    | 04 | 55 | 07    | 83 | 92     | 26 | 76      | 50 | 57      | 05 | 97      | 12 | 85      | 01 | 30      | 82 | 45      | 52 | 08      |  |
| 4             | 95    | 99 | 93 | 67    | 54 | 96     | 35 | 98      | 84 | 64      | 80 | 88      | 29 | 39      | 07 | 00      | 97 | 95      | 59 | 24      |  |
| 5             | 40    | 82 | 40 | 08    | 05 | 80     | 60 | 50      | 33 | 93      | 68 | 58      | 83 | 62      | 06 | 09      | 20 | 56      | 91 | 36      |  |
| 6             | 78    | 11 | 44 | 01    | 19 | 42     | 06 | 02      | 32 | 19      | 99 | 23      | 94 | 02      | 29 | 27      | 29 | 38      | 17 | 82      |  |
| 7             | 56    | 41 | 30 | 34    | 77 | 26     | 83 | 55      | 26 | 08      | 69 | 53      | 66 | 16      | 19 | 43      | 77 | 69      | 70 | 77      |  |
| 8             | 76    | 42 | 48 | 52    | 69 | 11     | 70 | 01      | 23 | 21      | 99 | 22      | 30 | 75      | 42 | 61      | 99 | 20      | 91 | 90      |  |
| 9             | 41    | 14 | 93 | 39    | 41 | 11     | 56 | 76      | 60 | 04      | 24 | 75      | 18 | 06      | 14 | 42      | 91 | 25      | 31 | 92      |  |
| 10            | 17    | 42 | 51 | 18    | 60 | 28     | 10 | 87      | 61 | 25      | 88 | 92      | 04 | 30      | 90 | 80      | 32 | 26      | 91 | 22      |  |
| 11            | 96    | 66 | 80 | 87    | 48 | 97     | 22 | 47      | 84 | 24      | 58 | 51      | 41 | 10      | 54 | 26      | 93 | 19      | 90 | 20      |  |
| 12            | 24    | 81 | 91 | 42    | 70 | 40     | 96 | 75      | 48 | 30      | 48 | 66      | 21 | 54      | 20 | 98      | 12 | 00      | 86 | 61      |  |
| 13            | 78    | 65 | 68 | 07    | 07 | 95     | 15 | 50      | 67 | 10      | 01 | 62      | 36 | 75      | 93 | 76      | 40 | 54      | 97 | 68      |  |
| 14            | 29    | 27 | 78 | 63    | 25 | 00     | 14 | 51      | 15 | 18      | 18 | 14      | 03 | 96      | 63 | 08      | 85 | 49      | 16 | 14      |  |
| 15            | 34    | 16 | 38 | 45    | 71 | 04     | 00 | 72      | 44 | 03      | 63 | 46      | 49 | 56      | 50 | 76      | 57 | 32      | 84 | 43      |  |
| 16            | 82    | 76 | 24 | 97    | 43 | 39     | 05 | 39      | 93 | 69      | 61 | 80      | 25 | 47      | 90 | 15      | 70 | 06      | 74 | 13      |  |
| 17            | 18    | 93 | 50 | 05    | 65 | 07     | 39 | 37      | 51 | 99      | 78 | 42      | 52 | 78      | 82 | 86      | 81 | 17      | 69 | 09      |  |
| 18            | 46    | 84 | 90 | 64    | 55 | 19     | 12 | 20      | 32 | 11      | 56 | 30      | 00 | 54      | 75 | 95      | 54 | 22      | 80 | 38      |  |
| 19            | 59    | 52 | 94 | 41    | 54 | 33     | 08 | 80      | 51 | 39      | 35 | 64      | 22 | 90      | 59 | 82      | 79 | 76      | 23 | 22      |  |
| 20            | 38    | 12 | 76 | 09    | 53 | 32     | 80 | 07      | 19 | 34      | 18 | 55      | 60 | 86      | 33 | 22      | 36 | 15      | 79 | 85      |  |
| 21            | 14    | 72 | 18 | 71    | 55 | 19     | 09 | 25      | 27 | 36      | 10 | 35      | 60 | 87      | 96 | 55      | 74 | 86      | 08 | 54      |  |
| 22            | 44    | 29 | 94 | 19    | 34 | 91     | 62 | 94      | 56 | 81      | 35 | 00      | 79 | 15      | 62 | 92      | 66 | 16      | 67 | 29      |  |
| 23            | 50    | 10 | 67 | 79    | 43 | 27     | 66 | 85      | 52 | 00      | 97 | 65      | 07 | 58      | 31 | 74      | 90 | 09      | 24 | 75      |  |
| 24            | 11    | 19 | 88 | 34    | 80 | 11     | 94 | 03      | 56 | 28      | 53 | 52      | 86 | 83      | 51 | 38      | 97 | 02      | 50 | 20      |  |
| 25            | 12    | 16 | 81 | 62    | 90 | 38     | 45 | 23      | 13 | 08      | 18 | 57      | 67 | 45      | 15 | 75      | 86 | 07      | 77 | 57      |  |

| Segunda serie |       |    |    |       |    |        |    |         |    |         |    |         |    |         |    |         |    |         |    |         |  |
|---------------|-------|----|----|-------|----|--------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|---------|--|
|               | 1 - 4 |    |    | 5 - 8 |    | 9 - 12 |    | 13 - 16 |    | 17 - 20 |    | 21 - 24 |    | 25 - 28 |    | 29 - 32 |    | 33 - 36 |    | 37 - 40 |  |
| 1             | 83    | 79 | 21 | 68    | 54 | 51     | 23 | 50      | 78 | 17      | 73 | 51      | 94 | 71      | 91 | 31      | 29 | 97      | 13 | 16      |  |
| 2             | 27    | 98 | 04 | 97    | 52 | 48     | 19 | 33      | 82 | 16      | 00 | 34      | 30 | 67      | 58 | 00      | 80 | 80      | 92 | 26      |  |
| 3             | 75    | 57 | 42 | 55    | 59 | 91     | 72 | 75      | 66 | 75      | 39 | 70      | 55 | 24      | 09 | 19      | 70 | 22      | 42 | 10      |  |
| 4             | 60    | 73 | 07 | 27    | 71 | 94     | 68 | 70      | 48 | 81      | 40 | 91      | 16 | 24      | 45 | 24      | 54 | 03      | 18 | 03      |  |
| 5             | 27    | 42 | 15 | 67    | 94 | 44     | 48 | 62      | 37 | 53      | 83 | 15      | 90 | 90      | 60 | 19      | 78 | 62      | 44 | 70      |  |
| 6             | 57    | 27 | 77 | 75    | 38 | 18     | 24 | 32      | 91 | 53      | 78 | 91      | 33 | 38      | 31 | 95      | 85 | 11      | 33 | 87      |  |
| 7             | 22    | 79 | 42 | 39    | 32 | 65     | 83 | 60      | 74 | 63      | 56 | 77      | 47 | 21      | 88 | 36      | 43 | 10      | 19 | 41      |  |
| 8             | 61    | 94 | 32 | 42    | 83 | 81     | 92 | 40      | 99 | 00      | 05 | 66      | 33 | 61      | 32 | 10      | 43 | 15      | 49 | 25      |  |
| 9             | 24    | 28 | 53 | 76    | 13 | 61     | 73 | 22      | 50 | 51      | 75 | 08      | 10 | 90      | 71 | 58      | 22 | 42      | 46 | 83      |  |
| 10            | 06    | 75 | 46 | 13    | 77 | 68     | 97 | 05      | 56 | 73      | 34 | 86      | 42 | 22      | 37 | 75      | 94 | 87      | 57 | 72      |  |
| 11            | 83    | 81 | 98 | 41    | 67 | 38     | 97 | 30      | 12 | 31      | 87 | 76      | 81 | 07      | 32 | 88      | 42 | 29      | 94 | 58      |  |
| 12            | 33    | 66 | 09 | 91    | 21 | 26     | 52 | 57      | 47 | 14      | 27 | 75      | 07 | 84      | 50 | 96      | 95 | 12      | 25 | 01      |  |
| 13            | 63    | 14 | 10 | 59    | 10 | 68     | 27 | 91      | 00 | 17      | 36 | 79      | 01 | 79      | 65 | 43      | 13 | 98      | 52 | 21      |  |
| 14            | 84    | 43 | 66 | 38    | 65 | 72     | 14 | 55      | 93 | 78      | 24 | 57      | 38 | 10      | 54 | 53      | 92 | 41      | 82 | 56      |  |
| 15            | 36    | 75 | 92 | 36    | 76 | 77     | 89 | 27      | 06 | 57      | 37 | 70      | 36 | 09      | 99 | 90      | 66 | 44      | 91 | 89      |  |
| 16            | 17    | 23 | 20 | 39    | 81 | 03     | 49 | 79      | 68 | 20      | 94 | 45      | 95 | 92      | 63 | 06      | 55 | 29      | 20 | 82      |  |
| 17            | 57    | 09 | 57 | 60    | 40 | 64     | 00 | 77      | 31 | 05      | 83 | 44      | 96 | 62      | 56 | 42      | 42 | 68      | 46 | 42      |  |
| 18            | 33    | 49 | 47 | 96    | 50 | 21     | 75 | 68      | 28 | 12      | 46 | 25      | 72 | 64      | 50 | 72      | 75 | 16      | 67 | 00      |  |
| 19            | 80    | 52 | 82 | 00    | 02 | 12     | 67 | 61      | 43 | 23      | 14 | 53      | 10 | 66      | 16 | 29      | 06 | 60      | 23 | 20      |  |
| 20            | 45    | 29 | 44 | 64    | 44 | 70     | 22 | 10      | 70 | 26      | 43 | 49      | 28 | 51      | 69 | 52      | 85 | 95      | 98 | 58      |  |
| 21            | 16    | 04 | 54 | 67    | 60 | 53     | 51 | 60      | 82 | 45      | 56 | 26      | 08 | 89      | 42 | 25      | 93 | 76      | 69 | 73      |  |
| 22            | 81    | 09 | 97 | 91    | 19 | 60     | 91 | 96      | 53 | 66      | 45 | 33      | 75 | 09      | 67 | 42      | 59 | 02      | 18 | 97      |  |
| 23            | 20    | 61 | 83 | 96    | 58 | 12     | 64 | 99      | 78 | 24      | 94 | 36      | 99 | 60      | 07 | 70      | 27 | 40      | 97 | 15      |  |
| 24            | 43    | 17 | 00 | 05    | 86 | 39     | 95 | 58      | 12 | 35      | 84 | 31      | 97 | 75      | 50 | 52      | 06 | 88      | 27 | 79      |  |
| 25            | 27    | 84 | 00 | 90    | 41 | 44     | 05 | 43      | 36 | 93      | 01 | 37      | 91 | 93      | 24 | 78      | 00 | 12      | 04 | 12      |  |

Tercera serie

|    | 01 - 04 | 05 - 08 | 09 - 12 | 13 - 16 | 17 - 20 | 21 - 24 | 25 - 28 | 29 - 32 | 33 - 36 | 37 - 40 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 35      | 87      | 68      | 11      | 29      | 27      | 78      | 34      | 74      | 92      | 86 | 13 | 33 | 22 | 34 | 75 | 59 | 44 | 61 | 63 |
| 2  | 16      | 58      | 21      | 36      | 34      | 35      | 92      | 56      | 72      | 85      | 03 | 91 | 31 | 33 | 26 | 62 | 08 | 30 | 95 | 09 |
| 3  | 44      | 20      | 51      | 20      | 95      | 87      | 87      | 37      | 37      | 05      | 06 | 43 | 61 | 75 | 51 | 99 | 52 | 03 | 23 | 29 |
| 4  | 36      | 04      | 26      | 10      | 46      | 13      | 47      | 92      | 34      | 02      | 53 | 54 | 97 | 57 | 24 | 18 | 37 | 62 | 98 | 35 |
| 5  | 92      | 15      | 17      | 81      | 81      | 67      | 17      | 00      | 76      | 64      | 77 | 34 | 20 | 18 | 88 | 01 | 88 | 31 | 18 | 40 |
| 6  | 29      | 12      | 08      | 74      | 26      | 94      | 48      | 03      | 85      | 60      | 23 | 69 | 65 | 52 | 53 | 18 | 26 | 72 | 47 | 62 |
| 7  | 19      | 37      | 78      | 71      | 07      | 12      | 90      | 53      | 13      | 34      | 19 | 49 | 81 | 36 | 85 | 96 | 19 | 81 | 68 | 65 |
| 8  | 14      | 92      | 75      | 64      | 31      | 51      | 00      | 20      | 86      | 47      | 07 | 04 | 40 | 26 | 57 | 62 | 34 | 95 | 57 | 17 |
| 9  | 02      | 19      | 07      | 98      | 20      | 98      | 21      | 10      | 69      | 15      | 39 | 55 | 80 | 23 | 80 | 26 | 63 | 33 | 81 | 26 |
| 10 | 31      | 18      | 25      | 46      | 66      | 31      | 15      | 27      | 09      | 80      | 13 | 44 | 72 | 58 | 42 | 93 | 71 | 72 | 69 | 17 |
| 11 | 51      | 96      | 70      | 26      | 99      | 94      | 81      | 55      | 72      | 29      | 57 | 37 | 29 | 36 | 99 | 55 | 35 | 99 | 22 | 79 |
| 12 | 11      | 78      | 29      | 90      | 66      | 21      | 63      | 60      | 39      | 87      | 77 | 34 | 55 | 26 | 56 | 94 | 74 | 43 | 71 | 04 |
| 13 | 93      | 10      | 34      | 79      | 41      | 18      | 07      | 79      | 30      | 84      | 77 | 27 | 07 | 40 | 54 | 24 | 90 | 96 | 43 | 63 |
| 14 | 19      | 32      | 42      | 52      | 58      | 31      | 29      | 38      | 39      | 31      | 00 | 68 | 71 | 25 | 28 | 05 | 27 | 55 | 56 | 18 |
| 15 | 26      | 84      | 50      | 36      | 62      | 73      | 35      | 95      | 56      | 00      | 76 | 61 | 16 | 40 | 08 | 80 | 71 | 87 | 20 | 48 |
| 16 | 05      | 50      | 36      | 40      | 59      | 22      | 90      | 33      | 76      | 82      | 58 | 66 | 30 | 65 | 68 | 23 | 38 | 98 | 39 | 92 |
| 17 | 45      | 14      | 18      | 03      | 19      | 34      | 32      | 93      | 93      | 37      | 97 | 11 | 37 | 04 | 64 | 62 | 60 | 53 | 86 | 33 |
| 18 | 71      | 44      | 13      | 65      | 14      | 74      | 67      | 80      | 11      | 11      | 01 | 90 | 47 | 58 | 36 | 86 | 13 | 68 | 85 | 64 |
| 19 | 47      | 46      | 52      | 39      | 25      | 41      | 96      | 96      | 98      | 22      | 11 | 51 | 90 | 91 | 82 | 16 | 96 | 43 | 11 | 05 |
| 20 | 33      | 95      | 58      | 94      | 59      | 65      | 09      | 99      | 47      | 45      | 70 | 06 | 60 | 66 | 75 | 22 | 43 | 93 | 79 | 62 |
| 21 | 28      | 74      | 81      | 01      | 28      | 31      | 47      | 96      | 55      | 75      | 26 | 61 | 48 | 51 | 10 | 20 | 50 | 43 | 83 | 28 |
| 22 | 33      | 68      | 25      | 37      | 96      | 38      | 70      | 64      | 36      | 19      | 60 | 48 | 71 | 41 | 05 | 53 | 77 | 56 | 81 | 78 |
| 23 | 85      | 38      | 32      | 52      | 85      | 14      | 64      | 87      | 82      | 11      | 85 | 11 | 19 | 29 | 80 | 35 | 09 | 99 | 54 | 23 |
| 24 | 04      | 29      | 07      | 21      | 28      | 33      | 85      | 69      | 93      | 51      | 57 | 30 | 02 | 14 | 58 | 12 | 84 | 34 | 30 | 71 |
| 25 | 47      | 20      | 21      | 03      | 47      | 88      | 47      | 25      | 51      | 49      | 70 | 21 | 07 | 71 | 07 | 03 | 08 | 69 | 69 | 35 |

Cuarta serie

|    | 01 - 04 | 05 - 08 | 09 - 12 | 13 - 16 | 17 - 20 | 21 - 24 | 25 - 28 | 29 - 32 | 33 - 36 | 37 - 40 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 72      | 43      | 49      | 72      | 61      | 99      | 36      | 48      | 80      | 20      | 10 | 31 | 66 | 31 | 84 | 83 | 87 | 39 | 93 | 25 |
| 2  | 34      | 71      | 89      | 58      | 13      | 15      | 56      | 47      | 41      | 24      | 57 | 70 | 96 | 69 | 59 | 17 | 28 | 25 | 55 | 05 |
| 3  | 94      | 75      | 59      | 95      | 98      | 99      | 88      | 03      | 83      | 67      | 75 | 75 | 92 | 73 | 56 | 60 | 91 | 80 | 59 | 53 |
| 4  | 28      | 97      | 88      | 17      | 22      | 80      | 49      | 80      | 81      | 22      | 07 | 83 | 41 | 63 | 15 | 27 | 25 | 72 | 00 | 01 |
| 5  | 75      | 89      | 87      | 84      | 83      | 13      | 56      | 59      | 46      | 28      | 26 | 11 | 62 | 28 | 81 | 61 | 42 | 86 | 35 | 50 |
| 6  | 77      | 44      | 16      | 92      | 59      | 93      | 41      | 27      | 08      | 86      | 09 | 45 | 47 | 43 | 35 | 19 | 66 | 71 | 81 | 08 |
| 7  | 46      | 06      | 66      | 76      | 61      | 89      | 59      | 75      | 61      | 68      | 68 | 50 | 47 | 98 | 47 | 21 | 84 | 05 | 52 | 95 |
| 8  | 53      | 46      | 28      | 21      | 43      | 74      | 40      | 07      | 15      | 60      | 52 | 15 | 39 | 94 | 67 | 29 | 90 | 83 | 08 | 61 |
| 9  | 55      | 23      | 44      | 40      | 08      | 34      | 48      | 33      | 12      | 12      | 28 | 12 | 69 | 81 | 14 | 58 | 25 | 01 | 00 | 13 |
| 10 | 38      | 44      | 74      | 56      | 06      | 24      | 85      | 13      | 22      | 04      | 07 | 70 | 00 | 18 | 43 | 99 | 03 | 53 | 77 | 98 |
| 11 | 08      | 12      | 50      | 56      | 81      | 86      | 61      | 59      | 77      | 00      | 11 | 71 | 00 | 47 | 29 | 62 | 68 | 87 | 25 | 30 |
| 12 | 34      | 27      | 77      | 14      | 64      | 22      | 20      | 77      | 22      | 41      | 50 | 92 | 51 | 67 | 70 | 54 | 14 | 26 | 54 | 47 |
| 13 | 19      | 98      | 90      | 19      | 27      | 12      | 80      | 34      | 87      | 97      | 73 | 09 | 98 | 80 | 66 | 74 | 77 | 59 | 11 | 54 |
| 14 | 39      | 05      | 72      | 32      | 69      | 87      | 95      | 50      | 82      | 76      | 50 | 79 | 82 | 18 | 72 | 77 | 88 | 60 | 92 | 11 |
| 15 | 38      | 96      | 83      | 88      | 05      | 76      | 23      | 20      | 09      | 33      | 08 | 02 | 10 | 74 | 93 | 22 | 09 | 75 | 83 | 23 |
| 16 | 72      | 94      | 21      | 37      | 57      | 90      | 48      | 48      | 43      | 96      | 66 | 75 | 33 | 08 | 09 | 65 | 62 | 00 | 94 | 38 |
| 17 | 86      | 61      | 52      | 23      | 80      | 46      | 97      | 81      | 15      | 83      | 88 | 88 | 71 | 98 | 73 | 73 | 43 | 63 | 93 | 74 |
| 18 | 14      | 78      | 87      | 24      | 89      | 77      | 62      | 94      | 19      | 26      | 16 | 08 | 78 | 08 | 97 | 24 | 19 | 03 | 47 | 46 |
| 19 | 24      | 17      | 92      | 19      | 81      | 85      | 71      | 91      | 02      | 41      | 45 | 08 | 44 | 99 | 72 | 36 | 84 | 23 | 59 | 51 |
| 20 | 92      | 52      | 08      | 30      | 47      | 44      | 31      | 36      | 80      | 12      | 73 | 65 | 98 | 06 | 15 | 69 | 59 | 18 | 38 | 58 |
| 21 | 94      | 47      | 16      | 55      | 89      | 88      | 64      | 29      | 02      | 59      | 48 | 90 | 06 | 90 | 57 | 14 | 65 | 55 | 75 | 97 |
| 22 | 47      | 21      | 92      | 90      | 36      | 20      | 85      | 34      | 96      | 73      | 11 | 69 | 71 | 36 | 65 | 16 | 49 | 89 | 41 | 78 |
| 23 | 76      | 89      | 16      | 29      | 20      | 24      | 00      | 47      | 33      | 89      | 74 | 11 | 59 | 62 | 84 | 53 | 03 | 14 | 74 | 77 |
| 24 | 90      | 93      | 86      | 13      | 61      | 32      | 15      | 62      | 99      | 30      | 63 | 47 | 88 | 87 | 86 | 12 | 59 | 30 | 69 | 44 |
| 25 | 44      | 93      | 41      | 83      | 33      | 43      | 31      | 74      | 85      | 47      | 44 | 45 | 91 | 36 | 40 | 48 | 56 | 84 | 10 | 09 |