



Neiva, 17 Noviembre 2022.

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

MANUEL ERNESTO CEDEÑO GUTIERREZ, con C.C. No. 1.082.780.414,

CARLOS MARIO QUIZA TRUJILLO, con C.C. No. 1.075.312.705,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado “Diseño de pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila” presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de INGENIERO CIVIL.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Vigilada Mineducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA"

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
CEDEÑO GUTIÉRREZ QUIZA TRUJILLO	MANUEL ERNESTO CARLOS MARIO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GIL HERNANDEZ	JACKSON ANDRES

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GIL HERNANDEZ	JACKSON ANDRES

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INGENIERIA CIVIL

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022

NÚMERO DE PÁGINAS: 179

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas\_X\_ Fotografías\_X\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general\_X\_ Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_X\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros\_X\_

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: NO

**MATERIAL ANEXO: 1. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS. 2. ESTUDIOS LABORATORIO. 3. REGISTRO DIARIO TPD. 4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PAVIMENTO ARTICULADO. 5. APU Y MEMORIAS DE CALCULO ALFONSO MONTEJO. 6. APU Y MEMORIAS DE CALCULO METODO BRITANICO. 7. PLANO METODOLOGIA ALFONSO MONTEJO. 8. PLANO METODO BRITANICO.**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>CBR</u>	<u>CBR</u>	6. _____	_____
2. <u>PAVIMENTO</u>	<u>PAVEMENT</u>	7. _____	_____
3. <u>ARTICULADO</u>	<u>ARTICULATED</u>	8. _____	_____
4. _____	_____	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Basado en el diseño de un pavimento articulado utilizando la metodología propuesta en la bibliografía de Alfonso Montejo en el libro "Ingeniería de pavimentos para carretera" y el Método Británico, se realizaron estudios de ingeniería para determinar los factores importantes en el diseño para el tramo de vía de 1.47 Km en la vereda La Candelaria del municipio de Campoalegre. Se realizó una primera visita con la finalidad identificar los aspectos inherentes para el diseño, además de extraer las respectivas muestras de suelo y tomar registro fotográfico. La segunda y última visita tuvo como objetivo realizar el estudio de tránsito necesario para obtener el número de ejes equivalentes, el cual es un factor fundamental para el diseño del pavimento; Una vez obtenido el número de ejes equivalentes del TPD y el porcentaje de CBR de los apiques realizados se procedió a ejecutar el diseño del pavimento obteniendo los espesores de los materiales que lo componen, para así obtener un presupuesto de las dos metodologías de diseño empleadas y determinar cuál de las dos es más factible de ejecutar para el proyecto.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

Based on the design of an articulated pavement using the methodology proposed in the bibliography of Alfonso Montejo in the book "Road Pavement Engineering" and the british method, engineering studies were carried out to determine the important factors in the design for the 1.47 km stretch of road in the La Candelaria district of the municipality of Campoalegre. A first visit was made in order to identify the inherent aspects for the design, in addition to extracting the respective soil samples and taking a photographic record. The second and last visit had as objective to carry out the necessary traffic study to obtain the number of equivalent axles, which is a fundamental factor for the design of the pavement; Once the number of equivalent axles of the TPD and the percentage of CBR of the paving stones were obtained, we proceeded to execute the design of the pavement obtaining the thicknesses of the materials that compose it, in order to obtain a budget of the two design methodologies used and determine which of the two is more feasible to execute for the project.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Jurado: Fredy Gil Pinzón

Firma:

Nombre Jurado: Luz Divia Quimbaya Cuellar

Firma:



# DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA

Carlos Mario Quiza Trujillo

Manuel Ernesto Cedeño Gutiérrez

Universidad Surcolombiana de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil.

Neiva, Colombia

2022



# DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA

Carlos Mario Quiza Trujillo

Manuel Ernesto Cedeño Gutiérrez

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director (a):

M.Sc. Jackson Andrés Gil Hernández

Línea de Investigación:

Vías y Transporte

Universidad Surcolombiana de Colombia

Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil.

Neiva, Colombia

2022



*A mi madre dedico este proyecto de grado quien, con su paciencia, su entrega, su cariño, su cuidado me dio las fuerzas suficientes para llegar hasta este punto, por ser esa persona que nunca dejo de creer mí, dedico a ella este logro que también es fruto de su esfuerzo. Sin duda alguna vamos a alcanzar todo lo que un día soñamos, te amo mamá, eres la mejor y más increíble persona del mundo.*

*Carlos Mario Quiza Trujillo*

*Para mi abuela y padres quien con su cariño, paciencia, sabiduría y educación me permitieron terminar esta etapa de mi vida, corresponderé a todos sus esfuerzos siendo una persona responsable y honesta que me enseñaron a ser. Gracias por su apoyo y amor incondicional.*

*Manuel Ernesto Cedeño Gutiérrez*





## Resumen

Basado en el diseño de un pavimento articulado utilizando la metodología propuesta en la bibliografía de Alfonso Montejo en el libro “Ingeniería de pavimentos para carretera” y el Método Británico, se realizaron estudios de ingeniería para determinar los factores importantes en el diseño para el tramo de vía de 1.47 Km en la vereda La Candelaria del municipio de Campoalegre. Se realizó una primera visita con la finalidad de identificar los aspectos inherentes para el diseño, además de extraer las respectivas muestras de suelo y tomar registro fotográfico. La segunda y última visita tuvo como objetivo realizar el estudio de tránsito necesario para obtener el número de ejes equivalentes, el cual es un factor fundamental para el diseño del pavimento; Una vez obtenido el número de ejes equivalentes del TPD y el porcentaje de CBR de los apiques realizados se procedió a ejecutar el diseño del pavimento obteniendo los espesores de los materiales que lo componen, para así obtener un presupuesto de las dos metodologías de diseño empleadas y determinar cuál de las dos es más factible de ejecutar para el proyecto.

**Palabras clave:** CBR, TPD, Pavimento, Pavimento articulado.

## Abstract

Based on the design of an articulated pavement using the methodology proposed in the bibliography of Alfonso Montejo in the book "Road Pavement Engineering" and the british method, engineering studies were carried out to determine the important factors in the design for the 1.47 km stretch of road in the La Candelaria district of the municipality of Campoalegre. A first visit was made in order to identify the inherent aspects for the design, in addition to extracting the respective soil samples and taking a photographic record. The second and last visit had as objective to carry out the necessary traffic study to obtain the number of equivalent axles, which is a fundamental factor for the design of the pavement; Once the number of equivalent axles of the TPD and the percentage of CBR of the paving stones were obtained, we proceeded to execute the design of the pavement obtaining the thicknesses of the materials that compose it, in order to obtain a budget of the two design methodologies used and determine which of the two is more feasible to execute for the project.

**Keywords:** CBR, TPD, Pavement, Articulated pavement.

# Contenido

<b>1. Introducción .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Objetivos específicos .....	20
<b>2. Marco teórico .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Historia Pavimento.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Pavimento .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3 Pavimento articulado.....</b>	<b>25</b>
2.3.1 Funciones de la capa de un pavimento articulado.....	26
<b>2.4 Proceso constructivo pavimento articulado.....</b>	<b>27</b>
<b>2.5 Comportamiento mecánico del Pavimento Articulado.....</b>	<b>28</b>
2.5.1 Ensayo Knapton (1976) .....	28
2.5.2 Ensayo Shackel (1980) .....	29
2.5.3 Experimento de la ARRB (1986) .....	29
<b>2.6 Efectos mecánicos por la forma de instalación de los adoquines.....</b>	<b>30</b>
2.6.1 Conexión mecánica y sellado de juntas.....	30
2.6.2 Reacción a las cargas en movimiento. ....	31
2.6.3 Entrelazado vertical.....	33
2.6.4 Entrelazamiento rotacional .....	33
2.6.5 Efectos de rotación en acuñaamiento de los adoquines rectangulares.....	34
2.6.6 Efectos de rotación en acuñaamiento de adoquines ondulados. ....	35
2.6.7 Efectos de rotación en adoquines rectangulares, colocados en espiga.....	35
2.6.8 Efectos de rotación en adoquines ondulados, colocados en espiga.....	36
<b>2.7 Estudio de transito para Diseño de Pavimentos .....</b>	<b>37</b>
2.7.1 Clasificación de los vehículos.....	37

---

2.7.2	TPD.....	38
2.7.3	Ejes equivalentes.....	39
2.7.4	Factor camión.....	39
2.7.5	Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño (N). ....	40
<b>3.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>41</b>
3.1	Localización del proyecto.....	43
3.2	Identificación de la zona de intervención.....	44
3.3	Excavación y extracción de muestras de suelo mediante apiques .....	46
3.3.1	Apique 1.....	47
3.3.2	Apique 2.....	47
3.4	Estudios y ensayos de laboratorio .....	48
3.4.1	Promedio de CBR.....	49
3.5	Estudio de transito .....	49
3.6	Cálculo de ejes equivalentes.....	54
3.6.1	Cálculo de factor camión.....	55
3.6.2	Tasa de crecimiento .....	58
3.6.3	Vehículos comerciales que emplean el carril de diseño (B) .....	59
3.6.4	Periodo de diseño estructural.....	60
3.7	Diseño de la estructura del pavimento articulado Alfonso Montejo.....	63
3.8	Diseño de la estructura del pavimento articulado Método Británico .....	64
3.8.1	Evaluación de subrasante.....	64
3.8.2	Vida de diseño .....	65
3.8.3	Subbase granular .....	66
3.8.4	Base suelo cemento, cama de arena y adoquín. ....	67
3.9	Presupuesto .....	68
3.9.1	Presupuesto general metodología Ing. Alfonso Montejo.....	69
3.9.2	Presupuesto general Método Británico.....	69
4.	Análisis de resultados .....	70
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	75
5.1	Conclusiones .....	75
5.2	Recomendaciones .....	79

## Lista de figuras

Figura 3- 1: Metodología para el diseño de un pavimento articulado. Tomado propio. ....	42
Figura 3- 2: Localización del municipio de Campoalegre. Tomado PBOT Campoalegre-Huila...	43
Figura 3- 3: Ubicación vía de proyecto en vereda La Candelaria. Tomado Google Earth.....	43
Figura 3- 4: Estado actual de la vía 1. Tomado propio.....	45
Figura 3- 5: Estado actual de la vía 2. Tomado propio.....	45
Figura 3- 6: Estado actual de la vía 3. Tomado propio.....	46
Figura 3- 7: Apique No.1. Tomado propio. ....	47
Figura 3- 8: Apique No.2. Tomado propio. ....	48
Figura 3- 9: Clasificación de vehículos. Tomado (Montejo, 2002) .....	50
Figura 3- 10: Conteo día Lunes. Tomado propio.....	50
Figura 3- 11: Conteo día Martes. Tomado propio.....	51
Figura 3- 12: Conteo día Miércoles. Tomado propio. ....	51
Figura 3- 13: Conteo día Jueves. Tomado propio.....	52
Figura 3- 14: Conteo día Viernes. Tomado propio. ....	52
Figura 3- 15: Conteo día Sábado. Tomado propio.....	53
Figura 3- 16: Conteo día Domingo. Tomado propio.....	53
Figura 3- 17: Procedimiento de diseño para un pavimento nuevo. Tomado (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001).....	67
Figura 3- 18: Procedimiento de diseño para un pavimento nuevo – Diseño estructural para base y superficie. Tomado (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001) .....	68
Figura 4- 1:Estructura de pavimento articulado metodología Ing. Alfonso Montejo. Tomado propio. ....	71
Figura 4- 2: Estructura de pavimento articulado Método Británico. Tomado propio. ....	72
Figura 5- 1: Estructura de pavimento articulado Ing. Alfonso Montejo. Tomado propio. ....	77
Figura 5- 2: Estructura de pavimento articulado Método Británico. Tomado Propio. ....	78

## Lista de tablas

Tabla 3- 1:Conteo de vehículos del 04/04/2022 al 10/04/2022. Tomado propio.....	54
Tabla 3- 2: Factores de equivalencia. Tomado propio.....	55
Tabla 3- 3: Categoría de vehículos.....	56
Tabla 3- 4: Tabla resumen vereda La Candelaria. Tomado propio.....	57
Tabla 3- 5: Factor de camión y factor bus-camión.....	58
Tabla 3- 6: Tasa de crecimiento según TPD. Tomado (Montejo, 2002) .....	59
Tabla 3- 7: Valor de B (% de camiones en el carril de diseño). Tomado (Montejo 2002).....	60
Tabla 3- 8: Categoría de las vías. Tomado (Montejo, 2002).....	61
Tabla 3- 9: Periodo de diseño estructural recomendado. Tomado (Montejo,2002).....	61
Tabla 3- 10: Resumen ejes equivalentes. Tomado propio. ....	62
Tabla 3- 11: Procedimiento de diseño para un pavimento articulado para vías. Tomado (Montejo,2002). ....	63
Tabla 3- 12: Estructura de pavimento metodología Alfonso Montejo. Tomado Propio .....	64
Tabla 3- 13: Relación entre vehículos comerciales por día y el número de ejes estándar para vidas de diseño de 20 años y 40 años a tasas de crecimiento de 0% y 2% por año. Tomado (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001).....	65
Tabla 3- 14:Estructura de pavimento Método Británico. Tomado Propio.....	68
Tabla 3- 15: Presupuesto general metodología Ing. Alfonso Montejo. Tomado propio.....	69
Tabla 3- 16: Presupuesto general Método Británico. Tomado propio.....	69
Tabla 4- 1:Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR. Tomado (Rondón H.A; & Reyes F.A. 2015) .....	70
Tabla 4- 2: Espesores de capa metodología Ing. Alfonso Montejo. Tomado Propio.....	71
Tabla 4- 3: Espesores de capa Método Británico. Tomado Propio. ....	72
Tabla 4- 4: Espesores mínimos para concreto asfáltico. Tomado (Montejo, 2002).....	73
Tabla 4- 5: Costos por 1 Km de vía de 6 mts de ancho en emulsión asfáltica y articulado. Tomado Propio.....	74

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>A</i>	% de vehículos comerciales	%	Ec. 3-2
<i>B</i>	% de vehiculos comerciales que emplean el carril de diseño	%	Ec. 3-2
<i>N</i>	Periodo de diseño	Años	Ec. 3-2
<i>%C</i>	Porcentaje de camiones según categoría	su%	Ec. 3-3
<i>%C</i>	Porcentaje de camiones de todo el conteo	%	Ec. 3-4
<i>%B</i>	Porcentaje de bus de todo el conteo	%	Ec. 3-4

### Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>PROM.CBR</i>	Promedio de CBR
<i>TPD</i>	Transito promedio diario
<i>FC</i>	Factor camion
<i>Fe</i>	Factor de equivalencia segun la categoria del vehiculo
<i>FBC</i>	Factor bus-camion
<i>Feb</i>	Factor de equivalencia para bus
<i>Fec</i>	Factor de equivalencia para camion

# Capítulo 1

## 1. Introducción

El alto desarrollo social, cultural y económico en la zona surcolombiana, reflejado en los últimos años, hace que la expansión de la población zona urbana y rural sea de manera exponencial, provocando la creación de asentamientos de personas que influyen directamente en la economía, es importante, que cuenten con las condiciones necesarias para la elaboración y extracción de sus productos, en el caso de la vereda La Candelaria en Campoalegre-Huila, se encuentra una gran comunidad de agricultores, ladrilleros, cabezas madres de hogar, que serán beneficiados con el mejoramiento de la vía directa que permite llegar a las zonas principales de distribución, como lo son plazas de mercados, gremios de agricultores, compradores mayoritarios que distribuyen a ciudades principales, etc.

El transporte es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y la serviciabilidad de las carreteras contribuye al desarrollo socio-económico de los sectores de la población, por ello es necesario de una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. En tal sentido, es de gran importancia para la ciudad, que se cuente con una vía eficiente, que permita la comunicación entre sus diferente núcleos urbanos y rurales. (Gómez Vallejos, 2014). Una vía es un área debidamente condicionada para el paso de vehículos automotores, las cuales están compuestas por varios carriles o calzadas; uno de los elementos preponderantes de las vías es el pavimento, el cual es una estructura conformada por varias capas de materiales seleccionados que se apoyan en la subrasante; éste puede transmitir las cargas generadas por el tráfico vehicular y la acción del medio ambiente, así como transmitir al terreno de fundación esfuerzos y deformaciones. Los pavimentos pueden ser de tipo flexible, rígido, articulado, etc. (Mendoza Donoso &

Solorzano Sánchez, 2018). El pavimento articulado está compuesto por una capa de rodadura elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines. Esta suele ir ubicada sobre una capa delgada de arena donde también se soporta sobre una capa de triturado llamado base granular, o directamente sobre el terreno que se conoce como subrasante. Esto dependiendo de las cargas que circulen en él. (Fuerte Lozano & Romero Rivera, 2020). El espesor de cada capa del pavimento depende del tránsito que soportará el pavimento durante el período de diseño, de la capacidad soporte del suelo y de los materiales con que se van a construir estas capas; que deben tener la suficiente calidad para que el pavimento soporte el peso del tránsito durante un tiempo determinado sin deformarse ni deteriorarse (Delgado Cañon & Murcia Pinilla, 2021). En los últimos años la decisión de pavimentar una carretera o vía en asfalto o concreto se ha basado en la parte económica, es decir en los costos que se incurre durante la construcción, el mantenimiento y la operación de los vehículos, así como de las condiciones locales para la producción de los insumos, las políticas sobre utilización de personal de obra capacitado o no y de otros aspectos que dependen de las condiciones del área de influencia directa e indirecta. (Hernández Cepeda, 2018).

Así que es necesaria una estructura de pavimento duradera, en óptimas condiciones, que no se vea afectada drásticamente con su uso, mantenimiento económico y sencillo. Los pavimentos actuales, tales como, pavimentos flexibles y rígidos, tienen un costo de construcción, mantenimiento y reparación más altos y complejos que el pavimento articulado propuesto, pues tienen una gran facilidad de construcción, empezando que es reducida la utilización de maquinaria y materiales especializados. Se ha visto la utilización de este en vías nacionales para reparación de zonas de hundimientos de banca, reparación provisional para aeropuertos, andenes, pasajes, demostrando su resistencia en operación, facilidad de mantenimiento, reparación y construcción.

El proyecto intenta proveer de un diseño de estructura de pavimento articulado, conciso, técnico y claro, para su utilización y puesta en consideración como una forma viable de mejoramiento, del mismo modo, motivar a la utilización de este método de construcción, como una forma rápida, económica y viable para tramos cortos de vías y de difícil ingreso de maquinaria pesada para la construcción de ella misma.

## 1.1 Antecedentes

Diferentes metodologías para el diseño de pavimentos con el paso de los años han sido investigadas y puestas en prácticas, comenzando de una empírica y perfeccionándose con el pensamiento crítico, científico e investigativo, distintos intelectuales analizan procedimientos constructivos para la construcción de una estructura de pavimento articulado. El instituto Colombiano de Productores de Cemento-ICPC, líder en el tema en el país publicó en 1985 la Nota Técnica 4-19 “Diseño de Espesores para Pavimentos de Adoquines de Concreto” y luego la Nota Técnica 4-20 “Diseño de Pavimentos para Vías Urbanas”, que sirvieron como guías para el diseño de pavimentos de adoquines de concreto para diferentes clasificaciones de tráfico hasta hace algunos años. Con el paso del tiempo, en Colombia se adaptaron metodologías implementadas en otros países, pero la normatividad existente en el INVIAS contempla únicamente los pavimentos flexibles, rígidos y placa huellas; una posible hipótesis para la falta de implementación y normatividad para el pavimento articulado es la incomodidad de manejo que ofrece este en comparación con las demás tecnologías más novedosas. (Sánchez Castillo, 2003). Existen investigaciones que utilizan como alternativa los pavimentos articulados; tal como lo demuestra Rubio fuentes & Apaico Pinedo (2020) el interés es solucionar la falta de una infraestructura vial, justificándose socialmente que beneficie la salud e integridad de las personas del pueblo joven la Unión. También económicamente, porque el pavimento articulado es menos costoso reduciendo horas de ejecución herramientas y materiales a emplear, de forma técnica por aplicación de fórmulas, parámetros en los métodos de diseño. En Colombia en los últimos años se han construido vías que no han sido económicas presupuestalmente, ni ambientalmente, pues el impacto ambiental generado por la construcción de vías en pavimento flexible es significativamente alto debido al proceso de colocación e instalación de mezclas asfálticas; Por lo tanto, esta alternativa de pavimento articulado propone disminuir el impacto ambiental por la construcción de vías (Hernandez Cepeda, 2018). Igualmente, García de la Espriella (2020) especifica la importancia de la entrega de las viabilidades Política, técnica, metodológica, financiera al proyecto para la construcción de pavimento articulado en el corregimiento de Juan José, jurisdicción del municipio de Puerto Libertador, Córdoba. Se concluye que es un proyecto con viabilidad, que genera un impacto positivo en el entorno donde se desarrolla y permite el crecimiento económico de la región.

Existen varias estructuras con diferentes espesores y formas de diseño tal como el diseño de pavimentos articulados en el Sector 3 donde Chango Acurio, Zambrano Cruzatty, Loayza Jaramillo & Santos Baqueiro (2012) han considerado utilizar este tipo de pavimentos debido a las condiciones geométricas existentes en el lugar como ancho entre líneas de fabrica disponibles y pendientes longitudinales, además su rápida instalación y posibilidad de retirar la carpeta de rodadura para realizar excavaciones lo convierte en el tipo de pavimento ideal para esta zona de la ciudad de Guayaquil. La sección típica del pavimento articulado está constituida por la capa de rodadura de adoquines de concreto de 8 cm de espesor sobre una cama de arena de 3 cm de espesor, base clase 1A de 20 cm de. Carazas Aguilar & Grabiell Leon (2021) analizaron el diseño estructural del pavimento flexible, pavimento rígido y pavimento articulado mediante la metodología AASHTO 93 teniendo como guía el Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, el Reglamento Nacional de Edificaciones: Norma CE.010 Pavimentos urbanos y Componentes de Diseño Urbano, además de analizar las condiciones en la zona de estudio. de esta manera, Carazas Aguilar & Grabiell leon (2021) determinan que el resultado que se obtuvo en el diseño estructural del pavimento articulado utilizando la metodología AASHTO-93, fue el siguiente para la Calle Ricardo Palma, adoquín 8 cm, capa de arena 4 cm, base granular 25 cm, en la Prolongación de la Calle 50, adoquín 8 cm, capa de arena 4 cm, base granular 20 cm y subbase granular de 15 cm. También Bohorquez & Camacho (2012) proyectaron el diseño de una estructura de pavimento para el centro poblado de Puente de Boyacá y una estructura de pavimento para la vía que conduce hacia el centro histórico. Las actividades desarrolladas fueron: recopilación de información secundaria; apiques y tomas de muestras para definir perfiles estratigráficos y características del material de subrasante; levantamiento topográfico de la zona del proyecto; diseño del modelo estructural con capa de rodadura en concreto asfáltico para la vía; diseño del modelo estructural en pavimento articulado para pasos peatonales y zona de parqueo del centro del poblado. Finalmente, en el diseño de cada estructura se optó por la utilización de software y otras herramientas como el programa de diseño Depav para pavimentos flexibles y la metodología para el diseño de pavimentos articulados. Una vez analizados los datos arrojados por el aforo vehicular realizado en el centro poblado de Puente Boyacá, se determinó que el porcentaje de vehículos pesados que llegan a este sitio corresponde a un 52%. Por lo cual, se estableció en el diseño de la estructura de este sector la utilización de pavimento articulado tipo pesado en las zonas de parqueo, el cual por su facilidad de

instalación y mantenimiento se ajustaría perfectamente a las condiciones del lugar. La estructura para las zonas de estacionamiento quedo conformada de la siguiente manera: pavimento articulado en bloques de concreto tipo pesado de 8 cms de espesor, sobre una capa de arena de 5 cms, la cual se asienta en una capa de material de subbase granular de 22 cms.

De igual manera se han llevado avances en el material primario entre pavimento y rodadura vehicular como es el caso en la implementación del Adoquín Avanzado propuesto por Fuerte y Romero (2020) para la construcción de un pavimento articulado como pista de prueba en las instalaciones de un parqueadero privado en la ciudad de Girardot, para analizar el comportamiento del Adoquín Avanzado ante las cargas dinámicas del tráfico vehicular tipo pesado que se le implementara por medio de ensayos posteriores a su construcción. Con un valor agregado que es amigable con el medio ambiente, debido a que está compuesto con desechos de cantera (como las pepitas y la arena Filler), contribuyendo a la reutilización de estos residuos que han sido una problemática para estas canteras. se pudo analizar la resistencia del adoquín avanzado ante las cargas dinámicas del flujo vehicular tipo liviano en las condiciones ambientales de la región del Alto Magdalena, lo cual se comportó de gran forma ante las pruebas de tránsito evaluando su deformación, a través de las pruebas de resistencia hechas en el laboratorio, se obtuvieron valores de resistencia del concreto del adoquín avanzado hasta de 7000 psi.

Cabe resaltar que la implementación de un pavimento articulado como solución para la vereda La Candelaria, cuenta con un respaldo investigativo de años anteriores que permite tener confiabilidad en las formas de diseño de la estructura de pavimento, además, se cuenta con estudios de mejoramiento de materiales en cada uno de los elementos de la estructura dando paso a un mejoramiento en el futuro y dar más serviciabilidad y durabilidad.

## 1.2 Justificación

Los pavimentos en adoquín tienen una aplicación muy amplia, específicamente en zonas urbanizadas, calles, vías principales, zonas de descarga, aeropuertos y lugares donde se

maneja un flujo vehicular alto, como las tractomulas, tractocamiones, volquetas. Mostrando fácil construcción, permitiendo adoquinar por etapas, haciendo las interrupciones de tráfico mínimas reduciendo costos financieros y sociales sin alterar la economía de la comunidad, requieren de poca maquinaria especializada, la carpeta de rodadura que es el adoquín se puede administrar directamente desde la fábrica sin utilizar arrendamientos para guardar materiales y su rápida construcción permite hacer tramos y habilitar la vía, mientras se gestiona más presupuesto.

Los pavimentos articulados, han sido de poco uso en el país, se utilizan como un método rápido para reparación en vías de pavimento flexible, porque no se ha estipulado una normativa clara y concisa, es importante utilizar otras formas de estructuras de pavimento para vías de pequeño kilometraje, de difícil acceso y que necesiten una apertura rápida, por su proyección y aporte a la economía municipal, departamental, regional y nacional. Analizando cómo los pavimentos flexibles se ven afectados por climatología, deslizamientos, sustancias químicas y fallan mucho antes de su periodo de diseño, las estructuras en adoquín de concreto es una gran oportunidad para beneficiar una comunidad de la vereda La Candelaria en Campoalegre que es pequeña pero de crecimiento constante que busca una solución para la mejoría de su vía, que genere seguridad y confianza a sus usuarios, como lo son los pequeños agricultores y familias que trabajan en el centro de la ciudad.

## 1.3 Objetivos

Diseñar la estructura de un pavimento articulado para la vía de la vereda La Candelaria del municipio de Campoalegre – Huila. Basados en la metodología propuesta por Alfonso Montejo para diseño de pavimento articulado.

### 1.3.1 Objetivos específicos

- Identificar las condiciones de la vía para determinar su estado inicial.
- Realizar los estudios de tránsito de la vía y su respectiva proyección requerida para el diseño del pavimento articulado.

- Establecer el valor de CBR a través de estudios de suelos en laboratorio basado en la metodología propuesta por el INVIAS para el diseño de la estructura del pavimento articulado.
- Diseñar la estructura del pavimento determinando espesores de Sub-base, Base, Cama de Arena y Adoquines para la estructura.



# Capítulo 2

## 2. Marco teórico

### 2.1 Historia Pavimento.

La existencia de estructuras de pavimento se remonta a la época antigua. En el año 1928, investigadores del Museo de Historia Natural de Chicago descubrieron un vehículo con ruedas en los restos de la ciudad de Kish, cerca de Babilonia. Por determinaciones realizadas sobre los materiales que lo constituían se determinó que pertenecía al año 3200 a.C., lo cual hace suponer la existencia en ese entonces de estructuras plana de pavimento.

La primera vez que se emplea en firme es en Asia, en las vías que construyó el imperio Hitita. En Creta en el Monoico Medio (2.300 – 1.700 a.C), se utilizó como pavimento en la vía procesional que discurre desde las proximidades del mar hasta el palacio de Knossos, grandes losas de piedra asentadas sobre capas de arcilla, piedra y yeso. Generalmente la piedra utilizada es caliza por su abundancia en la zona y trabajabilidad, aunque en contadas ocasiones se emplea arenisca. El florecimiento de las más grandes civilizaciones de la época antigua tuvo lugar en Asia, lo que explica la concentración en la construcción de caminos en ese continente. Las rutas por el continente europeo se iniciaron con los intercambios mercantilistas con el oriente.



Figura 2- 1:En Babilonia (600 a.C), avenida procesional Deaibur – Shabu, se emplean también losas como pavimento. Tomado (Arenas Lozano H.L, 2015)

En Egipto, para la construcción de las pirámides, fue necesario construir caminos que además de resistentes tuvieran una superficie lisa e indeformable para transportar los materiales pesados, empleando para ellos losas de piedra toscamente labradas asentadas sobre terreno firme.

Las vías griegas eran de carácter muy localizado, normalmente religioso y para facilitar el acceso a los templos utilizaron también losas de piedra como pavimento. Estas calzadas tenían como característica especial, el disponer de hendiduras de unos centímetros de profundidad en las losas de piedra para que sirvieran de guía a las ruedas de los carros.

La primera red caminera de importancia, corresponde a la época del imperio Romano. Su gran extensión obligo a la apertura de vías adecuadas con el fin de unir las diferentes regiones. Por lo general eran caminos construidos estratégicamente con el fin de facilitar el desplazamiento de contingentes militares desde Roma hacia las colonias. El primero de esos caminos se construyó en el año 312 a.C. Entre los más importantes se tienen: la vía Appia, la vía Egnatia, la vía Damizia entre otros.

Las primeras calzadas, que eran algo así como murallas tumbadas sobre el suelo, se hacían con bloques de piedra lo bastante grandes como para que permanecieran en su lugar por su propio peso.

Las vías urbanas de más categoría, se construían con un gran firme. En primer lugar se efectuaba una excavación de tierras hasta encontrar una capa dura de cimentación, sobre la que se preparaba un lecho formado por arcillas y bolos o gravas de gran tamaño (statumen); sobre esta capa se extendía otra de hormigón de cal (rudus), y en otros casos piedra machacada con materiales sueltos de grano fino (nucleus), para sobre esta, colocar como pavimento losas o lajas de piedra (summa crusta), colocadas con el máximo cuidado formando un extraordinario pavimento continuo, donde las juntas se cuidaban mucho. (Arenas Lozano H.L, 2015)

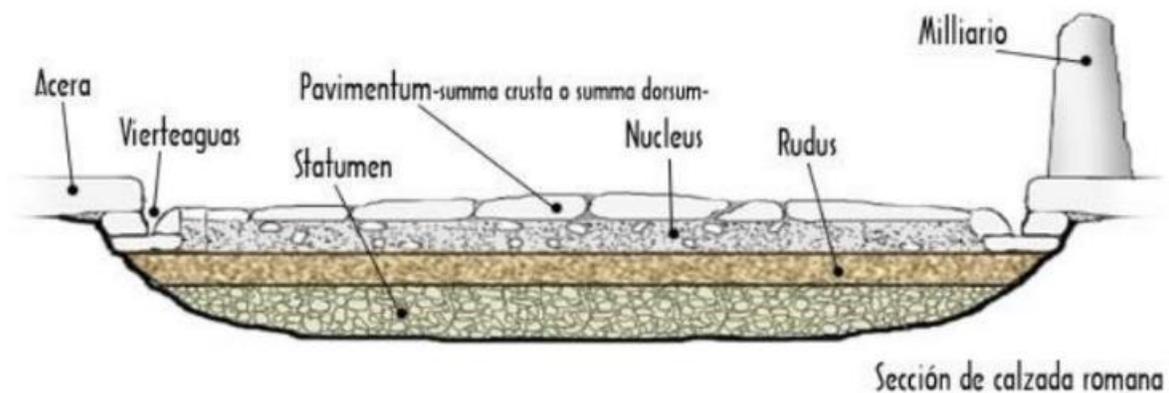


Figura 2- 2: Estructura de pavimento construido sobre caminos romanos. Tomado (Arenas Lozano H.L, 2015)

## 2.2 Pavimento

Está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales aprobados 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 las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura de pavimento. (Montejo Fonseca, 2002).

## 2.3 Pavimento articulado

Están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular

o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por dicho pavimento. (Montejo Fonseca, 2002).

Dentro de las familias de pavimentos de adoquines se pueden distinguir 3 tipos: **pavimentos de adoquines** propiamente tales, **pavimentos permeables** de adoquines porosos y **pavimentos peatonales de adoquines**.

Los **pavimentos de adoquines** de hormigón se utilizan principalmente para espacios vehiculares, como por ejemplo estacionamientos, calles y pasajes, así como para áreas de circulación y estacionamientos de aeródromos, aeropuertos, patios industriales y explanadas portuarias. En todos estos casos es importante siempre proporcionar las pendientes suficientes para evitar la acumulación y/o infiltración de agua.

Por otro lado, los **pavimentos permeables** de adoquines de hormigón (porosos) permiten la filtración de agua, utilizándose principalmente en estacionamientos. Finalmente, los **pavimentos peatonales** con adoquines de hormigón se utilizan para fines ornamentales, principalmente en viviendas y espacios públicos con el fin de lograr un diseño urbano compatible con la escena arquitectónica. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

### 2.3.1 Funciones de la capa de un pavimento articulado

Los pavimentos de adoquines en general poseen 3 a 4 capas de material: los adoquines mismos, cuyo espesor varía entre 60 mm y 100 mm, una cama de arena de espesor nominal de 25 mm, una base con espesores mínimos entre 100 y 150 mm y eventualmente una subbase con espesores mínimos que varían entre 100 y 150 mm. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

**La base:** Es la colocada entre la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa le da mayor espesor y capacidad estructural al pavimento. Puede estar compuesta por dos o más capas de materiales seleccionados.

**Capa de arena:** Es una capa de poco espesor, de arena gruesa y limpia que se coloca directamente sobre la base; sirve de asiento a los adoquines y como filtro para el agua que eventualmente pueda penetrar por las juntas entre estos.

**Adoquines:** Deben tener una resistencia adecuada para soportar las cargas del tránsito, y en especial, el desgaste producido por este.

**Sello de arena:** Está constituido por arena fina que se coloca como llenante de las juntas entre los adoquines; sirve como sello de las mismas y contribuye al funcionamiento, como un todo, de los elementos de la capa de rodadura. (Montejo Fonseca, 2002).



Figura 2- 3: Estructura pavimento articulado. Tomado (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

## 2.4 Proceso constructivo pavimento articulado

El pavimento articulado se construye de un manera muy sencilla donde primeramente se realiza la conformación del terreno de la zona donde se proyectara la vía, conformando el terreno natural con el descapote y limpieza de capa vegetal y mirando las zonas de relleno

o excavación necesaria, para luego comenzar con la conformación de bases de la estructura del pavimento, como lo son subrasante, base, subbase, cama de arena y adoquinado, estas dependiendo de la necesidad pues el pavimento articulado dependiendo de la calidad del material de subrasante puede trabajar en excelentes condiciones simplemente con una capa de base, igualmente, se deja el bombeo y se hacen obras de drenaje de la vía, por ultimo se realiza la colocación de la cama de arena junto con los adoquines los cuales descansan sobre esta. Esta información se encuentra de manera mas detallada en el Anexo 4 del presente documento.

## 2.5 Comportamiento mecánico del Pavimento Articulado

Hasta mediados de la década del 70, el diseño de pavimentos de adoquines se asimilaba casi completamente al diseño de pavimentos flexibles. Las propiedades mecánicas tomadas como un conjunto no habían sido consideradas, incluso en países que ya contaban con normas sobre pavimentos de adoquines como Alemania con su “Pflasters-teine aus Betón” (DIN 18501 de 1964) y Holanda con su norma “NEN 7000” de 1966. Ambas normas enfatizaban sólo las propiedades físicas de los adoquines, sin justificar con antecedentes tecnológicos los métodos de diseño que proponían.

La experiencia holandesa demostró que los pavimentos de adoquines se van rigidizando con el tráfico, aumentando con ello su capacidad de disipación de carga y que las deformaciones permanentes se acumulan al principio de la vida del pavimento. Los ensayos japoneses, también mostraron que el comportamiento de los pavimentos depende de la forma de los adoquines.

Asimismo, la forma de los adoquines tiene una influencia significativa en la velocidad con que el pavimento alcanza el estado de trabazón total y determina la magnitud de carga por rueda que el pavimento puede resistir sin fallar. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

### 2.5.1 Ensayo Knapton (1976)

Recién en 1976 Knapton investigó las propiedades mecánicas de estos pavimentos para establecer un método de diseño. Para ello diseñó un aparato que simulaba la aplicación de cargas verticales estáticas sobre un pavimento de adoquines normalizado.

Knapton aplicó cargas de hasta 25 kN (presiones de hasta 510 kN/m<sup>2</sup>) y registró las presiones obtenidas en las celdas, correspondientes a cada carga aplicada. Ilustró el cuenco de presiones bajo la cama de arena. Demostró que las presiones en las celdas aumentaban en menor proporción porcentual que las presiones aplicadas en la superficie, por lo que los adoquines efectivamente disipaban las tensiones.

Comparando estos resultados con la capacidad teórica de disipación de carga en pavimentos bituminosos, Knapton concluyó que una capa combinada de adoquines (80 mm) y arena (50 mm), era equivalente a una capa de 160 mm de material bituminoso. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

### 2.5.2 Ensayo Shackel (1980)

Shackel realizó un experimento a escala real en la Universidad de Nueva Gales del Sur, Australia. El experimento consistió en aplicar 13.000 pasadas de ejes estándar sobre pavimentos de adoquines entre 60 y 100 mm y bases granulares desde 60 a 160 mm. Probó además 3 formas distintas de adoquines. Los resultados del experimento de Shackel permitieron comprender el comportamiento estructural del pavimento. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

### 2.5.3 Experimento de la ARRB (1986)

El objetivo de este ensayo era probar pavimentos que pudiesen ser utilizados en calles de bajo tráfico. El ensayo consideró 3 tipos de secciones. Unas sub-dimensionadas, otras con CBR para tráfico mediano (aproximadamente 1,4x10<sup>5</sup> Ejes Equivalentes acumulados) y otras para tráfico un poco más liviano (4,5x10<sup>4</sup> Ejes Equivalentes acumulados). El largo de las secciones variaba entre 20 y 30 m.

Los principales resultados obtenidos de este ensayo mostraron la necesidad de establecer un espesor mínimo de base de 100 mm y la especificación del tráfico de diseño en términos de volumen diario de vehículos de más de 3 toneladas de peso bruto total. Asimismo, verificaron que las deformaciones permanentes ocurrían en todas las capas del pavimento. (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2013)

## 2.6 Efectos mecánicos por la forma de instalación de los adoquines.

Se intentó demostrar los efectos y las ventajas de algunas disposiciones y detalles estructurales como:

- Pequeña tolerancia en las dimensiones, es decir, precisión dimensional.
- Juntas estrechas, que deben ser rellenarse adecuadamente.
- Requisitos de la(s) capa(s) bajo el pavimento de bloques (estabilidad, espesor de compactación, etc.)
- Control del agua (drenaje de las aguas superficiales y subsuperficiales, incluidas las subterráneas).
- Sujeción de los bordes, es decir, apoyo lateral.

### 2.6.1 Conexión mecánica y sellado de juntas.

Los bloques de hormigón son generalmente más pequeños que el área de contacto de un neumático, por lo tanto, un pavimento de bloques sólo proporcionará una distribución de carga limitada. Aunque una rueda de un vehículo suele apoyarse simultáneamente sobre dos o tres bloques, el efecto de distribución de la carga seguirá siendo escaso. Por lo tanto, la distribución de la carga que debe suponerse que se producirá será distribuida mejor en función de lo bien que "cooperen" los bloques entre sí. Los bloques deberán estar cerca unos de otros, y las juntas no sólo deben ser estrechas, sino que también deben estar bien rellenas.

Esto también es importante para limitar la penetración del agua a través de las juntas. Si se cumplen estas condiciones, se desarrollará una resistencia a la fricción bastante elevada en las juntas entre los bloques. Esta fricción impide que los bloques sufran desplazamientos relativos excesivos y transmite parte de la carga a los bloques adyacentes, para una distribución eficaz de la carga, es esencial que todos los bloques tengan casi la misma forma y dimensiones. (van der Vlist A.A, 1980)

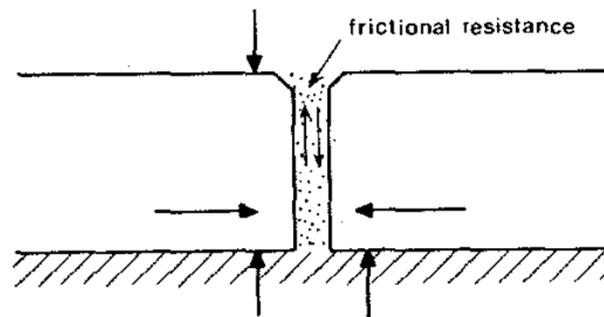


Figura 2- 4: Resistencia por fricción entre dos bloques. Tomado (van der Vlist A.A, 1980)

### 2.6.2 Reacción a las cargas en movimiento.

Un pavimento de bloques sufre notables deformaciones bajo la rueda de un vehículo que pasa por encima. Delante de la rueda se forma una especie de "onda de arco", y detrás de ella viene algo parecido a una "estela". Antes, durante y después del paso de la rueda, los bloques sufren un cierto movimiento vertical. Es casi seguro que esto provoca una compactación adicional de la arena bajo los bloques. En cualquier caso, es un hecho generalmente conocido que la subbase de arena, bajo pavimentos de elementos pequeños que han soportado cargas de tráfico durante largos períodos, suele tener una capacidad portante sorprendentemente alta (expresada como CBR). Esto significa que la resistencia al cizallamiento de la subbase de arena, y en consecuencia su resistencia a la deformación, ha aumentado.

Se intenta aclarar el comportamiento de un pavimento de bloques con la ayuda de la teoría de Prandtl, supone el desarrollo de superficies de deslizamiento o cizallamiento, que forman cuñas. Cuando un pavimento de bloques sufre este tipo de deformaciones, se producen "puntos de articulación" entre los bloques adyacentes. Los bloques se empujan unos contra otros en esos puntos, de modo que se produce una especie de "pretensión" en el pavimento. (Este fenómeno se denomina en otros lugares "rigidez progresiva" o "enclavamiento progresivo"). Como resultado, el pavimento, aunque esté formado por bloques separados, se comporta más o menos como una losa rígida. Debido a su rigidez relativa y a su peso, esta "losa" contrarrestará la formación de superficies de deslizamiento o cizallamiento en el material subyacente. Estas superficies de deslizamiento (cizallamiento) serán menos probables si este material (por ejemplo, una subbase de arena) posee una mayor estabilidad inherente. La pérdida de esta estabilidad debe evitarse mediante un control eficaz del agua,

es decir drenaje de las aguas superficiales y subterráneas. agua superficial y subterránea. (van der Vlist A.A, 1980).

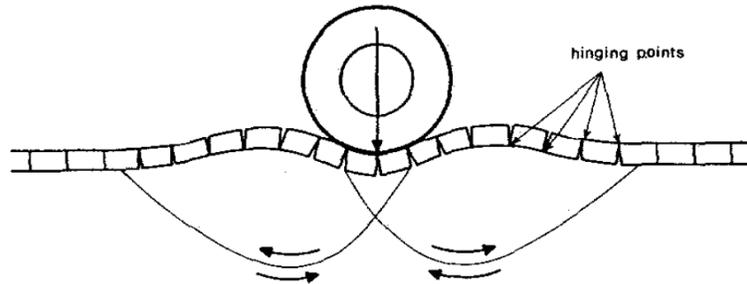


Figura 2- 5: El comportamiento de un pavimento de bloques de hormigón bajo carga.  
Tomado (van der Vlist A.A, 1980)

Los denominados "bloques entrelazados", ya que se han desarrollado con el fin de ofrecer una mayor resistencia a las fuerzas que tienden a provocar la fluencia o el desplazamiento lateral de los bloques. Cuando se utilizan bloques rectangulares, es necesario un apoyo lateral suficiente para evitar que los bloques se desplacen hacia el exterior. Este desplazamiento lateral de los bloques se produce bajo cargas de tracción cuando se desarrolla una componente de fuerza horizontal transversal, especialmente debido a la caída transversal (o a la caída transversal adicional en las curvas). Más grave aún es el hecho de que el material que se encuentra bajo el pavimento de bloques también puede ser empujado lateralmente. (van der Vlist, 1980).

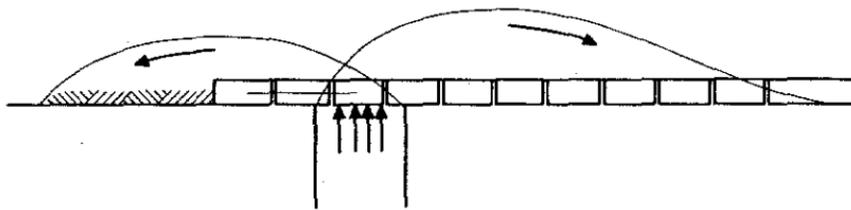


Figura 2- 6: Comportamiento de un pavimento de bloques de hormigón con una  
contención de bordes inadecuada. Tomado (van der Vlist, 1980)

### 2.6.3 Entrelazado vertical.

Si se aplicara una carga vertical a un bloque sin entrelazamiento vertical, ese bloque se deslizaría verticalmente entre sus vecinos, ejerciendo una gran tensión vertical en la capa subyacente. El entrelazamiento vertical se consigue haciendo vibrar los bloques en una arena bien graduada durante la construcción. Esto induce a las partículas de arena a subir 25 mm en los huecos entre los bloques. Estos huecos son de cero a 6 mm. Una arena bien graduada tiene partículas de casi cero a 6 mm. Por lo tanto, en cualquier posición del perímetro de un bloque, las partículas de arena se cuñan entre los bloques vecinos, lo que permite que un bloque cargado verticalmente transfiera su carga a sus vecinos mediante el cizallamiento. (Knapton J., & Barber S.D, 1980).

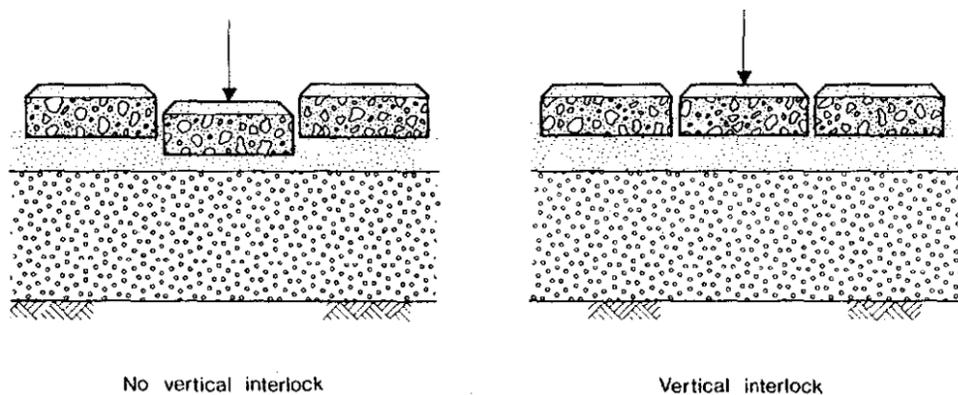


Figura 2- 7: Carga con y sin entrelazamiento vertical. Tomado (Knapton J., & Barber S.D, 1980)

### 2.6.4 Entrelazamiento rotacional

Una carga vertical aplicada de forma asimétrica a un bloque trata de rotarlo. Para que un bloque gire, debe desplazarse lateralmente a sus vecinos. Por lo tanto, si se impide que los bloques vecinos se desplacen lateralmente mediante la restricción de los bordes, se impide que un bloque individual rote y se logra el entrelazamiento rotacional. También existen pruebas que apoyan la teoría de que la arena fina y redonda que se aplica a la superficie también ayuda a inducir el entrelazamiento rotacional. Se ha sugerido un tamaño de partícula máximo de 3 mm para esta arena, y para este fin se utiliza con frecuencia la arena de construcción. para este fin. (Knapton J., & Barber S.D, 1980)

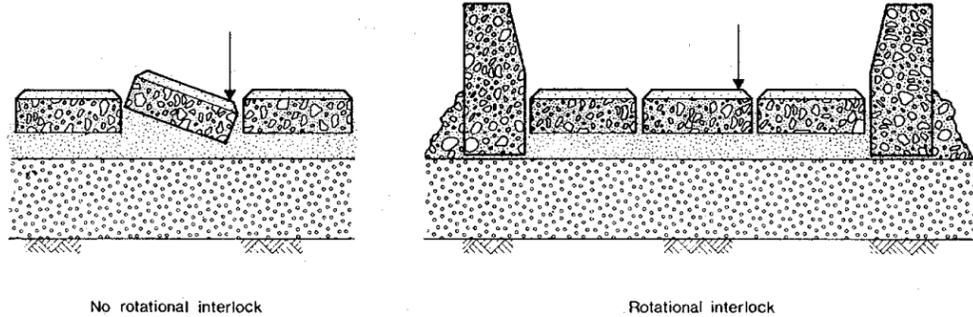


Figura 2- 8: Carga con y sin entrelazamiento rotacional. Tomado (Knapton J., & Barber S.D, 1980)

### 2.6.5 Efectos de rotación en acuñaamiento de los adoquines rectangulares.

Pueden entenderse considerando los efectos de la rotación de los adoquines sobre el acuñaamiento de los mismos. Para el caso de los adoquines rectangulares, esto se ilustra esquemáticamente en la figura 2-9. Si el adoquín B está sujeto a una rotación alrededor de un eje horizontal a través de su punto medio, entonces es libre de deslizarse sobre los adoquines A y C y sólo empujará a los adoquines en línea con la rotación, como el adoquín D en la figura 2-9. Por lo tanto, el acuñaamiento sólo se produce en la dirección indicada por las flechas de la figura 2-9. Tomado (Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

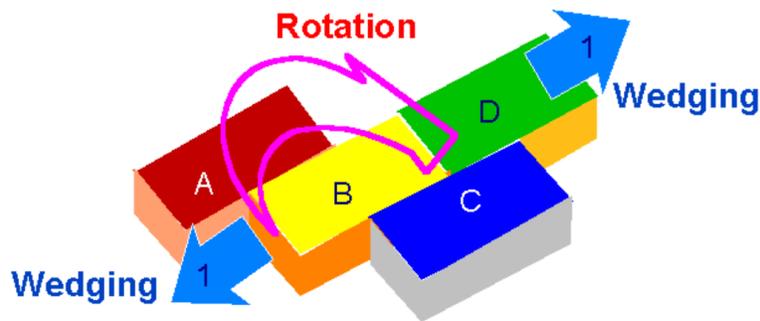


Figura 2- 9: Rotación de acuñaamiento con adoquines rectangulares. Tomado (Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

### 2.6.6 Efectos de rotación en acuñamiento de adoquines ondulados.

Si se aplica rotación a un adoquín ondulado, entonces, como se muestra en la figura 2-10, el adoquín B no puede girar sin empujar los adoquines A y C. En consecuencia, se produce un acuñamiento en las dos direcciones indicadas por las flechas 1 y 2, aunque la rotación aplicada siga siendo unidireccional. Esto proporciona una explicación simple de por qué los adoquines con forma han sido reportados por exhibir módulos más altos y mejor desempeño en servicio que los adoquines rectangulares. (Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

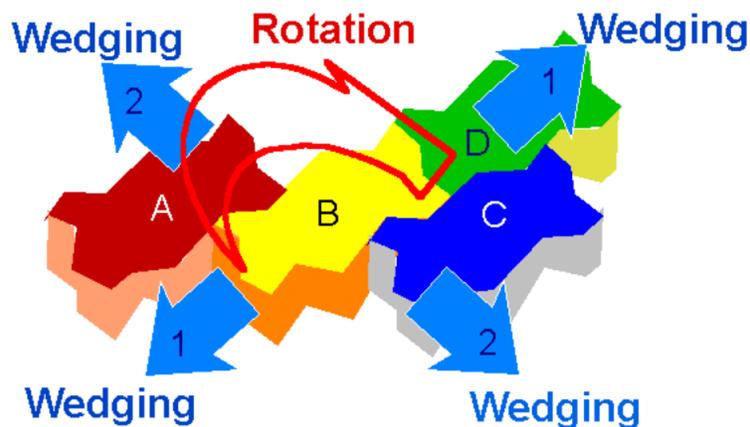


Figura 2- 10: Rotación de acuñamiento con adoquines ondulados. Tomado (Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

### 2.6.7 Efectos de rotación en adoquines rectangulares, colocados en espiga.

Tanto por las pruebas como por la experiencia, los ingenieros saben desde hace tiempo que los pavimentos instalados en espiga tienen un mejor rendimiento que los colocados en hiladas, como se muestra en las figuras 2-9 y 2-10. Una vez más, esto puede explicarse considerando los efectos de la rotación de los adoquines. La figura 2-11 lo muestra para adoquines rectangulares. (Shackel B., & Lim B.O.O, 2003).

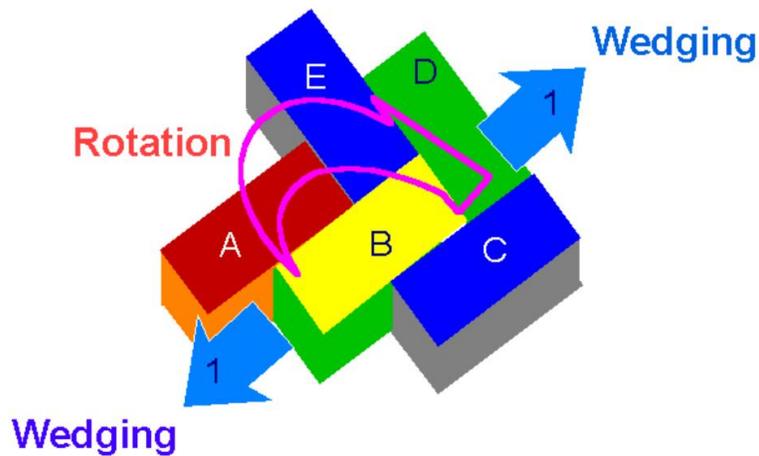


Figura 2- 11: Rotación de acuñaamiento con adoquines rectangulares instalados en espiga.  
(Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

### 2.6.8 Efectos de rotación en adoquines ondulados, colocados en espiga.

Como se muestra en la figura 2-12, el acuñaamiento en direcciones tanto a lo largo como a lo ancho del eje de rotación sigue siendo la consecuencia inevitable de la rotación de los adoquines, independientemente del patrón de colocación. En este caso, la elección del aglomerado en espiga no hace más que añadir movimientos de acuñaamiento adicionales a la superficie de pavimentación debido a las rotaciones inducidas de las extendedoras en torno a los ejes verticales. (Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

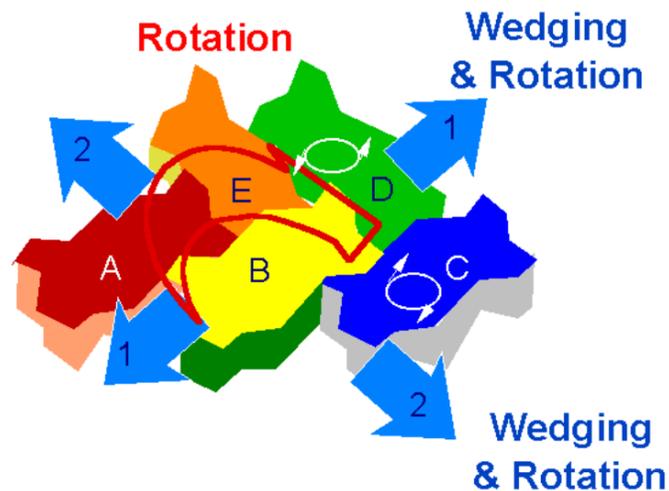


Figura 2- 12: Rotación de acuñaamiento con adoquines ondulados instalados en hiladas.  
(Shackel B., & Lim B.O.O, 2003)

## 2.7 Estudio de transito para Diseño de Pavimentos

Probablemente, la variable más importante en el diseño de una vía es el tránsito, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de éstos son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento. (Montejo, 2002)

El volumen y la intensidad de carga del tráfico debe ser consistentes en cada sección individual. Para los caminos y calles, la consideración primaria debe ser dada al tráfico de camiones. Una intersección se puede tratar como una sección separada si tiene mucho volumen de tráfico que circunda el pavimento para dividir carreteras, es recomendable separar las secciones por cada dirección de tráfico (por carriles de ida y vuelta). (Escobar Bellido., & Huincho Ochoa, 2017)

### 2.7.1 Clasificación de los vehículos

El INVIAS (Instituto Nacional de Vías) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan en el país:

*A* = Vehículos livianos

*B* = Buses

C = Camiones

Además, ha clasificado el tipo de vehículo de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en la Figura 2-58:

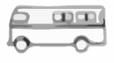
TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	
AUTOS			C3 Y C4	CAMION C3		
				CAMION C4		
				TRACTO-CAMION C2-S1		
BUSES	BUSETA			TRACTO-CAMION C2-S2		
	BUS			TRACTO-CAMION C3-S1		
	BUS METROPOLITANO			C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
C2 P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO				> C5	TRACTO-CAMION C3-S3
C2 G	CAMION DE DOS EJES GRANDE					

Figura 2- 13: Clasificación de vehículos. Tomado (Montejo, 2002)

### 2.7.2 TPD

La utilización de la carretera se expresa en vehículos por día (TPD). Para obtener este dato se puede apelar a registros confiables existentes como los Conteos Manuales de INVIAS, a los registros de los peajes o los conteos que tengan los departamentos sobre la vía. Si no existe un conteo vehicular representativo, hay que realizar un ejercicio de observación del tránsito existente y tomar una decisión: efectuar el conteo o hacer una descripción del tipo de vehículos que utiliza la vía. Esta decisión dependerá del estimativo inicial el cual indicará si amerita realizar un conteo formal, el cual se debe realizar si se estima que el número de vehículos por día es mayor de 50. (Ministerio de Transporte de la República,2011). La movilidad urbana sustentable es tema que forma parte de una solución factible para problemas que se tiene con el congestionamiento vehicular en diferentes ciudades del mundo, por eso que existen diversos métodos para realizar el conteo de tráfico, entre los cuales tenemos: Método manual: es el conteo vehicular realizado por

personas ubicadas en sector (es) estratégicos en la vía de estudio. Método fotográfico: está basado en tecnología visión artificial (cámaras) que permite obtener el registro real de las características de tráfico en una infraestructura vial de forma no intrusiva. (Barreto Cedeño., Banguera Garces & Córdova Rizo, 2018).

El TPD se halla efectuando un conteo, durante una semana, de todos los vehículos que pasan por la carretera objeto del estudio. Teniendo en cuenta que el tránsito en general presenta variaciones mensuales y estacionales, es necesario hacer una cuidadosa elección de la semana de aforo. El INVIAS efectúa los conteos de tránsito preferencialmente en época de verano. El tránsito total registrado se divide por los siete días del conteo obteniéndose el TPDS, el cual debe discriminarse en vehículos livianos y comerciales. Estos últimos son los que realmente se tienen en cuenta para el diseño de un pavimento. (Montejo, 2002)

### 2.7.3 Ejes equivalentes

Se define como la conversión del tránsito vehicular compuesto (pesado y liviano) a un número de ejes equivalentes de referencia de 80 KN (18 Kips) mediante la guía AASHTO 93. (Mendoza y Solorzano, 2018). El valor obtenido del cálculo de los ejes equivalentes de 80kN (8.2 Ton), se traduce en el diseño de la estructura de pavimento, pues se sabe que el pavimento debe soportar el tránsito inicial y de diseño e incluso aquel que puede llegar a ser atraído. (Sáenz Hamon, 2019). La transformación de ejes equivalente es una tarea compleja, hay que tener claro el concepto del tipo de eje y su peso, ya que éste influye directamente al comportamiento del pavimento. Con los porcentajes de tipos de vehículos que obtenemos a través de la composición del tráfico, procedemos a convertirlos en ejes equivalentes (cargas). (Barreto Cedeño., Banguera Garces & Córdova Rizo, 2018)

El análisis de carga transforma los diferentes tipos de ejes que circulan por una vía en un sistema normalizado de ejes simples, para la variante carga podemos utilizar los pesos establecidos el MTOP o los proporcionadas por un sistema de pesaje vehicular. (Barreto Cedeño., Banguera Garces & Córdova Rizo, 2018).

### 2.7.4 Factor camión

Se define como el número de ejes equivalentes por cada tipo de vehículo en particular, en este factor se suman los daños (factor equivalente de carga) producidos por cada eje de un

vehículo en particular, puede ser determinado por cada clasificación de camiones o bien de forma ponderada para una composición de tránsito dada. (Mendoza y Solorzano, 2018). El factor camión es uno de los componentes principales en la estimación de la demanda de cargas que tendrá el pavimento de una carretera. Por este motivo, disponer de factores camión confiables es de suma importancia durante la etapa de diseño. (Allen, J., Arias, E., Vargas, C., & Ureña, A., 2020)

Los factores de equivalencia promedio utilizados más frecuentemente en Colombia son los obtenidos por el MOPT-INGEROUTE y la Universidad del Cauca. (Montejo, 2002)

### 2.7.5 Determinación del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño (N).

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que transitarán en el carril de diseño y durante el período de diseño, es posible convertir esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas mediante el factor camión:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)} * FC$$

Ecuación 1- 1

*TPD* = Transito promedio diario inicial

*A* = Porcentaje estimado de vehículos pesados (buse y camiones)

*B* = Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

*r* = Rata anual de crecimiento del transito

*n* = Periodo de diseño

*FC* = Factor camión

# Capítulo 3

## 3. Metodología

La metodología presentada, se utilizó para realizar el diseño de un pavimento articulado. La zona de localización e intervención es la vía de la vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre.

Basados en el crecimiento poblacional y urbano en la zona, se decide proyectar una vía que colmate las afectaciones y crecimientos futuros, por este motivo, se realizaron apiques como método de extracción de muestras y ser analizadas de manera especializada en un laboratorio, identificando sus propiedades físicas para conocer las condiciones en las que se encuentra el suelo y pueda ser utilizado como subrasante.

Para determinar la cantidad de vehículos que pasan y su proyección de crecimiento, se realizó un estudio de tránsito, el cual se analizó la cantidad de vehículos que transitan de Domingo a Domingo. Identificados los vehículos, se clasifican en sus categorías para calcular sus ejes equivalentes sobre la vía, es decir, identificarlos como ejes simples equivalentes a 8.2 toneladas y determinar la cantidad de carga que ejercerán sobre la estructura del pavimento que se diseña.

La representación de todos los estudios hechos, se presentan en el diseño del pavimento articulado, pues basados, en la identificación de zonas, extracción de muestras, estudios de suelos y proyección vehicular tomamos como guía la literatura y experimental del Ing. Alfonso Montejo, para determinar los espesores y estructura de pavimento necesaria. En la figura 3-1 se presenta el proceso de manera secuencial en el que se llevó a cabo el diseño del pavimento estructurado.

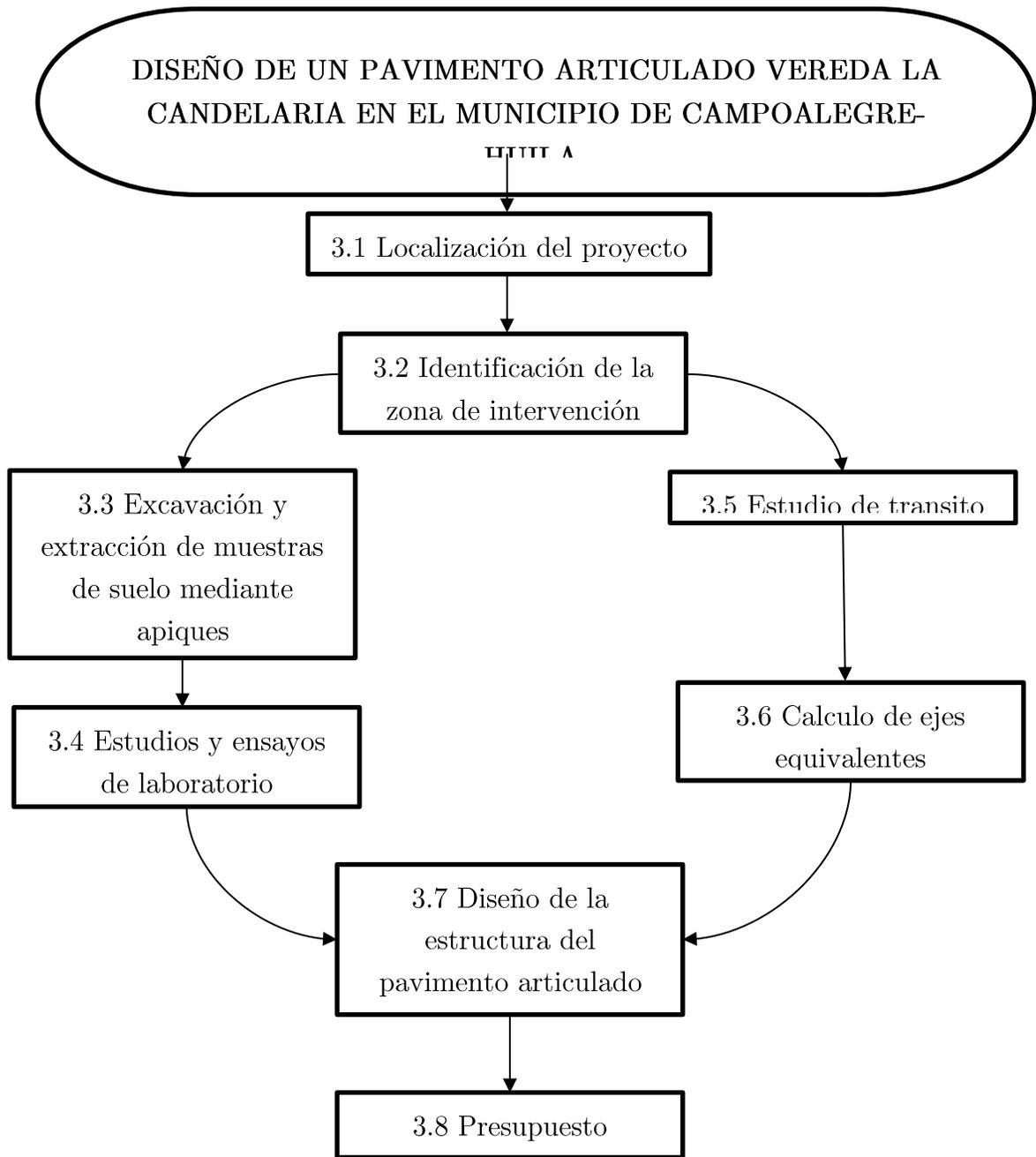


Figura 3- 1: Metodología para el diseño de un pavimento articulado. Tomado propio.

### 3.1 Localización del proyecto

La vereda La Candelaria es un asentamiento rural ubicado a 3 km al sur del casco urbano del municipio de Campoalegre.

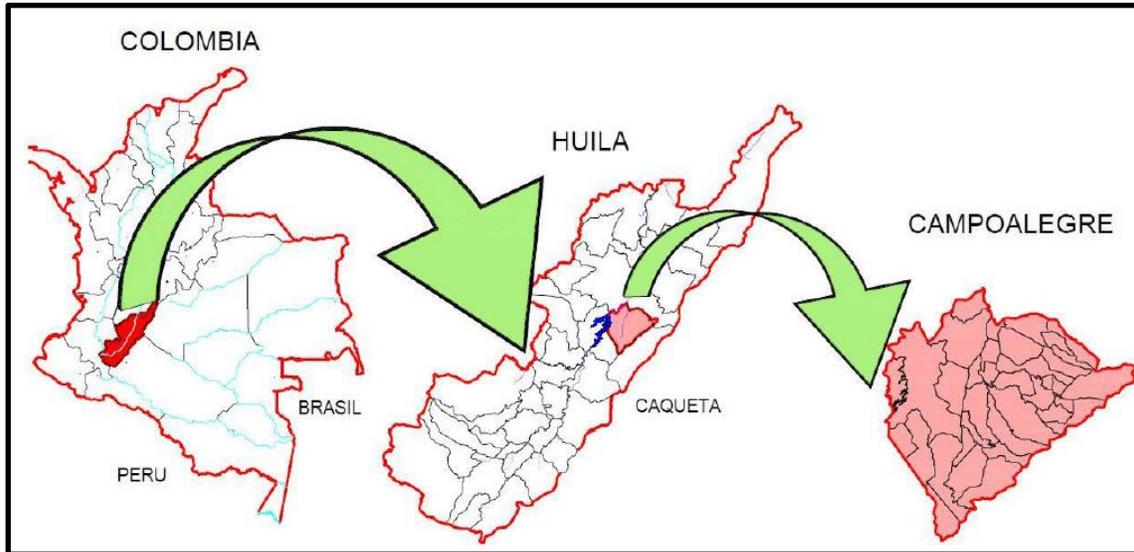


Figura 3- 2: Localización del municipio de Campoalegre. Tomado PBOT Campoalegre-Huila.

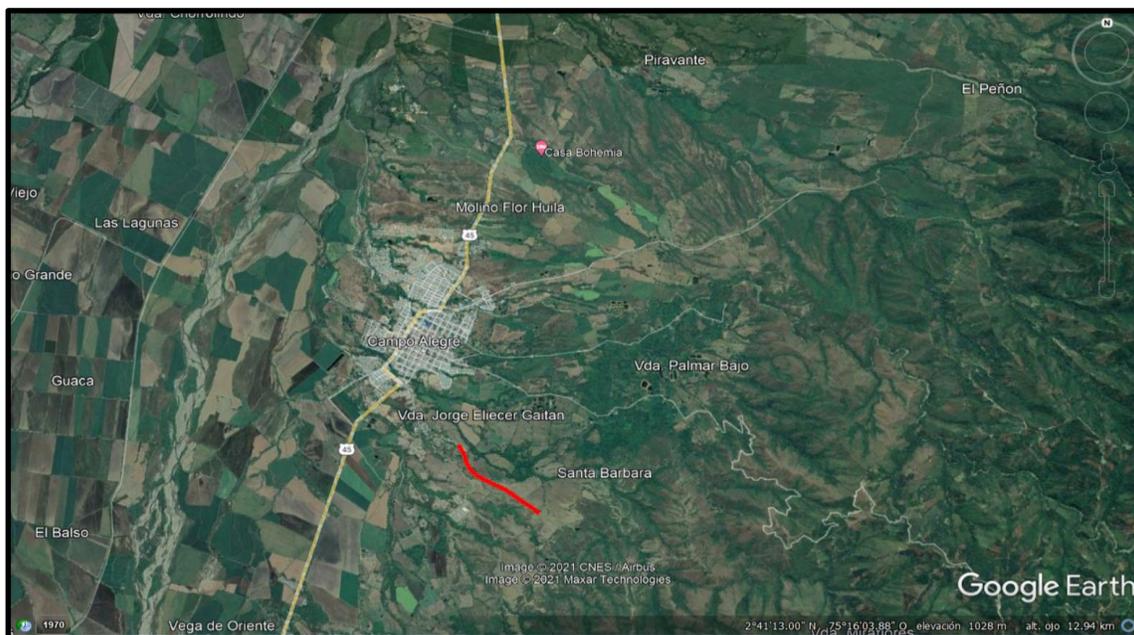


Figura 3- 3: Ubicación vía de proyecto en vereda La Candelaria. Tomado Google Earth.

### 3.2 Identificación de la zona de intervención

En el municipio de Campoalegre, departamento del Huila, se encuentra la vereda La Candelaria, zona rural en crecimiento demográfico y social. Esta cuenta con una sola vía para el ingreso y salida de cualquier tipo de vehículo y existen muchas áreas cultivables las cuales son aprovechadas por los mismos habitantes para la extracción de productos hacia la zona urbana de Campoalegre. Es preciso deducir que la vía de una vereda en crecimiento no se encuentra en óptimas condiciones, pues se encuentra en una categorización de vía terciaria, de la cual debe hacerse cargo la administración municipal. Comenzando el trayecto hacia la vereda se ve el deterioro vial, donde se trata de mejorar la condición de la vía, usando sobrantes de escombros y arenas, lo cual las lluvias y paso de vehículos de tamaño grande dañan los arreglos a pequeña escala que intenta la comunidad, pues la vía no cuenta con ningún tipo de pavimento que sea de buena durabilidad, ni de fácil reparación, ni que permita el flujo normal de los vehículos que transitan por la zona, la carpeta asfáltica es el terreno natural que se ha hecho con maquinaria especializada para fase 1 de construcción de vías terciarias, donde solo se nivela el terreno existente pero no se tiene ningún cuidado, las condiciones climáticas y humanas dañan rápidamente la condición vial.

El tránsito que existe en esta vía son automóviles, camperos, camionetas, busetas, vehículos de categoría C2, C3 y C4 (C2S2), por la existencia de fincas, casas unifamiliares, fábricas de ladrillo, etc.



Figura 3- 4: Estado actual de la vía 1. Tomado propio.



Figura 3- 5: Estado actual de la vía 2. Tomado propio.

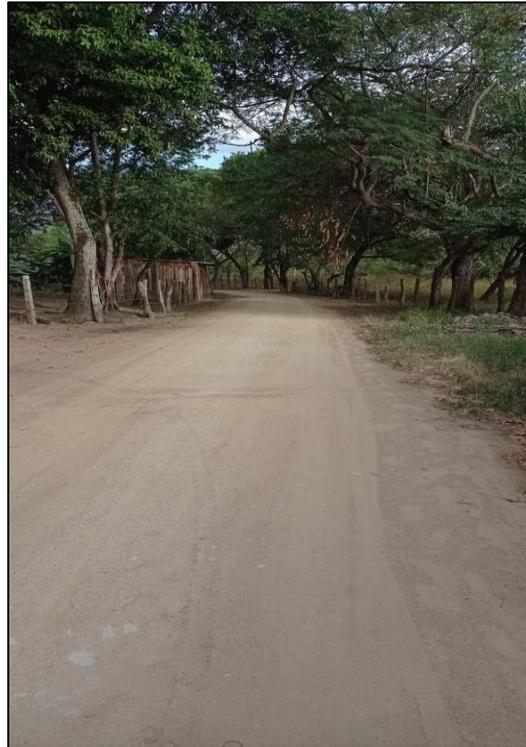


Figura 3- 6: Estado actual de la vía 3. Tomado propio.

### 3.3 Excavación y extracción de muestras de suelo mediante apiques

Para cualquier estudio y diseño vial es necesario tener unos requerimientos previos como lo son la caracterización e identificación del suelo, para predecir su comportamiento frente a la colocación de una estructura de pavimento en el futuro, para esto, se realiza la excavación de dos (2) apiques, ubicados en el borde de la vía de aproximadamente 1 m<sup>2</sup> de área , perforados a 1.70 metros para extraer 20 kilos de muestra de suelo como lo indica la norma invias E-101 literal 8.1 nota 4; La profundidad de excavación se tomó en base a la norma invias E-101 literal 10.2 la cual establece que: “ La profundidad de las calicatas o perforaciones para estudios de pavimentos en carreteras , aeropuertos, o áreas de estacionamiento deberá ser , al menos, de 1.5 m (5 pies) por debajo del nivel proyectado para la subrasante, aunque circunstancias especiales pueden aumentar o disminuir esta profundidad”.

### 3.3.1 Apique 1

Se utilizó herramienta menor para la perforación y excavación de los apiques empezando por el K0+000 de la vía de la vereda La Candelaria.

La estratificación en el suelo es poco evidente, pero se logra observar al inicio de la perforación suelo orgánico o turba, para después evidenciar la transición a un tipo de suelo limoso oscuro, hasta llegar a un suelo arenoso de color amarillo, probablemente con una pequeña cantidad de suelo orgánico.



Figura 3- 7: Apique No.1. Tomado propio.

### 3.3.2 Apique 2

En el K0+600 se realizó la excavación del segundo apique, con material de relleno fino sobre la superficie, pues cerca, se encontraba una tubería que conduce agua a fincas aledañas a la vía, con el debido cuidado se perforó y se encontró en un inicio con material orgánico y suelo limoso en su mayoría, pero a medida que se avanzaba en la excavación, la estratigrafía volvió a tornarse similar a la del apique anterior, pues se detalló la variación

entre la arena amarilla con material orgánico y el suelo limoso oscuro, al llegar a los 1.70 metros de excavación se toma la muestra de suelo de la base del apique.



Figura 3- 8: Apique No.2. Tomado propio.

### 3.4 Estudios y ensayos de laboratorio

La caracterización del suelo de la subrasante, se determina con los laboratorios de límites de consistencia, granulometría y CBR. Esto permitirá identificar las propiedades físicas de la subrasante y conocer su comportamiento frente a las cargas de tránsito que serán aplicadas o si se debe establecer un suelo de mejoramiento para crear el mejor diseño frente a un proyecto vial futuro.

### 3.4.1 Promedio de CBR

El análisis hecho para determinar la capacidad portante del suelo estudiado en la vía La Candelaria en el municipio de Campoalegre mediante el CBR, se promedia, debido a que se realizaron dos apiques dividiendo la longitud total de la vía en dos tramos, esto se hace con la finalidad de obtener un CBR de diseño.

$$PROM.CBR = \frac{CBR APIQUE 1 + CBR APIQUE 2}{2}$$

Ecuación 3- 1

$$PROM.CBR = \frac{21.8\% + 12.9\%}{2}$$

$$PROM.CBR = 17.35\%$$

## 3.5 Estudio de transito

Se realizó un estudio de tránsito para la vía principal de la vereda La Candelaria del municipio de Campoalegre con la finalidad de realizar un diseño de pavimento articulado mejorando la transitabilidad de la zona, favoreciendo a las actividades productivas de los agricultores, el turismo y el bienestar de los habitantes de la vereda.

Según la metodología expuesta en el libro de “ingeniería de pavimentos” de Alfonso Montejo, los vehículos se clasifican de la siguiente manera:

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA	
AUTOS			C3 Y C4	CAMION C3		
				CAMION C4		
				TRACTO-CAMION C2-S1		
BUSES		BUSETA			TRACTO-CAMION C2-S2	
		BUS			TRACTO-CAMION C3-S1	
		BUS METROPOLITANO			C5	TRACTO-CAMION C3-S2
C2 P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO		> C5	TRACTO-CAMION C3-S3		
C2 G	CAMION DE DOS EJES GRANDE					

Figura 3- 9: Clasificación de vehículos. Tomado (Montejo, 2002)

Se realizó el conteo de los vehículos según su número de ejes durante una semana entre las 6:00 AM hasta las 6:00 PM y se organizó en un formato de la siguiente manera:

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA															
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL															
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA															
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO														
	A				B			C							
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5
LUNES								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2	
6:00 AM-7:00 AM			2					2		1					
7:00 AM-8:00 AM		4			2			1	3					3	
8:00 AM-9:00 AM	3		5												
9:00 AM-10:00 AM															
10:00 AM-11:00 AM	3													3	
11:00 AM-12:00 PM		2								2					
12:00 PM-1:00 PM			4					2							
1:00 PM-2:00 PM															
2:00 PM-3:00 PM														4	
3:00 PM-4:00 PM		2							1						
4:00 PM-5:00 PM	5		4		2			2		1					
5:00 PM-6:00 PM			3					1						2	

Figura 3- 10: Conteo día Lunes. Tomado propio.

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA																
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL																
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA																
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C								
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5	
MARTES								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
6:00 AM-7:00 AM	5								2	4				2		
7:00 AM-8:00 AM		3	2		2			4	2							
8:00 AM-9:00 AM																
9:00 AM-10:00 AM		2	3											3		
10:00 AM-11:00 AM	3															
11:00 AM-12:00 PM			4						3							
12:00 PM-1:00 PM								2		1						
1:00 PM-2:00 PM		4			2											
2:00 PM-3:00 PM	2		2											3		
3:00 PM-4:00 PM																
4:00 PM-5:00 PM	3	1						3		1						
5:00 PM-6:00 PM	1		3		2			3	1					1		

Figura 3- 11: Conteo día Martes. Tomado propio.

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA																
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL																
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA																
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C								
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5	
MIERCOLES								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
6:00 AM-7:00 AM		4							3							
7:00 AM-8:00 AM	3		3		1					1				3		
8:00 AM-9:00 AM			2		1			1								
9:00 AM-10:00 AM														2		
10:00 AM-11:00 AM								2	4							
11:00 AM-12:00 PM	2															
12:00 PM-1:00 PM			4							1						
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM	4	3	1					3	3							
3:00 PM-4:00 PM					1											
4:00 PM-5:00 PM		4	1		1			1	2							
5:00 PM-6:00 PM	2		2					2								

Figura 3- 12: Conteo día Miércoles. Tomado propio.

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA											UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA		PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL		 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA																
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C								
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5	
JUEVES								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
6:00 AM-7:00 AM	3									1						
7:00 AM-8:00 AM	2				1				1					3		
8:00 AM-9:00 AM		1	3					2								
9:00 AM-10:00 AM		2							2							
10:00 AM-11:00 AM	4							1								
11:00 AM-12:00 PM			2							1						
12:00 PM-1:00 PM	1				1			1	1					2		
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM	3	3						3						1		
3:00 PM-4:00 PM			3						2							
4:00 PM-5:00 PM	1	1														
5:00 PM-6:00 PM	2		2					1						1		

Figura 3- 13: Conteo día Jueves. Tomado propio.

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA											UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA		PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL		 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA																
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C								
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5	
VIERNES								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
6:00 AM-7:00 AM	2		1					2						1		
7:00 AM-8:00 AM		3	1		2				2					3		
8:00 AM-9:00 AM	4		3							1						
9:00 AM-10:00 AM	1								3							
10:00 AM-11:00 AM	1	5						3						2		
11:00 AM-12:00 PM	3		2													
12:00 PM-1:00 PM		3	3		1			1	2	2				3		
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM	3													3		
3:00 PM-4:00 PM			2							1				1		
4:00 PM-5:00 PM	4	1						3	1					2		
5:00 PM-6:00 PM			2		1			1						1		

Figura 3- 14: Conteo día Viernes. Tomado propio.

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA																
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL																
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA																
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B				C							
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4			C5	>C5
SABADO								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
6:00 AM-7:00 AM	1	1							1							
7:00 AM-8:00 AM	3		1					1						1		
8:00 AM-9:00 AM		2														
9:00 AM-10:00 AM	1		3													
10:00 AM-11:00 AM	2	1												1		
11:00 AM-12:00 PM	3								1							
12:00 PM-1:00 PM	3	2	1											1		
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM	1	3	2					2								
3:00 PM-4:00 PM																
4:00 PM-5:00 PM	2							2						1		
5:00 PM-6:00 PM			2													

Figura 3- 15: Conteo día Sábado. Tomado propio.

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA																
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL																
ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA																
PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B				C							
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4			C5	>C5
DOMINGO								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
6:00 AM-7:00 AM		2														
7:00 AM-8:00 AM	1		2					1								
8:00 AM-9:00 AM		1	2													
9:00 AM-10:00 AM	1							1								
10:00 AM-11:00 AM																
11:00 AM-12:00 PM	2		2						2							
12:00 PM-1:00 PM																
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM																
3:00 PM-4:00 PM	2		2													
4:00 PM-5:00 PM	3	3														
5:00 PM-6:00 PM		1	2													

Figura 3- 16: Conteo día Domingo. Tomado propio.

La información recolectada se organizó de la siguiente manera:

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA																	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA																		
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL																		
ESTUDIO DE TRANSITO																		
PERIODO DE AFORO		TIPO DE VEHICULO																TOTAL
FECHA		A				B			C									
04/04/2022	10/04/2022	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4			C5	>C5	
DIA		PEQUEÑO		GRANDE		C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2	C5	>C5						
LUNES																		
6:00 AM	6:00 PM	12	8	18	0	4	0	0	8	4	4	0	0	0	12	0	0	70
MARTES																		
6:00 AM	6:00 PM	14	10	14	0	6	0	0	12	8	6	0	0	0	9	0	0	79
MIERCOLES																		
6:00 AM	6:00 PM	11	11	13	0	4	0	0	9	12	2	0	0	0	5	0	0	67
JUEVES																		
6:00 AM	6:00 PM	16	7	10	0	2	0	0	8	6	2	0	0	0	7	0	0	58
VIERNES																		
6:00 AM	6:00 PM	18	12	14	0	4	0	0	10	8	4	0	0	0	16	0	0	86
SABADO																		
6:00 AM	6:00 PM	16	9	9	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	4	0	0	45
DOMINGO																		
6:00 AM	6:00 PM	9	7	10	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	30
<b>TOTAL</b>		<b>96</b>	<b>64</b>	<b>88</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>435</b>

Tabla 3- 1:Conteo de vehículos del 04/04/2022 al 10/04/2022. Tomado propio.

Se realizó la sumatoria de vehículos que transitaron por la vía durante una semana, se evidencia la ausencia de algunos vehículos y se aclara que esta vía se encuentra en zona rural, donde transitan principalmente vehículos pequeños, buses conocidos como “chivas”, tractores con remolques y volquetas.

### 3.6 Cálculo de ejes equivalentes

Una vez determinado el número acumulado de vehículos que transitarán en la vía de diseño durante una semana, se procede a convertir esta cantidad de vehículos comerciales a ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas mediante el factor camión:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} * FC$$

Ecuación 3- 2

Siendo:

TPD = Transito promedio diario, proyectado para el primer año de servicio del pavimento.

A = % de vehículos comerciales (buses+camiones).

B = % de vehículos comerciales que emplean el carril de diseño.

n = Periodo de diseño (años).

FC= Factor camión.

### 3.6.1 Cálculo de factor camión

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes sencillos con carga equivalente de 8.2 toneladas, correspondientes al paso de un vehículo comercial (bus o camión). En nuestro medio son utilizadas tres metodologías para la obtención del factor camión: por conteo y pesaje de los vehículos comerciales, por el método MOPT - INGEROUTE y por el propuesto por la Universidad del Cauca (Montejo Fonseca, 2006).

Para este ejercicio de determinación de factor camión usaremos los factores de equivalencias propuestos por el método MOPT-INGEROUTE y el de la Universidad del Cauca.

Tipo de vehiculo	Factor de equivalencia	
	MOPT-INGEROUTE	Universidad Del Cauca (1996)
C2-pequeño		1,14
	1,4	
C2-grande		3,44
C3	2,4	3,76
C2-S1		3,37
C4	3,67	6,73
C3-S1		2,22
C2-S2		3,42
C3-S2	4,67	4,4
C3-S3	5	4,72
Bus P-600		0,4
	0,2	
Bus P-900		1
Buseta		0,05

Tabla 3- 2: Factores de equivalencia. Tomado propio.

Para aplicar estos factores de equivalencia se organizó los vehículos determinados en el estudio de tránsito en las siguientes categorías:

Cat3	Cat4	Cat5	Cat6	Cat7
<b>CAMIONES</b>				
<b>C - 2P</b>	<b>C - 2G</b>	<b>C - 3 - 4</b>	<b>C - 5</b>	<b>&gt;C - 5</b>
2 EJES-PEQUEÑO	2 EJES-GRANDE	3-4 EJES	5 EJES	>5 EJES

Tabla 3- 3: Categoría de vehículos.

Una vez organizados los vehículos según su categoría correspondiente se procedió a calcular el porcentaje de automóviles, buses y camiones:

Conteo total de vehículos: 435

# de automóviles: 248

# de buses: 20

# de camiones: 167

$$\% \text{ Automóviles} : \frac{\# \text{ de automóviles}}{\text{Conteo total}} * 100 = \frac{248}{435} * 100 = 57.01\%$$

$$\% \text{ Buses} : \frac{\# \text{ de buses}}{\text{Conteo total}} * 100 = \frac{20}{435} * 100 = 4.6\%$$

$$\% \text{ Camiones} : \frac{\# \text{ de camiones}}{\text{Conteo total}} * 100 = \frac{167}{435} * 100 = 38.39\%$$

Para determinar el factor camión es necesario el porcentaje de cada categoría de camiones, tomando como 100% el número total de camiones (167).

$$\% \text{ Categoría 3} : \frac{\# \text{ de camiones C2 pequeño}}{\text{Conteo total de camiones}} * 100 = \frac{54}{167} * 100 = 32.34\%$$

$$\% \text{ Categoría 4} : \frac{\# \text{ de camiones C2 grande}}{\text{Conteo total de camiones}} * 100 = \frac{42}{167} * 100 = 25.15\%$$

$$\% \text{ Categoría 5} : \frac{\# \text{ de camiones C3 + C4}}{\text{Conteo total de camiones}} * 100 = \frac{18 + 53}{167} * 100 = 42.51\%$$

La información obtenida de la categorización y de los cálculos se resume en la siguiente tabla:

Municipio	Campoalegre
Sector	La Candelaria
Conteo total	435
% automoviles	57,01
% buses	4,60
% camiones	38,39
Total Camiones	167
C3	54
C4	42
C5	71
C6	0
C7	0

Tabla 3- 4: Tabla resumen vereda La Candelaria. Tomado propio.

Para obtener el factor camión se hace uso de la siguiente fórmula:

$$FC = \frac{\%C3 * fe3 + \%C4 * fe4 + \%C5 * fe5 + \%C6 * fe6 + \%C7 * fe7}{100}$$

Ecuación 3- 3

Donde,

FC= Factor camión

%C= Porcentaje de camiones según su categoría

Fe = Factor de equivalencia según la categoría del vehículo

Es importante determinar a su vez el factor bus-camión el cual se determina con la siguiente ecuación:

$$FBC = \frac{\%B * feb + \%C * fec}{\% B + \% C}$$

Ecuación 3- 4

Donde,

FBC= Factor bus-camión

%C= Porcentaje de camiones de todo el conteo

%B= Porcentaje de bus de todo el conteo

Feb = Factor de equivalencia para bus

Fec = Factor de equivalencia para camión

Ahora se procede a calcular el factor camión y el factor bus camión con los factores propuestos por la Universidad del Cauca y la MOPT-INGEROUTE , donde se obtuvo los siguientes valores:

Tipo	Porcentaje de camion	Factor camion		Factor bus-camion	
		Unicauca	Mopt	Unicauca	Mopt
C3	32,34	36,86	45,27	3,77	2,14
C4	25,15	86,51	35,21		
C5	42,51	286,13	156,03		
C6	0	0	0		
C7	0	0	0		
TOTAL	100	4,1	2,37		

Tabla 3- 5: Factor de camión y factor bus-cami3n

Para el dise1o tomamos el factor camión de la universidad del cauca puesto que es el factor más grande y se requiere diseñar bajo las condiciones más críticas, por lo cual el factor camión será igual a 4.1 (FC = 4.1).

### 3.6.2 Tasa de crecimiento

Para determinar la tasa de crecimiento de los vehículos que transitan en la vía, se utilizó la tabla 5.16 del libro de “Ingeniería de Pavimentos” de Alfonso Montejo, dependiendo del TPDS (transporte promedio diario semanal), debido a que no se tiene datos u estudios de tránsito anteriores al presente realizado.

Tabla 5.16 Tasas de crecimiento obtenidas en un muestreo de la red vial nacional		
TPDS	Tasa de crecimiento (%)	
	Total de vehículos	Vehículos comerciales
<500	6.0 – 6.5	5.5 – 6.0
500 – 1000	5.7 – 6.3	5.5 – 6.0
1000 – 2500	4.5 – 5.5	4.0 – 5.0
2500 – 5000	4.5 – 5.5	4.0 – 5.0
5000 – 10000	4.5 – 5.5	4.0 – 5.0
>10000	4.0 – 6.0	3.0 – 5.0

Tabla 3- 6: Tasa de crecimiento según TPD. Tomado (Montejo, 2002)

Según la Tabla 3-6 se tomó una tasa de crecimiento del 6% ya que con el estudio de transporte promedio diario semanal (TPDS) se obtuvo un total de 435 vehículos.

### 3.6.3 Vehículos comerciales que emplean el carril de diseño (B)

Para determinar el porcentaje de camiones en el carril de diseño (B) se debe de tener el número de carriles de la vía, según se evidencia en la tabla 5.40 (Tabla 3-7) del libro de “ingeniería de Pavimentos” de Alfonso Montejo.

<b>Tabla 5.40</b> <b>Porcentaje del tránsito total de camiones</b> <b>en el carril de diseño</b>	
<b>Número de carriles de la</b> <b>calzada (2 direcciones)</b>	<b>% de camiones en el</b> <b>carril de diseño</b>
2	50
4	45
6 o más	40

Tabla 3- 7: Valor de B (% de camiones en el carril de diseño). Tomado (Montejo 2002).

Puesto que la vía donde se realizará el diseño tiene dos carriles (dos direcciones), se toma un porcentaje de 50 %.

### 3.6.4 Periodo de diseño estructural

Para determinar el periodo de diseño, el cual es necesario para calcular el número de ejes equivalentes para el diseño, se requiere primero determinar la categoría de la vía, según la clasificación de la tabla 5.11 (Tabla 3-8) del libro de “Ingeniería de Pavimentos” de Alfonso Montejo.

<b>Tabla 5.11</b> <b>Categorías de las vías</b>				
<b>Categoría de la vía</b>				
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>Especial</b>
<b>Descripción</b>	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales	Colectoras interurbanas, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con tránsito mediano, caminos estratégicos	Pavimentos especiales e innovaciones

Importancia	Muy importante	Importante	Poco importante	Importante a poco importante
Tránsito promedio diario	>5000	1000 - 10000	<1000	<10000

Tabla 3- 8: Categoría de las vías. Tomado (Montejo, 2002).

Dicha vía se clasifica como un camino rural, con un tránsito promedio diario menor a 1000 vehículos, por lo cual esta vía es de categoría 3.

Una vez determinada la categoría de la vía se procede a hallar el periodo de diseño (PDE) en años, según la tabla 5.13 (Tabla 3-9) del libro de “Ingeniería de Pavimentos” de Alfonso Montejo.

Tabla 5.13 Periodos de diseño estructural recomendados		
Categoría de la vía	Periodo de diseño (P.D.E) años	
	Rango	Recomendado
I	10-30	20
II	10-20	15
III	10-20	10
Especiales	7-20	10-15

Tabla 3- 9: Periodo de diseño estructural recomendado. Tomado (Montejo,2002).

Como la vía se clasifica de categoría 3, se tomará un periodo de diseño de 10 años. Se procede ahora a calcular el número de ejes equivalentes con los datos obtenidos anteriormente, por lo cual:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1 + r)^n - 1}{Ln(1 + r)} * FC$$

Ecuación 3- 5

Se pasa el tránsito promedio diario semanal (TPDS) a tránsito promedio diario (TPD) para el cálculo del número de ejes equivalentes.

$$TPD = \frac{TPDS}{7} = \frac{435}{7} = 62.14$$

Entonces,

$$N = 62.14 * \frac{42.99}{100} * \frac{50}{100} * 365 * \frac{(1 + 0.06)^{10} - 1}{Ln(1 + 0.06)} * 4.1$$

$$N = 271297.80 \text{ ejes de 8.2 toneladas}$$

<b>TPD</b>	62,14
<b>A</b>	42,99
<b>B</b>	50
<b>n</b>	10
<b>r%</b>	6
<b>FC</b>	4,1
<b>N</b>	271297,80

Tabla 3- 10: Resumen ejes equivalentes. Tomado propio.

En el análisis de tránsito se desprecia el factor de expansión debido a que el tráfico crítico en esta vereda está entre las 7 AM a las 5 PM pues esta se encuentra en zona rural donde sus principales habitantes son familias agricultoras con gran extensión de terreno privado, además, la vía no cuenta con prolongación hacia otra zona rural o urbana de Campoalegre, por tanto, cualquier tipo de transporte público o privado trabaja en este periodo de tiempo, cualquier tránsito extraordinario sobre las horas no contabilizadas son muy mínimas.

### 3.7 Diseño de la estructura del pavimento articulado Alfonso Montejo

Teniendo los números de ejes equivalentes obtenidos del estudio de tránsito de la vía y el CBR del estudio de suelos, se procede a determinar las dimensiones del pavimento articulado, específicamente los espesores de los materiales del que estará compuesto. El diseño se realizará en base al procedimiento establecido en el libro de “Ingeniería de Pavimentos” como se evidencia en el siguiente diagrama de flujo:

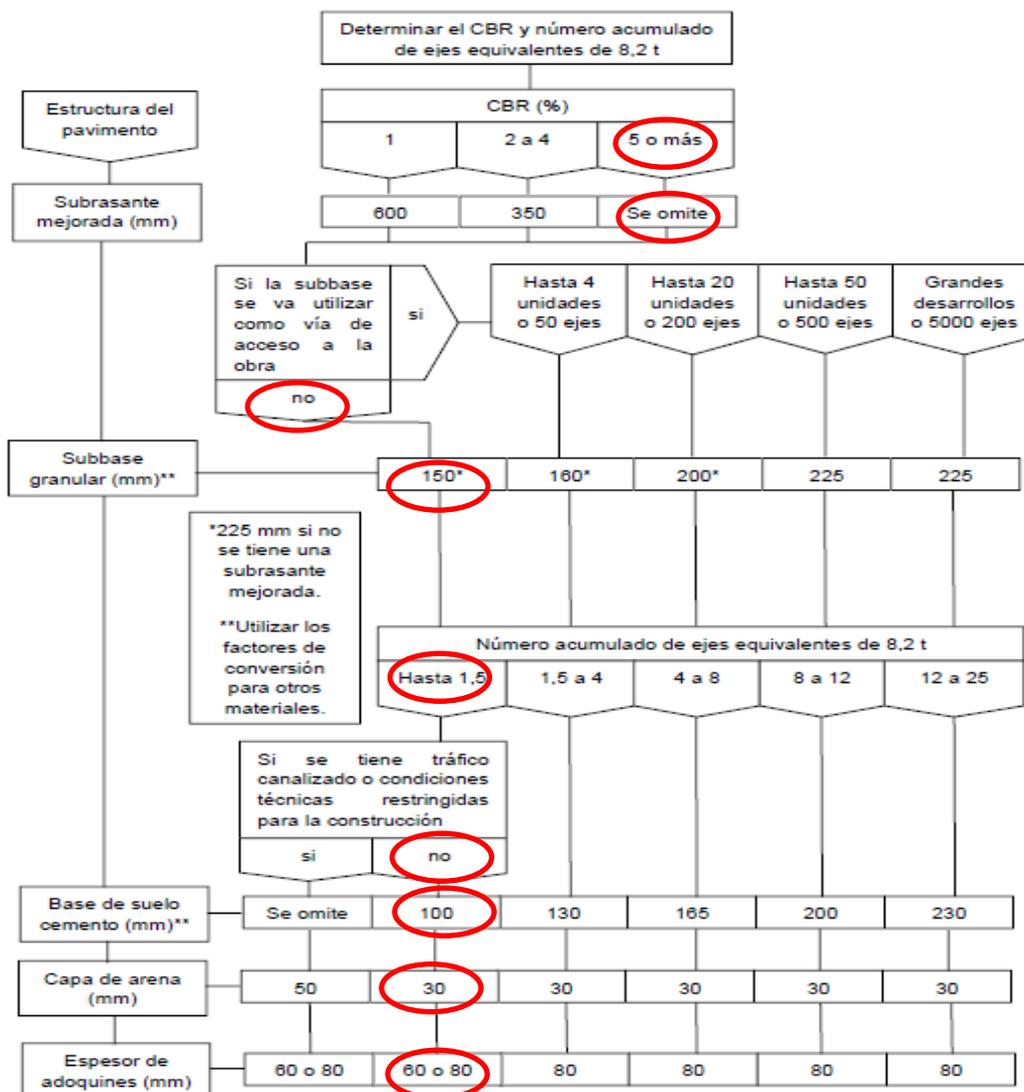


Tabla 3- 11: Procedimiento de diseño para un pavimento articulado para vías. Tomado (Montejo,2002).

Como dato de entrada del diagrama de flujo se requiere el porcentaje de CBR del suelo donde se construirá el pavimento; Se obtuvo un CBR promedio de 17.35% por lo que no se requiere una sub rasante mejorada puesto que este suelo es de buena capacidad.

El diagrama de flujo especifica si la vía se utilizará como acceso a la obra para determinar el espesor de la sub base granular, lo que en este proyecto no aplica, por lo cual el espesor de la sub base será de 150 mm. Ahora el diagrama indica que dependiendo del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas dependerá el espesor de la base de suelo cemento, la capa de arena y los adoquines; En el estudio de tránsito de la vía de la vereda La Candelaria se obtuvo un total de  $0.27 \cdot 10^6$  ejes equivalentes.

Con el número de ejes equivalentes especificados se requiere saber si se contempla en el proyecto un plan de movilidad para canalizar el tráfico, esto con el fin de determinar si se requiere una base de suelo cemento. Como no se realizará una canalización del tráfico, se necesitará una base de suelo cemento cuyo espesor será de 100 mm; el espesor de la capa de arena será de 30 mm y el de los adoquines será de 80 mm. Por tanto, la estructura de pavimento diseñada es:

Capa	Espesor (mm)
Subbase granular	150
Base suelo cemento	100
Cama de arena	30
Adoquín	80

Tabla 3- 12: Estructura de pavimento metodología Alfonso Montejo. Tomado Propio

## 3.8 Diseño de la estructura del pavimento articulado Método Británico

### 3.8.1 Evaluación de subrasante

Para el diseño de un pavimento nuevo basados en el Método Británico, se debe analizar primeramente a subrasante obteniendo el valor de CBR, para este caso contamos con un valor de 17.35%. Los análisis de laboratorio del suelo se encuentran los anexos del presente documento.

### 3.8.2 Vida de diseño

El diseño debe tener en cuenta la cantidad acumulada de tráfico que debe soportar el pavimento, medido en términos de la cantidad de vehículos comerciales por día (cv/d). La Tabla 3-12 muestra la relación entre vehículos comerciales por día y millones de ejes estándar (msa) para vidas de diseño de 20 años y 40 años, en cada caso con crecimiento cero y 2 % de crecimiento en tráfico por año. (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001).

El método británico recomienda una vida útil para la vía de 20 años, con una proyección de crecimiento del 2% en el tráfico, debido que, es una zona rural que tiende al crecimiento social y económico.

Teniendo en cuenta el análisis de tránsito realizado, sabemos que en términos de TPDS (Transito Promedio Diario Semanal) transitan 435 vehículos y dejándolo en términos de TPD (Transito Promedio Diario) lo dividimos por los 7 días de la semana obteniendo 62.14 vehículos diarios. Entonces observando la Tabla 3-12 determinamos que el Trafico Acumulado en la vía será:

Volumen de trafico	Trafico Acumulado			
	Vida de diseño de 20 años		Vida de diseño de 40 años	
	Crecimiento Cero msa	Crecimiento 2% msa	Crecimiento Cero msa	Crecimiento 2% msa
30	0.2	0.3	0.4	0.6
120	0.8	1	2	3
250	2	3	6	9
500	6	8	15	22
1000	16	22	-	-

Tabla 3- 13: Relación entre vehículos comerciales por día y el número de ejes estándar para vidas de diseño de 20 años y 40 años a tasas de crecimiento de 0% y 2% por año. Tomado (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001).

Como el valor para 62.14 vehículos diarios no se encuentra, se realiza una interpolación esperando entonces un Trafico Acumulado de 0.5 msa durante su vida útil de 20 años.

Tomando las recomendaciones propuestas por el BS 7533-1 y esperando velocidades de más de 50 km/h el literal 4.2 (b) especifica que el valor de Trafico Acumulado calculado

debe multiplicarse por dos (2) para efectos de cargas dinámicas, es decir, que el Trafico Acumulado será de 1 msa.

### 3.8.3 Subbase granular

Para establecer el valor de la capa de subbase se debe saber si va a ser usada como vía de acceso, para así colocar una subrasante de mejora, para este caso, la vía no va a ser utilizada como vía de acceso por lo que no necesitara de una subrasante de mejora para tránsito vehicular. Es por esto que se utilizara la Figura 2(b) del BSI, representada en la figura 3-17:

Inicio								
Determinación del diseño con el índice de CBR y números de ejes estándar usando subbase como una vía de acceso								
Diseño de fundación opción 2(b)								
Valor del índice de CBR	2% o menos	>2% - <3%	≥3% - <4%	≥4% - <5%	≥5 - <10%	≥10% - <15%	≥15% - <30%	30% o mejor
Sin trafico	Figura 2(a)	170	150	150	150	150	150	0
Hasta 4 viviendas o 2000 m2 comerciales o ejes estándar	Figura 2(a)	250	190	160	150	150	150	0
Hasta 20 viviendas o 2000 sa	Figura 2(a)	310	240	210	180	150	150	0
Hasta 50 viviendas o 5000 m2 comerciales o 500 sa	Figura 2(a)	350	270	230	200	160	150	0
Hasta 80 viviendas o	Figura 2(a)	400	310	270	225	180	150	0

8000 m2 comerciales o 1000 sa								
Gran desarrollo o 5000 sa	Figura 2(a)	450	350	310	270	240	225	0
Ir a la Figura 3 para el Diseño Estructural								

Figura 3- 17: Procedimiento de diseño para un pavimento nuevo. Tomado (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001).

Según el análisis de tráfico acumulado en el literal 3.8.2. nos arroja un valor de 1 msa, es decir, va a ser una estructura de gran desarrollo y tiene mas de 5000 ejes estándar, junto con un índice de CBR de la subrasante de 17.35%. Con esto tenemos que el valor de la capa de subbase será de 225 mm.

### 3.8.4 Base suelo cemento, cama de arena y adoquín.

Interpretando lo planteado en el literal 5.3.5 de la BS 7533-1, nos dice que la capa de base de la vía se utilizara un material aglutinado con cemento (CBM) o bien un macadam bituminoso denso (DBM).

Para la cama de arena estipula un espesor de 30 mm para cualquier concepto y para espesores de adoquines se encuentran entre espesores de 50 mm, 60 mm, 65 mm u 80 mm.

Entonces después de evaluar la subrasante, estipular un periodo de diseño, determinar el tráfico acumulado en msa, podemos pasar a definir la estructura de pavimento analizando la Figura 3 del BSI, para este caso la figura 3-18:

Diseño para cualquiera de las tablas 2(a) o 2(b)				
Agregar cimientos a la estructura del pavimento determinado de la siguiente manera				
¿Alguna de las condiciones del literal 4.2 aplica? Si es así, aplicar los factores propuestos de 4.2 (a) a (c)				
Determinar los ejes estándar del tráfico acumulado (msa) para el diseño				
Diseño msa	0.5 a 1.5	>1.5 a 4	>4 a 8	>8 a 12
Espesor de base CBM 3(mm)	130	160, 150, 145 o 130	195 o 180	245 o 230
o				

Espesor de base Macadam bituminoso denso (mm)	130	160,150,145 o 130	170 o 155	185 o 175
Capa de tendido (mm)	30	30	30	30
Espesor de adoquines (mm)	50, 60, 65 o 80	50, 60, 65 o 80	65 o 80	65 o 80
Fin				

Figura 3- 18: Procedimiento de diseño para un pavimento nuevo – Diseño estructural para base y superficie. Tomado (British Standard Institution. BSI 7533-1:2001)

Con el análisis de las variables anteriores obtenemos la siguiente estructura de pavimento:

Capa	Espesor (mm)
Subbase granular	225
CBM 3 Base suelo cemento	130
Cama de arena	30
Adoquín	80

Tabla 3- 14: Estructura de pavimento Método Británico. Tomado Propio.

### 3.9 Presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se tomaron los precios establecidos para la mano de obra, equipos y materiales en la cartilla Análisis de Precios Unitarios de Referencia Regionalizados 2022-1 para la seccional Huila-Norte, donde se encuentra el municipio de Campoalegre; para la construcción del pavimento articulado de una vía de 5 metros de ancho con 1470 metros de largo, se realizó primero las respectivas memorias de cantidades y después el análisis de precios unitarios como se evidencia en los anexos del presente documento, para este proyecto obtuvimos dos presupuestos uno para el diseño basados en la metodología del Ing. Alfonso Montejo y otro del Método Británico.

## 3.9.1 Presupuesto general metodología Ing. Alfonso Montejo.

		<b>MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA PRESUPUESTO</b> <b>PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA"</b> <b>METODO DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"</b>			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7350,00	\$ 250	\$ 1.837.500,00
2,1	RELLENO DE SUB-BASE	M3	1102,5	\$ 69.865	\$ 77.026.162,50
2,2	BASE DE SUELO CEMENTO	M3	735	\$ 137.251	\$ 100.879.485,00
2,3	CAPA DE ARENA	M3	220,5	\$ 63.177	\$ 13.930.528,50
3,1	CAPA DE ADOQUINES	M2	7350	\$ 71.716	\$ 527.112.600,00
4,1	CAÑUELA EN CONCRETO	ML	2940	\$ 24.910	\$ 73.235.400,00
<b>ADMINISTRACION (18%)</b>					\$ 142.923.901,68
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>					\$ 15.880.433,52
<b>UTILIDADES (5%)</b>					\$ 39.701.083,80
<b>VALOR TOTAL</b>					\$ 992.527.095,00

Tabla 3- 15: Presupuesto general metodología Ing. Alfonso Montejo. Tomado propio.

## 3.9.2 Presupuesto general Método Británico.

		<b>MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA PRESUPUESTO</b> <b>PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA"</b> <b>METODO BRITANICO</b>			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7350,00	\$ 250	\$ 1.837.500,00
2,1	RELLENO DE SUB-BASE	M3	1653,75	\$ 69.865	\$ 115.539.243,75
2,2	BASE DE SUELO CEMENTO	M3	955,5	\$ 137.251	\$ 131.143.330,50
2,3	CAPA DE ARENA	M3	220,5	\$ 63.177	\$ 13.930.528,50
3,1	CAPA DE ADOQUINES	M2	7350	\$ 71.716	\$ 527.112.600,00
4,1	CAÑUELA EN CONCRETO	ML	2940	\$ 24.910	\$ 73.235.400,00
<b>ADMINISTRACION (18%)</b>					\$ 155.303.748,50
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>					\$ 17.255.972,06
<b>UTILIDADES (5%)</b>					\$ 43.139.930,14
<b>VALOR TOTAL</b>					\$ 1.078.498.253,44

Tabla 3- 16: Presupuesto general Método Británico. Tomado propio.

# Capítulo 4

## 4. Análisis de resultados

Según los estudios realizados a las muestras de suelo extraídas de los apiques se determinó que la subrasante donde se construirá el pavimento articulado es de buena capacidad, estos apiques se realizaron hasta una profundidad de 1.7 m , donde en el primero se obtuvo una arena limosa (SM) con un CBR de 21.8% y del segundo una arena limoarcillosa (SM-SC) con un CBR de 12.9%, lo que los autores del libro “Pavimentos, materiales, construcción y diseño” especifican como un material óptimo para una 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

Tabla 4- 1: Clasificación del suelo de acuerdo con el CBR. Tomado (Rondón H.A; & Reyes F.A. 2015)

Como se observa en la tabla anterior, de los dos apiques se obtuvo un CBR más que ideal para una sub rasante, pudiendo inclusive usarse como material de afirmado para otra obra.

Del estudio de tránsito se determinó que la vía posee un bajo volumen de tránsito y la clasificación de vehículos en su totalidad no sobrepasa del C4, lo que se traduce en una reducida cantidad de ejes equivalentes a los que se someterá el pavimento. El bajo volumen de tránsito se debe a que es una vía terciaria que no tiene continuidad hacia otro municipio o vereda; Esta vía solo comunica al municipio de Campoalegre con la vereda La Candelaria.

Una vez determinados los parámetros requeridos para el diseño de la estructura del pavimento articulado, los cuales son el porcentaje de CBR de la subrasante y el número de ejes equivalentes obtenido del estudio de tránsito, se procede a establecer los espesores del pavimento según la metodología del Ing. Alfonso Montejo.

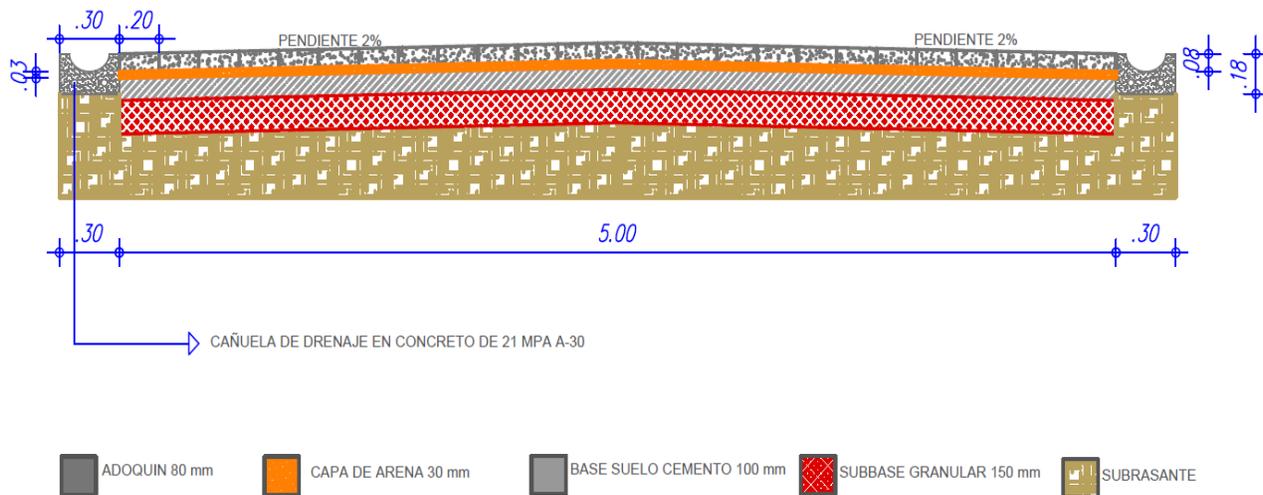


Figura 4- 1: Estructura de pavimento articulado metodología Ing. Alfonso Montejo. Tomado propio.

La estructura del pavimento consiste en una serie de capas de adoquín, arena, cemento y una de subbase granular sobre la subrasante que soportaran la carga producida por los vehículos que transitan por la vía. Los espesores obtenidos fueron:

Espesores de Capa	
Capa	Espesor
Adoquín	80 mm
Capa de arena	30 mm
Base suelo cemento	100 mm
Subbase granular	150 mm

Tabla 4- 2: Espesores de capa metodología Ing. Alfonso Montejo. Tomado Propio.

El bajo volumen de tránsito y la buena capacidad de la subrasante redujo considerablemente los espesores de la estructura del pavimento, disminuyendo así el gasto en materiales y consecutivamente el valor del presupuesto del proyecto. El costo en pesos colombianos para ejecutar el proyecto según el presupuesto realizado es de \$992.527.095 pesos colombianos.

Para el Método Británico se toma el mismo valor del porcentaje de CBR utilizado en la metodología anterior, estipulando que para su vida de diseño la vía tendrá un tráfico acumulado de 1.0 msa (millones de ejes equivalentes). Con el valor establecido del CBR el cual fue de 17.35% que corresponde a una sub rasante de buena capacidad, no se consideró necesario el uso de una subrasante mejorada; Siguiendo la metodología, la estructura del pavimento articulado tendrá una subbase de 225 mm de espesor, puesto que la vereda corresponde a una zona de gran desarrollo. Para el resto de la estructura de la vía es importante el análisis del tráfico acumulado, debido que las capas siguientes reciben en mayor proporción los esfuerzos producidos por el paso de vehículos y uso de la vía, proponiendo así, una capa de base de suelo cemento de 130 mm, una cama de arena para tendido de los adoquines de 30 mm y un espesor de adoquines de 80 mm.

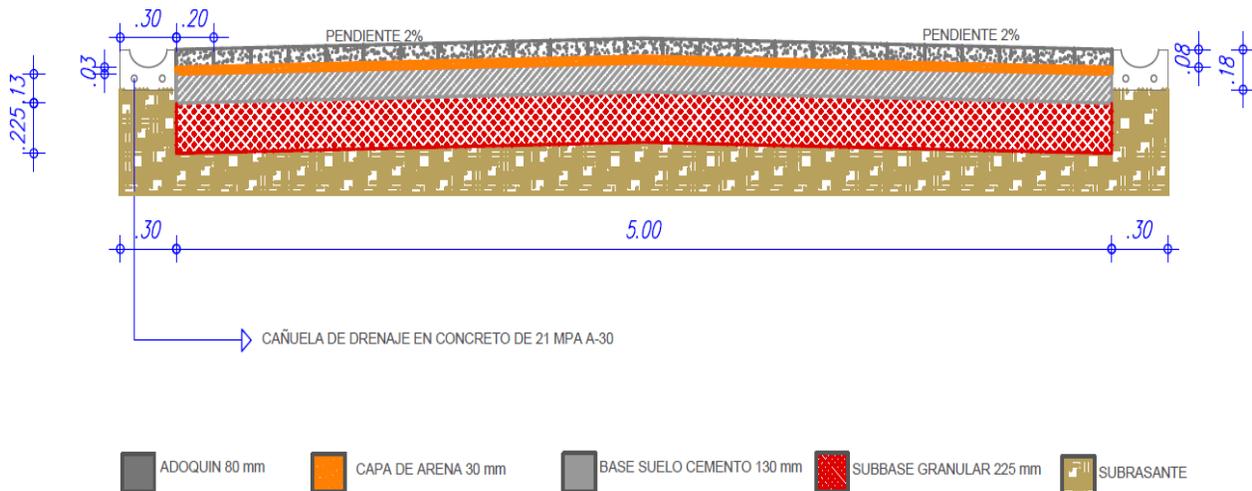


Figura 4- 2: Estructura de pavimento articulado Método Británico. Tomado propio.

Espesores de Capa	
Capa	Espesor
Adoquín	80 mm
Capa de arena	30 mm
Base suelo cemento	130 mm
Subbase granular	225 mm

Tabla 4- 3: Espesores de capa Método Británico. Tomado Propio.

Para este método se considera unos ejes equivalentes más elevados que la metodología de Alfonso Montejo, por lo que en los espesores de capa de Subbase y Base son mayores,

aumentando el costo de los materiales y obteniendo un presupuesto de \$1.078.498.253 pesos colombianos.

Contemplando una comparativa de precios para pavimento asfáltico y articulado según la cartilla de Análisis de Precios Unitarios de Referencia Regionalizados 2022-1, se evaluarán los precios para pavimentar 1 km de vía con un ancho de 6m con cada tipo de pavimento. Para determinar el valor del pavimento flexible se debe de determinar primero su espesor, conociendo que el TPD existente es de  $0.271 \times 10^6$  ejes equivalentes y basados en la literatura de Alfonso Montejo sabemos que los espesores mínimos para un pavimento flexible son:

Espesores mínimos (pulg)		
No. de ejes equivalente (millones)	Concreto asfáltico	Base granular
<0.05	1.0 o TSD	4
0.05-0.15	2.0	4
0.15-0.50	2.5	4
0.50-2.00	3.0	6
2.00-7.00	3.5	6
>7.00	4.0	6

Tabla 4- 4: Espesores mínimos para concreto asfáltico. Tomado (Montejo, 2002)

Como mínimo debe existir un espesor de 2.5 pulg, es decir, 6.35 cm. Entonces para determinar el volumen necesario de pavimento asfáltico se hará el siguiente procedimiento:

$$\text{Volumen de asfalto} = \text{Longitud via} * \text{Ancho via} * \text{Espesor de asfalto}$$

$$\text{Volumen de asfalto} = 1000m * 6m * 0.0635m = 0.381 m^3$$

Ahora teniendo en cuenta los análisis de precios unitario del INVIAS para la región norte del departamento del Huila, 1m<sup>3</sup> de pavimento asfaltico vale \$ 181.609,55 y para 1 m<sup>2</sup> \$81.225,54.

Costos por 1Km de via				
Material	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Pavimento reciclado en frio en el lugar con emulsión asfáltica	m <sup>2</sup>	6000	\$81.225,54	\$487.352.240,00
Pavimento de adoquines en concreto	m <sup>2</sup>	6000	\$111.936,05	\$671.616.300,00

Tabla 4- 5: Costos por 1 Km de vía de 6 mts de ancho en emulsión asfáltica y articulado. Tomado Propio.

El pavimento flexible es más económico que el pavimento articulado, pero se debe tener en cuenta que su aplicabilidad se ve reducida, un ejemplo claro seria la implementación de este tipo de pavimento en vías terciarias donde la pendiente sea escarpada y el ancho de la vía sea muy reducido, lo cual impediría el ingreso de la maquinaria especializada para dicho tipo de pavimento. Se debe tener en cuenta también los impactos negativos que ocasionaría el material del pavimento flexible y sus elevados costos de mantenimiento. En esto radica los beneficios de implementar un pavimento articulado en una vía terciaria puesto que genera menos impacto al medio ambiente, su costo de mantenimiento es bastante bajo a comparación del pavimento flexible y este mantenimiento puede realizarlo cualquier persona debido a la simpleza de su estructura y funcionamiento.

# Capítulo 5

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- La infraestructura vial en Colombia se caracteriza por la construcción en su mayoría de estructuras de pavimento flexible y rígido, la primera tiene un costo inicial bajo pero un mantenimiento constante que sin importar lo que se economizó en el proceso constructivo inicial, se verá reflejado en los procesos de mantenimiento y reparación en el tiempo; por otro lado el pavimento rígido, tiene un costo alto al inicio de su construcción, pero al utilizar material de concreto que es muy resistente a la abrasión de llantas y aplicación de cargas por la solidez ofrecida por el concreto reforzado que lo conforma no se verá afectado mayormente por el mantenimiento.

Entendiendo esto, el pavimento articulado destaca entre estos dos tipos de construcción vial tradicional, porque combina las dos formas en sus propiedades estructurales, pues es capaz de actuar como un pavimento flexible porque los adoquines forman una especie de celdas adaptándose al terreno donde es construido y al paso de los vehículos, distribuyendo todas las cargas que pueden llegar a ser aplicadas por los vehículos que transitan por ella, por otra parte, el adoquín de concreto brindará la resistencia descrita anteriormente para el pavimento rígido, pues ofrecen todas las características de soporte a la compresión, abrasión y aplicación de cargas que soporta el concreto, sin la necesidad de ser reforzado con acero. Una característica especial del pavimento articulado es que permite disipar las cargas ejercidas por su gran cantidad de juntas que actúan como dilataciones que permiten la deformación de la capa de rodadura sin perder su condición inicial. Como otro punto favorable del pavimento articulado es la facilidad de su mantenimiento puesto que sólo

consiste en reemplazar la pieza que se encuentre fracturada, desquebrajada, etc., en este caso el adoquín puede ser conseguido en una ferretería y su instalación no requiere de un personal especializado ni de algún tipo de maquinaria en específico.

- La construcción de una vía con una estructura articulada, expone varias ventajas, pues se compone primeramente de dos capas (base y carpeta de rodadura), es decir, permitirá un proceso constructivo más rápido, una menor utilización de material y por ende costos bajos. Para el diseño de la estructura articulada, se hizo una evaluación del suelo de terreno natural que se encuentra en la zona, para conocer la caracterización y capacidad portante del suelo, mediante ensayos de laboratorio, teniendo mayor relevancia el porcentaje de CBR basados en la metodología llevada a lo largo del documento, este permite saber el comportamiento como subrasante del suelo y es el primer parámetro de diseño expuesto para determinar los espesores de la estructura. Como segundo parámetro se proyectaron los ejes equivalentes que va a soportar con el paso del tiempo mediante un TPD, basado en una clasificación y categorización vial, dependiendo del tipo de vehículos que transitan en la vereda La Candelaria, determinando con estos dos parámetros la selección de espesores tomada en cuenta, en el diagrama de flujo propuesto por Alfonso Montejo para diseño de estructura de pavimento articulado, dando como resultado el siguiente perfil típico la estructura articulada :

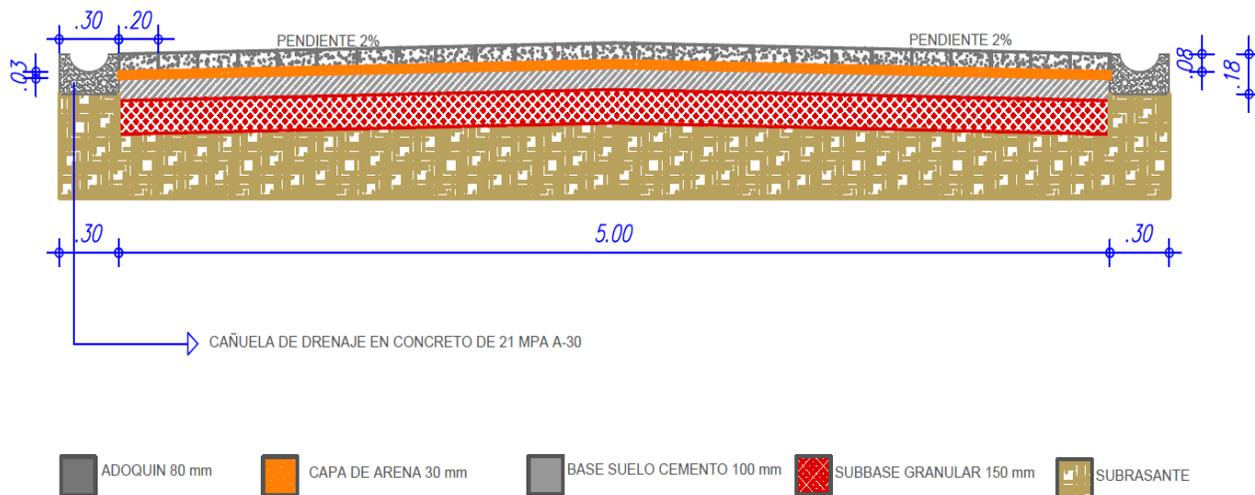


Figura 5- 1: Estructura de pavimento articulado Ing. Alfonso Montejo. Tomado propio.

•En la estructuración del Método Británico para la construcción de un pavimento articulado, se tienen en cuenta variables como la evaluación de la subrasante, la vida diseño, vehículos comerciales diarios, tráfico acumulado, ejes equivalentes que pasaran por la vía, esto nos permite obtener una estructura de pavimento que garantiza una vida útil aproximada de 20 años, que será capaz de resistir 1 msa (millón de ejes equivalentes) en su vida de diseño, igualmente, el análisis de la subrasante otorga un material de buena capacidad que ayudara a soportar las cargas infligidas por el tráfico vehicular y por lo cual no será necesario una capa de mejoramiento para la subrasante, reduciendo costos en la ejecución del proyecto. Con el análisis de todas las variables mencionadas y siguiendo las recomendaciones británicas, se diseñó una estructura de pavimento resistente y capaz para el uso diario de la comunidad de la vereda La Candelaria que resistirá la intervención humana y ambiental.

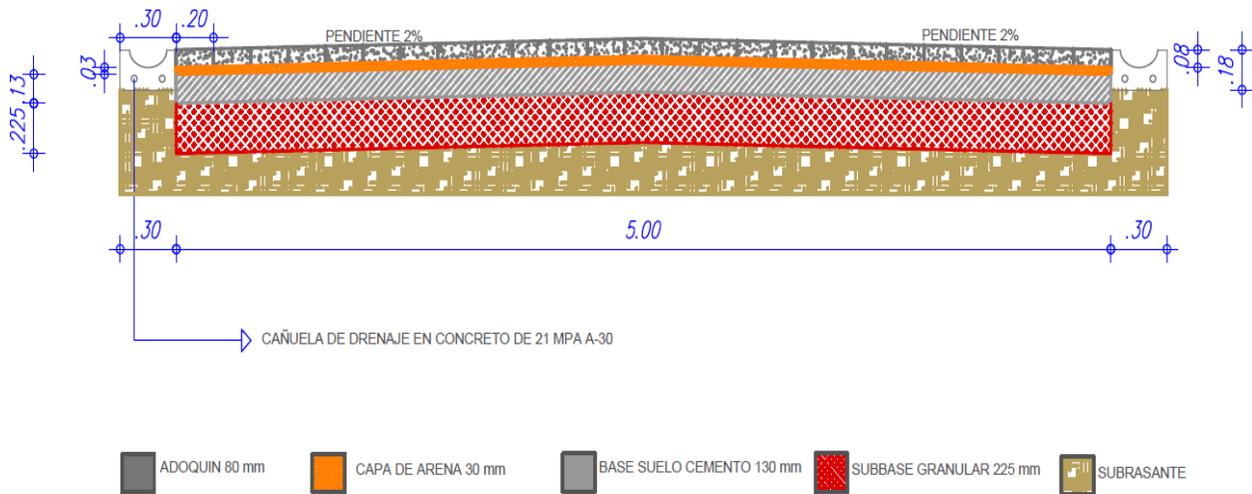


Figura 5- 2: Estructura de pavimento articulado Método Británico. Tomado Propio.

- El pavimento articulado, aunque tenga facilidades de construcción y alta duración en el tiempo, si se diseña sin una base que soporte las cargas terminará por hundirse, además si se colocan unos adoquines de mala calidad se empezara a dejar descubierta la base y estará expuesta a daños considerables en su estructura principal. La determinación de los espesores se hizo basado en literatura real que pasó del empirismo al conocimiento básico de cómo deben ser las condiciones mínimas para tener un pavimento de calidad que soporte las necesidades y condiciones a la que será sometida la estructura. Por este motivo, el diseño de este pavimento articulado cuenta con un estudio previo de estado actual de la vía, la localización del proyecto, estudios de laboratorio para identificación del suelo, análisis del transporte promedio diario, diseño de espesores y selección de materiales mediante una metodología que se basa en lo propuesto el INVIAS, Método Británico y el Ing. Alfonso Montejo que soportan y garantizan el buen diseño de la estructura de pavimento propuesta.

- Una vez elaborado el diseño con el respectivo presupuesto de cada método, se determinó que el método del Ing. Alfonso Montejo es más económico comparado con el Método Británico, puesto que, se empleara menos material, maquinaria y equipos. Las dos teorías exponen un método específico para el diseño de un pavimento articulado, su diferencia se radica en la forma de analizar la cantidad de ejes equivalentes sobre la vía, pues el Método Británico tiene unas consideraciones especiales sobre la velocidad de los vehículos en la

capa de rodadura, porque interpreta que habrán más cargas al esperar velocidades mayores a 50 km/h.

- El pavimento articulado puede ser una alternativa favorable para el mejoramiento de vías terciarias donde los volúmenes de tránsito son bajos y se requiere mejorar la calidad de vida de las zonas rurales. Además, este tipo de pavimento ofrece un gran atractivo visual que favorece a proyectos turísticos, los cuales han alcanzado gran auge en los últimos años en el departamento del Huila.
- El suelo donde se ejecutará el proyecto de construcción de un pavimento articulado en la vereda La Candelaria es de buena capacidad, teniendo un elevado porcentaje de CBR lo que reduce en costos la ejecución del proyecto, puesto que disminuye considerablemente los espesores de las capas que componen el pavimento.

## 5.2 Recomendaciones

- Para mantener, proteger y garantizar la durabilidad del diseño propuesto se debe, priorizar los materiales de la mayor calidad y amparados por la normatividad NTC para los concretos y INVIAS para los granulares, del mismo modo, seguir las recomendaciones existentes de construcción de vías en el país, utilizarla para la proyección de vehículos de la cual se hizo el estudio y no cambiar su prioridad, igualmente, seguir las recomendaciones propuestas por el INVIAS para su construcción.

Los materiales granulares que se emplean en los diseños de cada metodología deben cumplir con unas especificaciones establecidas que dependen de su porcentaje de CBR.

- Si se desea cambiar la categoría de la vía a una más importante, se puede seguir el mismo procedimiento expuesto; teniendo en cuenta, que variarán las proyecciones y tipos de vehículos que puedan pasar, aumentando el número de ejes equivalentes, también los espesores, cantidades de material y alguna consideración especial como lo son bahías de servicio y/o trabajos de ornato y estabilidad más especializadas que deberán tener un estudio aparte.
- Para la ejecución de este proyecto se recomienda utilizar la metodología de Alfonso Montejo porque requiere de una menor inversión económica y la sub rasante ofrece una

buena capacidad, lo cual disminuye el número de capas necesarias. Esto está respaldado por la literatura e investigaciones que sirvieron como referencia para la elaboración del diseño, que establecen que para un pavimento articulado es suficiente la instalación de base y capa de arena cuando se tiene una sub rasante con alto porcentaje de CBR.

# Bibliografía

*Alcaldía Municipal de Campoalegre. (2005). "PBOT Campoalegre-Huila". Campoalegre. Colombia.*

*Allen, J., Arias, E., Vargas, C., & Ureña, A. (2020). Factores camión para diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica: Análisis histórico en el periodo 2007-2017. Revista Infraestructura Vial.*

*Arenas Lozano H.L. (2015) "Introducción a la tecnología de los pavimentos". Calameo. <https://es.calameo.com/books/00282282786719abcdcf2>*

*Barreto Cedeño Sh.L., Banguera Garces J., & Córdova Rizo J. "Análisis comparativo de ejes equivalentes obtenidos mediante método AASHTO 93 y los proporcionados por pesaje en balanza fija de vehículos". Universidad de Guayaquil. Revista Universidad y Sociedad. Guayaquil. Ecuador.*

*British Standard Institution (BSI 7533-1:2001) (2001a). Guide for the structural design of heavy duty pavements constructed of clay pavers or precast concrete paving blocks. British Standard Institution: London, UK.*

*British Standard Institution (BSI 7533-2:2001) (2001b). Guide for the structural design of lightly trafficked pavements constructed of clay pavers or precast concrete paving blocks. British Standard Institution: London, UK.*

*Bohorquez N.J., Camacho Torres N.Y. (2012). "Pavimento centro poblado y al Monumento Histórico de Puente Boyacá". L'esprit Ingénieux. Colombia.*

*Carazas Aguilar K.N., & Grabiél León I.E. (2021) “Diseño estructural del pavimento ubicado en la prolongación Calle 50 y Calle Ricardo Palma, Alto Trujillo – El Porvenir – La Libertad”. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú.*

*Chango Acurio A.R., Zambrano Cruzatty L.E., Loayza Jaramillo X.E., & Santos Baquerizo E. (2012) “Diseño de pavimentos articulados para el proyecto Sector 3 en la ciudad de Guayaquil, con la aplicación del programa PAVEMENTSOFT”. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador.*

*Concreteira Total., & ICPC. “Construcción de pavimentos de adoquines de concreto”. Nicaragua.*

*Delgado Cañon Y.Y; & Murcia Pinilla A. (2021) “Guía para la construcción vial sostenible a través de la implementación del pavimento descontaminante ECO-GRANIC, en Guachetá-Cundinamarca”. Universidad Santo Tomas. Bogotá. Colombia.*

*Escobar Bellido L., & Huincho Ochoa J. (2017). “Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017”. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica. Perú.*

*Escandón Calle C.A. (2016) “Estudios geotécnicos y diseño de pavimento articulado para el acceso a la hacienda “El Gullan” – La Paz, perteneciente a la universidad del Azuay”. Universidad del Azuay. Cuenca. Ecuador.*

*Franco Villanueva J.L., & Vargas Lobatón M.W. (2021). “Análisis comparativo entre el diseño estructural del pavimento flexible, rígido y articulado en el sector Villa Judicial – Distrito de Huanchaco – Trujillo – La Libertad”. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo. Perú.*

*Fuerte Lozano R.C.; & Romero Rivera J.A. (2020). “Construcción y análisis de una pista de prueba en pavimento articulado implementando el “adoquín avanzado” en la región de Alto Magdalena”. Universidad Piloto de Colombia. Girardot. Colombia.*

*Garcia de la Espriella M.J. (2020). "Estudio de factibilidad para la construcción de pavimento articulado Puerto Libertador, Córdoba". Universidad Piloto de Colombia. Bogotá. Colombia.*

*Gomez Vallejos Susan J. (2014). "Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau-Trujillo-La Libertad". Universidad Privada Antenor Orrego. Perú.*

*Hernandez Cepeda Y.B. (2018). "Pavimentos de adoquines de concreto una solución ambiental en la construcción de infraestructura vial colombiana". Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá. Colombia.*

*Instituto del cemento y del Hormigón de Chile (2013). "Manual de diseño de pavimentos de adoquines de hormigón". Santiago de Chile. Chile.*

*Instituto Nacional de Vías (2022). "Análisis de Precios Unitarios de Referencia Regionalizados 2022-1". Dirección Técnica y de Estructuración Subdirección de Planificación de Infraestructura. Bogotá. Colombia.*

*Knapton J., & Barber S.D. (1980). "UK research into concrete block pavement design". University of Newcastle. England.*

*Munera Miranda J.C., & Aguiar Moya J.P. (2020). "Estimación del módulo resiliente para materiales granulares de Costa Rica". Universidad de Costa Rica. Costa Rica.*

*Mendoza Donoso J.I; & Solorzano Sanchez M.G.(2018). "Evaluación comparativa de los ejes equivalentes de los vehículos que circulan por la vía Durán-Bolicho obtenidos de los registros de la estación de peaje "Bolicho" pesados mediante la metodología mecanicista WIM y los determinados por el método AASHTO-93". Guayaquil. Ecuador.*

*Montejo Fonseca Alfonso (2002). "Ingeniería de pavimentos para carreteras". Colombia.*

*Ministerio de Transporte de la República (2011). "Guía para realizar la categorización de la red vial nacional". Bogotá. Colombia.*

*Patillo Juan (1990) “Diseño estructural de pavimento flexible”. Universidad de Chile. Santiago de Chile. Chile.*

*Rondon Quintana H.A; & Reyes Lizcano F.A. (2015). “Pavimentos, materiales, construcción y diseño”. Ecoe Ediciones. Bogotá. Colombia.*

*Rubio Fuentes J.L; & Apaico Pinedo A.J. (2020). “Diseño de un pavimento articulado para mejorar infraestructura vial del Pueblo Joven La Unión; 10km, Pomalca – Chiclayo”. Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo. Perú.*

*Sanchez Castillo X.A. (2003). “Diseño de pavimentos articulados para tráfico medio y alto”. Universidad de Los Andes. Bogotá. Colombia.*

*Sáenz Hamon K. (2019). “Diseño de la estructura de pavimento flexible aplicando el método AASHTO 93 para la vía aeropuerto El Eden – Club Campestre – Armenia en el departamento del Quindío en el K 2+000 al K 6+100”. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá D.C. Colombia.*

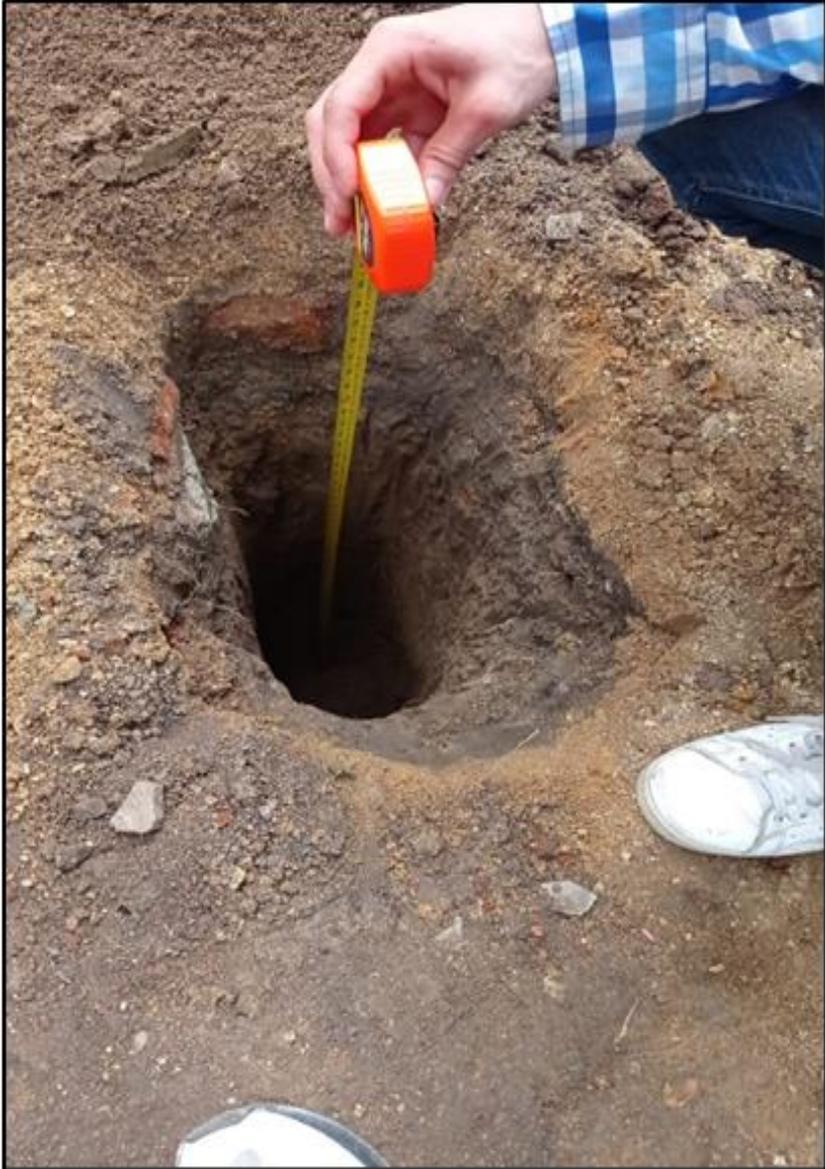
*Schackel B., & Lim D.O.O. (2003). “Mechanisms of paver interlock”. University of New South Wales. Australia.*

*Van der Vlist A.A. (1980). “The development of concrete paving blocks in The Netherlands”. Verkoopassociatie Nederlands Cement. Netherlands.*

# ANEXO 1. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS









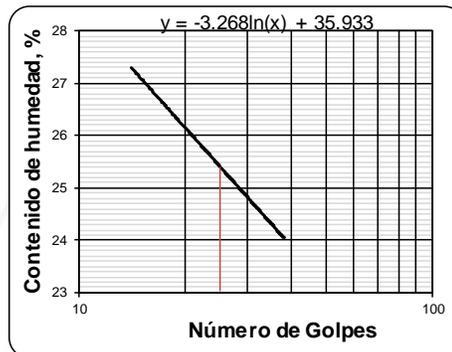
# ANEXO 2. ESTUDIOS DE LABORATORIO

### ENSAYOS DE CLASIFICACION

<b>PROYECTO:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.		
<b>LOCALIZACION:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>FECHA:</b>	25/04/2022
<b>DESCRIPCION:</b>	Apique 3 (K0+600) Borde de vía. Prof: 1.70 m - sub-rasante	<b>NORMA:</b>	INV E- 123
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4217

### LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Número de golpes	14	28	38
Recipiente No.	12	11	22
Precipiente+Phúm suelo	36.11	35.87	39.65
Precipiente+Pseco suelo	33.49	33.42	36.63
Pagua	2.62	2.45	3.02
Precipiente	23.89	23.66	24.05
Psuelo seco	9.60	9.76	12.58
Psuelo seco verificado	9.60	9.76	12.58
% Humedad	27.29	25.10	24.01



LIMITE PLASTICO			
Recipiente No.	1	5	
Precipiente+Phúm suelo	34.48	33.77	
Precipiente+Pseco suelo	32.88	32.31	
Pagua	1.60	1.46	
Precipiente	24.57	24.83	
Psuelo seco	8.31	7.48	
Psuelo seco verificado	8.31	7.48	
% Humedad	19.25	19.52	

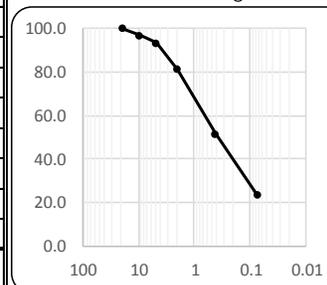
RESULTADOS	CLASIFICACION
LL <u>25.41</u>	AASHTO
LP <u>19.4</u>	U.S.C. <u>SM-SC</u>
IP <u>6.0</u>	% W Natural <u>5.4</u>

**OBSERVACIONES**  
Arena Limo-arcillosa de tonos cafes

### GRANULOMETRIA

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA %
1 1/2"				
1"				
3/4"				100.0
3/8"	89.0	3.1	3.1	96.9
No. 4	103.0	3.6	6.7	93.3
No. 10	352.0	12.3	19.0	81.0
No. 40	848.0	29.6	48.6	51.4
No. 200	799.0	27.9	76.4	23.6
Pasa No. 200	676.0	23.6	100.0	
<b>TOTALES</b>	<b>2867.0</b>	<b>100.0</b>		

P1 2867.0 g.  
P2 2191.0 g.



**ESSUING**  
LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
INGENIERA CIVIL  
ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

### COMPACTACION EN LABORATORIO

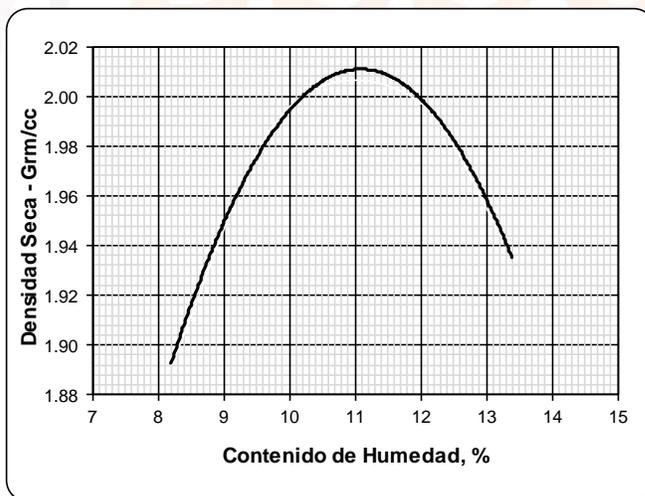
<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campolegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	25/04/2022
<b>LOCALIZACION:</b>	Vda La Candelaria - Campolegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INV-13
<b>DESCRIPCION:</b>	Ap 3 (K0+600) Borde de vía. Prof: 1.70 m - sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-142
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4217

#### DENSIDAD SECA

PRUEBA	1	2	3	4
Agua Añadida (cc)		120	240	360
Peso Molde + Muestra Humeda, gr	8948	9251	9351	9262
Peso Molde, gr	4606	4606	4606	4606
Peso Suelo Humedo, gr	4342	4645	4745	4656
Volumen del Molde, CC	2121	2121	2121	2121
Densidad Humeda, gr/cc	2.047	2.190	2.237	2.195
Humedad, %	8.2	9.9	11.9	13.4
Densidad Seca, gr/cc	1.892	1.993	1.999	1.936

#### HUMEDAD

Capsula No.	1	2	3	4
Peso Capsula + Suelo humedo, gr	202.93	136.22	119.95	187.27
Peso Capsula + Suelo Seco, gr	192.61	129.25	113.68	173.75
Peso cap+Suelo seco verificado	125.80	70.44	52.71	100.90
Peso agua, gr	10.32	6.97	6.27	13.52
Peso Capsula, gr	66.81	58.81	60.97	72.85
Humedad, %	8.2	9.9	11.9	13.4



#### CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

A.A.S.H.T.O.	T 180
A.S.T.M	D 1557

Densidad Max.	2.012
Humedad Optima	11.10%

#### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ESSUING**  
NIT. 1.075.257.437-9  
LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
INGENIERA CIVIL  
ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

Carrera 10 No. 2 - 86

Estadio Urdaneta - Neiva - Huila

321 216 7498 - 313 244 0351

laboratoriosuelos14.essuing@gmail.com



Servicios de Laboratorio de Concreto y Pavimentos.  
Estudios de Suelos, Construcción,  
Consultoría e Interventoría de  
Obras Civiles y Arquitectura.

### ENSAYO CBR METODO I

<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	25/04/2022
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INVIAS-13
<b>DESCRIPCION:</b>	Ap 3 (K0+600) Borde de vía. Prof: 1.70 m - sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-148
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4217

### ENSAYO DE COMPACTACION

Molde No.	4	5	6
Numero de Golpes por Capa	56	26	12
Peso Molde + Suelo Humedo, gr	11040	10764	10482
Peso Molde, gr	5824	5794	5728
Peso Suelo Humedo, gr	5216	4970	4754
Volumen del Molde, cc	2335	2318	2309
Densidad Humeda, gr/cc	2.234	2.144	2.059
Humedad, %	11.2	11.1	11.3
Densidad Seca, gr/cc	2.009	1.930	1.850

### DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE COMPACTACION

Capsula No.	1	2	3
Peso Capsula + suelo humedo, gr	234.98	268.83	194.93
Peso Capsula + suelo seco, gr	218.65	254.99	183.93
Peso Cap + suelo seco verificado	218.65	254.99	183.93
peso agua, gr	16.33	13.84	11.00
peso Capsula, gr	72.85	130.32	86.57
Humedad, %	11.2	11.1	11.3

  
**ESSUING**  
 NIT. 1.075.257.437-9  
 LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
 INGENIERA CIVIL  
 ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
 ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

Carrera 10 No. 2 - 86   
 Estadio Urdaneta - Neiva - Huila  
 321 216 7498 - 313 244 0351   
 laboratoriodesuelos14.essuing@gmail.com 

### ENSAYO CBR METODO I

<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	30/04/2022
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INVIAS-13
<b>MUESTRA:</b>	Ap 3 (K0+600) Borde de vía. Prof: 1.70 m - sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-148
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4217

<b>Molde</b>	4	5	6
<b>No. De golpes</b>	56	26	12
<b>Días de inmersión</b>	5	5	5
<b>Expansión(pulgadas)</b>	0.576-0.566	0.616 - 0.600	0.548 - 0.531
<b>Expansion %</b>	0.20	0.32	0.34

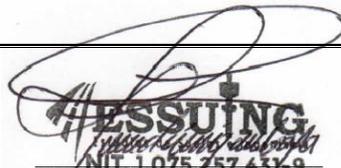
PENETRACION - Pulg	LECTURA Kg.	CARGA Lbs/Pulg2	CBR	LECTURA Kg.	CARGA Lbs/Pulg2	CBR	LECTURA Kg.	CARGA Lbs/Pulg2	CBR
0.025	15.8	11.1		10.6	7.4		10.8	7.6	
0.050	73.8	51.8		52.3	36.7		50.6	35.5	
0.075	171.2	120.1		142.8	100.2		75.6	53.1	
0.100	268.0	188.1	18.81	193.7	135.9	13.59	95.2	66.8	6.68
0.150	429.6	301.5		259.6	182.2		118.8	83.4	
0.200	567.8	398.5	26.56	316.7	222.2	14.82	136.2	95.6	6.37
0.250	693.2	486.5		363.7	255.2		151.4	106.2	
0.300	815.4	572.2		403.6	283.2		163.0	114.4	
0.400	1030.2	722.9		481.5	337.9		185.2	130.0	
0.500	1239.0	869.5		559.2	392.4		205.8	144.4	
<b>Peso saturado</b>	11091			10893			10695		
<b>Humedad penetracion</b>	12.3			14.0			16.3		
<b>Hora de inicio</b>									

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leida a 0,1" \* 100/1000      CBR corregido a 0,1" = 18.8      13.6      6.7  
 CBR a 0,2" = Carga Unitaria leida a 0,2" \* 100/1500      CBR corregido a 0,2" = 26.6      14.8      6.4  
 Diametro Piston      2"

OBSERVACIONES

#### ESPECIFICACIONES INVIAS - 13

Sub Base	Minimo 30%, 30% ó 40%
Base Granular	>80%
Terraplen Suelo Seleccionado	10%

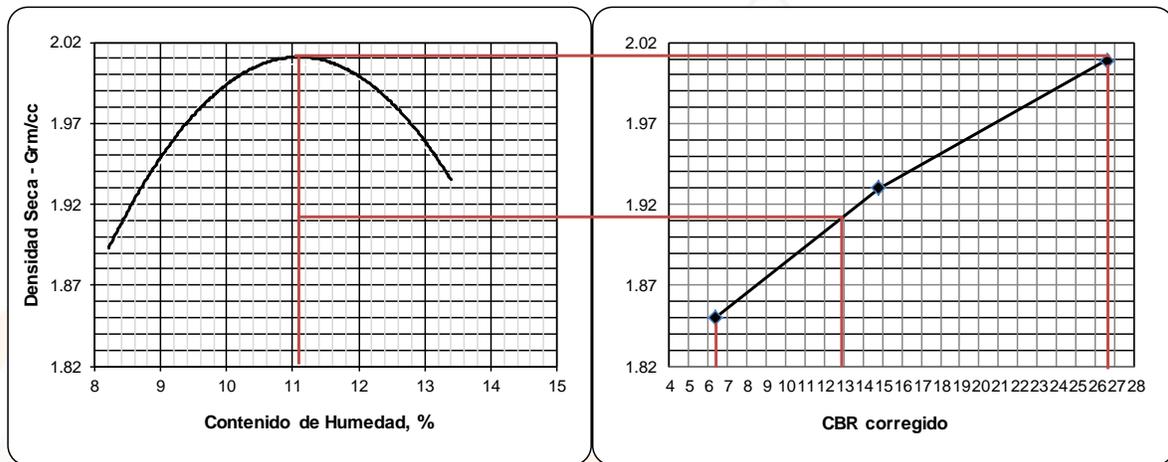
  
**ESSUING**  
 NIT. 1.075.257.437-9  
 LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
 INGENIERA CIVIL  
 ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACION DE VIAS  
 ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS



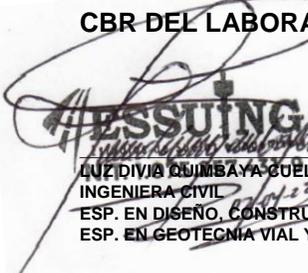
Servicios de Laboratorio de Concreto y Pavimentos.  
 Estudios de Suelos, Construcción,  
 Consultoría e Interventoría de  
 Obras Civiles y Arquitectura.

## ENSAYO CBR METODO I

<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	30/04/2022
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INVIAS-13
<b>MUESTRA:</b>	Ap 3 (K0+600) Borde de vía. Prof: 1.70 m - sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-148
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4217



**CBR DEL LABORATORIO AL 95% DEL PROCTOR MODIFICADO= AL 12.9%**

  
**ESSUING**  
 LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
 INGENIERA CIVIL  
 ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
 ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

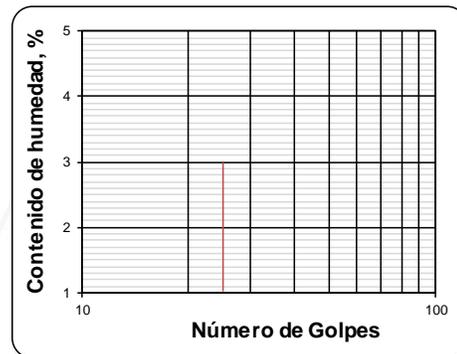
Carrera 10 No. 2 - 86   
 Estadio Urdaneta - Neiva - Huila  
 321 216 7498 - 313 244 0351   
 laboratoriodesuelos14.essuing@gmail.com 

**ENSAYOS DE CLASIFICACION**

<b>PROYECTO:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.		
<b>LOCALIZACION:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>FECHA:</b>	25/04/2022
<b>DESCRIPCION:</b>	Apique 1 (K0+000) Borde de vía. Prof: 1.70 m - Sub-rasante	<b>NORMA:</b>	INV E- 123
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4218

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

LIMITE LIQUIDO				
Número de golpes				
Recipiente No.				
Precipiente+Phúm suelo		<b>NL</b>		
Precipiente+Pseco suelo				
Pagua				
Precipiente				
Psuelo seco				
Psuelo seco verificado				
% Humedad				
<b>LIMITE PLASTICO</b>				
Recipiente No.			<b>NL</b>	
Precipiente+Phúm suelo				
Precipiente+Pseco suelo				
Pagua				
Precipiente				
Psuelo seco				
Psuelo seco verificado				
% Humedad				

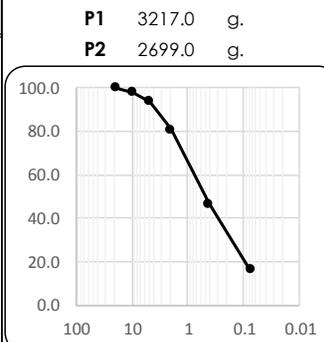


RESULTADOS	CLASIFICACION
LL	NL AASHTO
LP	NP U.S.C.
IP	NP % W Natural
	SM 6.8

**OBSERVACIONES**  
Arena limosa de tonos amarillentos

**GRANULOMETRIA**

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA %
1 1/2"				
1"				
3/4"				100.0
3/8"	68.0	2.1	2.1	97.9
No. 4	135.0	4.2	6.3	93.7
No. 10	421.0	13.1	19.4	80.6
No. 40	1090.0	33.9	53.3	46.7
No. 200	985.0	30.6	83.9	16.1
Pasa No. 200	518.0	16.1	100.0	
<b>TOTALES</b>	<b>3217.0</b>	<b>100.0</b>		



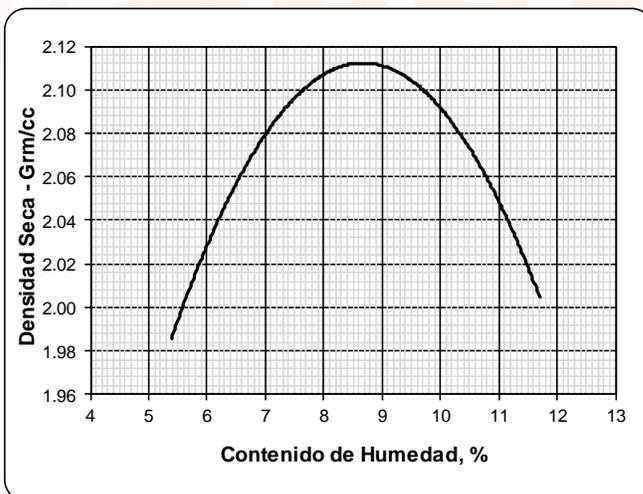
**ESSUING**  
LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
INGENIERA CIVIL  
ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

### COMPACTACION EN LABORATORIO

<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	25/04/2022
<b>LOCALIZACION:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INV-13
<b>DESCRIPCION:</b>	Ap 1 (K0+000) Borde de vía. Prof: 1.70 m - Sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-142
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4218

DENSIDAD SECA				
PRUEBA	1	2	3	4
Agua Añadida (cc)		120	240	360
Peso Molde + Muestra Humeda, gr	9037	9362	9475	9361
Peso Molde, gr	4606	4606	4606	4606
Peso Suelo Humedo, gr	4431	4756	4869	4755
Volumen del Molde, CC	2121	2121	2121	2121
Densidad Humeda, gr/cc	2.089	2.242	2.296	2.242
Humedad, %	5.4	7.1	9.3	11.7
Densidad Seca, gr/cc	1.982	2.093	2.100	2.007

HUMEDAD				
Capsula No.	1	2	3	4
Peso Capsula + Suelo humedo, gr	171.26	165.91	145.74	169.24
Peso Capsula + Suelo Seco, gr	165.34	158.74	138.36	157.90
Peso cap+Suelo seco verificado	165.34	158.74	138.36	157.90
Peso agua, gr	5.92	7.17	7.38	11.34
Peso Capsula, gr	55.51	58.18	59.00	60.98
Humedad, %	5.4	7.1	9.3	11.7



#### CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

A.A.S.H.T.O.	T 180
A.S.T.M	D 1557

Densidad Max.	2.116
Humedad Optima	8.70%

#### OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**ESSUING**  
NIT. 1.075.257.437-9  
LUZ DIVIA QUMBAYA CUELLAR  
INGENIERA CIVIL  
ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

Carrera 10 No. 2 - 86

Estadio Urdaneta - Neiva - Huila

321 216 7498 - 313 244 0351

laboratoriodesuelos14.essuing@gmail.com

### ENSAYO CBR METODO I

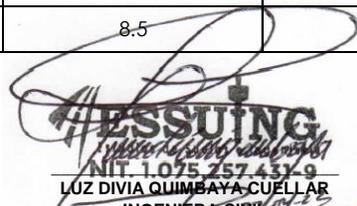
<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	25/04/2022
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INVIAS-13
<b>DESCRIPCION:</b>	Ap 1 (K0+000) Borde de vía. Prof: 1.70 m - Sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-148
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4218

### ENSAYO DE COMPACTACION

Molde No.	1	2	3
Numero de Golpes por Capa	56	26	12
Peso Molde + Suelo Humedo, gr	11087	10863	10776
Peso Molde, gr	5797	5775	5885
Peso Suelo Humedo, gr	5290	5088	4891
Volumen del Molde, cc	2304	2302	2299
Densidad Humeda, gr/cc	2.296	2.210	2.127
Humedad, %	8.5	8.5	8.6
Densidad Seca, gr/cc	2.116	2.037	1.959

### DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE COMPACTACION

Capsula No.	4	5	6
Peso Capsula + suelo humedo, gr	192.85	182.31	185.01
Peso Capsula + suelo seco, gr	182.16	173.23	176.08
Peso Cap + suelo seco verificado	182.16	173.23	176.08
peso agua, gr	10.69	9.08	8.93
peso Capsula, gr	56.38	66.45	72.18
Humedad, %	8.5	8.5	8.6

  
**ESSUING**  
 NIT. 1.075.257.437-9  
 LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
 INGENIERA CIVIL  
 ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
 ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

### ENSAYO CBR METODO I

<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	30/04/2022
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INVIAS-13
<b>MUESTRA:</b>	Ap 1 (K0+000) Borde de vía. Prof: 1.70 m - Sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-148
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4218

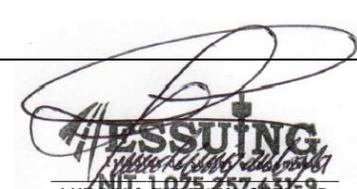
Molde	1			2			3		
No. De golpes	56			26			12		
Días de inmersión	5			5			5		
Expansión(pulgadas)	0,571 - 0,566			0,588 - 0,579			0,600 - 0,590		
Expansion %	0.10			0.18			0.20		
PENETRACION - Pulg	LECTURA Kg.	CARGA Lbs/Pulg2	CBR	LECTURA Kg.	CARGA Lbs/Pulg2	CBR	LECTURA Kg.	CARGA Lbs/Pulg2	CBR
0.025	63.6	44.6		42.6	29.9		22.4	15.7	
0.050	201.6	141.5		123.9	86.9		71.4	50.1	
0.075	332.4	233.3		210.6	147.8		126.6	88.8	
0.100	458.9	322.0	32.20	302.3	212.1	21.21	161.7	113.5	11.35
0.150	710.8	498.8		456.9	320.6		236.6	166.0	
0.200	876.3	614.9	41.00	565.8	397.0	26.47	279.9	196.4	13.09
0.250	1023.4	718.2		662.2	464.7		322.8	226.5	
0.300	1145.8	804.1		733.0	514.4		377.4	264.8	
0.400	1376.4	965.9		865.1	607.1		443.6	311.3	
0.500	1543.2	1082.9		970.4	681.0		516.6	362.5	
Peso saturado	11115			10955			10980		
Humedad penetracion	9.1			10.5			13.1		
Hora de inicio									

CBR a 0,1" = Carga Unitaria leida a 0,1" \* 100/1000      CBR corregido a 0,1" =      32.2      21.2      11.3  
 CBR a 0,2" = Carga Unitaria leida a 0,2" \* 100/1500      CBR corregido a 0,2" =      41.0      26.5      13.1  
 Diametro Piston      2 "

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

#### ESPECIFICACIONES INVIAS - 13

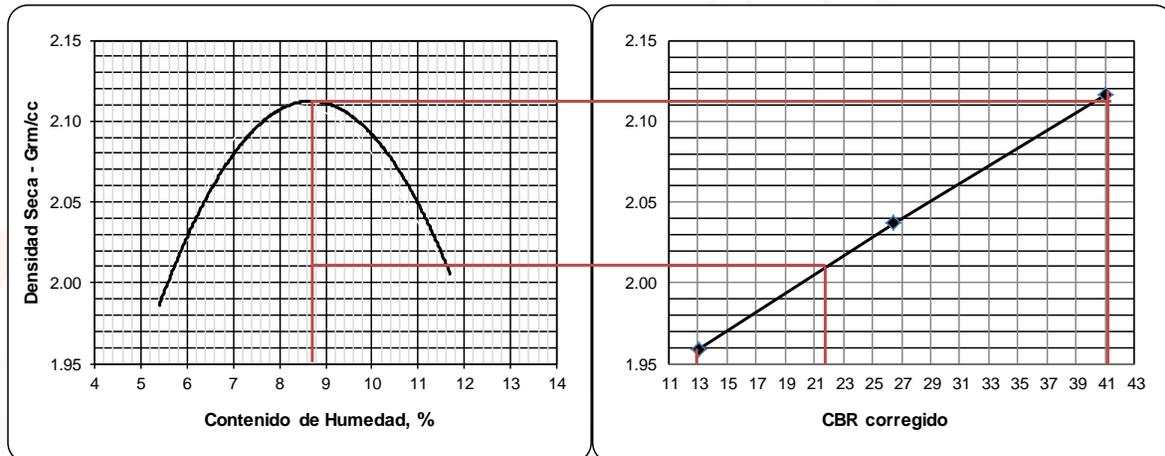
	Mínimo
Sub Base	30%, 30% ó 40%
Base Granular	>80%
Terraplen Suelo Seleccionado	10%

  
**ESSUING**  
 LUZ DIVIA QUIMBAYA CUELLAR  
 INGENIERA CIVIL  
 ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
 ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

Carrera 10 No. 2 - 86   
 Estadio Urdaneta - Neiva - Huila  
 321 216 7498 - 313 244 0351   
 laboratoriodesuelos14.essuing@gmail.com 

### ENSAYO CBR METODO I

<b>OBRA:</b>	Diseño de un pavimento articulado vereda La Candelaria en el municipio de Campoalegre-Huila.	<b>FECHA:</b>	30/04/2022
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Vda La Candelaria - Campoalegre - Huila.	<b>NORMA:</b>	INVIAS-13
<b>MUESTRA:</b>	Ap 1 (K0+000) Borde de vía. Prof: 1.70 m - Sub-rasante	<b>ENSAYO:</b>	E-148
<b>SOLICITO:</b>	Universidad Surcolombiana	<b>COD:</b>	4218



**CBR DEL LABORATORIO AL 95% DEL PROCTOR MODIFICADO= AL 21.8%**

**ESSUING**  
LUZ DIVIA QUMBAYA GUELLAR  
INGENIERA CIVIL  
ESP. EN DISEÑO, CONSTRUCCION Y CONSERVACION DE VIAS  
ESP. EN GEOTECNIA VIAL Y PAVIMENTOS

# ANEXO 3. REGISTRO DIARIO TPD

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

TIPO DE VEHICULO

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C2		C3		C4			C5	>C5
DIA	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	PEQUEÑO	GRANDE	C3	C3S1	C4	C4S1	C4S2	C5	>C5
LUNES			//					//		/						
6:00 AM-7:00 AM			//					//		/						
7:00 AM-8:00 AM		////			//			/	///					///		
8:00 AM-9:00 AM	///		////													
9:00 AM-10:00 AM																
10:00 AM-11:00 AM	///													///		
11:00 AM-12:00 PM		//								//						
12:00 PM-1:00 PM			///					//								
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM														///		
3:00 PM-4:00 PM		//							/							
4:00 PM-5:00 PM	////		///		//			//		/						
5:00 PM-6:00 PM			///					/						//		

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO														
	A				B			C							
	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5
DIA								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2	
MARTES															
6:00 AM-7:00 AM	////								//	///				//	
7:00 AM-8:00 AM		///	//		//			///	//						
8:00 AM-9:00 AM															
9:00 AM-10:00 AM		//	///											///	
10:00 AM-11:00 AM	///														
11:00 AM-12:00 PM			///						///						
12:00 PM-1:00 PM								//		6					
1:00 PM-2:00 PM		///			//										
2:00 PM-3:00 PM	//		//											///	
3:00 PM-4:00 PM															
4:00 PM-5:00 PM	///	/						///		/					
5:00 PM-6:00 PM	/		///		//			///	/					/	

ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

TIPO DE VEHICULO

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO																
	A				B				C								
	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5		
DIA								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C3S1	C4	C4S1	C4S2			
MIERCOLES		////							///								
6:00 AM-7:00 AM		////							///								
7:00 AM-8:00 AM	///		///		/					/				///			
8:00 AM-9:00 AM			//		/			/									
9:00 AM-10:00 AM																	
10:00 AM-11:00 AM								//	////								
11:00 AM-12:00 PM	//													//			
12:00 PM-1:00 PM			///							/							
1:00 PM-2:00 PM																	
2:00 PM-3:00 PM	////	///	/					///	///								
3:00 PM-4:00 PM					/												
4:00 PM-5:00 PM		////	/		/			/	//								
5:00 PM-6:00 PM	//		//					//									

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO														
	A				B			C							
	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5
DIA								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2	
JOUEVES															
6:00 AM-7:00 AM	//									/					
7:00 AM-8:00 AM	//				/				/					///	
8:00 AM-9:00 AM		/	///					//							
9:00 AM-10:00 AM		//							//						
10:00 AM-11:00 AM	///							/							
11:00 AM-12:00 PM			//							/					
12:00 PM-1:00 PM	/				/			/	/					//	
1:00 PM-2:00 PM															
2:00 PM-3:00 PM	///	///						///						/	
3:00 PM-4:00 PM			///						//						
4:00 PM-5:00 PM	/	/													
5:00 PM-6:00 PM	//		//					/						/	

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

TIPO DE VEHICULO

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C2		C3		C4			C5	>C5
	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2		
DIA																
<b>VIERNES</b>																
6:00 AM-7:00 AM	//		/					//						/		
7:00 AM-8:00 AM		///	/		//				//					///		
8:00 AM-9:00 AM	////		///							/						
9:00 AM-10:00 AM	/								///							
10:00 AM-11:00 AM	/	////						///						//		
11:00 AM-12:00 PM	///		//													
12:00 PM-1:00 PM		///	///		/			/	//	//				///		
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM	///													///		
3:00 PM-4:00 PM			//							/				/		
4:00 PM-5:00 PM	////	/						(//)	/					//		
5:00 PM-6:00 PM			//		/			/						/		

PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO															
	A				B			C					C5	>C5		
	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4				
DIA							PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2			
SABADO																
6:00 AM-7:00 AM	/	/							/							
7:00 AM-8:00 AM	///		/					/					/			
8:00 AM-9:00 AM		//														
9:00 AM-10:00 AM	/		///													
10:00 AM-11:00 AM	//	/												/		
11:00 AM-12:00 PM	///								/							
12:00 PM-1:00 PM	///	//	/											/		
1:00 PM-2:00 PM																
2:00 PM-3:00 PM	/	///	//					//								
3:00 PM-4:00 PM																
4:00 PM-5:00 PM	//							//						/		
5:00 PM-6:00 PM			//													

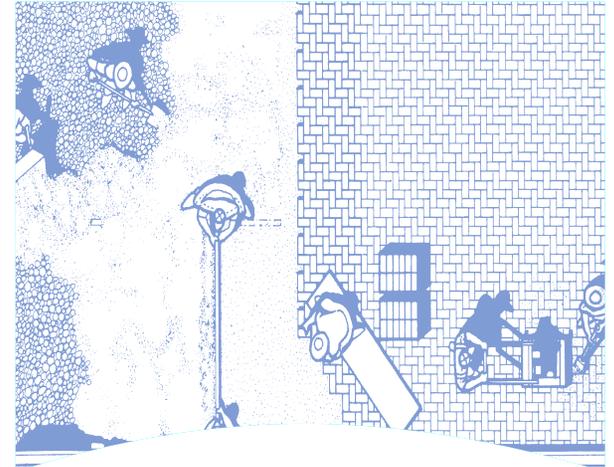
PROYECTO : DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA DEL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE - HUILA  
 UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL



ESTUDIO DE TRANSITO POR DIA

PERIODO DE AFORO	TIPO DE VEHICULO																
	A				B			C									
	AUTOMOVIL	CAMPERO	CAMIONETA	MICROBUS	BUSETA	BUS	BUS METROPOLITANO	C2		C3		C4		C5	>C5		
DIA								PEQUEÑO	GRANDE	C3	C2S1	C4	C3S1	C2S2			
DOMINGO																	
6:00 AM-7:00 AM		//															
7:00 AM-8:00 AM	/		//					/									
8:00 AM-9:00 AM		/	//														
9:00 AM-10:00 AM	/							/									
10:00 AM-11:00 AM																	
11:00 AM-12:00 PM	//		//						//								
12:00 PM-1:00 PM																	
1:00 PM-2:00 PM																	
2:00 PM-3:00 PM																	
3:00 PM-4:00 PM	//		//														
4:00 PM-5:00 PM	///	///															
5:00 PM-6:00 PM		/	//														

ANEXO 4. PROCEDIMIENTO  
CONSTRUCIVO PAVIMENTO  
ARTICULADO



CONCRETERA  
TOTAL

# ***Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto***



## Contenido

En esta publicación podrá encontrar información sobre:

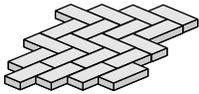
Generalidades sobre los pavimentos	1	Confinamiento interno	21
Ventajas de los pavimentos de adoquines	2	Drenaje - pendientes	22
Diseño de pavimentos de adoquines	3	Drenaje	23
Materiales - Los adoquines - Forma y tamaño	6	Esparcido de la capa de arena	24
Materiales - Los adoquines - Calidad	8	Colocación de los adoquines - Patrones	26
Materiales - Los adoquines - Manejo	10	Colocación de los adoquines - Inicio	27
Materiales - Las arenas - Tipo y calidad	11	Colocación de los adoquines - Hilos	28
Materiales - Las bases de suelo-cemento	12	Colocación de los adoquines - Cuadrillas	29
Materiales - Las bases granulares	13	Colocación de los adoquines - Juntas	30
Equipos y herramientas	14	Colocación de los adoquines - Ajustes	31
Preparación del terreno natural	15	Compactación inicial	32
Construcción de bases sobre el terreno	16	Sellado de las juntas	33
Construcción de bases sobre pavimentos	17	Compactación final y limpieza	34
Organización del trabajo	18	Utilización y mantenimiento	35
Confinamiento externo	20	Presupuesto	36

*Esta publicación fue preparada por Germán Madrid M., Ingeniero del Departamento Técnico del ICPC (Instituto Colombiano de Productores de Cemento). Concretera Total efectuó algunos cambios menores con el fin de darle una calidad literaria satisfactoria para nuestro país.*

*El propósito de Concretera Total es proporcionar a la comunidad técnica un documento que permita, al profesional nicaragüense conocer más a fondo el proceso de construcción de los pavimentos de adoquines de concreto.*



## Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto



# 1. Generalidades sobre los pavimentos

Los pavimentos son estructuras compuestas por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre el terreno natural, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año, de manera segura, cómoda y económica.

Los materiales de las capas se escogen según su costo y disponibilidad, y mientras más superficiales estén, mejores (más resistentes) deberán ser. A la capa de la superficie se le denomina *capa de rodadura* y es la que está en contacto directo con el tránsito. A las capas inferiores se les llama *base* (cuando se tiene sólo una) o *base y subbase* (cuando se tienen dos). Al terreno natural o suelo se le conoce como *subrasante* y es el encargado de soportar el pavimento.

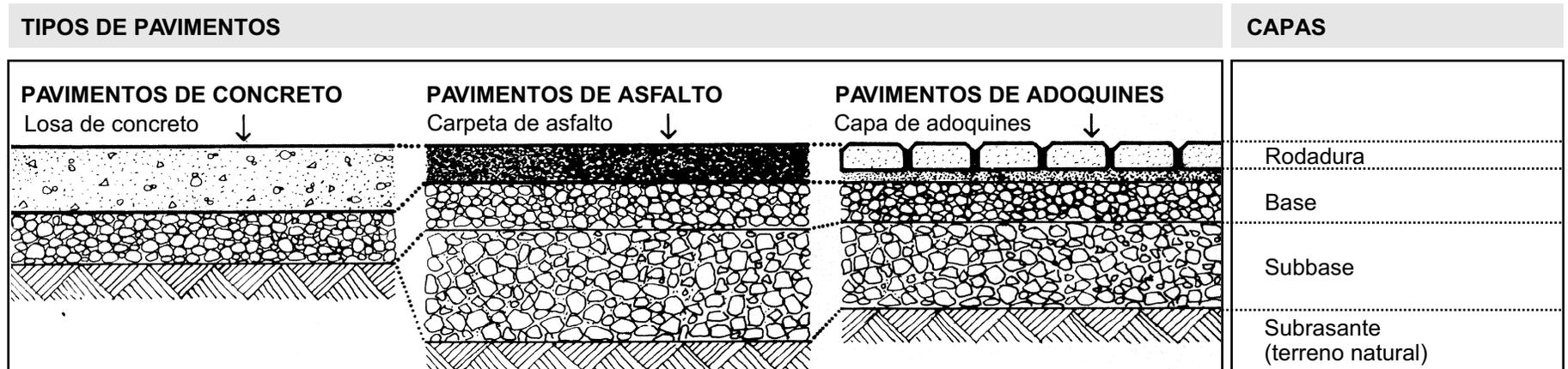
A los pavimentos se les da nombre de acuerdo con su comportamiento (*rígidos* o *flexibles*) o según el material de su capa de rodadura, así:

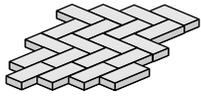
- **Pavimentos de Concreto** (de concreto de cemento hidráulico). Están formados por losas de concreto, separadas por juntas, y colocadas sobre una base. Las losas no deben tener menos de 12 cm de espesor, la base 10 cm, pero casi nunca la base tendrá más de 15 cm, bien sea de material granular o de suelo-cemento. También se les conoce como pavimentos *rígidos* y son de color gris claro.

- **Pavimentos de Asfalto** (de concreto asfáltico). Su superficie o capa de rodadura es de concreto asfáltico, sin juntas, y no debe tener menos de 7 cm de espesor. Su base tiene, por lo general, un espesor de 20 cm o más y debe tener, adicionalmente, una subbase de 15 cm. Se les conoce como pavimentos *flexibles* y son de color gris oscuro o negro.
- **Pavimentos de Adoquines de concreto.** Su capa de rodadura está conformada por los adoquines de concreto, colocados sobre una capa de arena y con un sello de arena entre sus juntas. De la misma manera que los pavimentos de asfalto, pueden tener una base, o una base con una subbase, que pueden tener espesores ligeramente menores que para los de asfalto. También se consideran como pavimentos *flexibles* y son del color gris claro del concreto.

Los pavimentos de adoquines son una vieja idea (los pavimentos de piedra), traída al presente, pero con un nuevo material (el concreto); con inmensas ventajas sobre los de piedra o los de arcilla cocida.

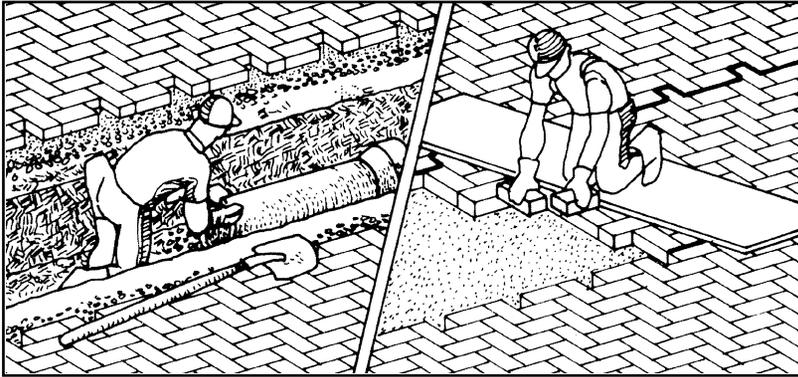
En esta publicación se dan las recomendaciones básicas para construir adecuadamente **Pavimentos de Adoquines de Concreto**.



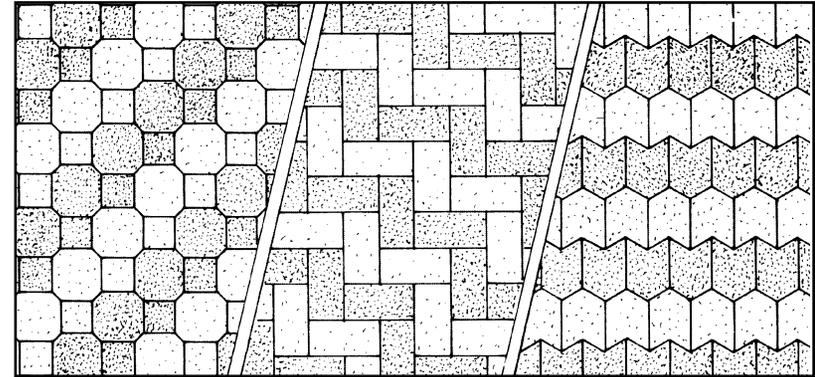


## 2. Ventajas de los pavimentos de adoquines

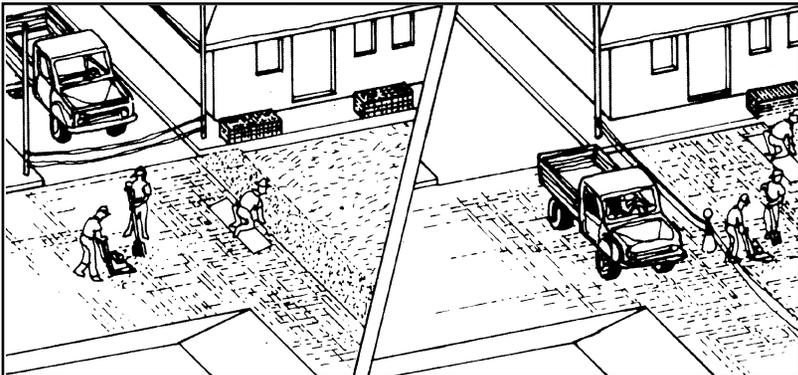
Las ventajas de estos pavimentos se basan en que su capa de rodadura está hecha con adoquines de concreto; es decir, piezas prefabricadas, que se pueden producir tanto en equipos sencillos y pequeños como en tecnicados y grandes; por parte de productores comerciales, grupos comunitarios o administraciones municipales, sin importar la escala y la localización de los proyectos. Para su construcción se utiliza poca maquinaria (básicamente una placa vibrocompactadora y mucha mano de obra local).



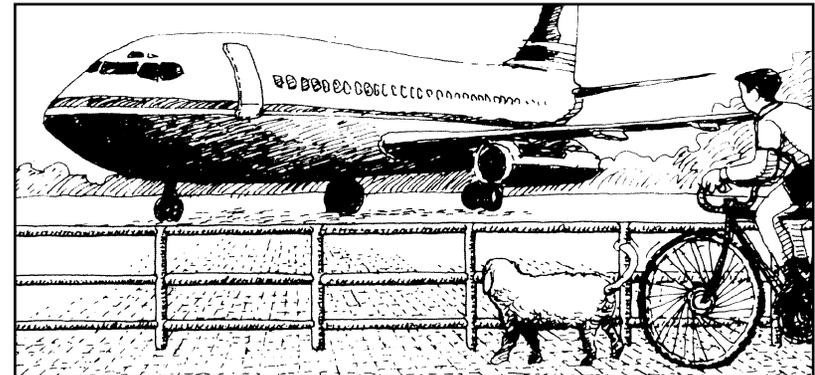
Como los adoquines no van pegados sino unidos por compactación, y como deben durar más de 40 años, al reparar el pavimento se pueden reutilizar, por lo cual son muy económicos para poblaciones o barrios sin redes de servicios completas o en mal estado.



Al pavimento de adoquines se le coloca una base que se diseña para que resista cualquier tipo de tránsito, desde el peatonal hasta el de camiones. Adicionalmente, como los adoquines se producen en máquina, con moldes, se les pueden dar distintas formas, y también colores, para que sean decorativos.

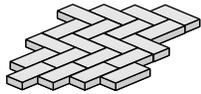


Todos los materiales para este pavimento llegan a la obra listos para ser utilizados, por lo cual se puede construir y dar al servicio en un mismo día. Esto permite desarrollar un programa de pavimentación por etapas, a medida que se va disponiendo de recursos.



Por esto, el pavimento de adoquines se utiliza desde zonas para tránsito peatonal (aceras, plazas, patios para juegos, instalaciones deportivas, etc.) hasta las de tránsito pesado (calles, carreteras, terminales de transporte, carga y puertos, pistas de carreteo y plataformas para aeropuertos), e inclusive para fines decorativos.





### 3. Diseño de pavimentos de adoquines (1)

El pavimento de adoquines de concreto está compuesto, casi siempre, por dos capas: la capa de rodadura (los adoquines) y la base. Ambas capas son importantes porque los adoquines sin base terminan por hundirse en el suelo; y la base sin los adoquines se deteriora muy rápido y no tiene la resistencia suficiente.

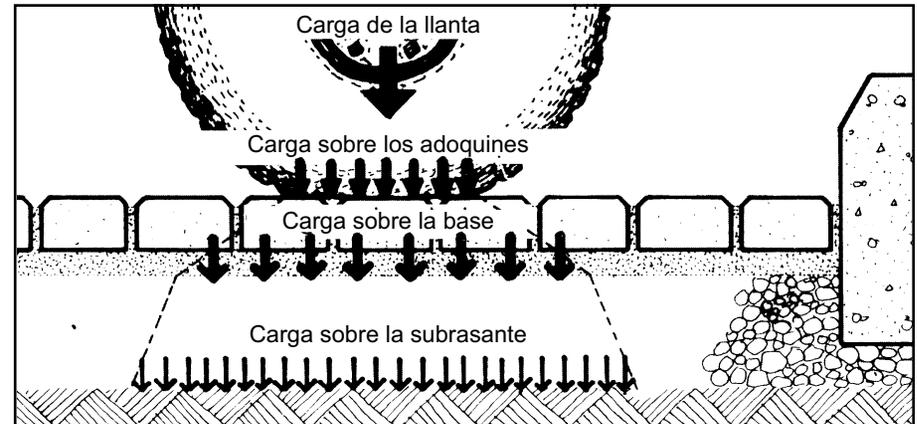
La determinación de los espesores de estas capas y de sus materiales, se conoce como Diseño del Pavimento de Adoquines, y es el único proceso que permite construir un pavimento adecuado para las necesidades y condiciones que se tengan. Un diseño "a ojo" dará un pavimento que se deteriorará rápidamente, perdiéndose toda, o parte de la inversión, o dará un pavimento por encima de lo que se necesita, con unos costos muy altos e innecesarios.

En esta página y la siguiente se indica cómo se diseñan pavimentos de adoquines, con un método simplificado, cuando no se tienen recursos de ingeniería. Pero para proyectos urbanos y carreteros, siempre se debe consultar a un especialista en diseño de pavimentos, para que lo haga de manera científica y eficiente. Este método simplificado se formula para pavimentos apoyados sobre el terreno natural; pero cuando se tienen materiales o pavimentos viejos que se pueden aprovechar, se siguen las recomendaciones de las páginas 5 y 17.

#### Las capas

Los espesores de las capas dependen del tránsito que va a soportar el pavimento, de la dureza del *suelo* y de los *materiales* con que se van a construir estas capas, y deben tener la suficiente calidad para que el pavimento soporte el peso del tránsito, durante un tiempo determinado, sin deformarse, ni deteriorarse. El tránsito, que va a circular por la vía durante el período de diseño, la dureza del suelo y la calidad de los materiales disponibles, definen el espesor de la capa del pavimento. Estas capas son, de arriba hacia abajo:

- **Capa de adoquines:** los adoquines tienen un espesor de 8 cm para todo tráfico peatonal, animal o vehicular corriente.
- **Capa de arena:** esta capa se construye de 5 cm de espesor, con arena suelta, gruesa y limpia, la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella (ver páginas 11, 24 y 25).
- **La base:** el espesor de la base depende del material con que se construya, del tránsito y de la calidad del suelo. En las tablas 2 y 3 se determinan los espesores de base según la categoría del suelo, el tipo de tránsito y el material disponible.



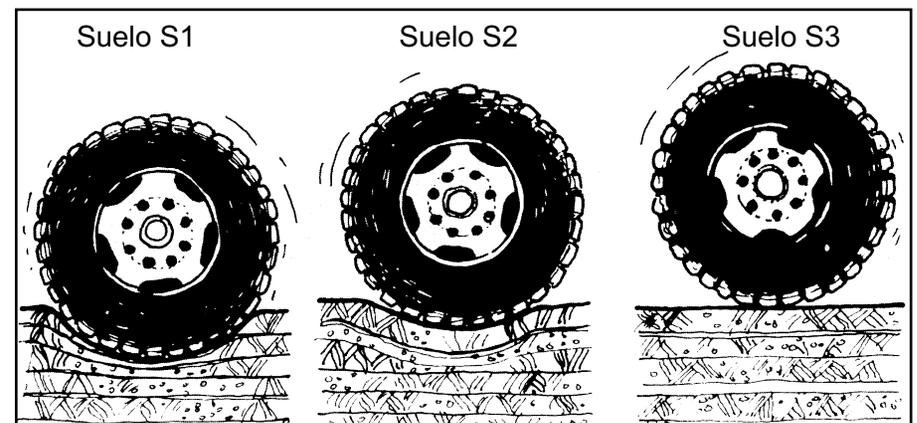
#### El suelo

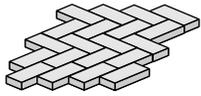
Para poder considerar el suelo en el diseño, se clasifica en tres categorías de acuerdo con su dureza y su estabilidad ante la humedad:

**Suelo Categoría 1 (S1):** es de mala calidad; es decir, cuando está húmedo se deforma con el paso de unos pocos vehículos pesados y se hace muy difícil la circulación sobre él.

**Suelo Categoría 2 (S2):** es de calidad intermedia; por lo cual, cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados con poca deformación.

**Suelo Categoría 3 (S3):** es de buena calidad y, aún cuando está húmedo, permite el paso de vehículos pesados sin deformarse.





## 4. Diseño de pavimentos de adoquines (2)

### El tránsito

El *tipo de tránsito* que tiene la vía se determina sumando los *vehículos pesados* que pasan por ésta, en un día y en ambas direcciones. Se recomienda sumar los que pasan durante una semana y dividir el resultado por 7, para tener un promedio diario. Se considera como *vehículos pesados* los que tienen 6 o más llantas (camionetas, camiones, buses, etc.), las vagonetas, remolques o equipos de obras públicas.

En la tabla 1 aparecen los *Tipos de Tránsito* según el *Número de Vehículos Pesados por Día*.

### Espesor de la base

Después de definir la *Categoría de Suelo* y el *Tipo de Tránsito*, se utilizan las tablas 2 ó 3 para encontrar el *Espesor de la Base*, según el material que se tenga o que se pueda conseguir para construir bases para pavimentos, y que a la vez resulte el más económico, como: *Suelo-cemento* (tabla 2) y *Granular* (tabla 3).

El espesor de la base que se encuentra en estas tablas es el espesor que va a tener después de compactada. Nunca se deberán colocar menos de 8 cm de base de suelo-cemento, ni menos de 10 cm de base granular.

Número de vehículos pesados por día	1 a 5	6 a 20	21 a 50	51 a 200
Tipo de tránsito	T1	T2	T3	T4

Tabla 1: Tipo de Tránsito según el Número de Vehículos Pesados por Día.

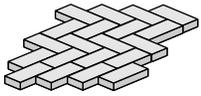
Categoría del suelo	Tipo de tránsito			
	T1	T2	T3	T4
S1	20	25	30	35
S2	10	12	15	20
S3	8	8	8	10

Tabla 2: Espesor compactado de la Base de Suelo-Cemento, en centímetros.

Categoría del suelo	Tipo de tránsito			
	T1	T2	T3	T4
S1	30	35	40	45
S2	15	18	20	30
S3	10	10	10	15

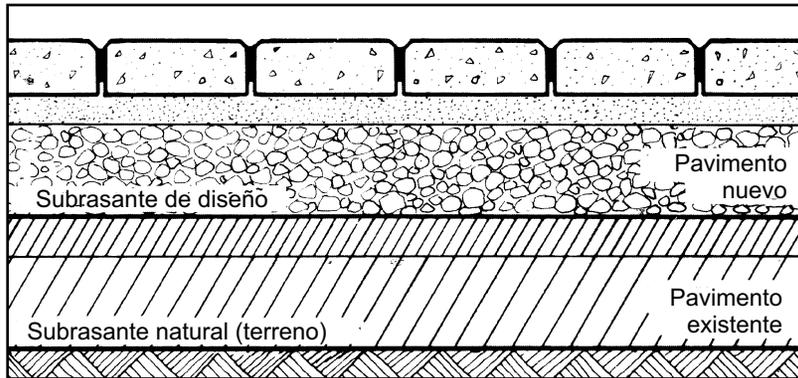
Tabla 3: Espesor compactado de la Base Granular, en centímetros.



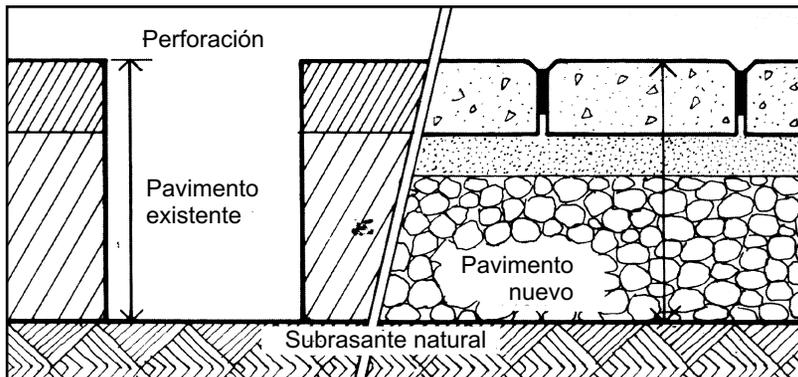


## 5. Diseño de pavimentos de adoquines (3)

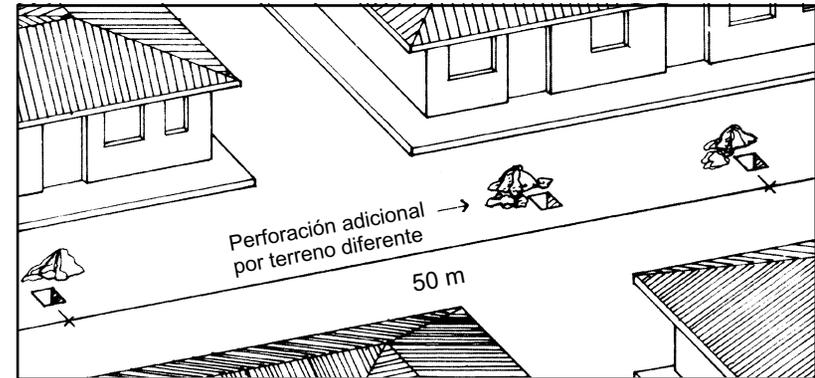
Como se dijo en la página 3, algunas veces es necesario construir pavimentos de adoquines en vías que tienen pavimentos de concreto, asfalto, piedra o material granular. Si los niveles de la vía lo permiten, se debe aprovechar el material existente, para que sirva como apoyo del nuevo pavimento, pues casi siempre tiene mejor calidad que el terreno natural que existe debajo de ellos. Además no resulta práctico ni económico, excavar y botar este material y tener que traer otros, que cumplan la misma función.



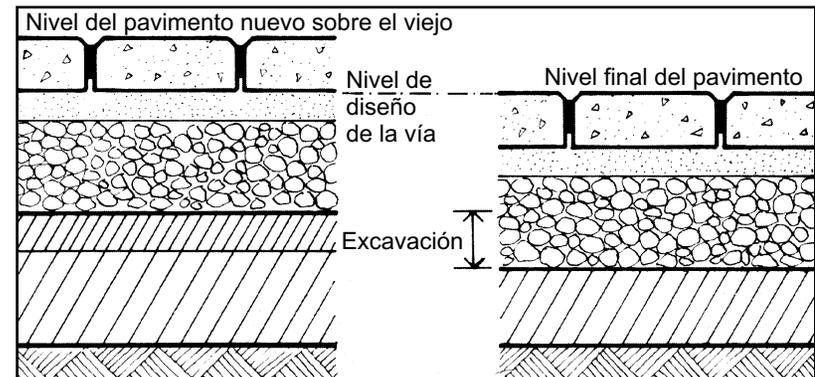
Lo primero es clasificar el pavimento existente como una subrasante, lo que da, por lo general, una Categoría del Suelo mejor que la que da el terreno natural. Esto implica que al definir el espesor de la base, utilizando las tablas 2 y 3, éste sea menor que el que habría que colocar sobre el terreno natural.



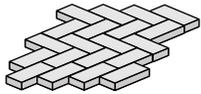
Si se tienen pavimentos con capas de escombros o basura, que se ablandan con facilidad, se debe investigar para saber qué tanto se tiene y de qué calidad. Esto es conveniente porque puede ser mejor retirar esos materiales y colocar el pavimento nuevo sobre el terreno natural, en vez de sobre el existente.



Esta investigación se hace mediante perforaciones que lleguen hasta el terreno natural. Estas perforaciones se hacen cada 50 m, o cuando haya cambios en el tipo, o en la humedad del material existente.



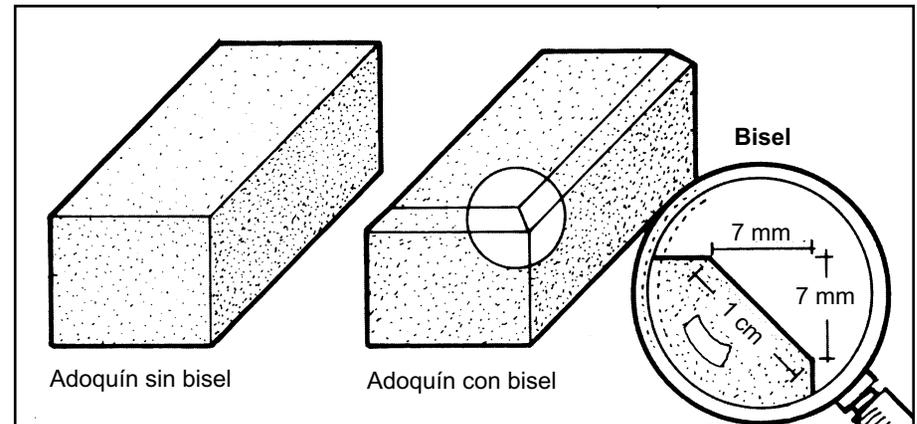
Cuando hay que bajar el nivel de la vía, o no es posible construir la estructura del pavimento nuevo sobre el existente, porque se llega a niveles por encima de los adecuados, es necesario excavar huecos hasta la capa que se usaría como subrasante, clasificarla en una de las Categorías de Suelo y ajustar el diseño a esta nueva condición.



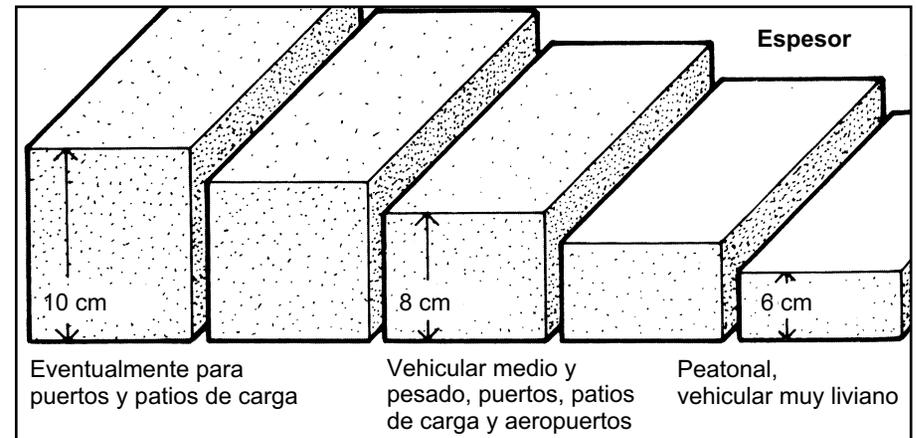
## 6. Materiales - Los adoquines - Forma y tamaño (1)

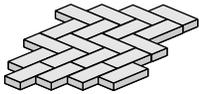
Los adoquines son elementos macizos de concreto, prefabricados, con paredes verticales, que ajustan bien unos contra otros, para formar una superficie completa, dejando sólo una pequeña junta entre ellos, y que sirven como capa de rodadura o superficie para los pavimentos que llevan su nombre. En un adoquín se distinguen los siguientes elementos:

- **Cara superior** (o superficie de desgaste) sobre la cual circula el tránsito y que define la forma del adoquín.
- **Cara inferior**, igual a la superior, sobre la que se apoya el adoquín en la capa de arena.
- **Caras laterales o paredes**, curvas o rectas, pero verticales y sin llaves, que conforman el volumen y determinan el espesor.
- **Aristas o bordes** donde empalman dos caras o los quiebres de la cara lateral.
- **Bisel**, es un chaflán o plano inclinado en las aristas o bordes de la cara superior que se puede o no hacer en el momento de la fabricación. No debe tener más de 1 cm de ancho y no es indispensable, pero mejora la apariencia de los adoquines, facilita su manejo y contribuye al llenado de la junta.
- **Espesor**: los adoquines se fabrican en espesores de 6 cm para tránsito peatonal y vehicular liviano; 8 cm para vías de tránsito medio y pesado (inclusive puertos, patios de carga y aeropuertos) y 10 cm, eventualmente, para tráfico muy pesado, aunque cada vez se utilizan menos comparativamente con los de 8 cm.



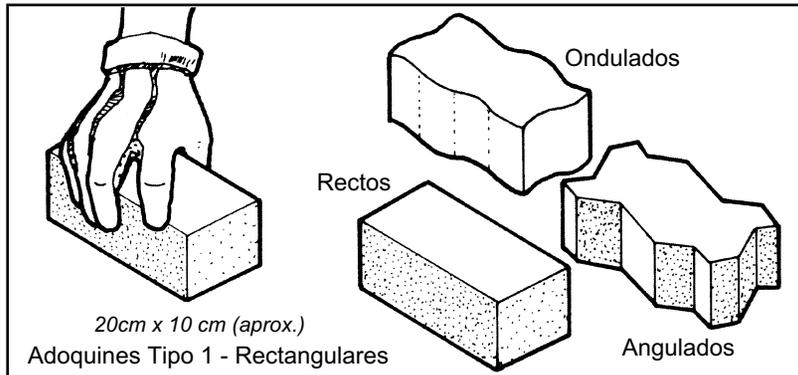
Si tienen menos de 6 cm no se consideran como adoquines y se colocan como baldosas, sobre mortero. Como los de 10 cm rara vez se usan y los de 6 cm tienen aplicaciones muy específicas, se aconseja usar adoquines de 8 cm en vez de los de 6 cm, para tener un mejor comportamiento del pavimento y para poder producirlos con un solo espesor, sin necesidad de comprar un molde para los de 6 cm y otro para los de 8 cm.



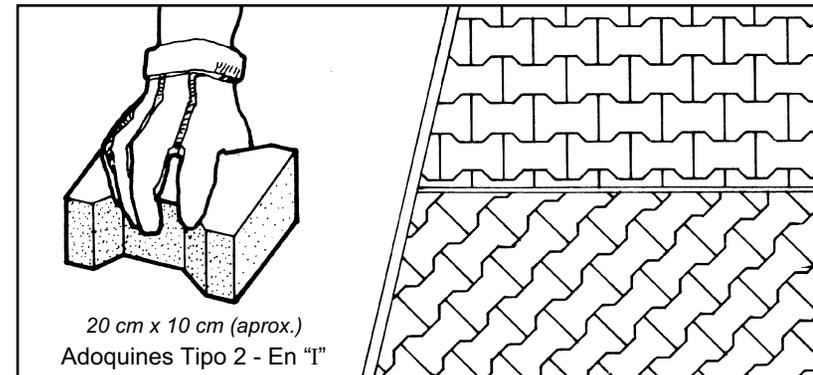


## 7. Materiales - Los adoquines - Forma y tamaño (2)

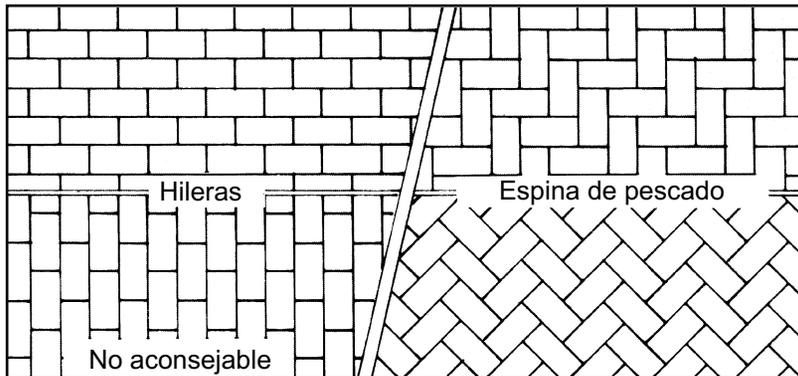
La forma de adoquín no influye mucho en el funcionamiento del pavimento, pero por facilidad para su producción, transporte y colocación, se prefieren adoquines pequeños, *que se puedan coger con una sola mano*, que no tengan más de 25 cm de longitud, para manejarlos con facilidad y para que no se partan bajo las cargas del tránsito.



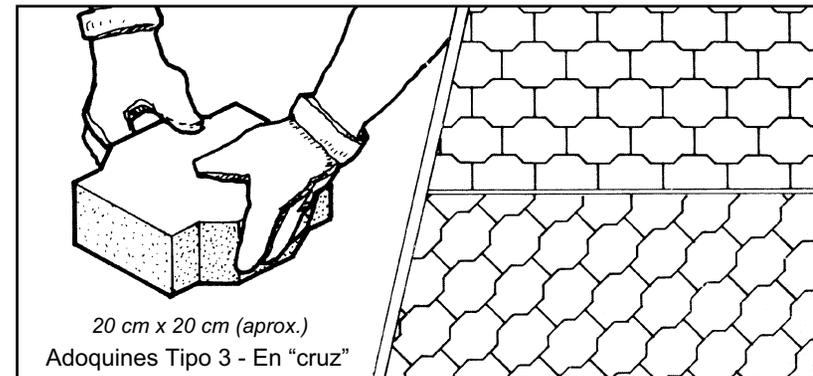
Se definen tres tipos de adoquines: El **Tipo 1** son los adoquines rectangulares, los más prácticos y populares en todo el mundo por su facilidad para su fabricación y colocación, y porque permiten elaborar más detalles en el pavimento. Tienen 20 cm de largo por 10 cm de ancho. Los hay con paredes rectas, onduladas o anguladas.



El **Tipo 2** son los adoquines que se pueden coger con una sola mano, pero que no se pueden colocar en patrón de espina de pescado, como los adoquines en forma de "I". Estos se colocan en hileras trabadas y se debe tratar de que éstas queden *atravesadas* a la dirección de circulación de los vehículos.

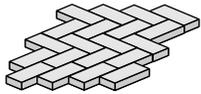


Los adoquines rectangulares se pueden colocar en *patrón de espina de pescado*, en *hileras trabadas*, *tejido de canasto*, etc. Para tráfico vehicular, sólo se pueden colocar en espina de pescado o en hileras trabadas, *atravesadas* a la dirección de circulación de los vehículos.



El **Tipo 3** son los adoquines que, por su peso y tamaño, no se pueden coger con una sola mano (pues miden unos 20 x 20 cm o más) y sólo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar de que las hileras queden *atravesadas* a la dirección de circulación de los vehículos. A este tipo pertenecen los adoquines con forma de cruz, trébol, etc.





## 8. Materiales - Los adoquines - Calidad (1)

Los adoquines de concreto forman la superficie del pavimento, por lo cual serán de buena calidad para que soporten el tránsito de personas, animales y vehículos, al menos durante 40 años, y tendrán una buena apariencia por ser la parte visible del pavimento.

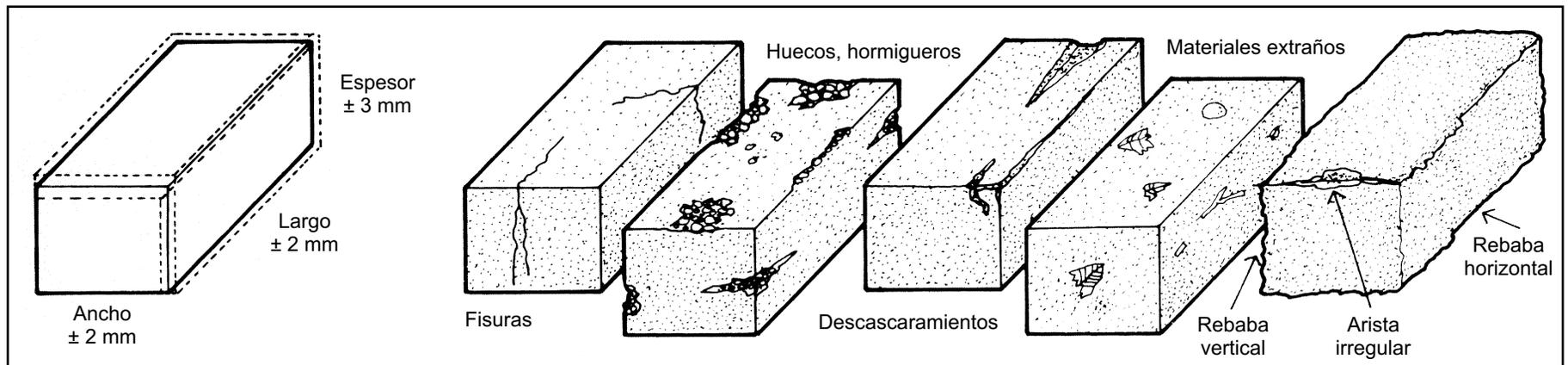
Para evaluar la calidad de los adoquines, de la producción de una planta, o los que se van a utilizar en una obra, se siguen las recomendaciones de las Normas INTE 16-07-01-95 e INTE 16-07-02-95.

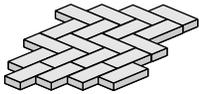
Aunque los adoquines se hacen a máquina, en una planta, no todos salen con el mismo tamaño, apariencia o resistencia. Esto se debe a las variaciones de los materiales (arena, agregado grueso, cemento, agua) en los moldes de las máquinas, en el manejo de éstas y en el curado y transporte de los adoquines terminados.

**Dimensiones.** El tamaño y la forma de los adoquines serán lo más uniformes posibles, para que traben unos con otros y la superficie final sea plana. Para esto, las diferencias máximas en las dimensiones con respecto a las dadas por el productor, no será de más de 1,5 mm para el largo y el ancho y de 2 mm para el espesor.

**Superficie.** Las superficies de los adoquines serán de color uniforme y parejas, es decir, sin fisuras, huecos, hormigueros, descascamientos o materiales extraños (madera, semillas, piedras grandes, etc.). El color y tipo (rugosidad) de la superficie se acordarán entre el productor y el comprador porque no existe una forma práctica para medirlos.

**Aristas y esquinas.** Los bordes o aristas serán agudos, es decir, sin desbordamientos, embobamientos o torceduras; y no tendrán rebabas horizontales (en la cara inferior), ni verticales (en la cara superior del adoquín). Esto mismo se debe cumplir para las esquinas y para el bisel.





## 9. Materiales - Los adoquines - Calidad (2)

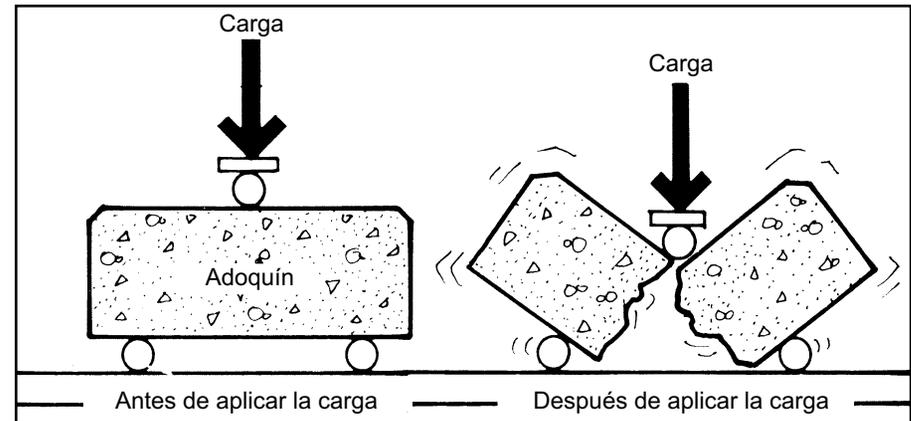
La resistencia de los adoquines necesita ser mayor para aguantar la abrasión debido al tránsito, para no partirse bajo las cargas de los tractores y camiones. Además, el desgaste ocasionado en los adoquines por el paso de personas o animales es igual o peor que el de los vehículos. Por esto no se pueden usar adoquines de segunda calidad para áreas peatonales. Si éstos no cumplen con los requisitos de medidas o resistencia, se utilizarán sólo en lugares donde no sea importante su calidad.

Para evaluar la calidad de los adoquines se envían a un laboratorio para concreto, pavimentos o suelos, y se les hace un *ensayo a flexión*, con el cual se determina su resistencia. Estos laboratorios existen en las Facultades de Ingeniería Civil o de Construcción de varias universidades, y también los hay particulares en las principales ciudades.

De cada 10.000 adoquines (un "lote"), que lleguen a la obra se escogen 5 adoquines (llamados "muestra"), y se envían al laboratorio, empacados en un guacal de madera, para que no se golpeen en el viaje. Es importante que la muestra se tome al azar, sin preferir los peores ni los mejores, para que represente de verdad la calidad del lote.

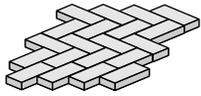
Las muestras también se pueden tomar en la planta de producción, directamente de las estibas de los que se van a enviar a la obra. Todos los adoquines de una muestra serán de un mismo lote de producción y no se mezclarán diferentes formas y tamaños, y se marcan con pintura, identificando la obra, el lote y el orden en la muestra (1 a 5).

En el informe de laboratorio aparece la *resistencia individual* de cada adoquín, que no debe ser menor que 4.2 MPa y la *resistencia promedio* de los 5 de la muestra, que no debe ser menor que 5,0 MPa. Si la resistencia viene dada en kg/cm<sup>2</sup>, el valor individual mínimo deberá ser de 42,8, y el promedio de 51,0.



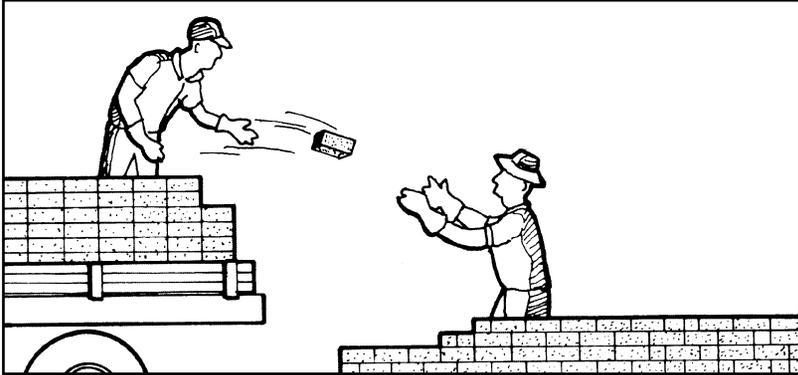
Laboratorio de Concreto				
ENSAYO DE ADOQUINES DE CONCRETO - NORMA INTE 16-07-02-95				
OBRA: Urbanización				
Número del lote	Número del adoquín	Resistencia de cada adoquín		Cumplimiento de la norma
		MPa	kg/cm <sup>2</sup>	
8	1	5,2	53,0	✓
8	2	4,3	43,8	✓
8	3	5,4	55,1	✓
8	4	4,8	48,9	✓
8	5	5,8	59,1	✓
	<b>Promedio</b>	<b>5,1</b>	<b>52,0</b>	✓



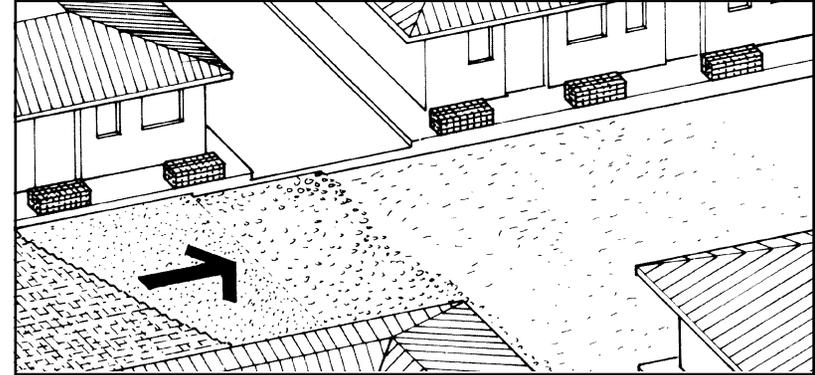


## 10. Materiales - Los adoquines - Manejo

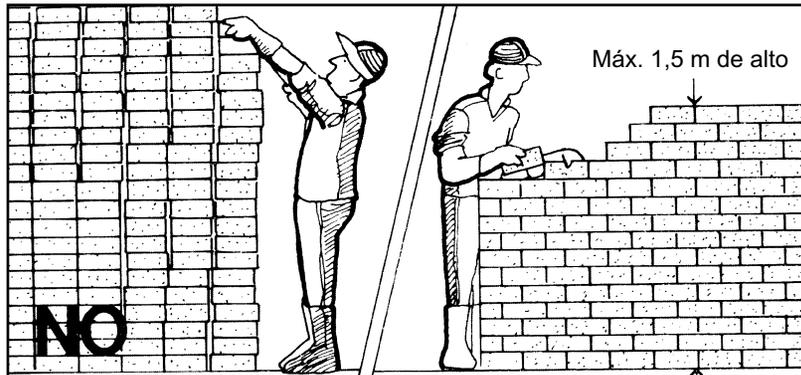
El transporte y el manejo de los adoquines desde la planta y dentro de la obra, se hará de la manera más ordenada posible, para evitar que se deterioren y para evitar los retrasos debido al desorden y poder alcanzar el máximo rendimiento en la construcción del pavimento.



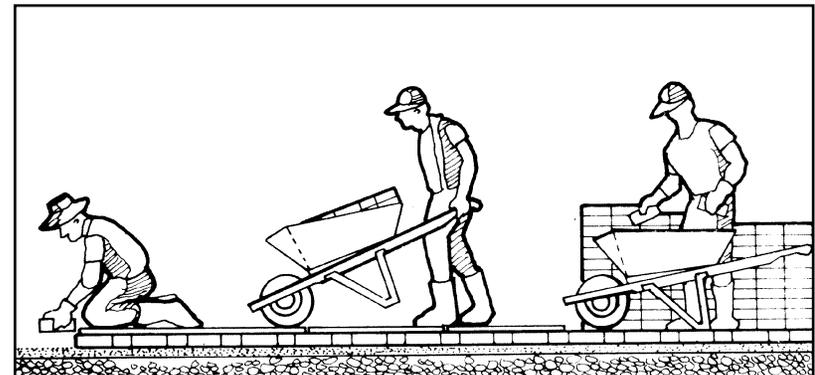
Los adoquines se transportan de la planta a la obra en volquetas o en camiones plataforma, siempre en estibas ordenadas. Tanto el cargue como el descargue se hará a mano, por "voleo", como para los ladrillos, nunca como piedras con un cargador, ni se descargarán por "volteo" de la volqueta, porque se pueden despicar o desbordar.



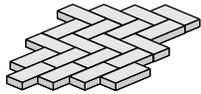
El sitio de descarga de los adoquines estará lo más cerca posible del lugar donde se van a colocar, por lo cual es conveniente hacer estibas pequeñas, alrededor de la zona a pavimentar, especialmente si se trata de calles ciegas o áreas como plazas o parqueaderos.



Las estibas de adoquines en la obra no tendrán más de 1,5 m de alto, para que no se derrumben. Estas estibas no se harán en torres sino con alguna traba en cada capa. Tampoco se harán estibas contra muros porque se pueden recostar en ellas y tumbarlos.

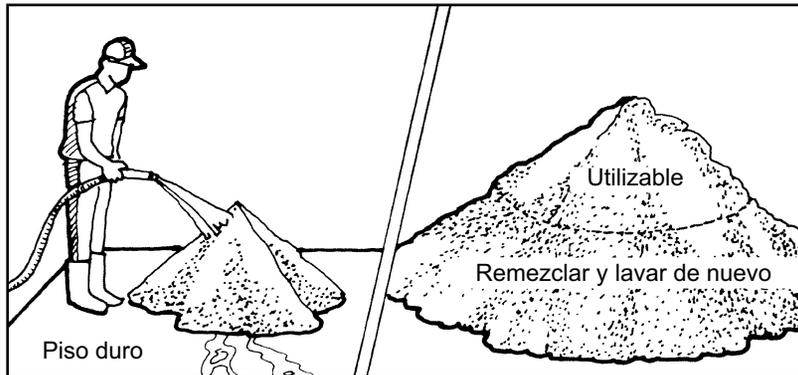


Dentro de la obra se utilizan carretillas o coches para llevar los adoquines de las estibas hasta donde están los colocadores, para que tengan a la mano suficientes unidades. La distribución la hace personal diferente al de los colocadores, para aumentar el rendimiento de la obra.

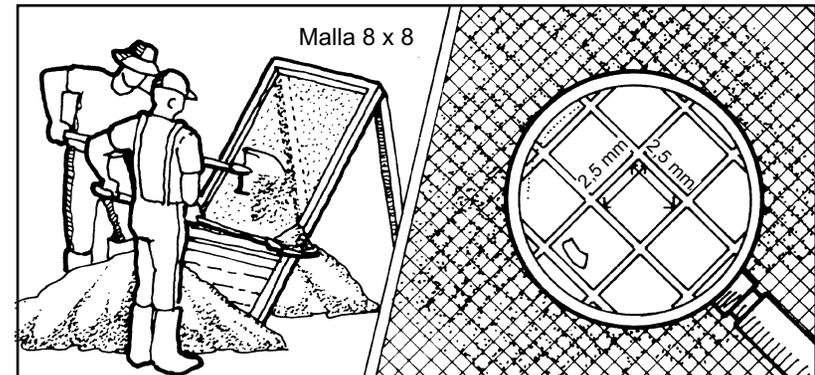


## 11. Materiales - Las arenas - Tipo y calidad

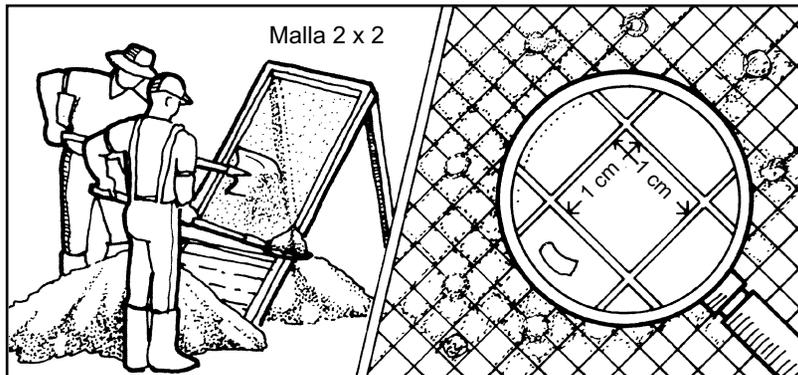
Para la construcción de un pavimento de adoquines se utilizan dos tipos de arenas: una para la *capa de arena* debajo de los adoquines, que es una *arena gruesa*, y otra para el *sello de arena* que es una *arena fina*. El zarandeo, lavado y almacenamiento de las arenas, se hace sobre un piso duro, preferiblemente de concreto, para que ellas no se contaminen con el material del suelo o terreno natural.



**Arena para la capa de arena.** Es arena *gruesa* y *limpia*, como la que se usa para concreto o para pegar ladrillo o bloque. Debe ser arena de río, no de peña ni triturada. Si tiene muchos finos (lodo), se lava echándole agua a los montículos por arriba para que el lodo salga por debajo y se pueda sacar la arena limpia de la parte superior.



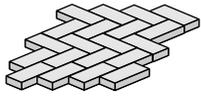
**Arena para el sello de arena.** Es arena *fina*, como la que se usa para repellar. No es necesario lavarla pero sí es indispensable pasarla por una zaranda de huecos de 2,5 mm de ancho para quitarle los sobretamaños, el material vegetal, otros contaminantes y para que quede suelta.



Después de lavada y cuando esté ligeramente seca, se pasa por una zaranda de huecos de 1 cm de ancho, para quitarle las piedras grandes (sobretamaños), el material vegetal (hojas, madera, etc.) y otros contaminantes (plástico, metal, papel, etc.). Esto sirve también para que quede suelta.

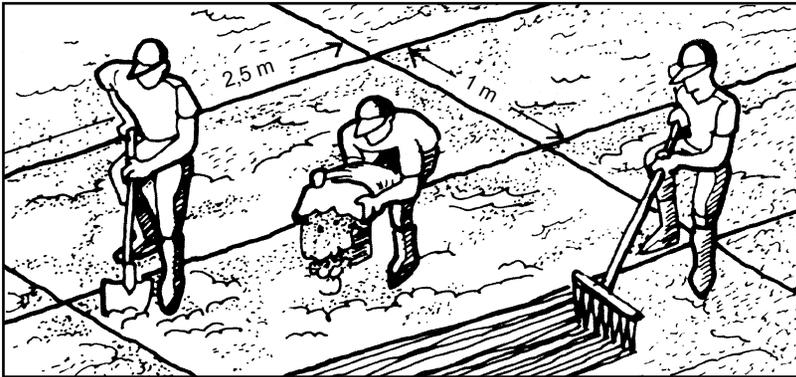


La arena para el sello estará lo más seca posible en el momento de utilizarla para que penetre en las juntas, por lo cual se debe almacenar bajo techo (si se esperan lluvias) y revolverla con frecuencia para que seque. La *arena gruesa* no tendrá que estar seca pero mientras menos humedad tenga, más fácil será su manejo.

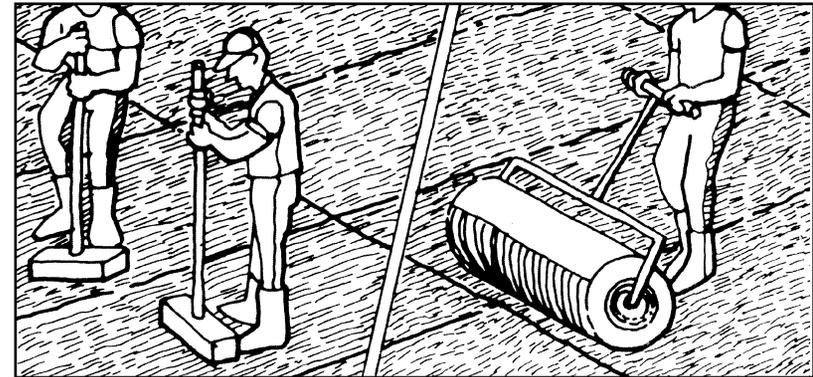


## 12. Materiales - Las bases de suelo-cemento

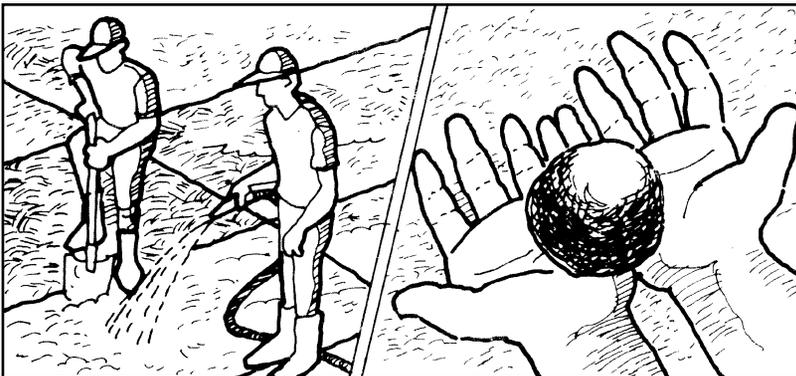
El suelo-cemento es una mezcla homogénea de suelo (no vegetal) pulverizado, cemento y agua, que se compacta y se cura, con lo cual adquiere una rigidez mayor que la del suelo natural. Por esto es que cuando se tienen suelos adecuados, se puede remover una cierta profundidad del terreno natural (subrasante) o traer suelo de algún corte vecino, para producir un suelo-cemento y utilizarlo como base para el pavimento. En el suelo cemento es fundamental el tipo, homogeneidad, compactación y curado.



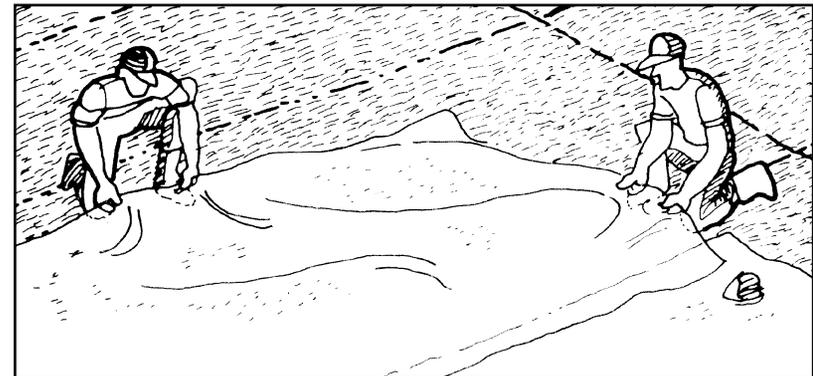
El suelo de la subrasante, o el de préstamo, se tritura (pulveriza). Luego se demarcan rectángulos de 2,5 m de largo por 1 m de ancho y, en cada uno, se vacía un saco de 50 kg de cemento, por cada 15 cm de espesor de base que se va a construir. Se mezcla el cemento y el suelo (a pala o con un arado agrícola), hasta que el color sea homogéneo.



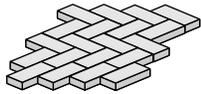
La mezcla del suelo-cemento se compacta, utilizando compactadores de rodillo "patecabra" (si el suelo es arcilloso) o de rodillos "lisos" (si el suelo es arenoso); vibrocompactadores de placa o pisones manuales. La compactación se hace por capas, hasta el espesor indicado en la Tabla 2.



Luego se agregan, lentamente, 25 litros de agua a cada rectángulo, mezclando hasta que su color vuelva a ser homogéneo. Si tomando un puñado de mezcla se puede formar una bola con las manos, no se le echa más agua; si la bola se deshace, se le agrega más agua al suelo-cemento hasta poder darle forma a la bola de muestra.



Terminada la compactación, se cura el suelo-cemento durante 3 días como mínimo, colocándole películas de plástico o lonas impermeables bien pisadas, que cubran toda el área y no dejen escapar la humedad, o colocándole sacos de papel o de fique, también pisados, que permanezcan húmedos por riego constante de agua.



## 13. Materiales - Las bases granulares

El material para una base granular debe ser pétreo, de río o un triturado de una cantera. Lo fundamental es que esté limpio, libre de lodo y basura y que no tenga piedras muy grandes, porque la falta de uniformidad puede generar asentamientos irregulares. Este material debe estar bien graduado, es decir, tener granos (piedras) de todo tamaño, desde arena hasta piedras de 5 cm, para que al compactarlo amarre bien.

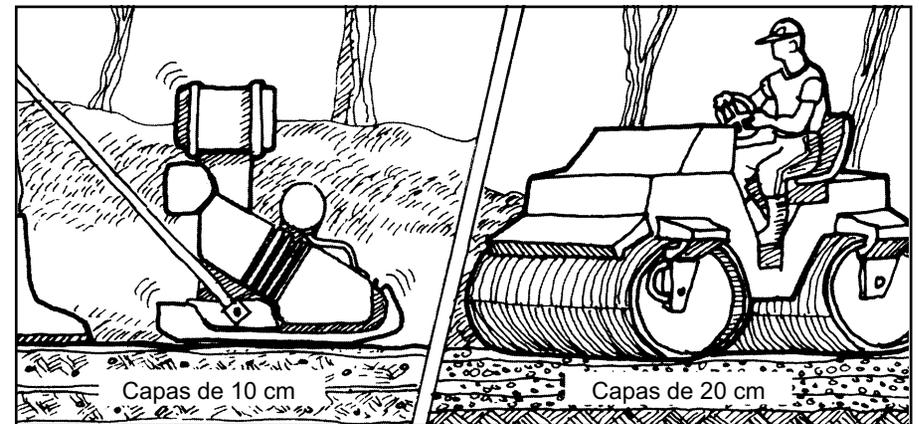
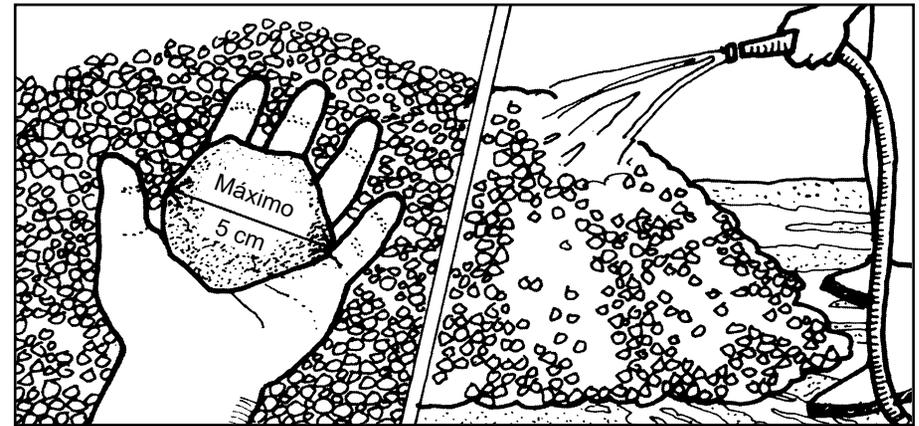
Se retiran todas las piedras que miden más de 5 cm (2 pulgadas), tanto del material redondeado como del triturado. Si tiene polvo o lodo, se deberá lavar, echándole agua por la parte superior del montículo, para que el lodo salga por debajo, pero sin que se pierda la arena.

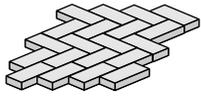
La compactación tiene como objeto acomodar los diferentes tamaños de granos para que la capa quede lo más densa y resistente posible. El pavimento debe quedar firme desde su construcción y no será suficiente darle algunas pasadas con una volqueta o camión cargados, sino que es necesario hacerlo con el equipo adecuado.

Mientras más pesado sea el equipo disponible, más gruesas serán las capas que se puedan compactar de una sola vez. Con rodillos de 10 toneladas, se compactan hasta 20 cm; con placas vibrocompactadoras hasta 10 cm y con pisones manuales no más de 5 cm. El total de material compactado será el indicado en la Tabla 3.

Cuando se va a compactar, es necesario que el material tenga cierta humedad para que se acomode más fácil, pero no puede estar empapado porque el equipo se hundirá en él y el agua no lo dejará amarrar bien. Por esto, si se lava, se debe hacer con anticipación, para permitirle que escurra (drene).

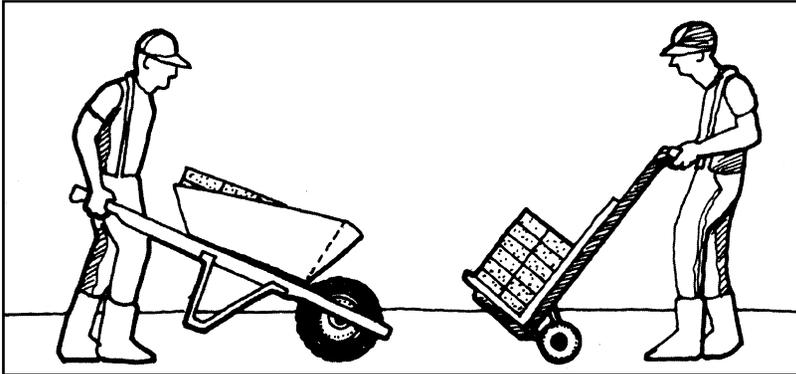
Es muy importante que la superficie de la base quede compactada con el mismo perfil del pavimento terminado. Además ningún punto de la superficie puede quedar con una separación de más de 1 cm al colocar un codal de 3 m de largo.



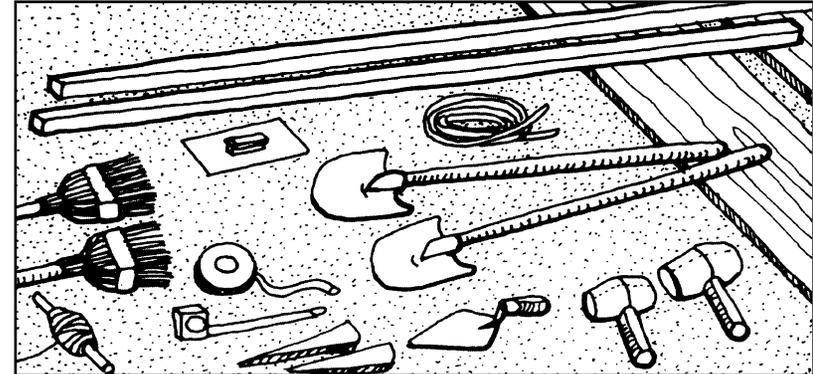


## 14. Equipos y herramientas

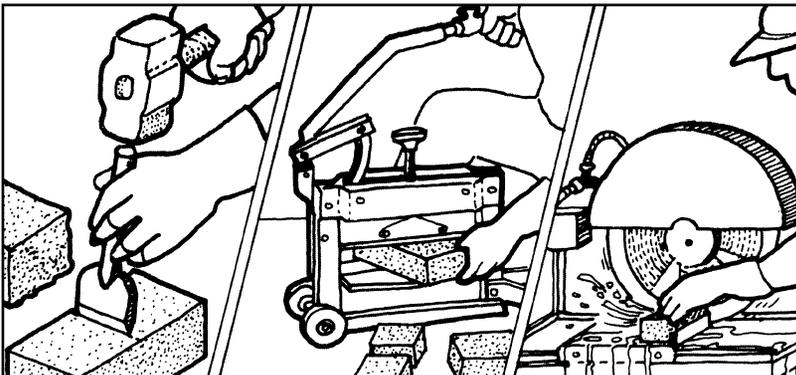
En la construcción de un pavimento de adoquines se requiere sólo de equipos y de herramientas sencillos para el transporte y corte de los adoquines, la colocación de la capa de arena, de los adoquines y del sello de arena y, adicionalmente, el equipo para la compactación de los adoquines.



Para el transporte de los materiales y las herramientas en la obra se emplean coches de los que se utilizan en la construcción. Para la distribución de adoquines se emplean carretillas como las que se usan para transportar cajas de gaseosas, colocándoles una tabla en la base y otra que sirva como respaldo, para poder apilar los adoquines.



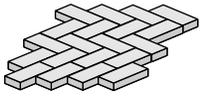
Como herramientas para la construcción, es necesario contar con 3 codales o reglas (de unos 3 m de largo y 4 cm de sección), tablas o tablones (de apoyo para los colocadores), herramienta varia (hilos, estacas, nivel de manguera, palustres, llanas, un mazo de caucho por colocador, 2 escobas, 2 palas, cintas métricas, lápices, etc.).



Con el fin de llenar los espacios que quedan contra el confinamiento se parten trozos de adoquines con cinceles, hachuelas, cizallas mecánicas o sierras circulares con disco metálico. Mientras más refinado sea el equipo, los ajustes serán más precisos pero también será más costoso.



Para compactar la capa de adoquines es indispensable utilizar una vibrocompactadora de placa. El área de la placa de la compactadora debe estar entre 0.25 y 0.5 m<sup>2</sup>. No se deben utilizar placas más grandes porque pueden fisurar los adoquines, especialmente si tienen 6 cm de espesor.

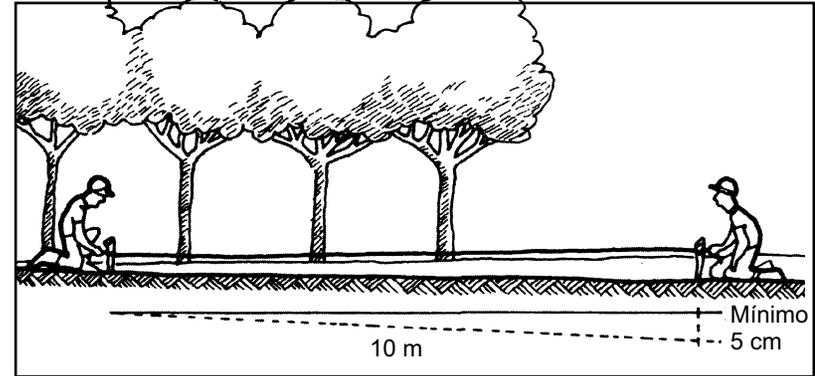


## 15. Preparación del terreno natural

La construcción del pavimento se inicia estudiando la zona por donde se va a construir la vía y preparando el terreno o subrasante. Estos trabajos preliminares son muy diferentes si el pavimento se construye sobre el terreno natural o sobre un pavimento existente. La subrasante debe quedar al nivel indicado y con las mismas pendientes que va a tener el pavimento, según se definen en la página 22, para poder colocar capas de igual espesor en toda el área del pavimento.



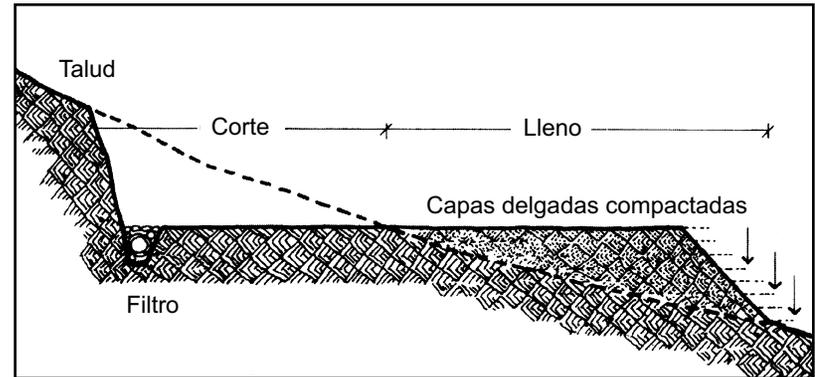
La primera actividad consiste en retirar los materiales ajenos a la vía como árboles, piedras, restos de construcciones y de pavimentos antiguos, cuando no se vayan a utilizar estos últimos como parte de la estructura del nuevo pavimento. Es aconsejable trasplantar los árboles pequeños, al menos a 5 m del borde de la vía.



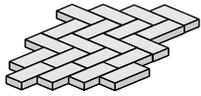
En ese momento es indispensable estudiar las pendientes naturales del terreno y los niveles a los que se tiene que llegar con el pavimento, para definir si: ¿Hay que hacer cortes o rellenos? ¿Con qué pendientes va a quedar el pavimento? ¿Qué estructuras se deben construir para el drenaje, como cunetas, sumideros, tuberías, etc.?



Se retiran completamente la capa de materia orgánica (tierra y material vegetal) y las zonas pequeñas de material más blando que el común (como la arcilla). Así mismo se deben investigar las zonas que permanecen húmedas o se inundan en invierno, porque pueden tener nacimientos de agua o mal drenaje.

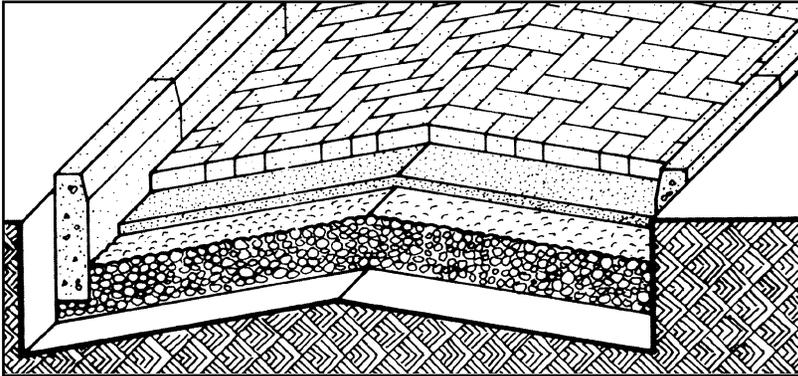


Se debe revisar que en los cortes no haya nacimientos de agua. Si en su parte inferior hay humedad, se debe construir un filtro en el borde de la vía. Los rellenos se deben hacer con materiales pétreos o limos; en general, tierras que no se ablandan con la humedad y que sean de calidad similar o mejor que los que se tienen en ese lugar.

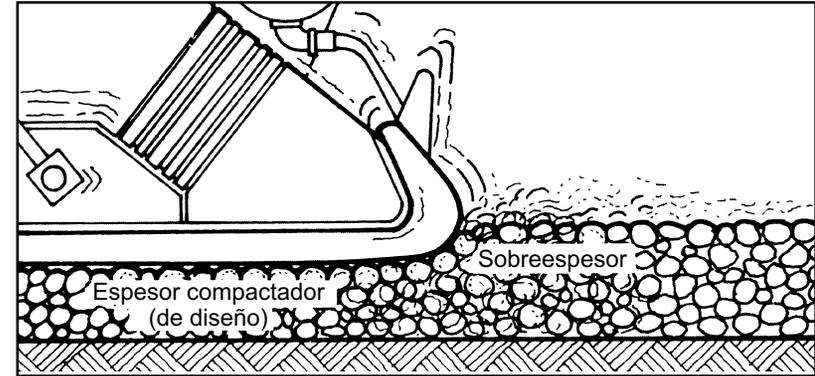


## 16. Construcción de bases sobre el terreno

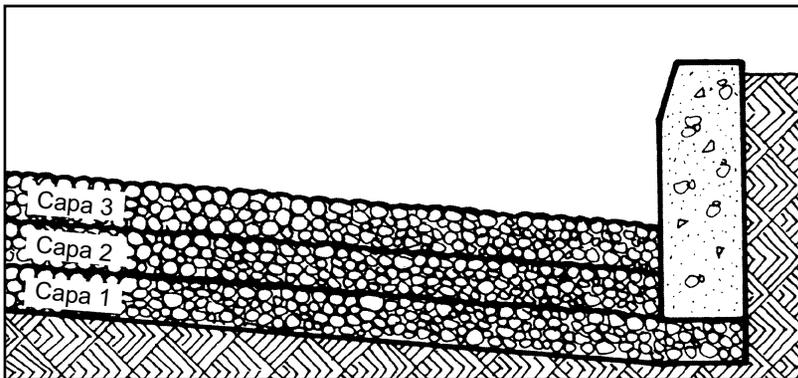
En los capítulos anteriores se determinaron las propiedades que deben tener cada una de las capas del pavimento, los materiales de que estarán compuestas y la manera de construirlas. Pero es conveniente tener algunos cuidados con la subrasante sobre la que se construyen, bien sea el suelo natural u otro pavimento existente. Estas actividades dependerán del tipo de subrasante que se tenga y del material de la base.



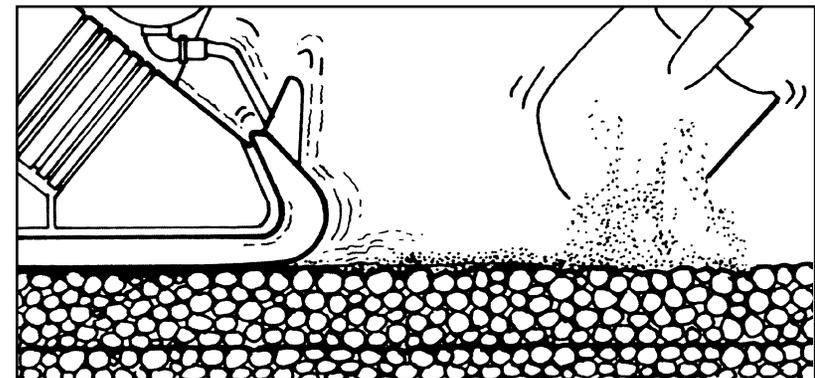
Se nivela la subrasante con las pendientes definidas por el diseño geométrico de la vía para el drenaje, de modo que sobre ésta se coloque después un espesor constante en toda el área del pavimento. Se retira el material que sobre en los cortes o se rellenan las zonas bajas, o huecos, con un material igual o mejor que el de la subrasante.



Como al compactar una cantidad definida del material de base se reduce su espesor, es necesario colocar uno mayor, de material suelto, para que al compactarlo quede con el espesor requerido por el diseño.

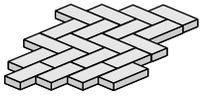


La base se construye por capas de espesor constante en toda el área del pavimento. Cada capa debe quedar completamente terminada (compactada) antes de colocar la siguiente. El espesor de cada una de estas capas es función del equipo que se tenga para la compactación.



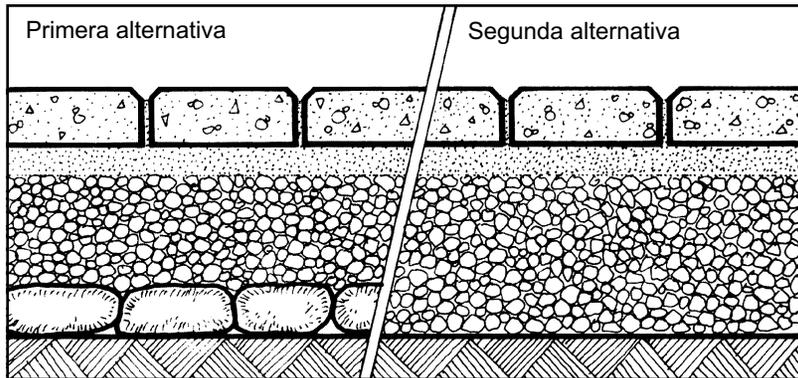
La superficie quedará lo más cerrada posible, sin huecos, para que la capa de arena no se pierda por entre ellos. Se puede usar un poco de arena o suelo-cemento para emparejar las áreas más rugosas, pero estos rellenos se deben compactar antes de colocar la base. Es fundamental que la superficie de la base quede bien nivelada, idéntica al perfil que va a tener el pavimento.



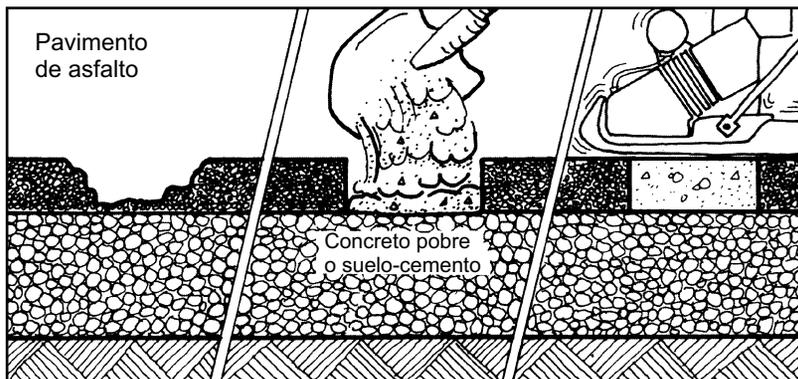


## 17. Construcción de bases sobre pavimentos

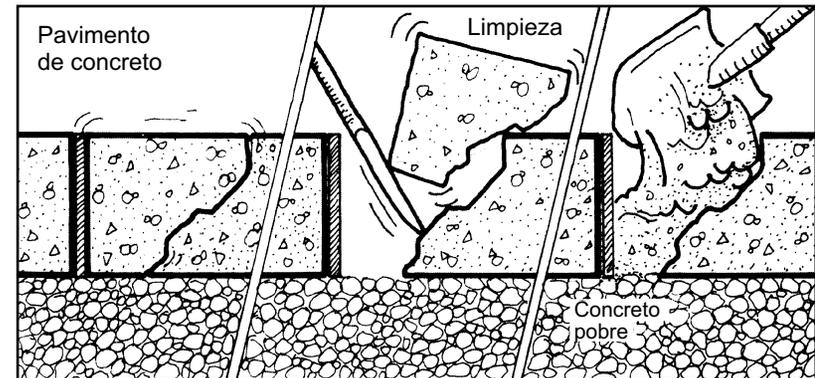
Con frecuencia se construyen pavimentos de adoquines sobre pavimentos en mal estado. Estos pueden ser empedrados, pavimentos de asfalto, de concreto o material granular que se ha echado con anterioridad.



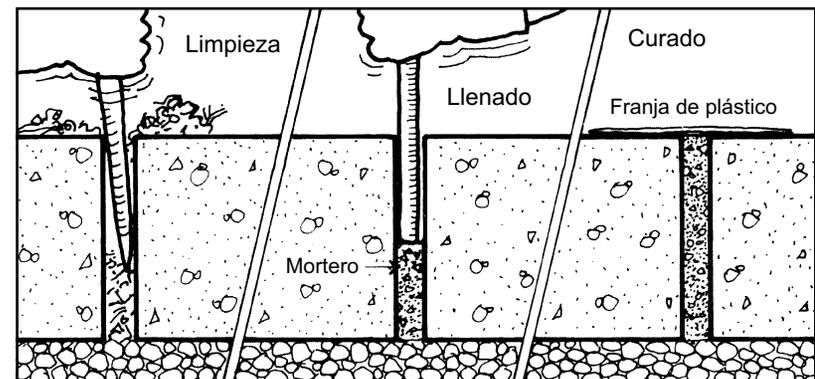
Cuando se ha tomado la decisión de reemplazar los empedrados antiguos por un pavimento de adoquines, se debe evaluar el precio al cual se puede vender la piedra después de arrancarla y compararlo con el del material de base que habría que traer para reemplazar su aporte a la rigidez (resistencia) del pavimento.



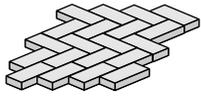
Si la subrasante va a ser un pavimento de asfalto existente, hay que rellenar los huecos que tenga antes de colocar la base. Esto se hace con un suelo-cemento o con un "concreto pobre" (1 parte de cemento por 15 de agregados (arena + gravilla) y muy poco agua), que se puede manejar con un suelo cemento.



Si se tienen losas de concreto, hay que revisar que tanto las losas como los pedazos fracturados no se muevan con el tránsito. Si se mueven, hay que sacarlos y rellenar estos huecos con "concreto pobre". Si existen nacimientos de agua, es necesario construir filtros para encausar el agua.



Las juntas entre las losas se deben abrir para limpiar todo el material que tengan dentro. Luego se rellenan con un mortero de 1 parte de cemento por 4 de arena. Los rellenos de la subrasante, de los tramos de losa y de las juntas, se deben dejar endurecer por lo menos durante un día, antes de continuar la obra.



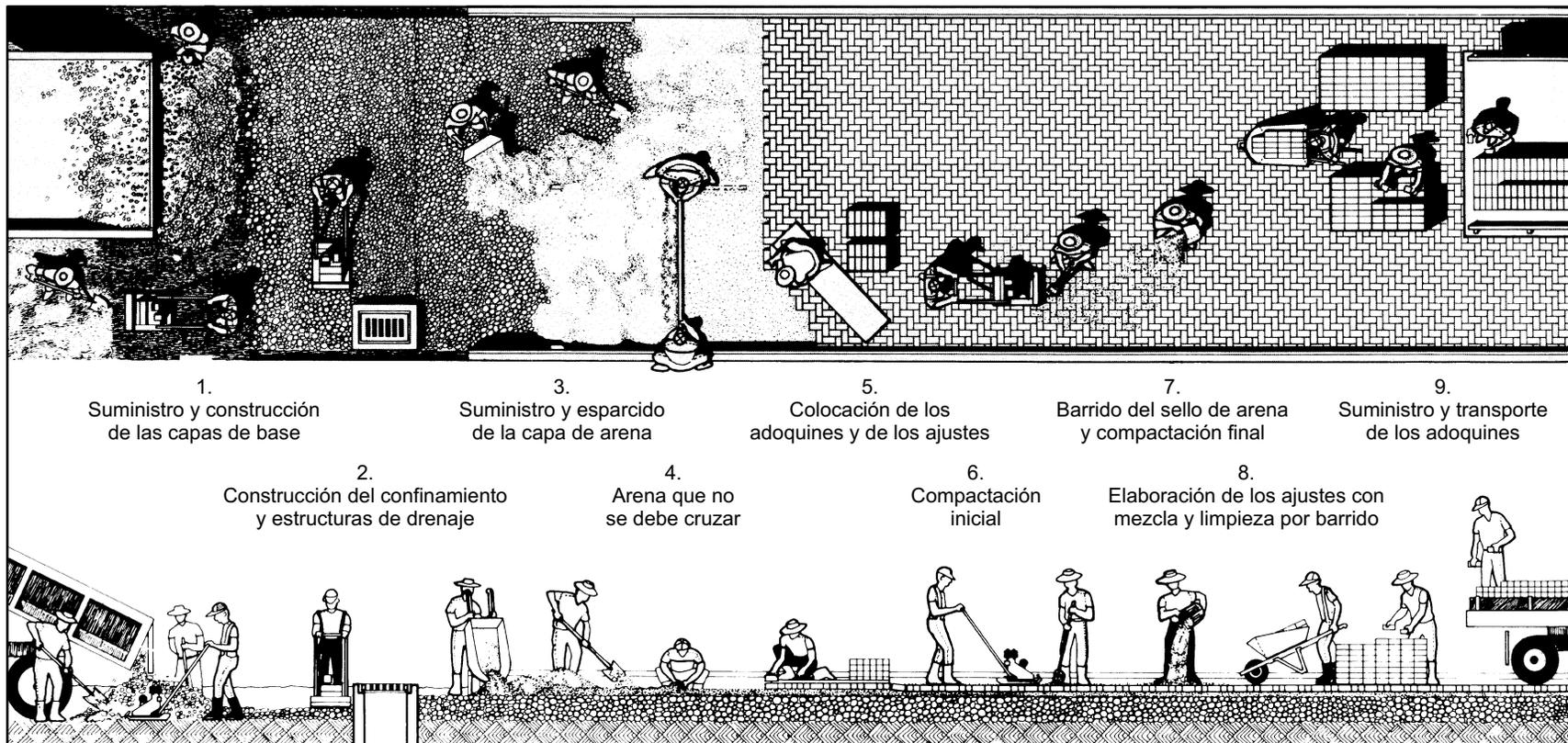
## 18. Organización del trabajo (1)

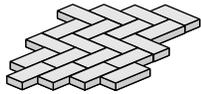
La construcción del pavimento de adoquines seguirá, cuidadosamente, un orden en las actividades a realizar, para evitar desperdicios de tiempo y materiales, pues se tienen materiales y frentes de trabajo muy diferentes, que sólo cuando se coordinan debidamente permiten obtener un buen pavimento.

La capa de arena ya colocada divide el área de trabajo en dos, porque ésta no se puede pisar ni desordenar. Por esto, se debe planear el suministro de materiales y equipos así: los de la base y la capa de arena llegarán por el lado hacia el cual avanza la pavimentación y los adoquines y la arena de sello lo harán por el lado terminado.

Para la adecuación del terreno y la construcción de las capas de base se siguen las recomendaciones que tradicionalmente se han hecho para otros tipos de pavimentos y las que aparecen en las páginas 12, 13, 16 y 17, de acuerdo con el tipo de material disponible para ellas.

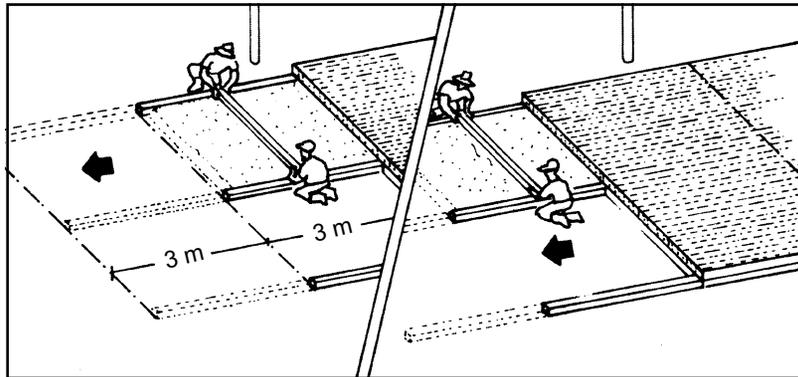
Para poder colocar la capa de rodadura, que como se dijo está compuesta por la capa de arena, los adoquines y el sello de arena, es necesario tener listas todas las estructuras de confinamiento y de drenaje, que vayan a formar parte del pavimento, de modo que se forme una caja dentro de la cual se construya dicha capa.



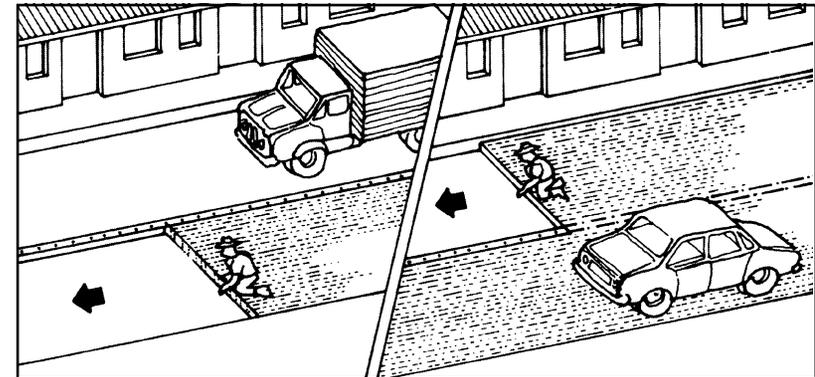


## 19. Organización del trabajo (2)

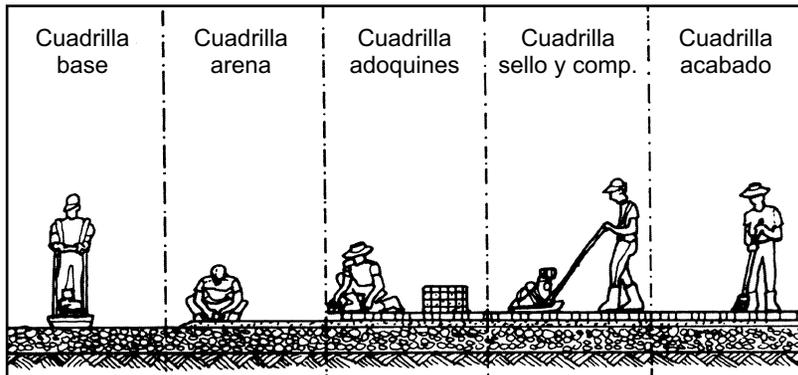
**C**uando se tiene completamente definida el área a pavimentar, es necesario definir cómo se va a acometer el trabajo, porque éste se tendrá que realizar por tramos, si el área a pavimentar sobrepasa los 10 m<sup>2</sup> aproximadamente. Esta organización dependerá del tamaño y de la forma del área a pavimentar (pues no es lo mismo pavimentar calles angostas y largas que parqueaderos o plazas más cuadradas), de la cantidad de equipo y mano de obra disponibles y de los plazos dados para la obra.



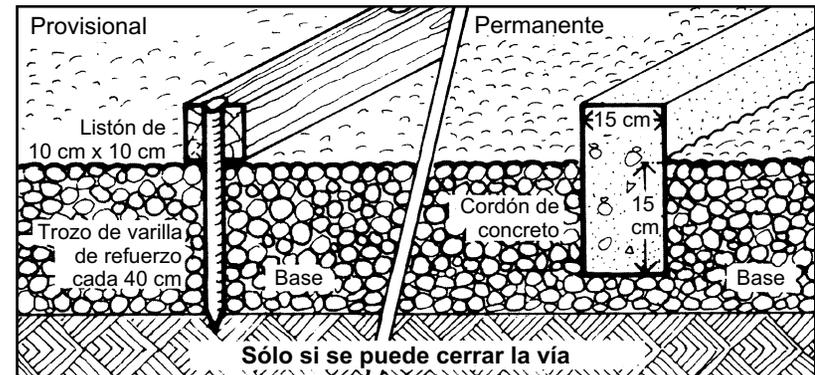
Cuando se va a pavimentar una vía, se trabaja en franjas de todo su ancho, colocando tres rieles para enrasar la capa de arena: uno a cada lado y otro en el centro. Como estos rieles son, por lo general, de 3 m de longitud, ésta será la distancia que la cuadrilla avanzará en cada tramo, el cual se deberá terminar antes de iniciar el siguiente.



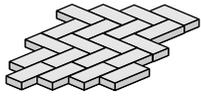
Cuando se va a pavimentar una vía que no se puede cerrar (como el acceso a una población), hay que hacerlo por carriles, en vez de franjas, obligando a construir un confinamiento longitudinal, en el centro, para poder dejar en servicio un carril mientras se trabaja el otro.



Para agilizar la pavimentación, se pueden tener cuadrillas dedicadas a cada actividad, que trabajen como un tren y que vayan terminando tramos cortos en vez de hacer tramos largos (entre media y una cuadra); pues la capa de arena y la de adoquines, sin compactar, se pueden alterar por causa de la lluvia o de peatones imprudentes.

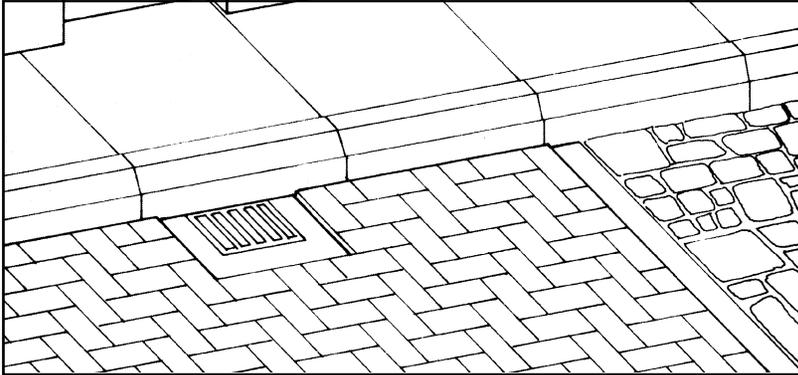


El confinamiento longitudinal permanente (de concreto) es costoso y afea el pavimento, por lo cual se puede crear un confinamiento provisional (de madera o metal, como se indica en la página 21), que se puede ir retirando a medida que se va adoquinando el segundo carril.

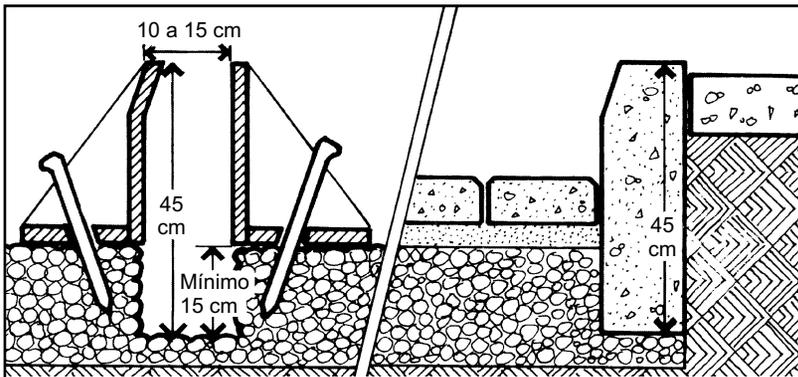


## 20. Confinamiento externo

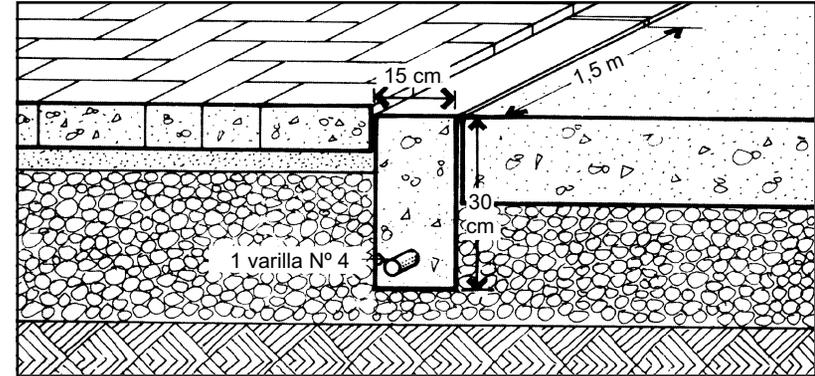
El confinamiento es parte fundamental del pavimento de adoquines, porque evita que el tránsito, desbarate la capa de rodadura que va unida por compactación. Se puede hablar de dos tipos de confinamiento: externo, que rodea el pavimento, e interno que rodea las estructuras que se encuentran dentro de éste. Es indispensable construir el confinamiento antes de esparcir la capa de arena, para poder colocar ésta y los adoquines dentro de una caja, cuyo fondo sea la base compactada y sus paredes las estructuras de confinamiento.



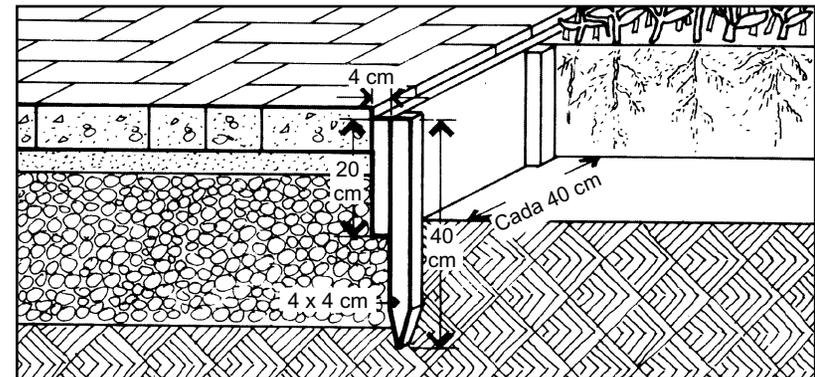
El confinamiento externo está conformado, en general, por: el cordón de una acera, un bordillo contra una zona verde o un cordón, a ras, contra otro tipo de pavimento. Como estos elementos están en contacto directo con las llantas de los vehículos, serán de concreto de muy buena calidad y muy bien terminados.



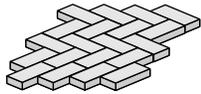
Los bordillos vaciados en obra se hacen con formaleta, vibrados y bien acabados, nunca de mortero tirado como revoque. Tienen un espesor de 10 cm para tránsito peatonal, 15 cm para vehicular y 45 cm de profundidad, para que penetren 15 cm en la base. Si son prefabricados, necesitan un respaldo firme (acera) o un contrafuerte de concreto.



Cuando se empalma un pavimento de adoquines con uno de otra clase y que tenga bordes irregulares o con un pavimento destapado, se construye un cordón, como los de confinamiento interno pero sin perforaciones, que marque el cambio de tipo de pavimento. Si el borde de las losas de concreto está en buen estado, sirve como confinamiento.

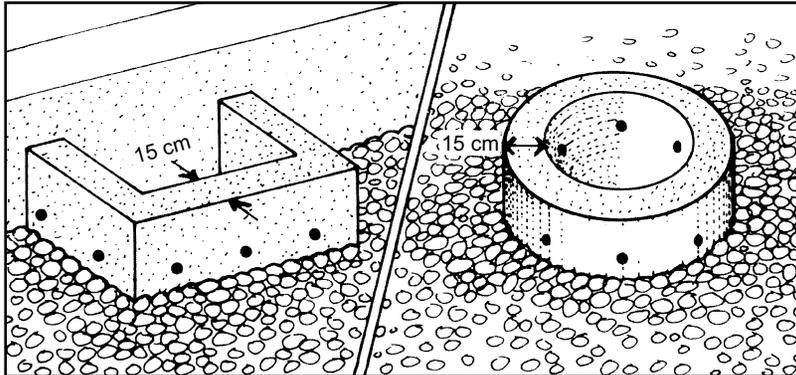


En pavimentos para tránsito peatonal o de bicicletas, especialmente en parques o jardines, se puede hacer un confinamiento externo con tablas de madera tratada, de 4 cm de espesor y, al menos, 20 cm de ancho, confinadas con estacas de 4 x 4 cm o varillas de acero de refuerzo (#4), de 40 cm de largo y colocadas cada 40 cm.

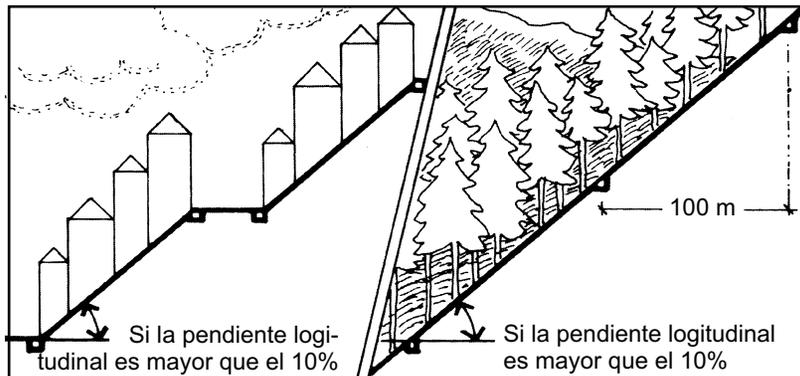


## 21. Confinamiento interno

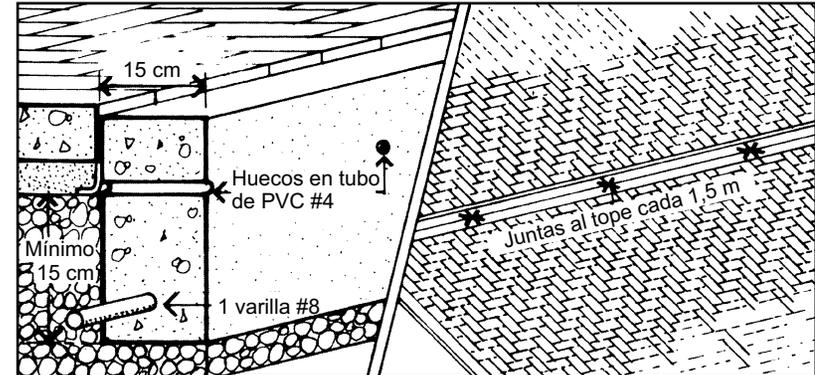
Nunca se vacían confinamientos a ras contra adoquines ya colocados, porque terminan fisurándose en los puntos donde correspondería una junta entre adoquines a cada cierta longitud, si no se le dejan juntas. Adicionalmente, el borde se va descascarando. Por esto la capa de adoquines es la que se debe ajustar, con piezas partidas, contra el confinamiento construido con anterioridad.



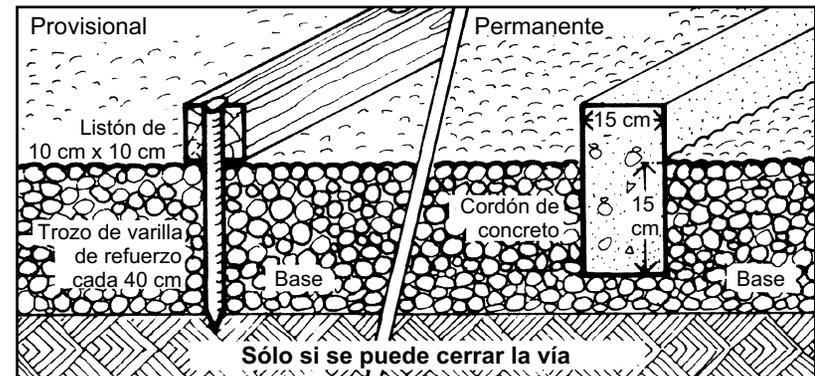
Parte del *confinamiento interno* son las estructuras que están dentro del pavimento (sumideros, cámaras de inspección, cunetas, etc.) Sus paredes serán de concreto, prefabricadas o vaciadas, con un espesor de 15 cm para tránsito vehicular, 10 cm para peatonal y con huecos de media pulgada de diámetro, cada 40 cm, en el nivel de la capa de arena, si son de drenaje.



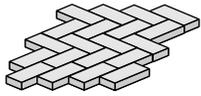
No hay que construir cordones transversales de confinamiento para los adoquines cada cierta distancia, por temor a que se corran. Se pueden construir cuando haya cambios fuertes de la pendiente de la vía. Si ésta tiene más del 10%, se confina al comenzar y terminar cada cuadra, en calles, y cada 100 m, en carreteras.



Estos cordones transversales de confinamiento serán de concreto, prefabricados o vaciados, de 15 cm de espesor y 30 cm de profundidad, para que penetren 15 cm en la base. Si son vaciados tendrán como refuerzo, una varilla continua #4 a 5 cm del fondo; juntas al tope, cada 1,5 m y perforaciones de 1,5 cm de diámetro cada 40 cm, a nivel de la capa de arena.

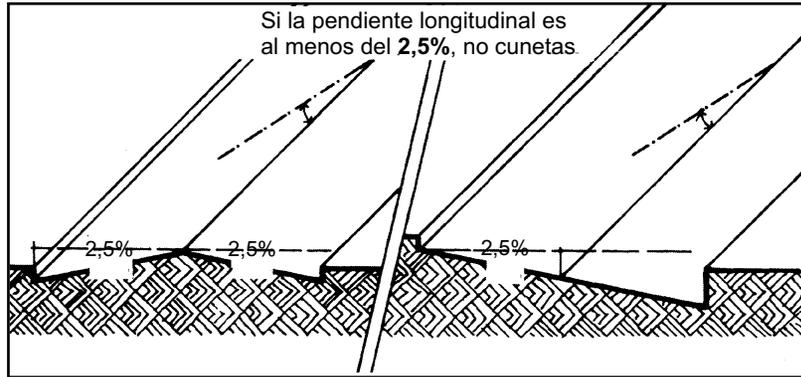


Cuando se construye el pavimento de adoquines por carriles, sin detener el tránsito de los carriles vecinos, se debe construir un cordón longitudinal de confinamiento, similar a los transversales, o uno provisional conformado por una sección de madera de 8 x 8 cm, clavada en la base con varillas de refuerzo #4, de 40 cm de largo, cada 40 cm.

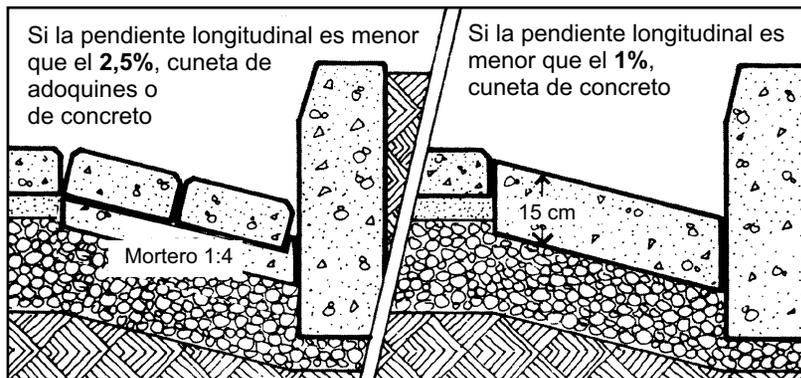


## 22. Drenaje - Pendientes

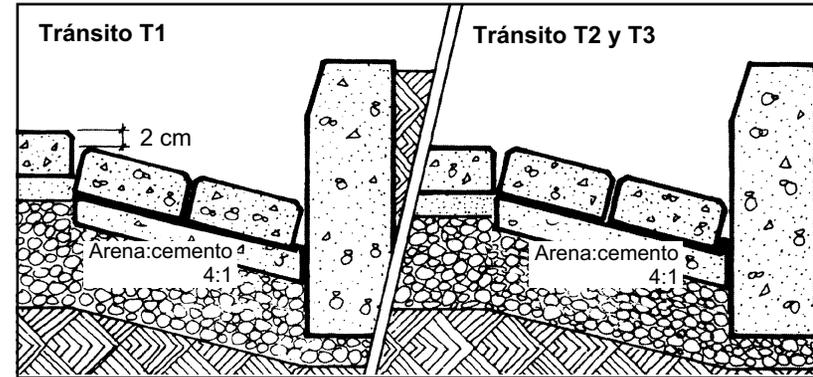
El drenaje son las obras que sirven para manejar las aguas que puedan afectar el pavimento. De éste se distinguen dos tipos: el *drenaje superficial*, que maneja y encauza el agua que está sobre el pavimento (pendientes, cunetas, sumideros, etc.) y el *drenaje subterráneo*, que maneja el agua que está debajo del pavimento (filtros, alcantarillados, etc.) En este capítulo se hace mayor énfasis en el drenaje superficial.



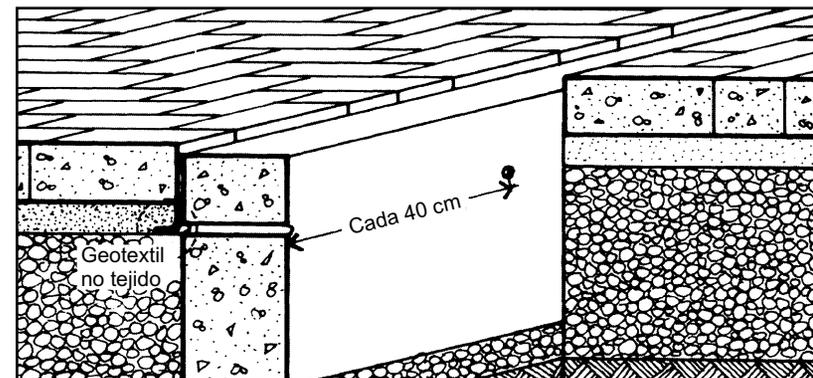
Las pendientes del pavimento buscan evacuar el agua de su superficie para: mantenerla seca, reducir la penetración del agua por las juntas y conducirla a las estructuras de drenaje. Cuando la pendiente longitudinal de la vía es de, al menos el 2,5%, su pendiente transversal será mínimo del 2,5% y no es necesario construirle cunetas a los lados.



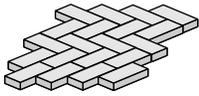
Si la pendiente longitudinal de la vía es menor del 2,5% se construyen cunetas a uno o ambos lados de la vía, según las pendientes transversales. Estas cunetas se pueden hacer con adoquines colocados sobre mortero una capa de arena-cemento en proporción 4:1, o de concreto. Si la pendiente longitudinal es menor del 1%, la cuneta tendrá que ser de concreto y de 15 cm de espesor como mínimo.



Cuando se tiene tránsito peatonal o T1, las cunetas se pueden hacer escalonadas hasta 2 cm, con respecto a la superficie del pavimento, sólo si se usan adoquines de 8 cm de espesor. En áreas pavimentadas con adoquines, diferentes a vías, como plazas, parqueaderos, patios, etc., la pendiente mínima será del 2%.

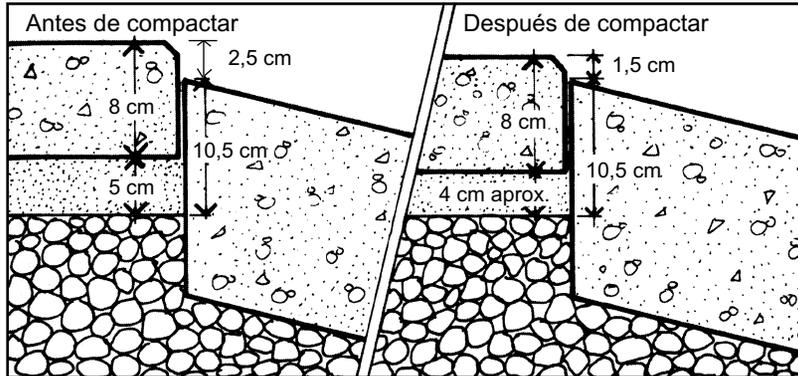


Se dejan perforaciones en las paredes de los sumideros, cárcamos o cordones transversales, introduciendo, durante el vaciado, tubos de PVC de media pulgada cada 40 cm, al nivel de la parte baja de la capa de arena. El lado del tubo que está en contacto con la arena se cubre con un parche de geotextil no tejido para que no se pierda la arena.

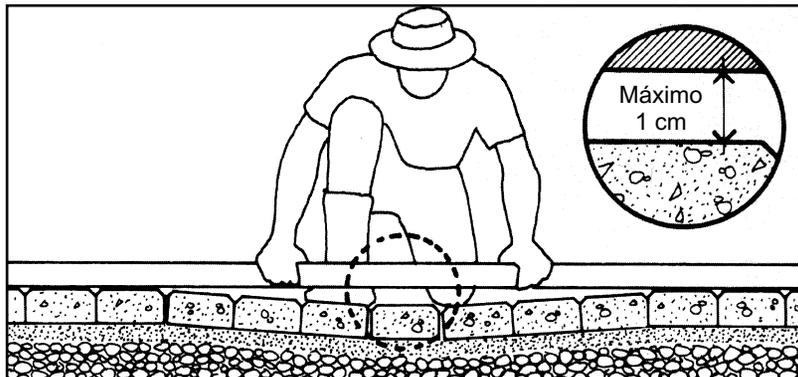


## 23. Drenaje (2)

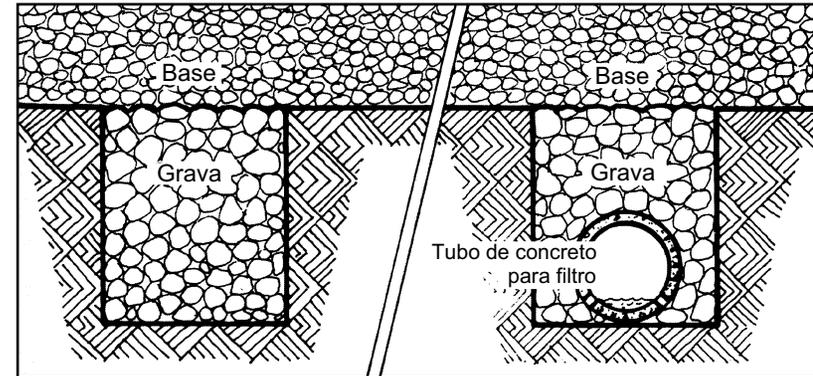
Los niveles y la uniformidad de la superficie de adoquines se pueden considerar como parte de los requisitos de drenaje, porque sin estos las pendientes o las estructuras de drenaje no funcionan adecuadamente. En esta publicación no se tratan con detenimiento los elementos del drenaje subterráneo, como los alcantarillados. Solo se muestra la manera de construir un filtro corriente de grava.



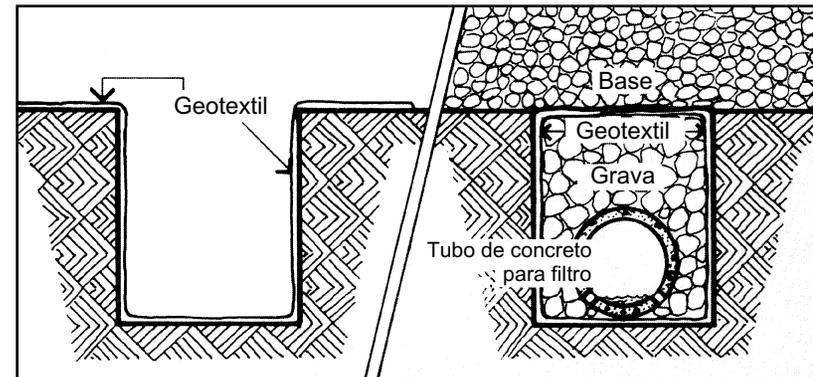
La superficie de adoquines, después de terminado el pavimento, quedará 1,5 cm por encima de cualquier estructura de drenaje o confinamiento interno. Por esto es necesario tener en cuenta que los 5 cm de arena se reducen a unos 3 cm con la compactación, por lo cual la base tendrá que quedar a 10,5 cm por debajo del borde de las estructuras (8,5 cm para adoquines de 6 cm).



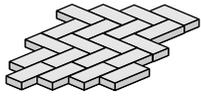
Para que el agua corra fácilmente sobre el pavimento de adoquines, su superficie debe quedar pareja. Si se coloca un codal o regla de 3 m, ningún punto de la superficie de los adoquines (no en las juntas) puede quedar una separación de más de 1 cm. Si así ocurre, se debe corregir el proceso de construcción hasta alcanzar esta calidad.



Si el nivel del agua del terreno está muy alto y ablanda la subrasante o aparece durante la construcción, se construye un filtro debajo de la base, consistente en una zanja llena con grava y cubierta con esta. Si hay mucha agua, se coloca un tubo de concreto perforado, en la parte inferior de la zanja, para sacar esta agua hacia un alcantarillado.

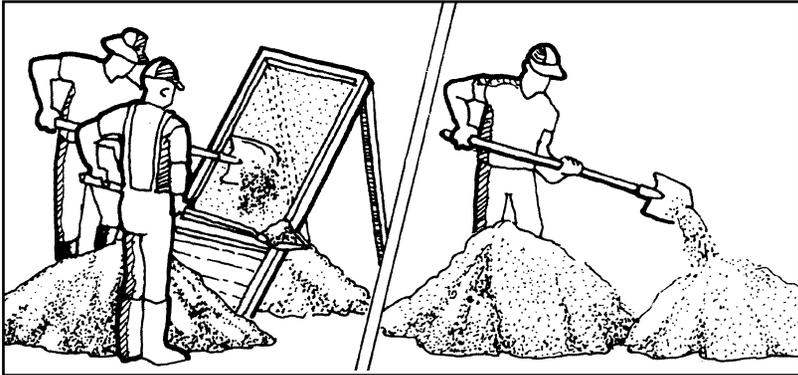


Si el suelo del lugar es muy fino se aconseja, una vez se ha abierto la zanja, forrar las paredes con geotextil, colocar un poco de grava y sobre ésta el tubo, con las perforaciones hacia abajo. Luego se termina de llenar la zanja con grava, se cierra el geotextil y se coloca encima el suelo necesario o la base, bien compactados.

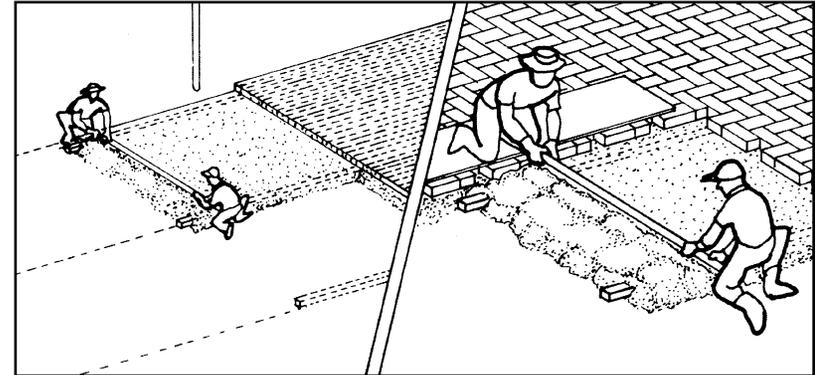


## 24. Esparcido de la capa de arena (1)

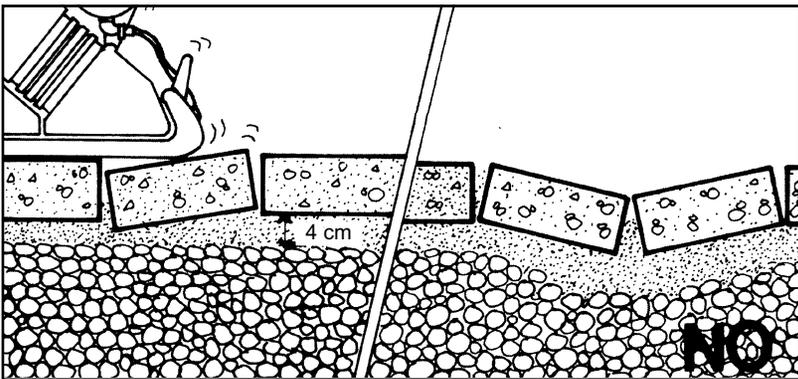
La capa de arena tiene tres funciones: servir de filtro, para el agua que pueda penetrar por las juntas; de capa de acomodo para los adoquines y, al penetrar por las juntas, ayudar a que estos se amarren entre sí. La arena con que se construye esta capa debe cumplir con los requisitos que aparecen en la página 11.



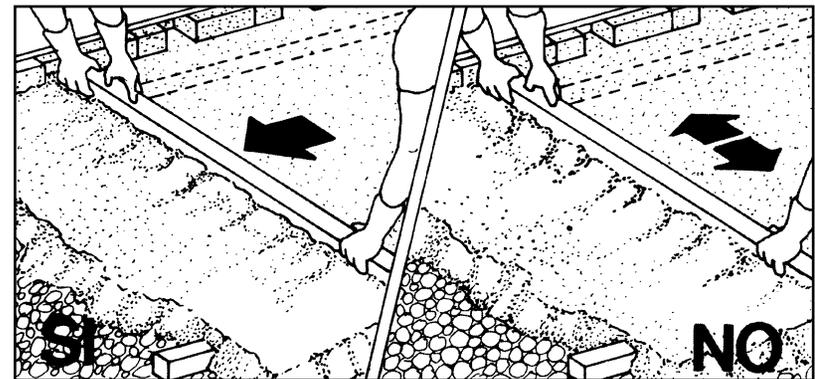
Después de pasar la arena por la zaranda, se traspala varias veces, hasta que su humedad sea uniforme. Luego se lleva hasta el sitio donde se va a utilizar. Esta arena puede estar húmeda pero no empapada de agua. Si está así, hay que dejarla que escurra antes de usarla.



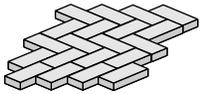
Para colocar la arena se utilizan 3 reglas o codales, de madera o de aluminio, 2 de ellos como rieles y otro como enrasador. Deben tener 4 cm de alto, tal como se indicó en la página 14. Los rieles se colocan paralelos, a ambos lados de la vía y en el centro, para cubrir todo su ancho con solo dos pasadas.



La capa de arena tendrá un espesor de 4 cm, antes de colocarle los adoquines, y será uniforme en toda la superficie del pavimento. Por esto, **no se usa para corregir las irregularidades** con que pueda haber quedado la base, porque si se hace así, luego aparecerán estas irregularidades en forma de ondulaciones de la superficie del pavimento.



Estos rieles se asientan sobre la base ya nivelada y compactada. En el espacio entre ellos se riega suficiente arena suelta como para que quede un poco para arrastrar. El enrasador lo manejarán, desde fuera de los rieles, dos personas, pasándolo una o dos veces a lo largo, sin hacer zigzag.



## 25. Esparcido de la capa de arena (2)

**P**ara asegurar que la superficie final del pavimento de adoquines sea uniforme, es necesario que la cantidad de la arena, el espesor en que se coloca y la nivelación de esta capa sean constantes y uniformes.

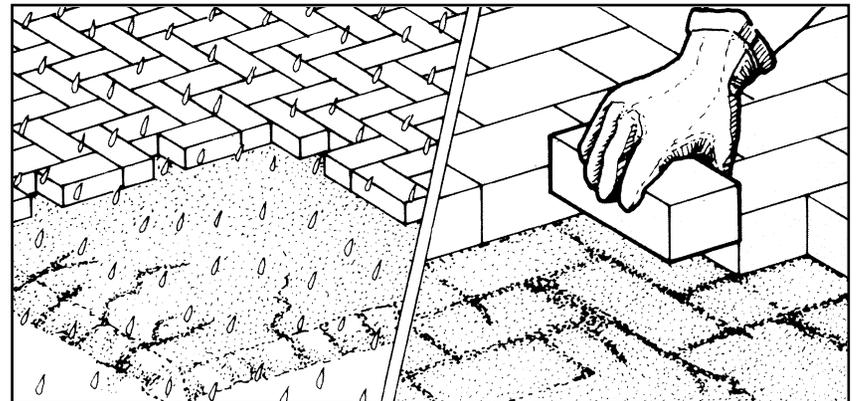
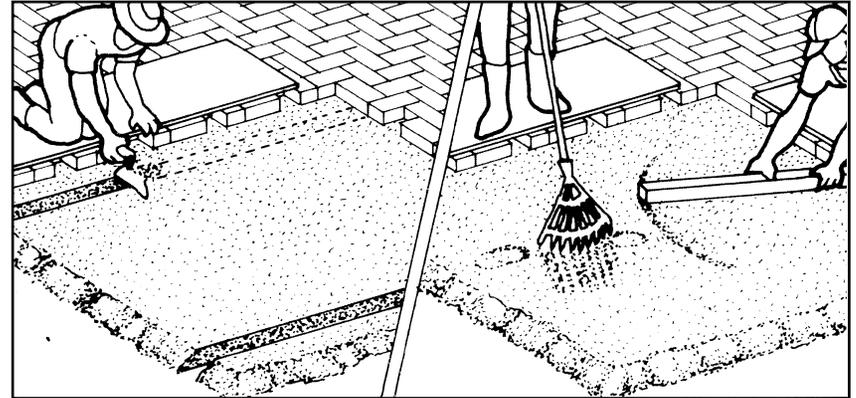
La superficie de la arena enrasada quedará completa, sin huecos ni rayones. Si antes de colocar los adoquines, esta superficie sufre alguna compactación por el paso de personas, animales, vehículos, etc., la zona alterada se debe soltar con un rastrillo de jardinería y se vuelve a enrasar con una regla pequeña o con una llana.

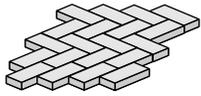
Las huellas que dejan los rieles cuando se retiran, se llenan con arena suelta y luego se enrasa, empleando una llana o regla pequeña; teniendo cuidado de no dañar la superficie vecina, ya terminada.

Si antes de colocar los adoquines, cae lluvia abundante sobre la capa de arena enrasada, se retira la arena mojada y se coloca nuevamente arena seca.

Si se habían colocado los adoquines, pero no se había compactado ni sellado, se levantan algunos y se revisa el estado de la capa de arena.

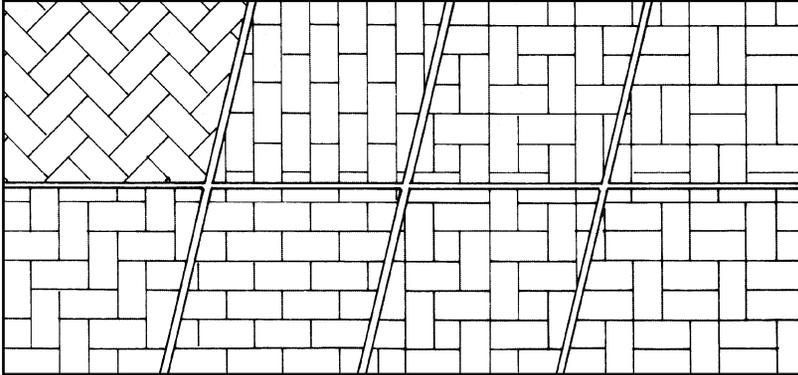
Si aparecen canales correspondientes a las juntas, se retiran, tanto los adoquines como la capa de arena y se comienza de nuevo el proceso. Si no hay daños, se espera a que la capa de arena escurra bien la lluvia, antes de proceder a la compactación.



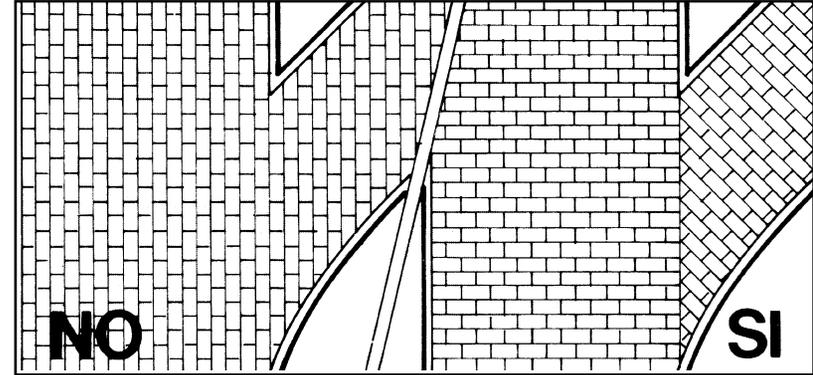


## 26. Colocación de los adoquines - Patrones

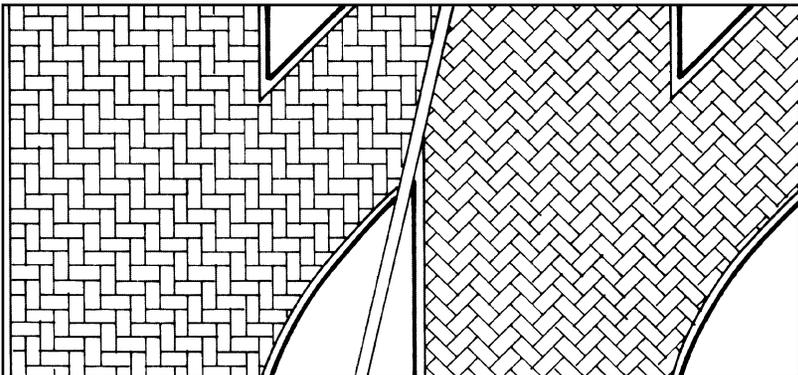
Los adoquines se colocan siguiendo: *Un patrón de colocación*, que es la manera como van puestos, unos al lado de otros; y un *alineamiento*, que es la posición del patrón con respecto al eje de la vía. Ambos se deben definir antes de empezar la obra. Para el tránsito vehicular no se pueden dejar juntas continuas en el sentido de circulación de los vehículos, por lo cual hay que buscar que no queden alineadas con el eje de la vía, o el tráfico mayor. Por esto, hay patrones que solo se usan para tránsito peatonal.



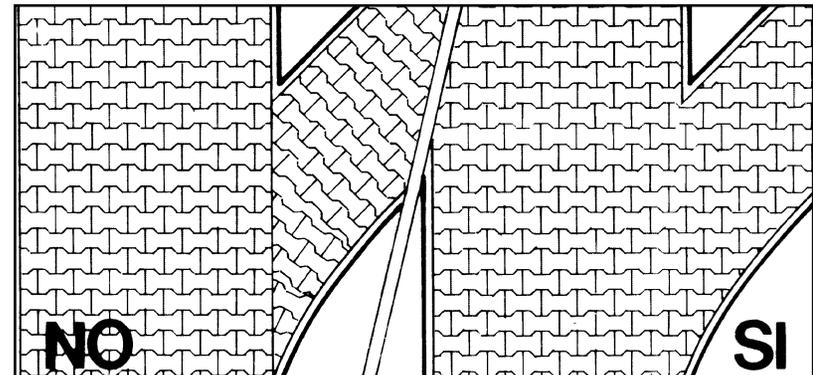
Existe una gran cantidad de formas de adoquines. Algunos de ellos, como los rectangulares, se pueden colocar en una variedad casi infinita de patrones de colocación. Todos ellos se pueden emplear cuando se tenga sólo *tránsito peatonal*, sin importar su alineamiento



Si los adoquines *rectangulares* se colocan en *hileras*, estas deben ir trabadas, como los ladrillos de un muro y *atravesadas* al eje de la vía principal. Al llegar a curvas o esquinas hay que girar el patrón de colocación. El cambio se hace con ajustes bien partidos o con un *cordón transversal*. Nunca se pondrán en hileras alineadas con la vía.

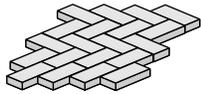


En pavimentos para *tránsito vehicular*, los adoquines *rectangulares* se colocan preferiblemente, en patrón de *espinas de pescado*, alineado con el eje de la vía o en el ángulo que se desee, por lo cual no hay que cambiar de alineamiento cuando se llegue a curvas o a esquinas.



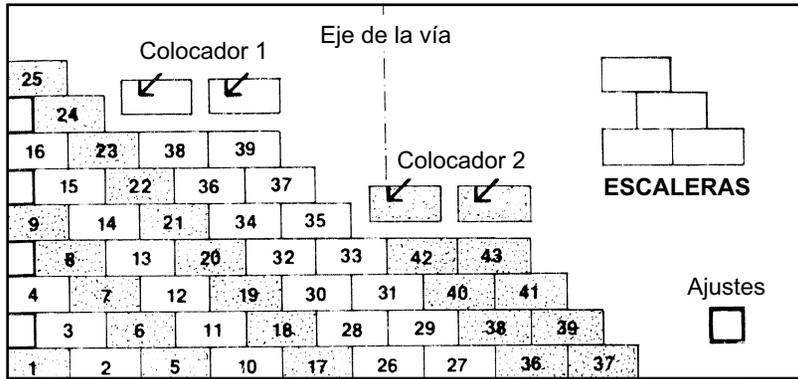
Si se tienen adoquines con forma de *"I"*, *cruc*, *trébol*, etc., que solo se pueden colocar en hileras, se deberá tratar de que queden colocados en *hileras atravesadas* al eje de la vía principal, pero no es necesario girar el patrón de colocación al llegar a curvas o esquinas, a no ser que se quiera hacer por razones de estética.



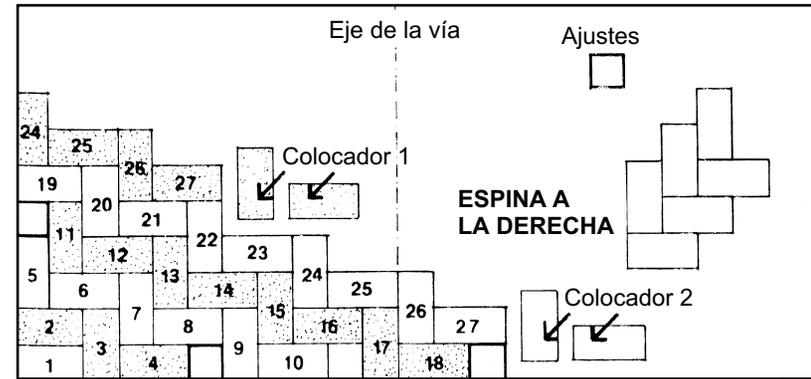


## 27. Colocación de los adoquines - Inicio

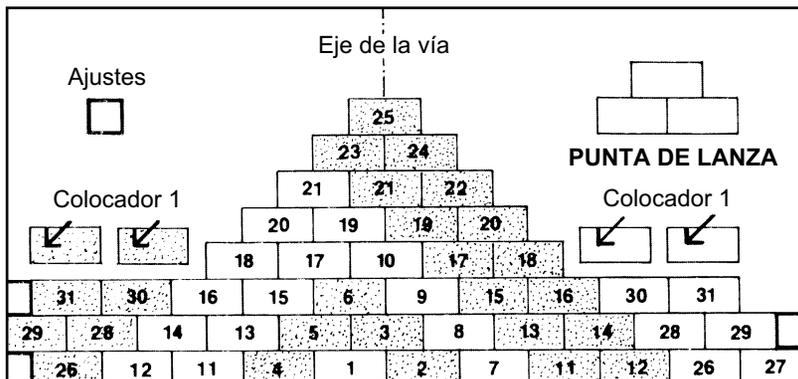
Cada patrón de colocación tiene una secuencia en la cual se colocan los adoquines para tener un rendimiento óptimo. Esta debe permitir más de un colocador trabajando simultáneamente, colocando 2 adoquines en la misma operación y no tener que meter ninguna pieza en huecos, solo de lado. Pero para alcanzar esta secuencia hay que iniciar la colocación de una manera definida, que varía con el patrón de colocación y con su alineación. Se debe colocar un tramo de ensayo de 2 ó 3 m para corregir alineaciones y aprender la secuencia.



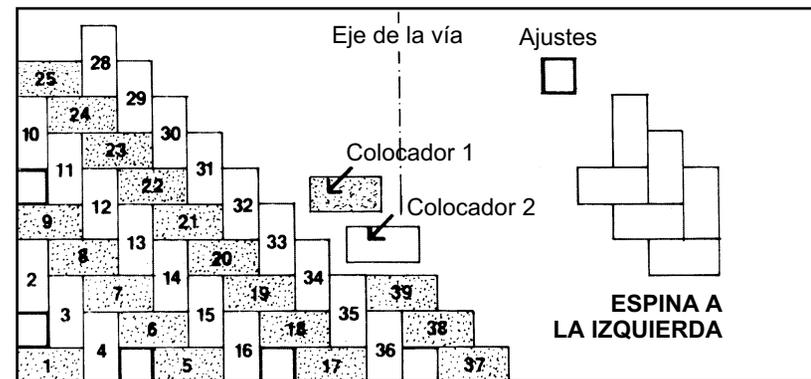
Para colocar adoquines en hileras atravesadas (bien sean de los Tipos 1, 2 ó 3), se puede usar, como guía, uno de los lados de la vía o un hilo en su eje. En el primer caso, se colocan unos 25 adoquines, hasta definir el patrón y se continúa con uno o dos colocadores, con dos líneas cada uno, preferiblemente uno más adelante que el otro.



Para colocar la espina de pescado, se debe escoger hacia qué lado se quiere que vaya la línea diagonal que ésta forma. Si se quiere que avance de izquierda a derecha, se deben colocar unos 18 adoquines y luego 1 ó 2 colocadores podrán colocar dos hileras, recorriendo la línea diagonal siempre de adelante hacia atrás.

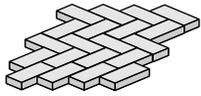


Si se sigue un hilo o el eje de la vía, se colocan los 10 primeros adoquines y luego los colocadores (de 1 a 4), avanzan simétricamente, desde cada lado, en líneas oblicuas dobles, hasta terminar la punta de avance en el eje. En cada caso quedan unos espacios para ajustes que se deben llenar posteriormente.



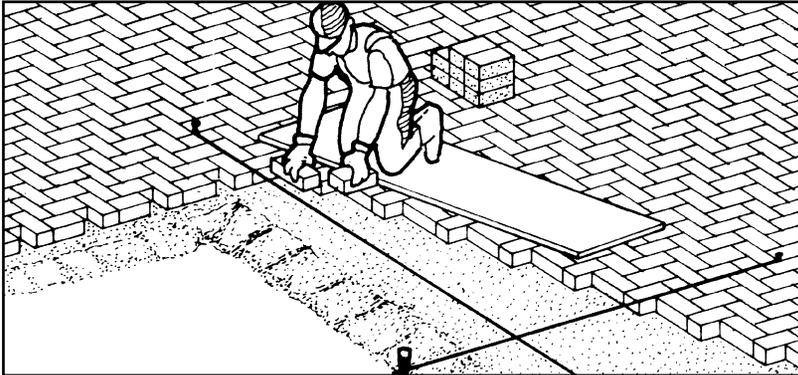
Si se quiere que la espina de pescado avance de derecha a izquierda, sólo se podrá tener un colocador que avanzará por la diagonal, colocando una sola hilera hacia delante y luego otra hacia atrás. Para colocar la espina de pescado en cualquier otro ángulo, se recomienda usar el segundo esquema, pero dará más ajustes.



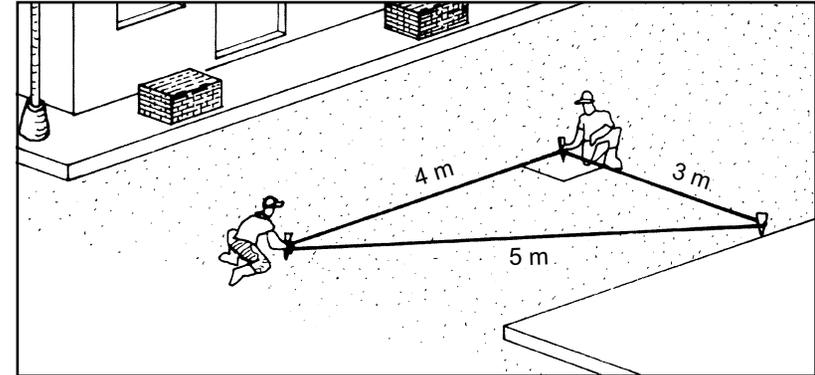


## 28. Colocación de los adoquines - Hilos

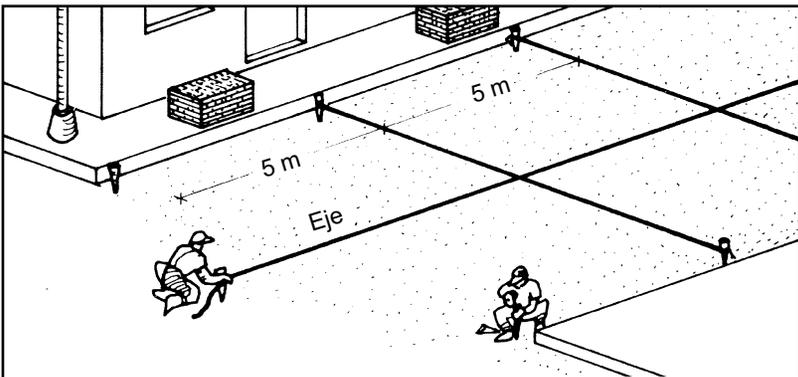
Una alineación correcta de los adoquines es un indicativo de buena calidad (dimensiones iguales) y de la dedicación que se haya tenido durante su construcción. No existe gran diferencia en el rendimiento de colocar adoquines cuidadosamente alineados y otros dejados a las desviaciones que el proceso pueda dar; pero el resultado final, sobre todo desde el punto de vista visual, será muy diferente.



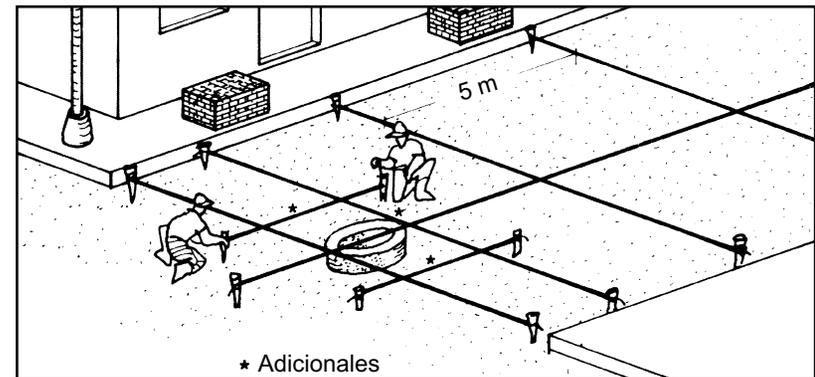
Es muy importante que tanto el patrón como la alineación de los adoquines se mantengan a lo largo de la vía o zona que se vaya a pavimentar. Para esto se deben utilizar hilos, a lo largo y a lo ancho de la vía, colocados mediante estacas de madera, trozos de varilla para refuerzo o unos cuantos adoquines bien alineados y nivelados.



Para poder definir ángulos rectos, o escuadras, entre hilos, especialmente al iniciar el trabajo, se puede utilizar un hilo de 12 m, con sus extremos unidos, en el cual se han marcado tramos de 5 m, 4 m y 3 m. Si en cada marca se coloca una estaca, los lados de 3 m y 4 m formarán un ángulo recto (escuadra) y el de 5 m será el diagonal.

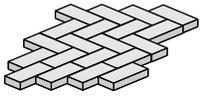


Una vez definido un frente de colocación, se debe verificar el alineamiento de los adoquines con, al menos, un hilo a lo largo e hilos transversales cada 5 m. Los desajustes casi siempre se pueden corregir sin quitar los adoquines, corriéndolos con un palustre, destornillador o barra pequeña, teniendo cuidado de no dañar las piezas.



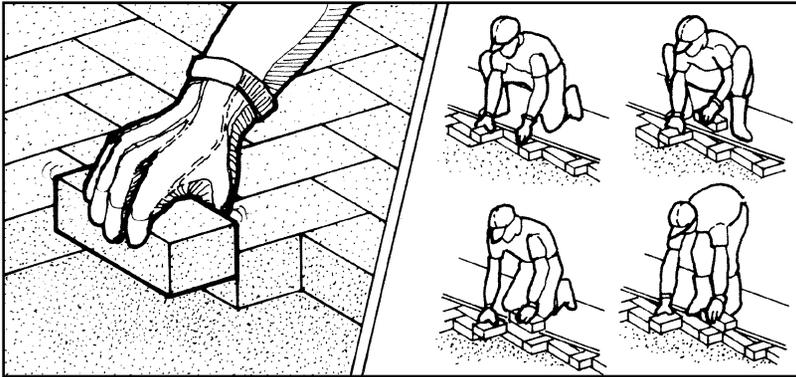
Cuando se tengan interrupciones en el pavimento, como sumideros, cámaras de inspección, jardineras, etc., se deben colocar hilos alrededor de éstas, para asegurar que los adoquines conserven su alineación, cuando se avance con el adoquinamiento por ambos lados del obstáculo y se encuentren nuevamente al otro lado.



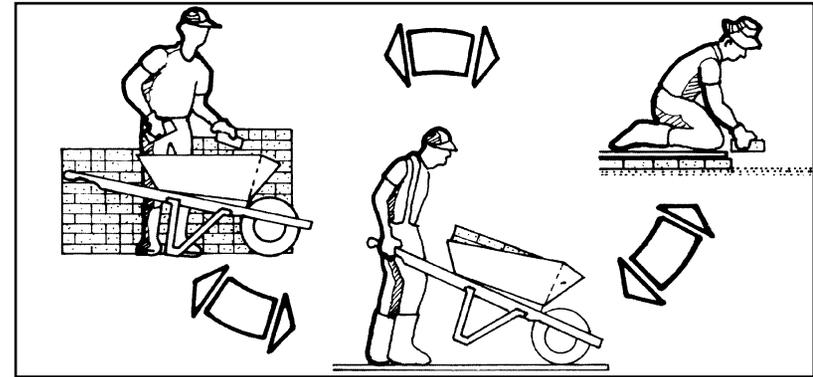


## 29. Colocación de los adoquines - Cuadrillas

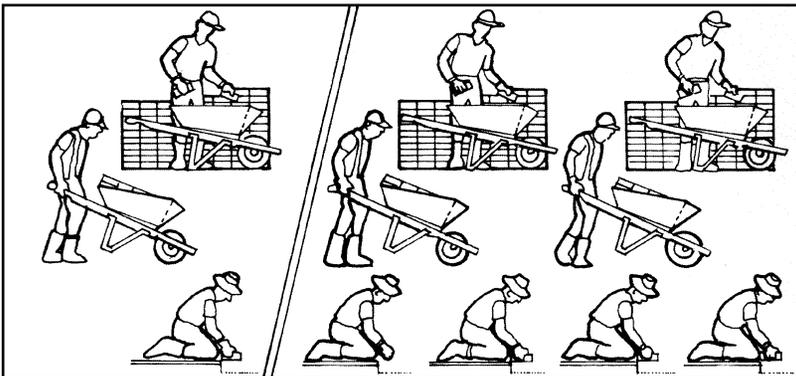
La colocación de los adoquines es una de las actividades más importantes de toda la construcción del pavimento, pues es responsable, en gran medida, de la calidad final de éste. De ella dependerán los niveles, alineamiento del patrón de colocación, regularidad de la superficie, ancho de la junta, etc., que son fundamentales para el buen acabado y la durabilidad del pavimento. Como es una actividad manual, en la cual intervienen muchas personas, es muy importante tener muy buen control de ella.



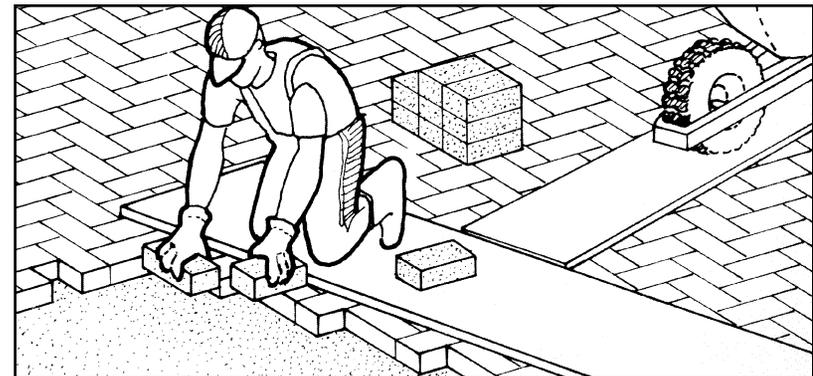
Los adoquines se colocan mano a mano, por lo cual el colocador deberá usar guantes protectores en cuanto sea posible. Como el colocador trabaja a nivel del piso, deberá asumir la posición que le sea más cómoda o cambiar de posición a lo largo del día, para evitar la fatiga.



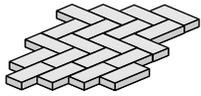
Puesto que la actividad del colocador es la que exige más esfuerzo físico, es importante que todos los miembros de la cuadrilla sepan desarrollar las diferentes labores para que se puedan alternar y se evite así la fatiga excesiva de algunos obreros.



La cuadrilla mínima de trabajo es de tres obreros: el colocador, el que transporta los adoquines y el que prepara el transporte; sin embargo, se pueden tener cuadrillas más grandes o con más colocadores, siempre y cuando la organización del trabajo lo permita.

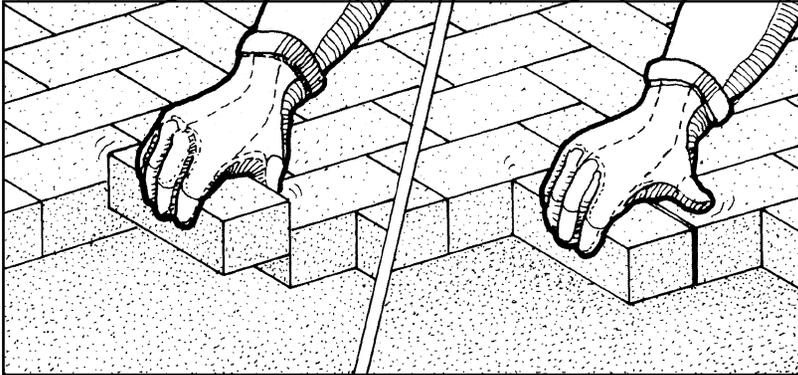


Durante la colocación de los adoquines y antes de compactarlos, los colocadores se deberán parar sobre tablas, tablones o láminas de madera contrachapada o aglomerada y se deberán formar caminos para los coches que transporten materiales (como adoquines o arena), sobre los adoquines sin compactar.

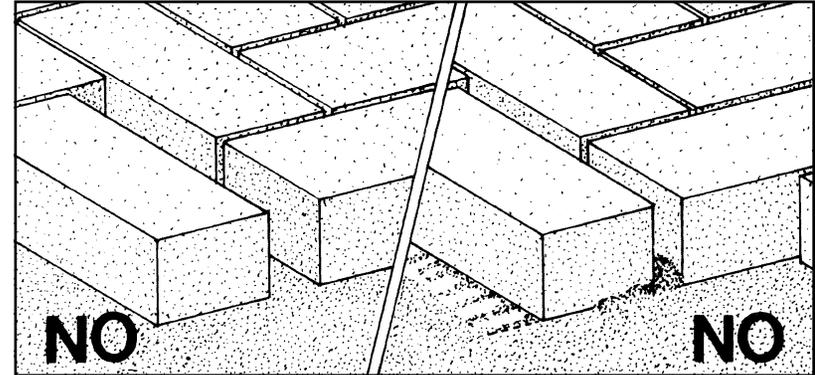


## 30. Colocación de los adoquines - Juntas

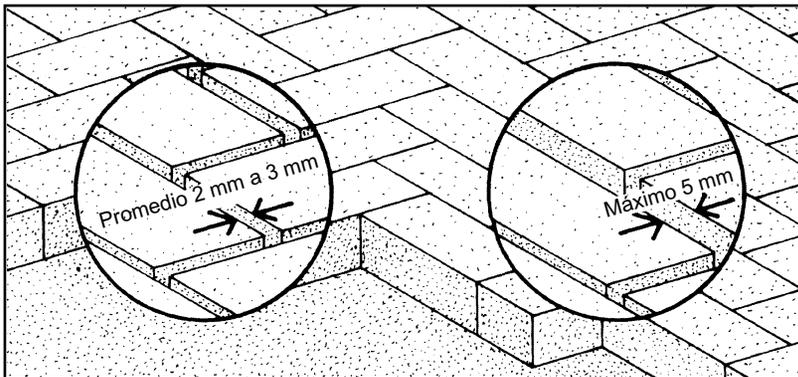
**A**demás de la uniformidad en la superficie de la capa de adoquines, es importante que las juntas entre estos queden lo más cerradas posible para que haya un buen funcionamiento del pavimento, sea impermeable y lo ataque menos el agua de lluvia o de escorrentía, no le nazca grama, etc.



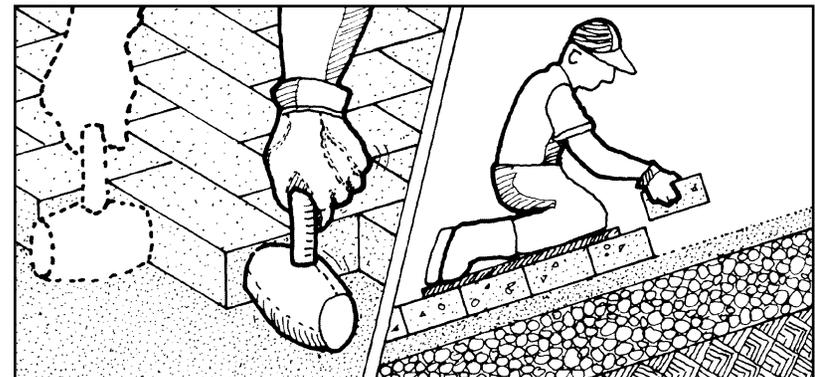
Los adoquines se colocan directamente sobre la capa de arena ya enrasada. Cada adoquín se toma con la mano y, sin asentarlo, se recuesta contra los adoquines vecinos, justo en el punto donde se debe colocar. Después de ajustarlo contra estos, se descorre hacia abajo y se suelta cuando se ha asentado sobre la arena.



No es correcto asentar al adoquín primero sobre la arena y luego correrlo contra los adoquines vecinos, porque de esta manera se arrastra arena que no va a permitir que quede una junta pequeña.

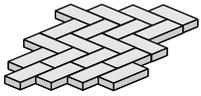


Lo anterior equivale a colocarlos al tope, sin dejar a propósito, una junta abierta. Por las irregularidades de los adoquines y de la colocación, se genera una junta que, en promedio, debe tener 2 mm y 3 mm, y que nunca debe ser mayor de 5 mm (medio centímetro), en cuyo caso se debe cerrar, un poco, con la ayuda de un martillo de caucho. Pero si se cierran completamente, hay que abrirlas con una espátula.



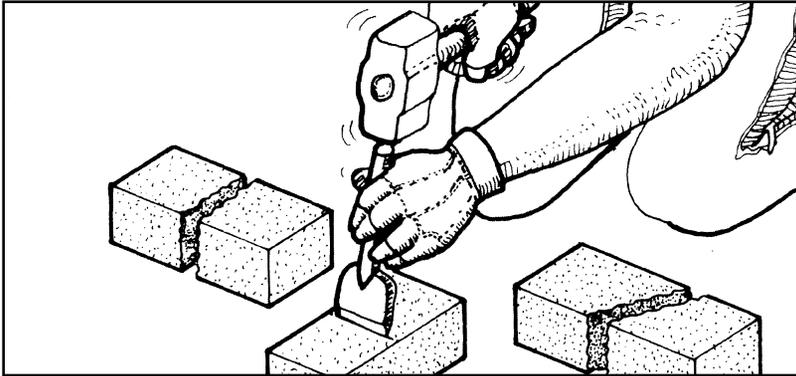
No es necesario ajustar los adoquines verticalmente, con golpes; pero se recomienda ajustarlos horizontalmente con un martillo de caucho, cuando sea necesario cerrar un poco la junta o conservar la alineación horizontal. En vías o zonas con pendiente bien definida, es aconsejable colocar los adoquines de abajo hacia arriba.



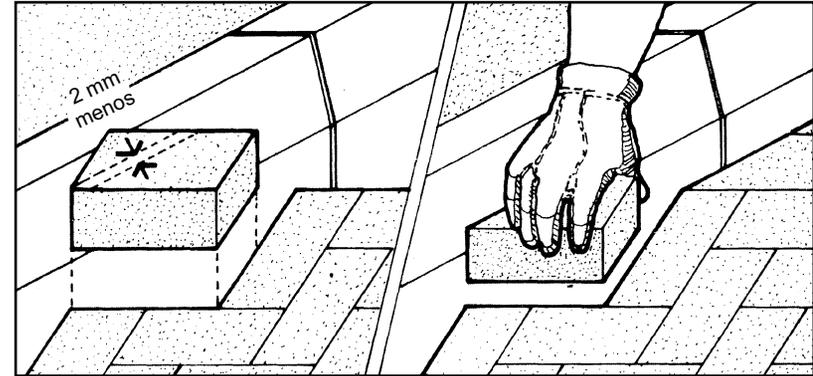


## 31. Colocación de los adoquines - Ajustes

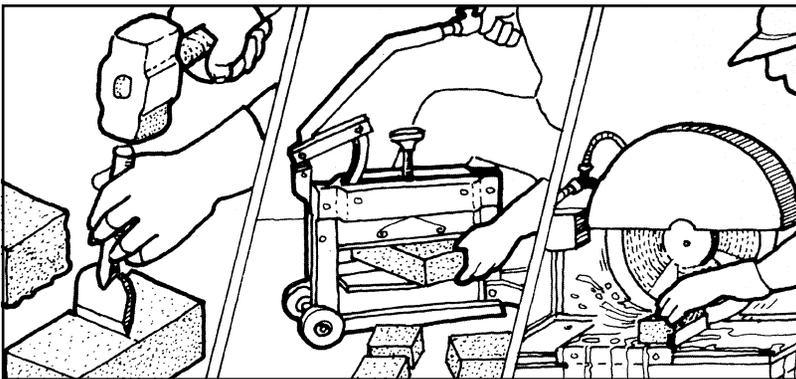
Cuando se ha terminado de colocar los adoquines que quepan enteros dentro de la zona a compactar, es necesario colocar ajustes (trozos de piezas) en los espacios que hayan quedado libres contra los confinamientos, estructuras de drenaje, etc. Los ajustes se harán con piezas partidas de otros adoquines y con el mismo alineamiento o diseño del resto del pavimento. Existen 3 maneras para partirlos; cuanto más refinadas, más costosas, pero la calidad del corte también será mejor, lo mismo que la apariencia y comportamiento del pavimento.



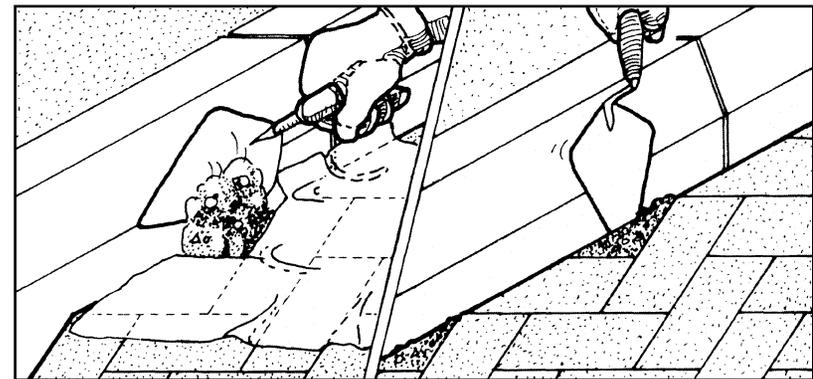
La manera más sencilla es el partido con un cincel, hachuela o barra, apoyando el adoquín sobre una superficie dura y golpeándole firmemente con alguno de estos elementos. Se recomienda mandar a fabricar un cincel que termine como una hachuela, con una punta ancha de unos 8 cm a 12 cm, y que es cómodo y efectivo.



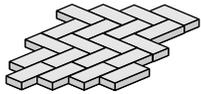
Las piezas se deben cortar unos 2 mm más pequeñas que el espacio disponible. Si es muy difícil partir las piezas con equipo manual, los espacios de menos de una cuarta parte de adoquín se deben llenar, después de la compactación final y en todo el espesor de los adoquines con un mortero muy seco, de 1 parte de cemento por 4 de arena.



Se pueden utilizar también cizallas de impacto (golpe), mecánicas (de palanca) o hidráulicas (con gatos), que por medio de dos cuchillas de acero corten el adoquín. Si se busca la mejor calidad, se debe usar un banco de corte con una sierra circular, o una sierra manual, como para corte de ladrillo, pero con un disco metálico.

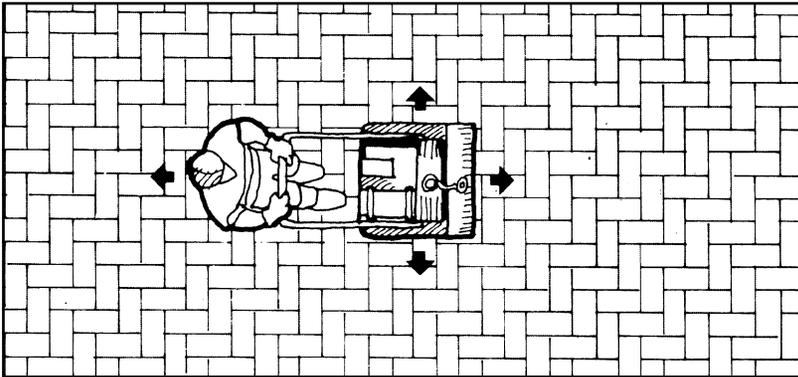


Al vaciar el mortero, para que no se ensucien los adoquines vecinos, se deben proteger con unas tiras de lámina de plástico o de papel grueso, que se retiran después del fraguado. Con la espátula, se deben hacer todas las juntas que tendría ese espacio si se hubiera hecho con adoquines partidos, y además, la junta contra el confinamiento.

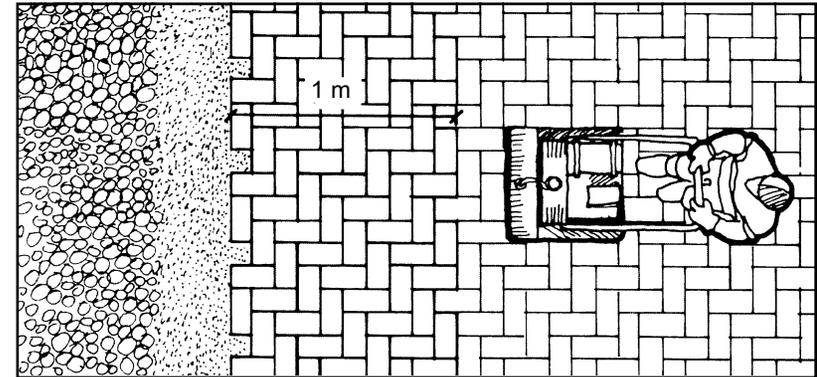


## 32. Compactación inicial

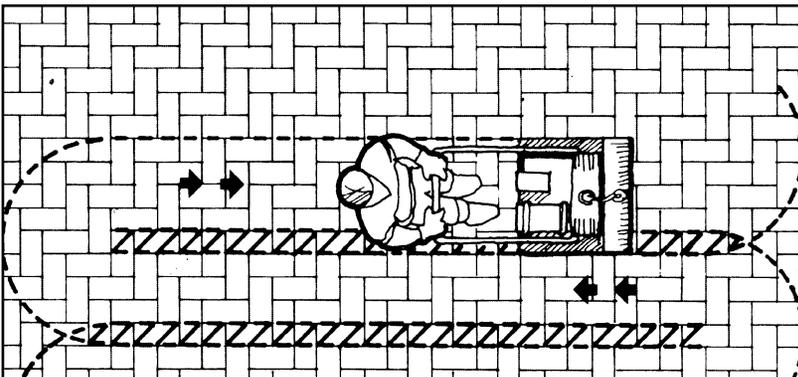
La compactación inicial tiene como funciones: enrasar la capa de adoquines por la parte superior de estos para corregir cualquier irregularidad en su espesor y en la colocación; iniciar la compactación de la capa de arena bajo los adoquines y hacer que ésta llene parcialmente las juntas de abajo hacia arriba, con lo cual se amarran los adoquines.



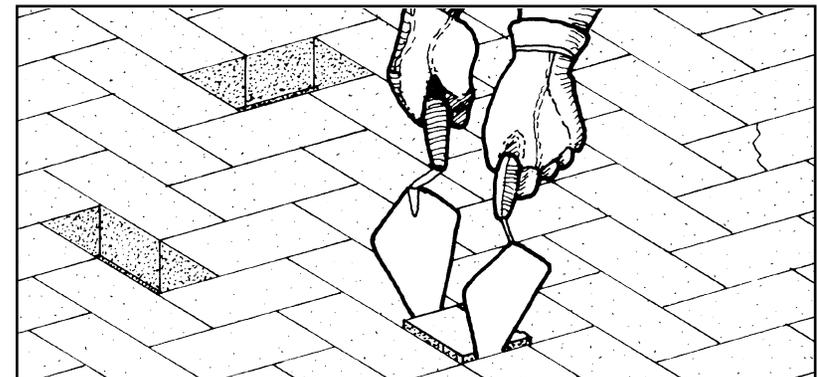
Tanto la compactación inicial como la compactación final, que se hace con el sellado de las juntas, se debe hacer con un vibrocompactador de placa, de tamaño corriente, teniendo cuidado de no utilizar equipos muy grandes en pavimentos con adoquines de 6 cm de espesor porque pueden fisurarlos.



Las labores de compactación y sellado del pavimento se llevarán hasta un metro antes de los extremos no confinados del pavimento, como en los frentes de avances de la obra en la pavimentación de vías; y esa franja que queda sin compactar se terminará con el tramo siguiente.

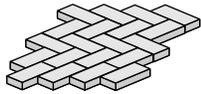


En la compactación inicial se deben dar, al menos, dos pasadas de la placa, desde diferentes direcciones, recorriendo toda el área en una dirección antes de recorrerla en la otra, y teniendo cuidado de traslapar cada recorrido con el anterior para evitar escalonamientos.



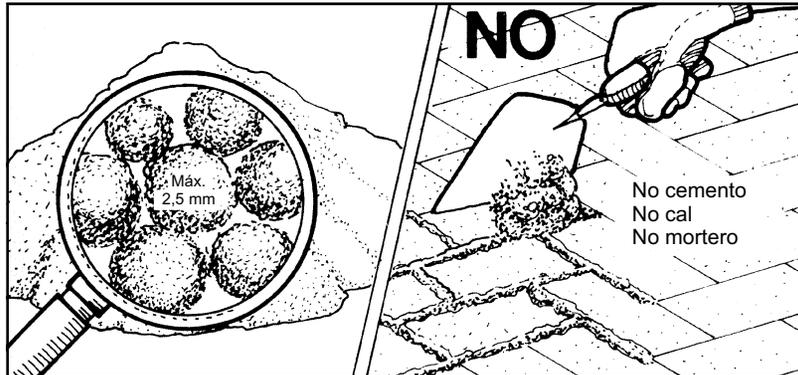
Después de la compactación inicial se deben retirar, con la ayuda de dos espátulas o destornilladores, los adoquines que se hayan partido; y se deben reemplazar con adoquines enteros. Esta labor hay que ejecutarla en este momento, porque después del sellado de la junta y la compactación final, será casi imposible hacerlo.



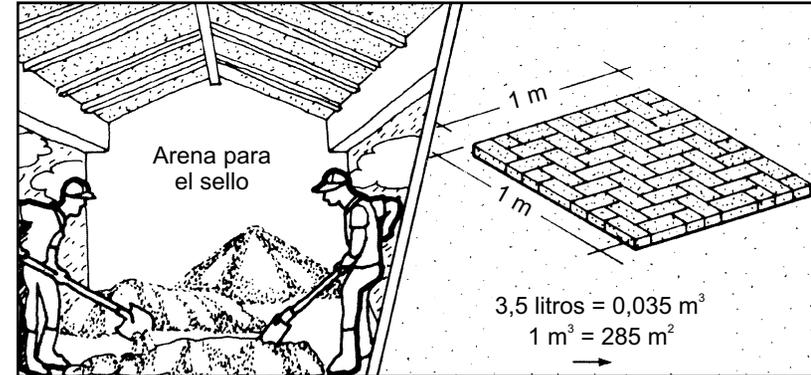


### 33. Sellado de las juntas

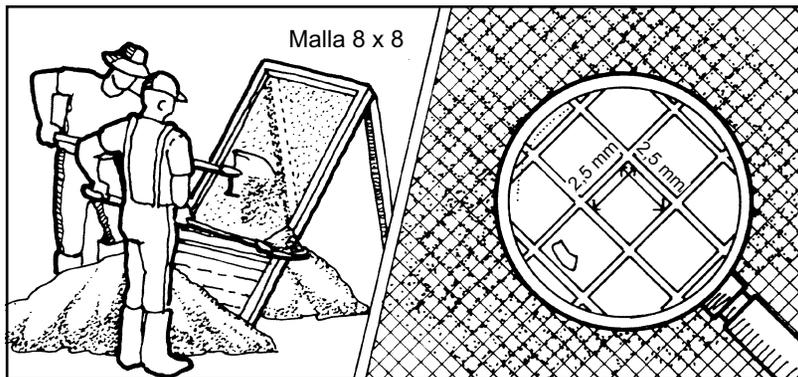
El sellado de las juntas es necesario para que éstas sean impermeables y para el buen funcionamiento del pavimento. Por esto, es importante emplear el material adecuado y ejecutar el sellado lo mejor posible, simultáneamente con la compactación final. Si las juntas están mal selladas, los adoquines quedan sueltos, el pavimento pierde solidez y se deteriora rápidamente. Esto es aplicable tanto a un pavimento recién construido como a un pavimento antiguo.



Para sellar las juntas se debe usar una arena fina, como la que se emplea para morteros de repello. Para que penetre por las juntas debe estar seca y no tener granos de más de 2,5 mm de grosor. Nunca se le debe adicionar cemento, cal o reemplazarla por mortero, pues el sello quedaría quebradizo y se saldría con el tiempo.



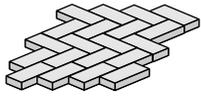
Para secar la arena se podrá colocar esparcida en una capa delgada, al sol o bajo techo, según las condiciones del clima, sin que se contamine con el material del piso, y se deberá revolver con frecuencia. Por lo general no se requiere más de 3,5 litros de arena por  $m^2$ , (con desp.) por lo cual  $1 m^3$  de arena alcanzará para  $285 m^2$  de adoquines.



Esta arena se debe pasar por una zaranda con una malla cuadrada, conocida como angeo cuadrado (8 x 8), para quitarle los granos mayores que 2,5 mm, los materiales contaminantes (como madera, plástico, metal, etc.) y para que quede suelta y se pueda secar más fácilmente.

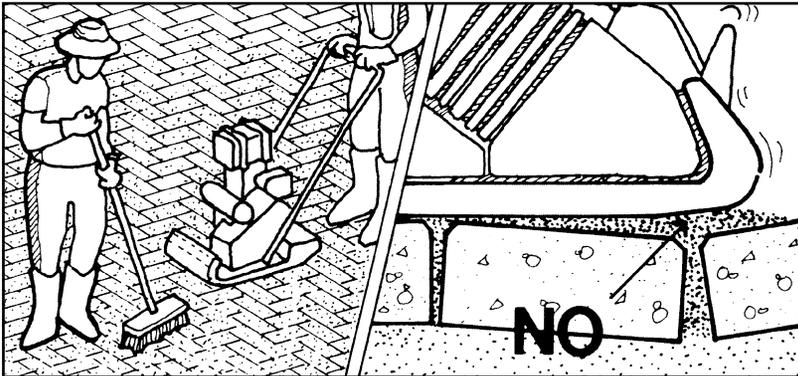


La arena se esparce sobre los adoquines, formando una capa delgada, que no los alcance a cubrir totalmente, y se barre con escobas o cepillos de cerdas duras, tantas veces como sea necesario, para que llene la junta. Este barrido se hace alternando con la compactación final o simultáneo con ésta, si se dispone de personal.

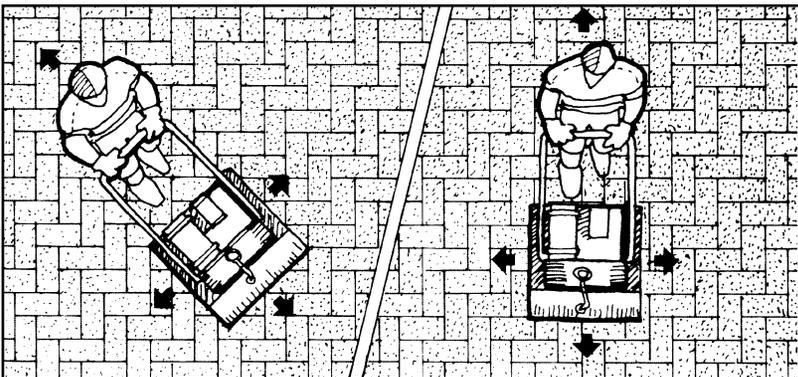


## 34. Compactación final y limpieza

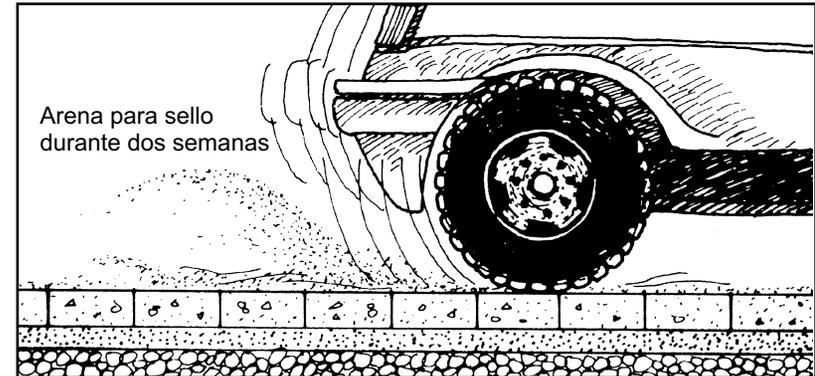
La compactación final de los adoquines es la encargada de darle firmeza al pavimento, por lo cual no se debe ahorrar ningún esfuerzo en ella. Sin embargo, aunque ésta se haga muy bien, el tráfico posterior del pavimento lo seguirá compactando, y acomodando tanto los adoquines como el sello de arena de las juntas.



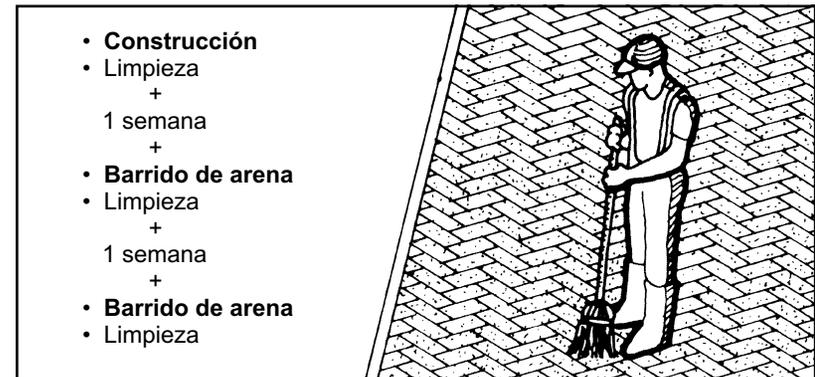
La compactación final se hará con el mismo equipo y de la misma manera que la compactación inicial, pero con el barrido simultáneo o alternativo del sello de arena. Es muy importante que la arena no se empaste sobre los adoquines ni que forme morros que hagan hundir los adoquines al pasar la placa vibrocompactadora sobre ellos.



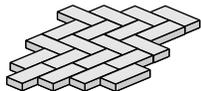
Se deberán dar al menos cuatro pasadas con la placa vibrocompactadora en diferentes direcciones y traslapando cada recorrido con el anterior, o las pasadas necesarias para que los adoquines queden completamente firmes. Una vez terminada la compactación, se podrá dar al servicio el pavimento.



Si es posible, la arena de sello sobrante se debe dejar sobre el pavimento durante dos semanas para que el tráfico ayude a sellar totalmente las juntas. Esto se puede hacer siempre y cuando no se esperen lluvias ni problemas por el frenado de los vehículos (pendientes muy fuertes) o por el polvo que éstos puedan levantar.

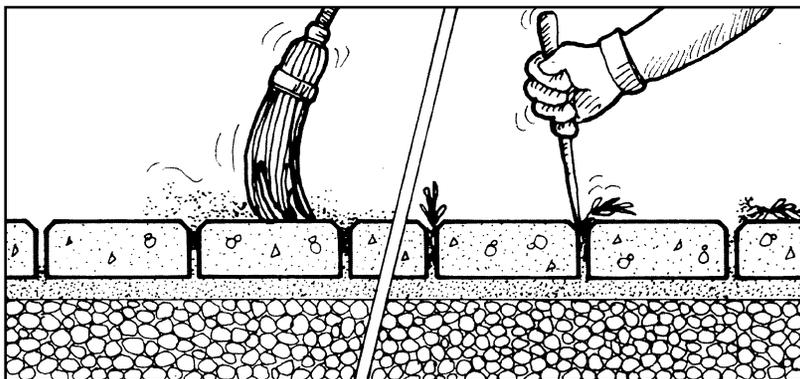


Si lo anterior no es posible, se deberá barrer o cepillar la superficie del pavimento y darlo al servicio. El contratista deberá volver después de una y de dos semanas, y barrer suficiente arena para llenar la junta de nuevo, dejando el pavimento limpio al terminar. No se permitirá limpiar el pavimento con chorros de agua antes de un mes.

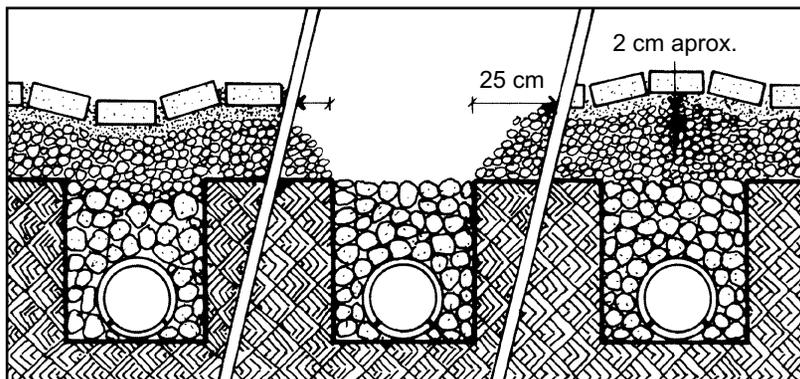


## 35. Utilización y mantenimiento

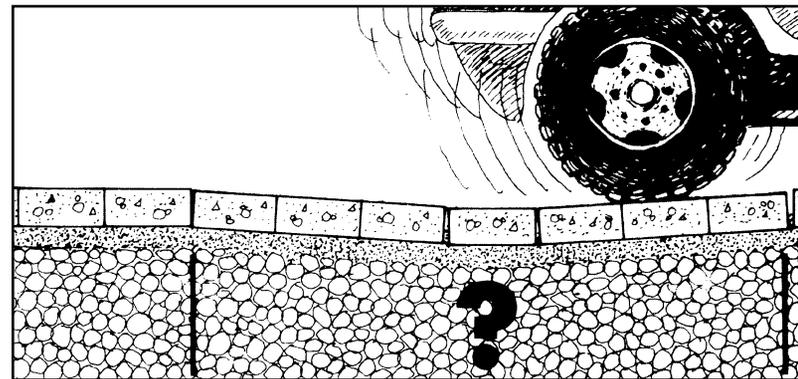
Con cada tipo de pavimento se deben tener cuidados diferentes, tanto para su utilización como para su mantenimiento. Es muy importante que las comunidades que poseen pavimentos de adoquines sepan cómo cuidarlos, aprendan a identificar sus daños o problemas y avisen a las oficinas de obras públicas para que realicen, a tiempo, el poco mantenimiento que requieren, o lo hagan ellos mismos; todo esto con el fin de que sean más cómodos, duren más y resulten más económicos.



Para que funcione bien, la junta entre los adoquines debe permanecer llena. Si se pierde más de 1 cm del sello, se debe buscar la causa de esta pérdida, corregirla y barrer arena fina, seca, hasta que la junta quede llena de nuevo. La presencia de grama en la junta no es nociva, pero se puede retirar con un punzón metálico y llenar luego la junta.



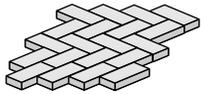
Si se hunde el pavimento por daños en redes de servicios o por brechas mal compactadas, se deben retirar los adoquines, hacer la reparación y volver a construir la franja de pavimento, dejando una corona de unos 2 cm en la base ya compactada, para que al consolidarse la zona reparada llegue al nivel del resto del pavimento.



Cuando se presenten ondulaciones en la superficie del pavimento, puede ser un indicio de que fue construido con una base insuficiente, de mala calidad o mal compactada, o que tiene un tráfico muy alto, para el cual no fue diseñado ni construido. Por esto, se deberá investigar qué está mal y efectuar una reparación completa.



En principio, el pavimento de adoquines se debe limpiar sólo por barrido. El lavado con manguera se permitirá esporádicamente y cuando el pavimento tenga juntas muy pequeñas, advirtiéndole a los vecinos que el sello de las juntas no es suciedad, sino parte importante del pavimento y necesario para su funcionamiento.



## 36. Presupuesto (1)

La elaboración del presupuesto de la obra tiene 4 pasos fundamentales:

- Descripción de la obra y de los espesores de diseño del pavimento.
- Definición de los recursos de trabajo y de los rendimientos.
- Cálculo de los consumos de materiales.
- Cálculo de costos unitarios y totales.

### 1. Descripción de la obra y espesores de diseño del pavimento

Tipo de obra = \_\_\_\_\_ (calle, carretera, plaza, parqueo, etc.)  
 Longitud del pavimento = L L = \_\_\_\_\_ (m)  
 Ancho del pavimento = A A = \_\_\_\_\_ (m)  
 Área del pavimento =  $a = L \times A$  a = \_\_\_\_\_ (m<sup>2</sup>)  
 Número de adoquines en 1 m<sup>2</sup> = n (1) n = \_\_\_\_\_ (un)  
 Total de adoquines =  $N_a = a \times n \times 1,05$  (2)  $N_a =$  \_\_\_\_\_ (un)  
 Espesor de la base granular = Ebg Ebg = \_\_\_\_\_ (m)  
 Espesor de la base de suelo cemento = Ebs Ebs = \_\_\_\_\_ (m)

### 2. Definición de los recursos de trabajo y de los rendimientos

Es necesario conocer los rendimientos de las actividades de construcción, el número de obreros y los equipos que van a estar disponibles.

Número de maestros =  $N_m$   $N_m =$  \_\_\_\_\_  
 Número de obreros =  $N_o$   $N_o =$  \_\_\_\_\_  
 Tamaño de la cuadrilla =  $T_c = N_m + N_o$  (3)  $T_c =$  \_\_\_\_\_  
 Rendimiento de construcción de la base  $R_b =$  \_\_\_\_\_ (m<sup>2</sup>/d)  
 Rendimiento de construcción del confinamiento =  $R_c$   $R_c =$  \_\_\_\_\_ (m/d)  
 Rendimiento de la colocación de adoquines =  $R_a$   $R_a =$  \_\_\_\_\_ (m<sup>2</sup>/d)

### 3. Cálculo del consumo de materiales

#### 3.1 Capa de rodadura

Área de adoquines = a a = \_\_\_\_\_ (m<sup>2</sup>)  
 Total de adoquines para la obra =  $N_a$   $N_a =$  \_\_\_\_\_ (un)  
 Vol. arena para la capa =  $V_{ac} = a \times 0,05$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (4)  $V_{ac} =$  \_\_\_\_\_ (m<sup>3</sup>)  
 Vol. arena para el sello =  $V_{as} = a \times 0,0035$  m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (4)  $V_{as} =$  \_\_\_\_\_ (m<sup>3</sup>)

#### 3.2 Base de suelo-cemento (s-c)

Vol. base de suelo-cem. =  $V_{bs} = L \times (A + 0,5) \times E_{bs}$  (5) = \_\_\_\_\_ (m<sup>3</sup>)  
 Número de tandas de suelo-cem. =  $N_{ts} = V_{bs} / (0,375)$  = \_\_\_\_\_ (un)

Kilos de cemento para base de s-c. =  $k_{cbs} = N_{ts} \times 50 =$  \_\_\_\_\_ (kg)  
 Litros de agua para la base de s-c. =  $l_{abs} = N_{ts} \times 25 =$  \_\_\_\_\_ (l)

#### 3.3 Base granular

Vol. base granular =  $V_{bg} = L \times (A + 0,5) \times E_{bg} \times 1,10$  (6) = \_\_\_\_\_ (m<sup>3</sup>)

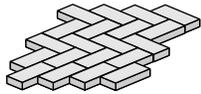
#### 3.4 Confinamiento

Longitud confinamiento lateral =  $L_c = L \times 2$  (7) = \_\_\_\_\_ (m)

Los rendimientos de obra que aparecen en el Numeral 2, deben ser rendimientos tomados de la experiencia de trabajos previos, hechos en condiciones similares a la obra por iniciarse. Si no se dispone de ellos, se deben utilizar datos tomados de la experiencia de otros, en trabajos similares y compararlos con los obtenidos al final de la obra, para tener datos confiables para futuros proyectos.

- (1) El número de adoquines en un m<sup>2</sup> depende de la forma y del tamaño de éstos, por lo cual el número no es fijo. Para adoquines de 10 cm x 20 cm,  $n = 50$ .
- (2) Para una vía de 6 m de ancho se calcula un desperdicio de un adoquín a un lado de la vía por corte de los ajustes, que equivale a un 3% del área, y un 2% más, por piezas defectuosas. Mientras más estrecha sea la vía, mayor será el desperdicio, que puede ser de un 20% en aceras de 1 m, o del 2% en vías de 10 m. Se recomienda definir el ancho, de manera que haya que partir la menor cantidad posible de adoquines.
- (3) Se debe recordar que además de los maestros y obreros hay que pagar los honorarios del director, coordinador o residente de la obra, y del interventor, si lo hay.
- (4) Se pide un 25% más de lo necesario, para pérdidas por manejo.
- (5) Se construye un sobrecanto de 25 cm de base a cada lado.
- (6) Se asume que el espesor suelto es un 10% más. En la base de suelo-cemento, este sobreespesor se coloca en el cemento.
- (7) En una obra se pueden tener diferentes tipos de confinamiento, por lo que hay que crear un renglón en 3.4, para cada uno de ellos, con su longitud correspondiente.





## 37. Presupuesto (2)

### 4. Costos unitarios y totales. Ejemplo.

Se van a construir 250 m de pavimento de adoquines en una vía de 6 m de ancho, con bordillos a los lados, adoquines de 10 x 20 x 8 cm (50 adoquines/m<sup>2</sup>) y 25 cm de base de suelo-cemento tomado de la subrasante. Para realizar la obra se cuenta con un Maestro y cuatro Obreros, los cuales construyen, por día (jornada de 8 horas): Rb = 150 m<sup>2</sup> de base, Rc = 16 m de bordillo, Ra = 150 m<sup>2</sup> de adoquines (con arenas y compactación). Se tiene una herramienta varia, comprada por un precio global, pero se alquilan los coches, las carretillas, la cortadora y la compactadora.

#### 4.1 Cálculos de cantidades unitarias

- ADOQUINES: A = 6 m; L = 250 m; a = 6 x 250 = 1.500 m<sup>2</sup>; Na = 1.500 x 50 x 1,05 = 78.750.
- ARENAS: Vac = 1.500 x 0,05 = 75 m<sup>3</sup> de arena gruesa; Vas = 1.500 x 0,0035 = 11,25 m<sup>3</sup> de arena fina.
- BASE DE SUELO-CEMENTO: Ebs = 25 cm (0,25 m); Vbs = 250 x (6 + 0,5) x 0,25 m = 406,25 m<sup>3</sup> de suelo. Nts = 406,25 / (0,375) = 1.084 tandas; kcbs = 1.084 x 50 = 54.200 kilos de cemento ó 1.084 sacos de 50 kg; labs = 1.084 x 25 = 27.100 litros de agua ó 27,1 m<sup>3</sup>.
- MANO DE OBRA: Nm = 1; No = 4; Tc = 1 + 4 = 5 obreros.
- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE: En una jornada se colocan 150 m<sup>2</sup>/d / 6 m = 25 m de vía/d de base, por lo cual se tardan 250/25 = 5 días construyendo la base.
- CONFINAMIENTO: Como se confina a cada lado, se hacen Lc = 250 x 2 = 500 m de bordillo, que se demoran en construcción 500/16 = 31,25 días, es decir, 32.
- COLOCACIÓN DE LOS ADOQUINES: La colocación de la capa de rodadura de adoquines se hace en 1.500 m<sup>2</sup>/150 m<sup>2</sup>/d = 10 días.
- La cuadrilla de 5 obreros se tarda 5 + 32 + 10 = 47 días hábiles, que divididos por 6 son 8 semanas (2 meses para pago de salarios) o 56 días calendario para alquiler de equipo.
- HERRAMIENTA: La herramienta varia se usa durante todo el tiempo.
- EQUIPO: La placa vibrocompactadora es indispensable durante la construcción de la base y la colocación de los adoquines, por lo cual se puede alquilar durante los 5 días iniciales y los 10 finales, a los que hay que sumarles un dominical, para un total de 5 + 11 = 16 días. Sin embargo, es preferible tenerla durante los 47 días.
- La cortadora se necesita los 11 días de la colocación, lo mismo que las carretillas. Los coches se usan durante todo el tiempo de la obra.

### 4.2 Cálculo de costos

En las columnas Cantidad y Tiempo de la Tabla 6 se colocaron los datos del ejemplo. La de Costo Unitario se llena con los costos que se tienen para la obra. La de Costo por Renglón se calcula multiplicando los datos de las columnas anteriores (2 ó 3) según el caso. Los datos de esta columna se suman y dan el Costo Total de la pavimentación. Según el caso, se pueden tener costos diferentes o adicionales a éstos.

	Cantidad	Tiempo	Costo unitario	Costo por renglón
<b>MATERIALES</b>				
<b>RODADURA</b>				
Adoquines = Na	78.750 (un)		___(\$/m <sup>2</sup> )	___ (\$)
Arena (capa) = Vac	75 (m <sup>3</sup> )		___(\$/m <sup>3</sup> )	___ (\$)
Arena (sello) = Vas	11,25 (m <sup>3</sup> )		___(\$/m <sup>3</sup> )	___ (\$)
<b>BASE DE S-C</b>				
Suelo = Vbs	406,25 (m <sup>3</sup> )		___(\$/m <sup>3</sup> )	___ (\$)
Cemento = kcbs	54,200 (kg)		___(\$/kg)	___ (\$)
Agua = lab	27.100 (litros)		___(\$/l)	___ (\$)
<b>CONFINAMIENTO</b>				
Bordillo	500 (m)		___(\$/m)	___ (\$)
<b>EQUIPO</b>				
Carretillas	2 (un)	11 (d)	___(\$/d)	___ (\$)
Coche	2 (un)	56 (d)	___(\$/d)	___ (\$)
Cortadora	1 (un)	11 (d)	___(\$/d)	___ (\$)
Compactadora	1 (un)	16 (d)	___(\$/d)	___ (\$)
<b>HERRAMIENTAS</b>				
Herramienta varia				
<b>MANO DE OBRA</b>				
Director de obra	1 (persona)	2 (mes)	___(\$/mes)	___ (\$)
Maestro	1 (persona)	2 (mes)	___(\$/mes)	___ (\$)
Obreros	6 (persona)	2 (mes)	___(\$/mes)	___ (\$)
<b>TOTAL</b>				

Tabla 6: Formato para el cálculo del costo de un pavimento de adoquines.



ANEXO 5. APU Y MEMORIAS  
DE CALCULO ALFONSO  
MONTEJO



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

### B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
1,1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7350,00		
<b>1. Equipo</b>					
	Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
	MOTONIVELADORA	GL	130000	918,75	\$ 141
	RETROEXCAVADORA	GL	100000	918,75	\$ 109
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 250</b>
<b>2. Materiales</b>					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ -</b>
<b>3. Transportes</b>					
	Material	Unidad	Rendimiento	Tarifa	Vr. Unitario
					\$ 0,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 0,00</b>
<b>4. Mano de Obra</b>					
	Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento
					Vr. Unitario
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ -</b>
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)</b>	<b>\$ 250</b>



UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

**A. DATOS GENERALES**

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

**B. DATOS ESPECÍFICOS**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
2,1	RELLENO DE SUB-BASE	M3	1102,5		
<b>1. Equipo</b>					
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
MOTONIVELADORA	GL	130000	0,022	\$	2.889
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 2.889</b>
<b>2. Materiales</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
SUB-BASE GRANULAR TIPO INVIAS	M3	1,05	\$ 57.120,00	\$	59.976
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 59.976</b>
<b>3. Transportes</b>					
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario	
VOLQUETA 5M3	HR	0,1	70000	\$ 7.000,00	
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 7.000,00</b>
<b>4. Mano de Obra</b>					
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ -</b>
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)</b>	<b>\$ 69.865</b>



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
2.2	BASE SUELO CEMENTO	M3	735

1. Equipo				
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,022	\$ 33
CARRO TANQUE DE AGUA 1000 GL		74045,2	0,022	\$ 1.629
MOTONIVELADORA		130000	0,022	\$ 2.860
COMPACTADOR NEUMÁTICO POT. 70 HP DE 13 TONELADAS		150583	0,022	\$ 3.313
CORTADORA DE PAVIMENTO PROF. 16 A 19 CM CAP. DISCO DESDE 12" A 20" DE DIAMETRO		20752,57	0,022	\$ 457
SUBTOTAL				\$ 4.522

2. Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario
ARENA COMUN	M3	0,714	\$ 52.360,00	\$ 37.385
CEMENTO PORTLAND	KG	140,05	\$ 590,00	\$ 82.630
AGUA	L	24	\$ 9,71	\$ 233
				\$ -
				\$ -
				\$ -
SUBTOTAL				\$ 120.248

3. Transportes				
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de material de suelo cemento		GL	\$ 12.024,8	\$ 12.024,76
SUBTOTAL				\$ 12.024,76

4. Mano de Obra					
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	100%	1	46	\$ 152,24
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	100%	1	46	\$ 152,24
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	100%	1	46	\$ 152,24
Oficial (Incl. Prestaciones)	\$ 9.906,10	100%	1	46	\$ 215,35
SUBTOTAL					\$ 456,73
TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)					\$ 137.251



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad			
2.3	CAPA DE ARENA	M3	220,5			
<b>1. Equipo</b>						
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario		
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,08	\$ 125		
SUBTOTAL				\$ 125		
<b>2. Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario		
ARENA PASANTE 3/8"	M3	1,05	\$ 52.360,00	\$ 54.978		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
SUBTOTAL				\$ 54.978		
<b>3. Transportes</b>						
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario		
Transportes		GL	\$ 5.497,80	\$ 5.497,80		
SUBTOTAL				\$ 5.497,80		
<b>4. Mano de Obra</b>						
Trabajador	Jornal Hora	Cantidad	Prestac.	Jornal hora total	Rendimiento	Vr. Unitario
Oficial (Incl. Prestaciones)	\$ 9.906,10	1	100%	\$9.906,10	12,00	\$ 825,51
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	3	100%	\$21.009,66	12,00	\$ 1.750,81
SUBTOTAL						\$ 2.576,31
TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)						\$ 63.177



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

#### B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad			
3,1	CAPA DE ADOQUINES	KG	609,87			
<b>1. Equipo</b>						
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario		
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,007	\$ 10		
SUBTOTAL				\$ 10		
<b>2. Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario		
ADOQUINES	M2	1	\$ 65.000,00	\$ 65.000		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
SUBTOTAL				\$ 65.000		
<b>3. Transportes</b>						
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario		
Transportes		GL	\$ 6.500,00	\$ 6.500,00		
SUBTOTAL				\$ 6.500,00		
<b>4. Mano de Obra</b>						
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario	
Oficial (Incl. Prestaciones)	\$ 9.906,10	1	100%	\$ 9.906,10	150,00	\$ 66,04
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	3	100%	\$ 21.009,66	150,00	\$ 140,06
SUBTOTAL					\$ 206,1051	
TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)				\$ 71.716		



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### A. DATOS GENERALES

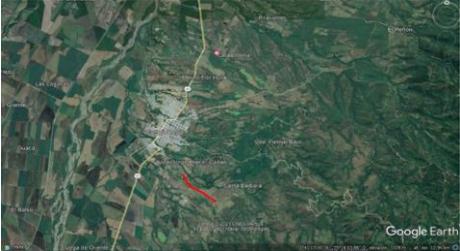
PROYECTO:

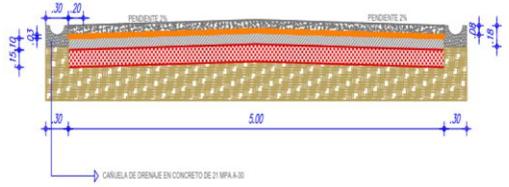
PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

#### B. DATOS ESPECÍFICOS

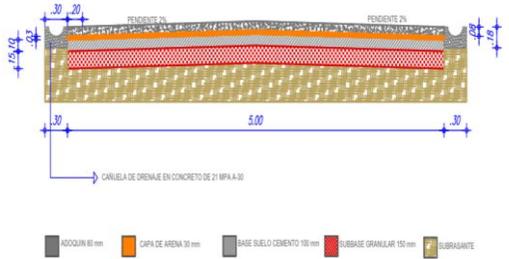
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad			
4,1	CAÑUELA EN CONCRETO	ML	2940			
<b>1. Equipo</b>						
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario		
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,005	\$ 8		
SUBTOTAL				\$ 8		
<b>2. Materiales</b>						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario		
CAÑUELA A-30	ML	1	\$ 22.500,00	\$ 22.500		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
				\$ -		
SUBTOTAL				\$ 22.500		
<b>3. Transportes</b>						
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario		
Transportes		GL	\$ 2.250,00	\$ 2.250,00		
SUBTOTAL				\$ 2.250,00		
<b>4. Mano de Obra</b>						
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario	
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	4	100%	\$ 28.012,88	184,00	\$ 152,24
SUBTOTAL					\$ 152,2439	
TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)				\$ 24.910		

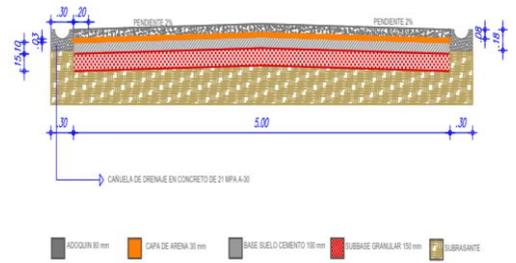
PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

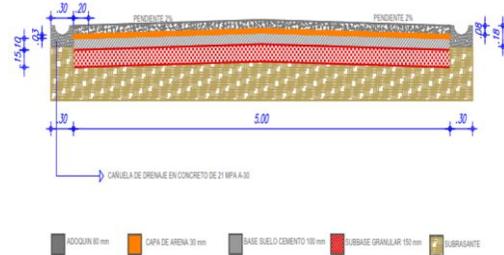
CAPÍTULO		1							DESCAPOTE Y LIMPIEZA	
ITEM:		1,1 DESCAPOTE Y LIMPIEZA					UNIDAD	M2		
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
DESCAPOTE Y LIMPIEZA	1.470,00	5,00	-	7.350,00		M2	1,00	7.350,00		
<b>TOTAL</b>								<b>7350,00</b>		
<b>Observaciones</b>										

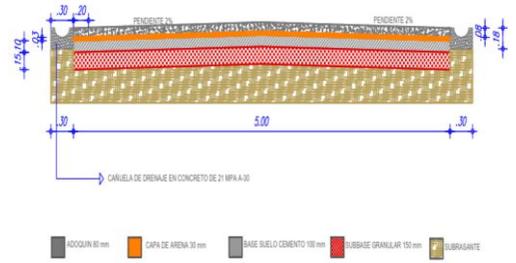
CAPÍTULO		2							RELLENOS	
ITEM:		2,1 RELLENO DE SUB-BASE					UNIDAD	M3		
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
SUB-BASE GRANULAR TIPO INVIAS	1.470,00	5,00	0,15	7.350,00		M3	1,00	1.102,50	<p style="text-align: center;"><u>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO</u> METODOLOGIA DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"</p>  <p style="text-align: center;">CANALERA DE DRENAJE EN CONCRETO DE 21 MPa A-10</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span> ACQ 80 mm</span> <span> CAPA DE ARENA 30 mm</span> <span> BASE DE CEMENTO 100 mm</span> <span> SUBBASE GRANULAR 100 mm</span> <span> SUBGRANITE</span> </div>	
<b>TOTAL</b>								<b>1102,50</b>		
Observaciones										

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

CAPÍTULO		2							RELLENOS	
ITEM:		2,2 BASE DE SUELO CEMENTO					UNIDAD	M3		
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
SUELO CEMENTO	1.470,00	5,00	0,10	7.350,00		M3	1,00	735,00	<p>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO METODOLOGIA DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"</p>  <p> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> COQUIN 80 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> CAPA DE ARENA 30 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> BASE SUELO CEMENTO 100 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> SUBBASE GRANULAR 150 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> SUBRASANTE         </p>	
<b>TOTAL</b>								<b>735,00</b>		
Observaciones										

CAPÍTULO		2							RELLENOS	
ITEM:		2,3 CAPA DE ARENA					UNIDAD	M3		
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
CAPA DE ARENA	1.470,00	5,00	0,03	7.350,00		M3	1,00	220,50	<p><u>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO</u> METODOLOGIA DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"</p>  <p>LEGENDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ASFOALTOS 60 mm</li> <li>CAPA DE ARENA 30 mm</li> <li>BASE SUELO CEMENTO 100 mm</li> <li>SUBBASE GRANULAR 150 mm</li> <li>SUBRASANTE</li> </ul>	
<b>TOTAL</b>								<b>220,50</b>		
Observaciones										

CAPÍTULO		3 ADOQUINES							
ITEM:		3,1 CAPA DE ADOQUINES					UNIDAD	M2	
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO
ADOQUINES	1.470,00	5,00		7350		M2	1,00	7.350,00	<p>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO METODOLOGIA DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"</p>  <p> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> ADOQUIN 80 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> CAPA DE ARENA 30 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightgray; border: 1px solid black;"></span> BASE SUELO CEMENTO 100 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> SUBBASE GRANULAR 100 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> SUBRASANTE         </p>
<b>TOTAL</b>								<b>7350,00</b>	
<b>Observaciones</b>									

CAPÍTULO		CAÑUELA							
ITEM:		4,1 CAÑUELA EN CONCRETO					UNIDAD	ML	
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO
CAÑUELA A-30	1.470,00					ML	2,00	2.940,00	<p>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO METODOLOGIA DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"</p>  <p> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> COQUELUN 60 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> CAPA DE ARENA 30 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> BASE SUELO CEMENTO 100 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> SUBBASE GRANULAR 150 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> SUBRASANTE         </p>
<b>TOTAL</b>								<b>2940,00</b>	
Observaciones									



UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

**MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA PRESUPUESTO**

**PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA"**

**METODO DE ALFONSO MONTEJO "INGENIERIA DE PAVIMENTOS"**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7350,00	\$ 250	\$ 1.837.500,00
2,1	RELLENO DE SUB-BASE	M3	1102,5	\$ 69.865	\$ 77.026.162,50
2,2	BASE DE SUELO CEMENTO	M3	735	\$ 137.251	\$ 100.879.485,00
2,3	CAPA DE ARENA	M3	220,5	\$ 63.177	\$ 13.930.528,50
3,1	CAPA DE ADOQUINES	M2	7350	\$ 71.716	\$ 527.112.600,00
4,1	CAÑUELA EN CONCRETO	ML	2940	\$ 24.910	\$ 73.235.400,00
<b>ADMINISTRACION (18%)</b>					\$ 142.923.901,68
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>					\$ 15.880.433,52
<b>UTILIDADES (5%)</b>					\$ 39.701.083,80
<b>VALOR TOTAL</b>					\$ 992.527.095,00

ANEXO 6. APU Y MEMORIAS  
DE CALCULO METODO  
BRITANICO



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

#### B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
1,1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7350,00		
<b>1. Equipo</b>					
	Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
	MOTONIVELADORA	GL	130000	918,75	\$ 141
	RETROEXCAVADORA	GL	100000	918,75	\$ 109
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 250</b>
<b>2. Materiales</b>					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ -</b>
<b>3. Transportes</b>					
	Material	Unidad	Rendimiento	Tarifa	Vr. Unitario
					\$ 0,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 0,00</b>
<b>4. Mano de Obra</b>					
	Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento
					Vr. Unitario
					\$ -
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ -</b>
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)</b>	<b>\$ 250</b>



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

#### B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
2,1	RELLENO DE SUB-BASE	M3	1102,5		
<b>1. Equipo</b>					
	Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
	MOTONIVELADORA	GL	130000	0,022	\$ 2.889
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 2.889</b>
<b>2. Materiales</b>					
	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario
	SUB-BASE GRANULAR TIPO INVIAS	M3	1,05	\$ 57.120,00	\$ 59.976
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 59.976</b>
<b>3. Transportes</b>					
	Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario
	VOLQUETA 5M3	HR	0,1	70000	\$ 7.000,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 7.000,00</b>
<b>4. Mano de Obra</b>					
	Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento
					Vr. Unitario
					\$ -
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ -</b>
				<b>TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)</b>	<b>\$ 69.865</b>



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

B. DATOS ESPECÍFICOS

Item	Descripción	Unidad	Cantidad
2.2	BASE SUELO CEMENTO	M3	735

1. Equipo				
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,022	\$ 33
CARRO TANQUE DE AGUA 1000 GL		74045,2	0,022	\$ 1.629
MOTONIVELADORA		130000	0,022	\$ 2.860
COMPACTADOR NEUMÁTICO POT. 70 HP DE 13 TONELADAS		150583	0,022	\$ 3.313
CORTADORA DE PAVIMENTO PROF. 16 A 19 CM CAP. DISCO DESDE 12" A 20" DE DIAMETRO		20752,57	0,022	\$ 457
SUBTOTAL				\$ 4.522

2. Materiales				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr Unitario
ARENA COMUN	M3	0,714	\$ 52.360,00	\$ 37.385
CEMENTO PORTLAND	KG	140,05	\$ 590,00	\$ 82.630
AGUA	L	24	\$ 9,71	\$ 233
				\$ -
				\$ -
				\$ -
SUBTOTAL				\$ 120.248

3. Transportes				
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario
Transporte de material de suelo cemento		GL	\$ 12.024,8	\$ 12.024,76
SUBTOTAL				\$ 12.024,76

4. Mano de Obra					
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	100%	1	46	\$ 152,24
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	100%	1	46	\$ 152,24
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22	100%	1	46	\$ 152,24
Oficial (Incl. Prestaciones)	\$ 9.906,10	100%	1	46	\$ 215,35
SUBTOTAL					\$ 456,73
TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)					\$ 137.251





UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

### ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

#### A. DATOS GENERALES

PROYECTO:

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

#### B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
3,1	CAPA DE ADOQUINES	KG	609,87

1. Equipo					
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,007	\$	10
SUBTOTAL				\$	10

2. Materiales					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
ADOQUINES	M2	1	\$ 65.000,00	\$	65.000
				\$	-
				\$	-
				\$	-
				\$	-
SUBTOTAL				\$	65.000

3. Transportes					
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario	
Transportes		GL	\$ 6.500,00	\$	6.500,00
SUBTOTAL				\$	6.500,00

4. Mano de Obra						
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario	
Oficial (Incl. Prestaciones)	\$ 9.906,10    1	100%	\$9.906,10	150,00	\$	66,04
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22    3	100%	\$21.009,66	150,00	\$	140,06
SUBTOTAL				\$	206,1051	
TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)					\$	71.716



UNIVERSIDAD  
SURCOLOMBIANA

## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

### A. DATOS GENERALES

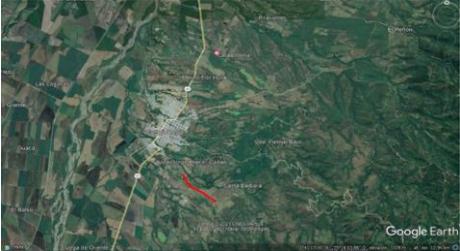
PROYECTO:

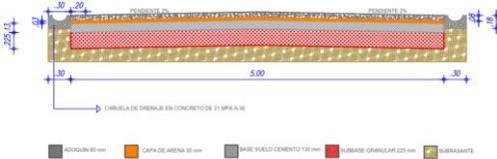
PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

### B. DATOS ESPECÍFICOS

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad		
4,1	CAÑUELA EN CONCRETO	ML	2940		
<b>1. Equipo</b>					
Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Vr. Unitario	
HERRAMIENTA MENOR.	GL	1500	0,005	\$ 8	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 8</b>	
<b>2. Materiales</b>					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
CAÑUELA A-30	ML	1	\$ 22.500,00	\$ 22.500	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
				\$ -	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 22.500</b>	
<b>3. Transportes</b>					
Material	Distancia	Unidad	Tarifa	Vr. Unitario	
Transportes		GL	\$ 2.250,00	\$ 2.250,00	
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 2.250,00</b>	
<b>4. Mano de Obra</b>					
Trabajador	Jornal Hora	Prestac.	Jornal Total	Rendimiento	Vr. Unitario
Ayudante (Incl. Prestaciones)	\$ 7.003,22      4	100%	\$28.012,88	184,00	\$ 152,24
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 152,2439</b>	
<b>TOTAL COSTO DIRECTO (sumatoria de los Subtotales)</b>				<b>\$ 24.910</b>	

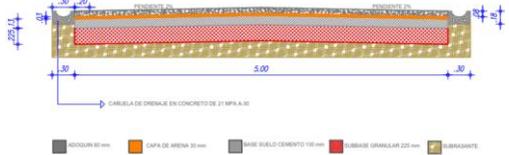
PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

CAPÍTULO		DESCAPOTE Y LIMPIEZA							
1									
ITEM:	1,1 DESCAPOTE Y LIMPIEZA						UNIDAD	M2	
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO
DESCAPOTE Y LIMPIEZA	1.470,00	5,00	-	7.350,00		M2	1,00	7.350,00	
<b>TOTAL</b>								<b>7350,00</b>	
<b>Observaciones</b>									

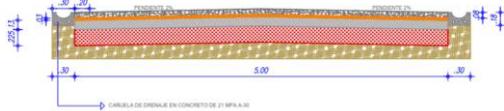
CAPÍTULO		2							RELLENOS	
ITEM:	2,1 RELLENO DE SUB-BASE							UNIDAD	M3	
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
SUB-BASE GRANULAR TIPO INVIAS	1.470,00	5,00	0,225	7.350,00		M3	1,00	1.653,75	<p style="text-align: center;"><u>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO</u> METODO BRITANICO</p> 	
<b>TOTAL</b>								<b>1653,75</b>		
<b>Observaciones</b>										

PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA".

CAPÍTULO		2							RELLENOS	
ITEM:		2,2 BASE DE SUELO CEMENTO					UNIDAD	M3		
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
SUELO CEMENTO	1.470,00	5,00	0,13	7.350,00		M3	1,00	955,50	 <p>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO METODO BRITANICO</p> <p>LEYENDA:          ■ BORDOS IN 30 mm    ■ CAPA DE ARENA 30 mm    ■ BASE SUELO CEMENTO 130 mm    ■ SUBBASE GRANULAR 225 mm    ■ ULTRASABOTE</p>	
<b>TOTAL</b>								<b>955,50</b>		
Observaciones										

CAPÍTULO		2							RELLENOS	
ITEM:		2,3 CAPA DE ARENA					UNIDAD	M3		
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO	
CAPA DE ARENA	1.470,00	5,00	0,03	7.350,00		M3	1,00	220,50	<p style="text-align: center;"><u>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO</u> METODO BRITANICO</p>  <p style="text-align: center;">CANALES DE DRENAJE EN CONCRETO DE 21 MPa A-10</p>	
<b>TOTAL</b>								<b>220,50</b>		
Observaciones										



CAPÍTULO		4 CAÑUELA							
ITEM:		4,1 CAÑUELA EN CONCRETO					UNIDAD	ML	
AREA O LUGAR	LARGO	ANCHO	ALTO	AREA	DESC.	UNIDAD	N° ELEMENTOS	TOTAL	GRAFICO
CAÑUELA A-30	1.470,00					ML	2,00	2.940,00	<p style="text-align: center;"><u>ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO</u> METODO BRITANICO</p>  <p style="text-align: center;">CARBUCLA DE DRENAJE EN CONCRETO DE 21 MPa A-30</p> <p> <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black;"></span> ESCOQUIN 90 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> CAPA DE ARENA 90 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: lightgray; border: 1px solid black;"></span> BASE SACLO CEMENTO 100 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> SUBBASE GRANULAR A-1 225 mm              <span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> SUBGRANANTE         </p>
<b>TOTAL</b>								<b>2940,00</b>	
Observaciones									



UNIVERSIDAD  
**SURCOLOMBIANA**

**MEMORIAS DE CANTIDADES DE OBRA PRESUPUESTO**

**PROYECTO: "DISEÑO DE UN PAVIMENTO ARTICULADO VEREDA LA CANDELARIA EN EL MUNICIPIO DE CAMPOALEGRE-HUILA"**  
**METODO BRITANICO**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,1	DESCAPOTE Y LIMPIEZA	M2	7350,00	\$ 250	\$ 1.837.500,00
2,1	RELLENO DE SUB-BASE	M3	1653,75	\$ 69.865	\$ 115.539.243,75
2,2	BASE DE SUELO CEMENTO	M3	955,5	\$ 137.251	\$ 131.143.330,50
2,3	CAPA DE ARENA	M3	220,5	\$ 63.177	\$ 13.930.528,50
3,1	CAPA DE ADOQUINES	M2	7350	\$ 71.716	\$ 527.112.600,00
4,1	CAÑUELA EN CONCRETO	ML	2940	\$ 24.910	\$ 73.235.400,00
<b>ADMINISTRACION (18%)</b>					\$ 155.303.748,50
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>					\$ 17.255.972,06
<b>UTILIDADES (5%)</b>					\$ 43.139.930,14
<b>VALOR TOTAL</b>					\$ 1.078.498.253,44

ANEXO 7.  
METODOLOGIA  
MONTEJO

PLANO  
ALFONSO



# ANEXO 8. PLANO METODO BRITANICO

