

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INSTRUCTIVO PARA PAVIMENTACIÓN CON
ADOQUINES DE CONCRETO EN ÁREAS RURALES**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MARCO ANTONIO RUANO PAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO 1, 1996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(3726)
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**INSTRUCTIVO PARA PAVIMENTACIÓN CON ADOQUINES DE
CONCRETO EN ÁREAS RURALES**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 2 de febrero de 1,996.



MARCO ANTONIO RUJANO PAZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK
VOCAL PRIMERO:	ING. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ GUERRA
VOCAL SEGUNDO:	ING. JACK DOUGLAS IBARRA SOLÓRZANO
VOCAL TERCERO:	ING. JUAN ADOLFO ECHEVERRÍA MÉNDEZ
VOCAL CUARTO:	BR. FERNANDO WALDEMAR DE LEÓN CONTRERAS
VOCAL QUINTO:	BR. PEDRO IGNACIO ESCALANTE PASTOR
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO:	ING. JULIO ISMAEL GONZÁLEZ PODSZUECK
EXAMINADOR:	ING. EDGAR VINICIO QUIÑONES DE LA CRUZ
EXAMINADOR:	ING. RUBÉN RODOLFO PÉREZ OLIVA
EXAMINADOR:	ING. SERGIO WALDEMAR VALDÉZ BONILLA
SECRETARIO:	ING. FRANCISCO JAVIER GONZÁLEZ LÓPEZ

Guatemala, marzo 28 de 1,996

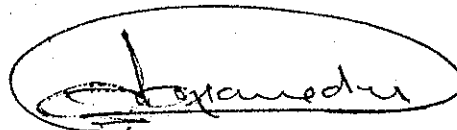
Ingeniero
Edgar Daniel De León Maldonado
Coordinador Área de Transportes
Facultad de Ingeniería

Ing. De León Maldonado:

Luego de asesorar y revisar el trabajo de tesis titulado **INSTRUCTIVO PARA PAVIMENTACIÓN CON ADOQUINES DE CONCRETO EN ÁREAS RURALES**, realizado por el estudiante universitario MARCO ANTONIO RUANO PAZ, carnet No. 83-17515, en mi calidad de Asesor he podido analizar y constatar que los aspectos técnicos planteados por el suscrito durante el desarrollo del trabajo han cumplido con los requisitos necesarios.

En base a lo anterior, y considerando que el trabajo en mención presenta un aporte importante para esta casa de estudios, los trámites respectivos pueden continuar.

Atentamente,



ING. JOSÉ GILBERTO ARANEDA CASTILLO
ASESOR



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 16 de Abril de 1,996

Ingeniero
Jack Douglas Ibarra Solórzano
Director Escuela de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos

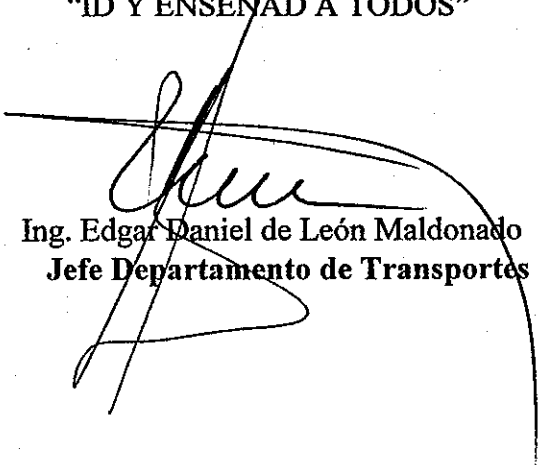
Señor Director:

Por este medio hago de su conocimiento que he concluido la revisión del trabajo de tesis titulado **INSTRUCTIVO PARA PAVIMENTACIÓN CON ADOQUINES DE CONCRETO EN ÁREAS RURALES**, elaborado por el estudiante universitario Marco Antonio Ruano Paz y asesorado por el ingeniero José Gilberto Araneda Castillo.

Considerando que dicho trabajo será de gran utilidad en la toma de decisiones para la construcción de vías urbanas en el interior de la República, este Departamento le da su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted,
Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Edgar Daniel de León Maldonado
Jefe Departamento de Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jose Gilberto Araneda Castillo, del Coordinador de Area Ing. Edgar De Leon Maldonado, sobre el trabajo de tesis del estudiante Marco Antonio Ruano Paz, titulado INSTRUCTIVO PARA PAVIMENTACION CON ADOQUINES DE CONCRETO EN AREAS RURALES, da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano



Guatemala, mayo de 1,996.

JDIS/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis INSTRUCTIVO PARA PAVIMENTACION CON ADOQUINES DE CONCRETO EN AREAS RURALES, del estudiante Marco Antonio Ruano Paz, da la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, mayo de 1,996

/bbdeb.

ACTO QUE DEDICO

A:

MIS PADRES

**Jesús Aníbal Ruano Mejía (Q.E.P.D.)
Angela Beatríz Paz del Pozo de Ruano.**

MIS HERMANOS

**Raúl Aníbal y Liliana
Rosa María
Luis Fernando y Ma. del Carmen.**

MIS SOBRINAS

**Silvia Lucía
María Fernanda.**

MI FAMILIA.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TRABAJO.

INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL (INFOM).

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso.

Al Ingeniero José Gilberto Araneda Castillo por su valiosa asesoría al presente trabajo de tesis.

A la Sección de Diseño y Desarrollo de Edificios (DYDE) del INFOM por su invaluable ayuda.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

GLOSARIO

I. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes históricos	1
1.2. Descripción de un pavimento	2
1.2.1. Tipos de pavimento	3
1.3. Elementos que constituyen el pavimento con adoquín	5
1.4. Tipos de pavimento con adoquín	10
1.4.1. Pavimento con adoquín para tránsito liviano	11
1.4.2. Pavimento con adoquín para tránsito mediano	12
1.4.3. Pavimento con adoquín para tránsito pesado	12
II. MÉTODO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES EN EL CAMPO	14
2.1. Descripción	14
2.2. Materiales	16
2.3. Mezclado del concreto	19
2.3.1. Medidas	19
2.3.2. Proporción de la mezcla de concreto para adoquín	20
2.3.3. Mezclado a mano	21
2.3.4. Mezclado a máquina	24
2.3.5. Punto de mezcla	25

2.4. Fundición de adoquines	26
2.5. Curado de adoquines	28
III. CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO CON ADOQUÍN	30
3.1. Nivelación del terreno	30
3.2. Configuración del terreno	31
3.3. Construcción del bordillo	35
3.4. Colocación del la capa de asiento	36
3.5. Colocación de adoquines	36
3.6. Relleno de juntas	38
3.7. Sellado de juntas	38
3.8. Apisonado	38
3.8.1. Rodillo con tambo de acero	39
3.8.2. Rodillo con tubo de cemento	40
3.9. Apertura al tránsito	42
IV. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	43
4.1. Mantenimiento	43
4.1.1. Mantenimiento del sello de junta	43
4.1.2. Renivelación de la superficie	43
4.2. Reparación	44
4.2.1. Reparación a escala menor	44
4.2.2. Reparación a escala mayor	45
4.2.3. Reparación por daños u obras específicas	45
4.3. Datos prácticos	46

V. SUPERVISIÓN	49
5.1. Supervisión Administrativa	51
5.2. Supervisión Técnica	51
5.3. Actividades de Supervisión	52
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
APÉNDICE	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

- Modulación para adoquinado I
- Llaves de confinamiento + detalle de junta II
- Detalle de pavimento + intersección de calles III
- Detalle de acondicionamiento de brocal - pozo de visita IV
- Detalle de acondicionamiento de brocal - pozo de visita V

INTRODUCCIÓN

Hasta hace algunos años las calles con superficie de terracería no presentaban ninguna preocupación o molestia en las poblaciones rurales del país, pues el volumen de tránsito vehicular no era significativo, restringiéndose al paso de unas cuantas unidades al día. La conservación de las calles era aceptable y las pequeñas molestias causadas a los vecinos y peatones eran soportables.

Sin embargo, durante los últimos años, con el desarrollo acelerado de la economía nacional, el tránsito vehicular en poblaciones rurales ha crecido a alturas desusadas hasta entonces, y el progreso está estimulando a casi todos los rincones del país. Consecuencia de ello, es que en la mayoría de estas poblaciones se manifiesta una creciente protesta y clamor de los vecinos por contar con calles en buenas condiciones de circulación, sin baches, polvo o lodazales.

Las autoridades municipales se han visto en la imperativa necesidad de encontrar soluciones viables y económicas que les permitan satisfacer los anhelos de sus comunidades.

Los pavimentos utilizados fueron, tradicionalmente, los empedrados con piedra bola cementada, los recubrimientos asfálticos y los de concreto tradicional o de losas de regulares dimensiones.

Los empedrados han tenido relativo éxito en poblaciones pequeñas y los otros han sido empleados en forma limitada, merced a su alto costo y a la necesidad de equipo y de una mano de obra muy calificada o especializada, cuyo alcance está, en la generalidad de los casos, fuera de las posibilidades de las Municipalidades; debido a esto, normalmente las obras de pavimentación con asfalto o losas de concreto se ejecutan a través de compañías de construcción especializadas y mediante contrato específico.

Nuestras poblaciones rurales, hoy en día, a través de sus autoridades y pobladores, tratan la manera de mejorar su imagen urbana y este logro lo llevan a feliz término, en gran parte, haciendo que sus calles estén pavimentadas en lo posible.

En virtud de tan laudable empeño, en la mayoría de estas poblaciones, se ha decidido pavimentar las calles con adoquines de concreto.

El sistema de adoquinado presenta las siguientes ventajas:

- fabricación y colocación simple con personal no especializado y de poca calificación;
- facilidad para efectuar reparaciones;
- fabricación en el lugar de la obra, con lo que se economiza el transporte de los adoquines elaborados;
- costo inicial menor, comparado con el asfalto o losas de concreto;
- facilidad de remoción y reinstalación para obras de agua potable y drenajes;
- material y mano de obra nacional;
- ofrece una vista agradable al estar ya colocado.

Por tal motivo, en este trabajo de tesis, se tratará de orientar a las autoridades municipales en la elaboración de pavimentos con adoquines de concreto, esperando que con la redacción fraccionada y la presentación semigráfica sea de fácil interpretación y consulta rápida, aún para aquellas personas que no necesariamente tengan que estar muy familiarizadas con los procesos de construcción, y sirva de guía para una adecuada pavimentación con adoquines.

Así pues, este trabajo está dedicado, en especial, a las poblaciones rurales del interior de la República y se espera que así, con el conocimiento aquí aportado, se pueda colaborar de alguna forma al desarrollo y prosperidad de nuestras poblaciones y sus comunidades que tanto lo necesitan.

GLOSARIO

ADOQUINES. Los aquí considerados, bloques de concreto fabricados en moldes, que son llenados de concreto manualmente o con máquina.

APISONADO. Sistema de compactación que consiste en hacer pasar un rodillo sobre la masa del terreno cuyos vacíos se requiere suprimir.

BANQUETA. Escalón o acera que se deja a cada lado de una calle, alcantarilla o canal.

BASE. Capa soporte, formada de suelo granular o estabilizado, que va directamente abajo de la carpeta de rodadura y de la capa de asiento, cuando la lleva. Tiene como función contribuir fuertemente a la capacidad de soportar cargas del pavimento; distribuyendo la carga recibida, hasta la subrasante, a un nivel de esfuerzos adecuados a ésta última.

BATEA. Recipiente de madera, de dimensiones que varían según la necesidad. Sirve para hacer mezcla o sabieta y para acarrear con facilidad y depositar materiales usados por el albañil.

BOMBEO. Es el fenómeno que produce la eyección forzada por las juntas y bordes del pavimento de una suspensión en agua de los suelos finos de la subrasante, debido al paso frecuente de cargas pesadas.

BORDILLO. Elemento estructural longitudinal, generalmente de concreto, que sobresale de la pista y sirve para dar alineamiento a las calles y banquetas y que funciona como cauce de las aguas superficiales y brinda confinamiento y consolidación a las estructuras de rodadura. Puede contener el empuje de las ruedas de un vehículo.

CAPA DE ASIEN TO. Capa de arena de río sobre la cual se asientan los adoquines.

CARPETA DE RODADURA. Capa superficial que soporta directamente las cargas de los vehículos y sirve de protección a las estructuras subyacentes, y para hacer adecuada y durable la superficie al tránsito en todo el tiempo.

CONCRETO. Material resultante de la combinación de cemento, agua y agregados pétreos dosificados adecuadamente.

CURADO. Consiste en mantener húmedas las superficies para impedir la rápida evaporación del agua de amasado, con el fin de minimizar la refracción del concreto y evitar su agrietamiento por brusca desecación.

ESCARIFICAR. Cortar verticalmente la tierra, para ablandarla sin voltearla, empleando un instrumento especial que tiene piezas de acero para el efecto.

FORMALETA. Conjunto de obra falsa y molde para una fundición o para la construcción de mampostería.

FUNDICIÓN. Acción y efecto de fundir. En este caso, mezcla y colocación del concreto.

JUNTAS. Cortes o separaciones que se establecen entre dos partes contiguas de una construcción. Empalme, unión.

LLAVE DE CONFINAMIENTO. Es un elemento estructural igual a un bordillo, interrumpido en su construcción a nivel de pista, que sirve para limitar áreas adoquinadas y evitar con ello el deslizamiento de los adoquines y el deterioro, por arrastre, de otras estructuras de rodadura o de base.

MANTENIMIENTO DE PAVIMENTO. Es conservar a éste en condiciones similares a las que tenía al ser construido inicialmente.

MOLDE. Pieza de metal, u otro material, en la que se hace en hueco la figura del adoquín que se quiere fabricar.

PARIHUELA. Herramienta de transporte y proporcionamiento volumétrico de materiales, utilizada para concretos y morteros.

PAVIMENTO. Es una estructura que descansa sobre el terreno natural, formada por diferentes capas que, regularmente, y, como requerimiento máximo, son: subrasante, subbase, base, capa de rodadura y sello; con el propósito de conformar una superficie funcional y durable para el tránsito de vehículos, principalmente. La capa de rodadura es la que designa el tipo de pavimento.

SUBBASE. Capa abajo de la base, de menor calidad que ella (material selecto), y que tiene una función completamente de soporte y de distribución de cargas ante una mala subrasante; sobre la cual se coloca.

SUBRASANTE. Capa de 30 cm. de espesor mínimo, generalmente formada del mismo suelo de la terracería, que constituye el cimiento de los pavimentos. Por esta razón es de suma importancia la calidad y compactación de la misma.

Capítulo I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Construir pavimentos con adoquín es un arte tan antiguo como lo son muchas ciudades y pueblos desarrollados y en vías de desarrollo. El hombre, intuitivamente, había constatado que sus pies no se hundían en terreno mojado cuando se colocaban piedras, una al lado de la otra.

Varios siglos después se tallaron piedras duras en forma de tronco piramidal y geoméricamente bien definidas, que permitían realizar rasantes cada vez más perfectas, donde los pesados carruajes no dejaban huellas de sus ruedas.

La pavimentación de las calles en las ciudades europeas más antiguas ha ido continuamente progresando, empleando piedras talladas que desde la Edad Media desafían aún a los siglos.

El invento del automóvil hizo creer que el adoquinado tenía los días contados, ya que al incrementarse la velocidad el rodamiento no tenía la suavidad de los pavimentos de asfalto.

Después de la primera guerra mundial, el adoquinado de las calles fue, constantemente, una gran suerte, ya que éstos fueron removidos con gran facilidad para efectuar las conexiones de tuberías de agua potable, aguas negras, teléfonos, electricidad, etc.

Hoy en día, el adoquinado es muy aconsejable y de mucho auge en casi todas las ciudades y pueblos de Centro América, bajo algunas consideraciones:

- material y mano de obra local (fabricación local);
- no tener que transportar el adoquín;
- tráfico liviano o tráfico no pesado continuo;
- baja velocidad y poco tráfico;

En Guatemala, en los últimos años, el pavimento de adoquín ha sido una solución a la necesidad de la mayoría de sus ciudades y poblaciones en los cuatro puntos cardinales, tendiendo a mejorar el recubrimiento de la superficie de rodadura en las calles urbanas, lo que lleva a que las mismas alcancen un mejor desarrollo socioeconómico.

1.2. DESCRIPCIÓN DE UN PAVIMENTO

Un pavimento es una estructura o combinación de elementos que descansa sobre el terreno natural, calle o camino, formada por diferentes capas, cuya finalidad es permitir un paso de tráfico más seguro, cómodo, con menos desgaste de los vehículos y proporcionando, al mismo tiempo, ventajas a peatones y habitantes de la población (seguridad y salubridad).

1.2.1. Tipos de Pavimento

La clasificación de los diferentes tipos de pavimento se basa en la forma en que éstos distribuyen a la subrasante la carga recibida.

a) Pavimento Flexible

Es el construido de varias capas de suelo y una capa de rodadura asfáltica que transmite la carga recibida a través del espesor de las otras capas mencionadas, dejando así que la subrasante absorba una pequeña carga de acuerdo a su capacidad soporte.

b) Pavimento Semi-Flexible

Es el construido con bases y/o subbases estabilizadas con suelo-cemento, o que tienen carpetas de rodadura de adoquín.

c) Pavimento Rígido

Es el construido de una o varias losas de concreto simple o reforzado, de cemento Portland; rígida y resistente. Absorbe la carga recibida la cual reparte en una gran área de la subrasante.

Cualesquiera de estos pavimentos consta básicamente de los siguientes elementos:

- subrasante;
- subbase;
- base;
- carpeta de rodadura;

los cuales incrementan o reducen su espesor y el costo de acuerdo a:

- tipo de pavimento;
- cantidad y tipo de tráfico;
- tipo de suelo o subrasante;
- distancia a los bancos de material;
- necesidad de equipo o mano de obra especializada.

En el desarrollo del presente trabajo únicamente se ilustrarán los elementos correspondientes a pavimentos con adoquín.

1.3. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL PAVIMENTO CON ADOQUÍN

Estos pavimentos están constituidos específicamente por los siguientes elementos estructurales:

Subrasante

Es la capa o superficie del terreno que soporta la estructura del pavimento. Para conocer si una subrasante, o si el suelo que está en la parte superior de una terracería, es buena, regular o pobre; se debe conocer, cuando menos, su granulometría simplificada, su plasticidad y, principalmente, su valor soporte C.B.R.

Subrasante	C.B.R.	Suelo Típico
Buena	13 - 35	gravas, gravas-arenas, arenas
Regular	6 - 12	limos, arcillas poco plásticas
Pobre	3 - 5	arcillas muy plásticas

Fuente: Moncayo V., Jesús. MANUAL DE PAVIMENTOS. México 1,985. Pag. 30.

Subbase

Esta capa, por lo regular, puede suprimirse si la subrasante es buena o si el tránsito es de tipo liviano; comúnmente es de material selecto, y sus funciones son:

a) eliminar la acción del bombeo;

- b) aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a la carpeta de rodadura;
- c) transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base;
- d) controlar los cambios de volumen que puedan tener los materiales de la subrasante.

Base

Capa de arena gruesa que se coloca sobre la subbase o la subrasante, según el caso, y sus funciones son:

- a) transmitir y distribuir las cargas de la capa de rodadura;
- b) servir de material de transición entre la subbase o la subrasante y la carpeta de rodadura;
- c) resistir los cambios de volumen y temperatura.

Capa de Asiento

Capa de arena de río que sólo los pavimentos con adoquín la incluyen; es una capa no rígida que se requiere para sostener y compactar la carpeta de rodadura. Está colocada abajo de los adoquines y sobre la capa de base del pavimento. Sus funciones son:

- a) proporcionar un acomodo para los adoquines sobre la capa de base, cubriendo ciertas irregularidades que ésta pudiera tener;
- b) ofrecer una sustentación y un apoyo uniforme en toda la superficie de cada adoquín;
- c) servir de drenaje por si hay filtraciones en las juntas, evitando así, que se dañe la capa de base.

Carpeta de Rodadura

Capa formada por adoquines que soporta directamente el tránsito de vehículos; su propósito es proveer una superficie que cumpla con las siguientes funciones:

- a) resistir, con un desgaste mínimo, los esfuerzos producidos por las llantas de los vehículos;
- b) proteger las capas inferiores de los efectos del sol, lluvia y frío;
- c) ofrecer una superficie lisa, uniforme y ornamental.

Bordillo

Es un elemento indispensable en el pavimento con adoquín, y sirve para dar alineamiento a las calles y banquetas y evitar que los adoquines se desplacen lateralmente, reteniéndolos para que no se abran o desacomoden.

Llave de Confinamiento

El fin primordial de ésta es evitar el desplazamiento longitudinal de los adoquines, y, además, sirve para limitar las áreas adoquinadas.

Pendiente o Bombeo lateral

Sirve para desaguar rápida y eficazmente las aguas pluviales que inciden sobre el pavimento, más, cuando son de adoquín, ya que la superficie de los adoquinados no es lo suficientemente impermeable, por filtraciones en las juntas.

Los pavimentos se diseñan y construyen con pendientes longitudinales y transversales.

La pendiente transversal resbala el agua con un espesor de lámina uniforme y produce una mejor distribución de esfuerzos.

En cuanto a la pendiente longitudinal, el perfil debe ser, en lo posible, una línea de pendiente adecuada y fácil; esto último se logra evitando pendientes menores al 2%, para que las aguas escurran con facilidad hacia los tragantes o desagües.

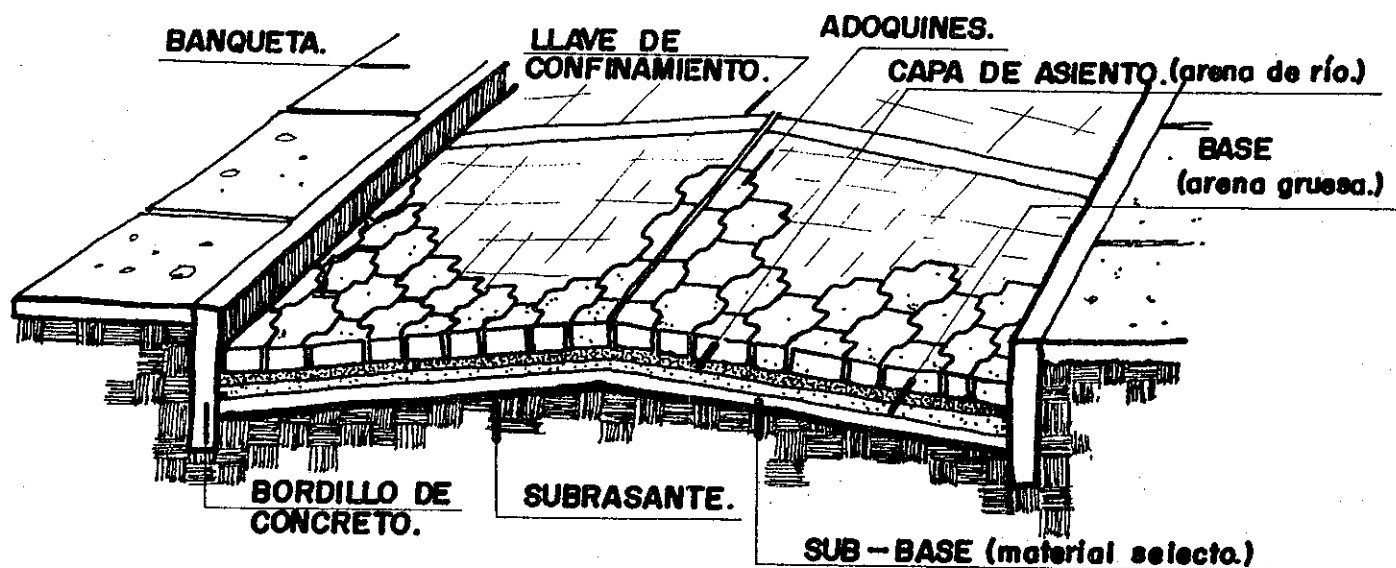
La pendiente transversal depende de la pendiente longitudinal, de esta forma; a mayor pendiente longitudinal menor pendiente transversal; así:

PENDIENTE LONGITUDINAL	PENDIENTE TRANSVERSAL
2% - 4%	3%
>4%	2%

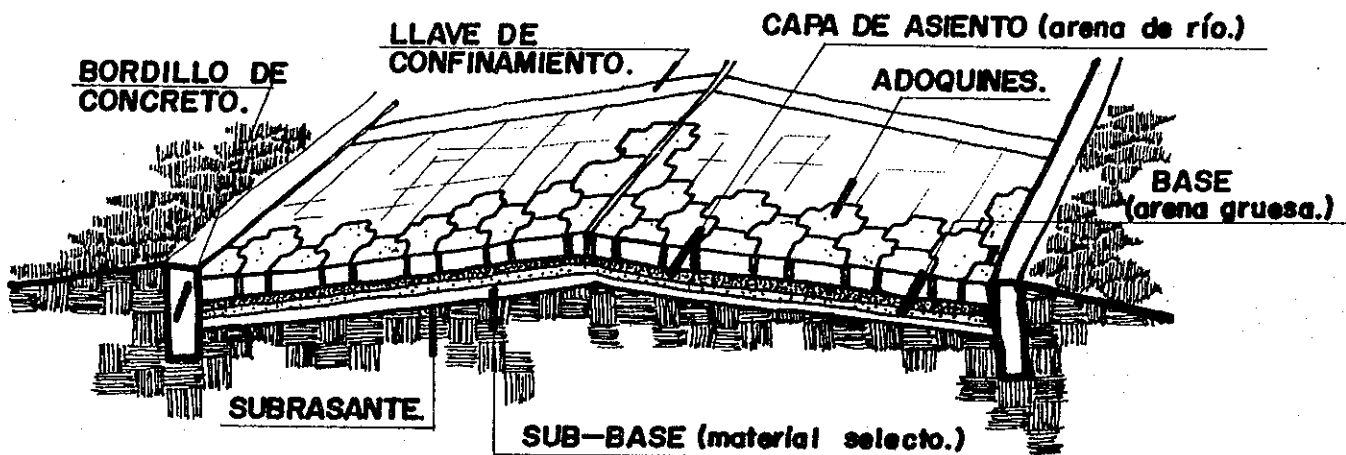
Fuente: copias curso de Pavimentos. Facultad de Ingeniería. USAC.

El diseño estructural en el pavimento con adoquines, lleva a determinar el espesor de las distintas capas que lo conforman, basado, en el caso del presente trabajo, en el tipo de tránsito, cargas de los vehículos y calidad de la subrasante; estos datos se indican en el numeral 1.4.

A continuación se ilustran los diferentes elementos que constituyen el pavimento con adoquín.



ADOQUINADO CON BANQUETA.



ADOQUINADO SIN BANQUETA.

1.4. TIPOS DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN

En la actualidad, todos los métodos de diseño de pavimentos consideran el tránsito de todos los vehículos que usarán el pavimento, para un período de diseño de 20 a 25 años.

Se pueden considerar cinco categorías de tránsito:

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
1	Calles secundarias, estacionamiento automóviles
2	Calles alimentadoras, pocos camiones y autobuses
3	Avenidas, estacionamiento industrial y mercados
4	Calzadas y calles comerciales, muchos autobuses
5	Carreteras urbanas y autopistas

Fuente: Moncayo V., Jesús. MANUAL DE PAVIMENTOS. México 1,985. Pag. 18.

A continuación, para fines de esta tesis, se simplificarán las categorías de tránsito anteriormente descritas y se agregarán las cargas, en kilogramos, más frecuentes por eje y por rueda correspondientes:

CATEGORÍA	TRÁNSITO	CARGA POR EJE	CARGA POR RUEDA
1 y 2	Liviano	< 6,000	< 3,000
3	Mediano	7,000 - 8,000	3,500 - 4,000
4 y 5	Pesado	8,000 - 9,000	4,000 - 4,500

Fuente: elaboración propia.

Dependiendo del tipo de tránsito, cargas de los vehículos y calidad de subrasante, se determinará el tipo de pavimento a utilizar y el espesor de las distintas capas que lo conforman.

1.4.1. Pavimento con adoquín para Tránsito Liviano

Debe colocarse en calles secundarias, estacionamientos de automóviles o aún, en calles principales, cuando se estime que el volumen de tránsito es relativamente bajo, inclusive tratándose de vehículos pesados.

A efecto de datos prácticos se presenta la siguiente tabla:

SUBRASANTE

CAPA	BUENA	REGULAR	POBRE
Adoquín	10	10	10
Capa de Asiento (arena de río)	3	3	3
Base (arena gruesa)	10-15	15	15
Subbase (material selecto)	0	5 - 10	10-15
ESPESOR TOTAL (cm.)	23-28	28-38	38-43

Fuente: Moncayo V., Jesús. MANUAL DE PAVIMENTOS. México 1,985. Pag. 61.

(Datos en centímetros)

1.4.2. Pavimento con adoquín para Tránsito Mediano

Debe colocarse en avenidas y calles con tránsito constante de gran número de vehículos livianos y regular cantidad de camiones y autobuses, y en estacionamientos industriales y de mercados.

A efecto de datos prácticos se presenta la siguiente tabla:

SUBRASANTE

CAPA	BUENA	REGULAR	POBRE
Adoquín	10	10	10
Capa de Asiento (arena de río)	3	3	3
Base (arena gruesa)	15	15	15
Subbase (material selecto)	10	15	20
ESPESOR TOTAL (cm.)	38	43	48

Fuente: Moncayo V., Jesús. MANUAL DE PAVIMENTOS. México 1,985. Pag. 62.

(Datos en centímetros)

1.4.3. Pavimento con adoquín para Tránsito Pesado

Debe colocarse en carreteras urbanas, calzadas y calles que tengan tránsito frecuente de vehículos pesados, como camiones y autobuses, y paso constante de gran número de vehículos, aún siendo estos de tipo liviano.

Estas calzadas y calles comprenden las vías principales que atraviesan la población y que conducen a diferentes sitios de elevada concurrencia; como mercados, plazas, edificio municipal, etc.

A efecto de datos prácticos se presenta la siguiente tabla:

SUBRASANTE

CAPA	BUENA	REGULAR	POBRE
Adoquín	10	10	10
Capa de Asiento (arena de río)	3	3	3
Base (arena gruesa o grava)	15	15	15
Subbase (material selecto)	15	20	25
ESPESOR TOTAL (cm.)	43	48	53

Fuente: Moncayo V., Jesús. MANUAL DE PAVIMENTOS. México 1,985. Pag. 62.

(Datos en centímetros)

La única diferencia entre estos tres tipos de pavimento adoquinado estriba en que el adoquinado para tránsito liviano no necesita la capa de material selecto que constituye la subbase, siempre y cuando, las condiciones de la subrasante no lo exijan, colocándose la capa de arena gruesa de base directamente sobre la subrasante. En todos los casos el adoquín de 10 cm. de espesor debe llenar ciertos requisitos de calidad en su fabricación y de resistencia al desgaste y a la compresión (Ver numeral 2.1.).

Capítulo II

MÉTODO DE FABRICACIÓN DE ADOQUINES EN EL CAMPO

2.1. DESCRIPCIÓN

Los adoquines son bloques de concreto que constituyen la capa del pavimento que soportará directamente el paso de los vehículos.

Se puede utilizar cualquier forma para fabricar los adoquines, aunque se recomienda la de la Figura No.1, por razones de facilidad de construcción, uniformidad de diseño y porque se utiliza un solo tipo de molde.

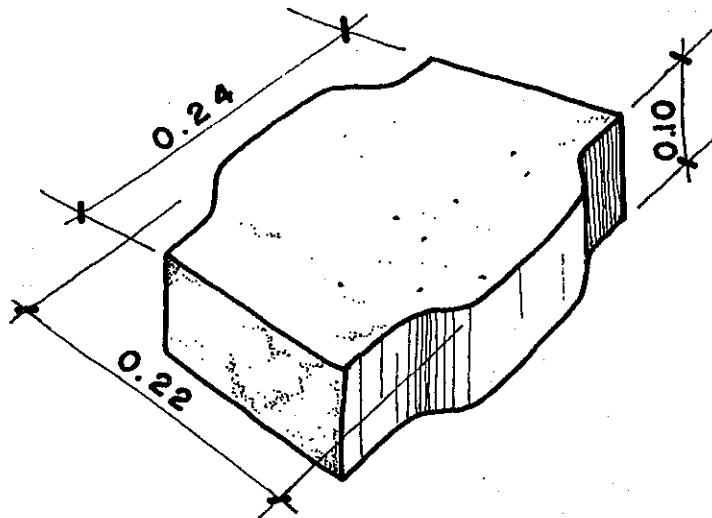


FIGURA No. 1

Su forma es tal que impide el deslizamiento entre un adoquín y otro; la sisa entre adoquines, que debe ser de 1 cm. de ancho, se llena de arena fina o arena y barro, para evitar filtraciones, y de esta forma se evita que se quiebren y desportillen entre ellos; por consiguiente, no se necesitan mezclas ni ligantes entre adoquines, como se puede ver en la Figura No.2.

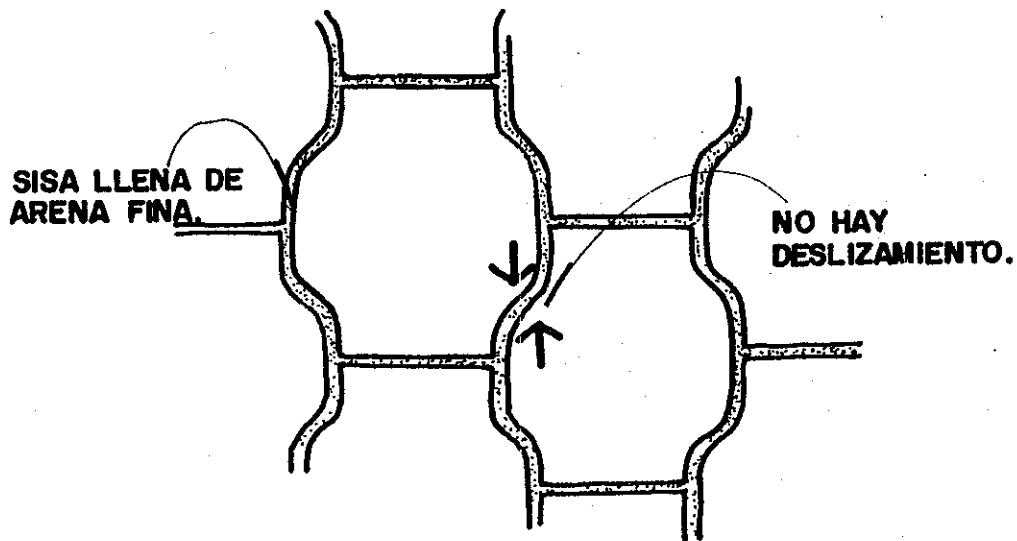


FIGURA No. 2

La forma y dimensión de los adoquines será la indicada en la Figura No.1 y las tolerancias en dimensión serán de 2 mm. para los anchos y largos y de 3 mm. para el espesor. Otras especificaciones para el adoquín son:

- **Color:** concreto natural, sin aditivo colorante.
- **Textura:** fina, antideslizante.
- **Resistencia al desgaste:** el resultado de cualquier prueba mecanizada, práctica y confiable no debe desgastar el adoquín más de 3 mm.

- **Resistencia a la flexión:** el valor del módulo de ruptura mínimo, determinado en una probeta rectangular, cortada de un adoquín entero, es de 40 kg/cm².
- **Resistencia a la compresión:** la resistencia a la compresión debe ser de 300 kg/cm². determinada en probetas cúbicas, con un espesor de 10 cm.

2.2. MATERIALES

El adoquín necesita ser de un buen concreto para evitar que se raje o falle con el tránsito de vehículos.

Los materiales necesarios para la fabricación de éstos son: agua, cemento, arena y agregado grueso.

a) Agua

Debe ser limpia, transparente y libre de impurezas. Se puede utilizar agua potable de chorro y agua de corriente de río sin lodo, no es recomendable utilizar agua estancada, de estero.

AGUA DE CHORRO: SI



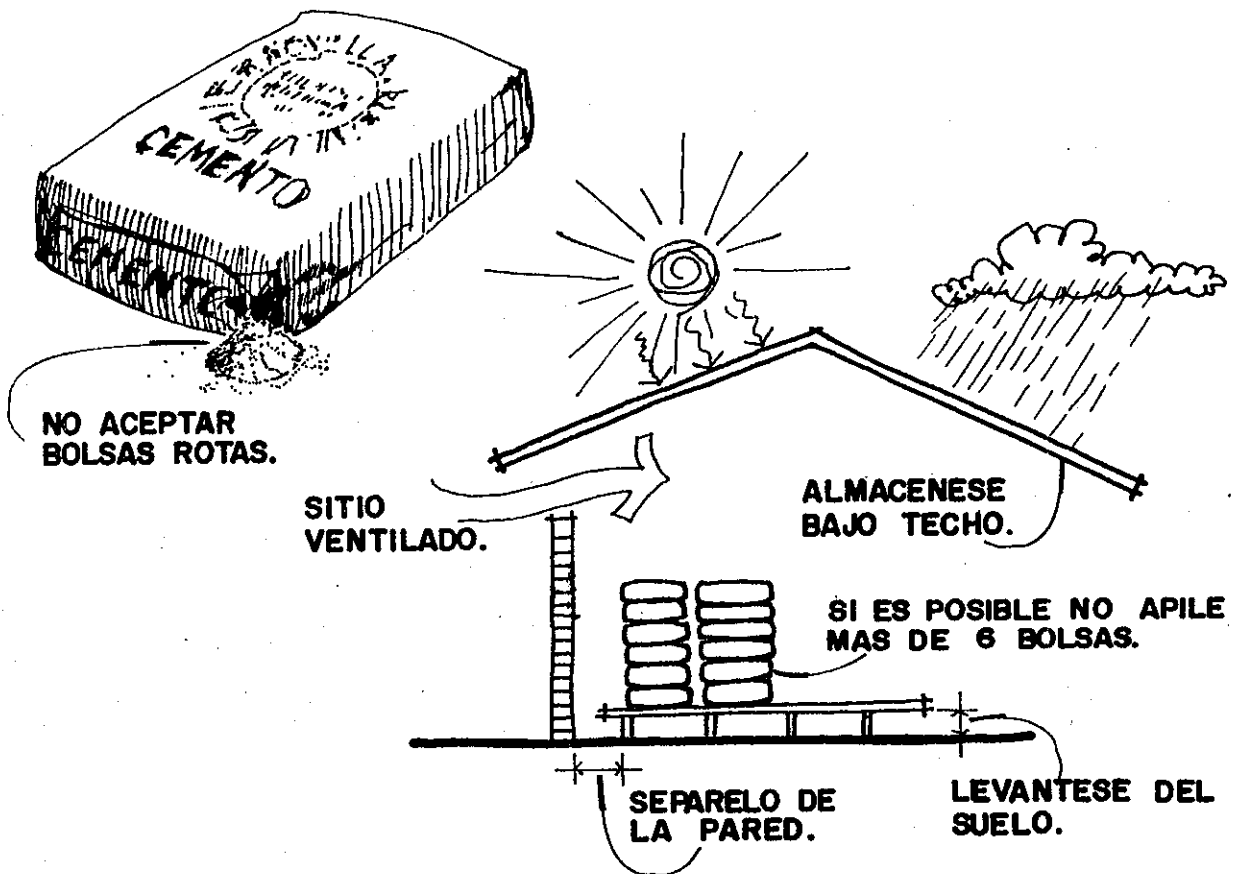
AGUA CORRIENTE SIN LODO: SI



AGUA ESTANCADA DE ESTERO: NO

b) Cemento

Debe ser de saco de 42.6 kg. de marca reconocida para garantizar su calidad. No deben aceptarse sacos rotos y debe almacenarse bajo techo por un tiempo máximo de 1 mes.



c) Arena

Debe ser de río, no muy fina ni muy gruesa; limpia y dura. No debe tener arcilla o barro, desperdicios y desechos vegetales o animales, ni sales. No usar arena de mar o estero.

d) Agregado Grueso

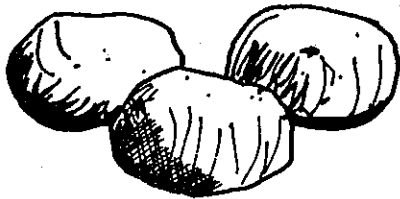
El agregado grueso puede ser Grava (canto rodado de río) o Piedrín (piedra triturada).

- Grava

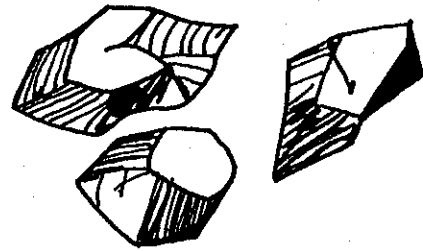
Se usa en el estado natural en que se encuentra; se obtiene cerniendo los cantos de río en un tamiz o cedazo adecuado al tamaño de grava deseado; su forma es redondeada sin filos o aristas vivas.

- Piedrín

Es piedra quebrada; se obtiene de piedras mayores que se muelen en una trituradora que se gradúa al tamaño de piedrín deseado; su forma es irregular y tiene filos o aristas vivas.



GRAVA.



PIEDRIN.

El tamaño recomendado es de 1/2" a 3/4" y de ser posible es mejor utilizar grava.

El agregado grueso no debe ser laminado, no debe quebrarse con la mano o con facilidad y debe estar libre de polvillo.

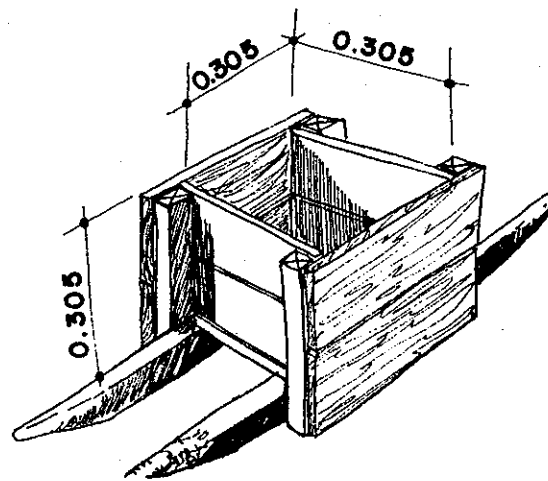
La mejor manera de saber si un agregado grueso o una arena son de buena calidad, es hacerles un análisis de laboratorio. La forma práctica en el campo es amasarlo en la mano y que no queden éstas manchadas o con lodo.

2.3. MEZCLADO DEL CONCRETO

El concreto puede mezclarse de dos formas: a mano o con máquina mezcladora.

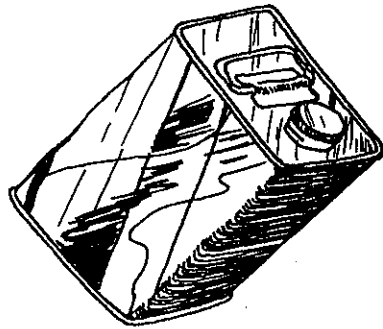
2.3.1. Medidas

Los cuatro componentes: cemento, arena, agregado grueso y agua deben proporcionarse y medirse para obtener una buena mezcla. La medida es un saco de cemento, que no tiene un quintal como se cree algunas veces, sino mide 1 pie cúbico y pesa 94 lbs. Por eso generalmente para medir las mezclas de concreto se hace una o más parihuelas con un volumen de 1 pie cúbico.

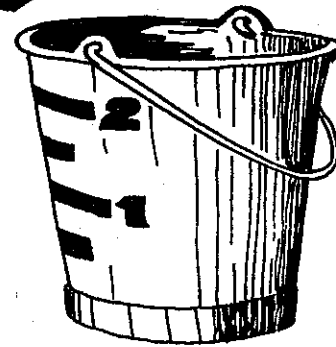


PARIHUELA.

El agua se mide en galones o en litros. Lo más sencillo es medir o poner marcas en galones en el interior de las cubetas que se tengan en la obra. La cantidad de galones dependerá del tamaño de la cubeta.



BOTE DE 1 GALON.



PINTAR MARCAS DENTRO DE LAS CUBETAS, A CADA GALON Y CADA MEDIO GALON.

2.3.2. Proporción de la mezcla de concreto para adoquín

El concreto para fabricar adoquín debe tener una proporción de 1:3:2, a menos que la supervisión autorice una mezcla diferente:

1	:	3	:	2
1 bolsa de		3 medidas de		2 medidas de
cemento		arena		agregado grueso

con una cantidad de 3 a 5 galones de agua por saco de cemento con la arena seco-saturada. La arena es seco-saturada cuando está húmeda pero al exprimirla con la mano no gotea.

Debe tenerse en cuenta que la cantidad de agua es de lo más importante; si el agua se pasa de 5 galones el concreto ya no será tan apropiado para fabricar adoquín. Mientras menos agua, más fuerte será el concreto.

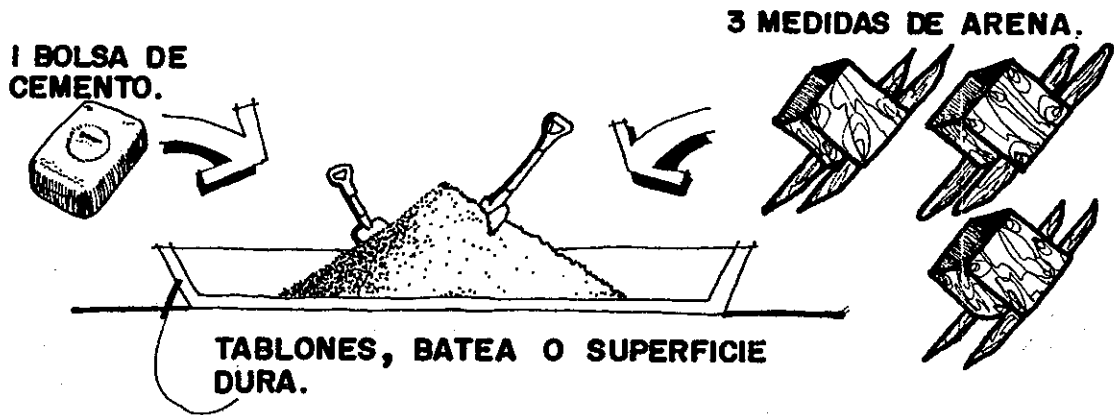
La proporción de la mezcla de concreto para bordillo puede ser 1:2:4, y llevará hasta 6 galones de agua por saco de cemento, como máximo, dando ello una resistencia $f_c = 210$ kg./cm².; siendo preferible en los parqueos la proporción 1:2:3 con 5 galones de agua por saco de cemento, para una resistencia $f_c = 250$ kg./cm².

2.3.3. Mezclado a mano

Para el mezclado a mano debe seguirse el siguiente procedimiento:

1o. Cemento y Arena en seco

Sobre una superficie dura, tablonos o batea, debe echarse 1 saco de cemento y 3 medidas de arena con parihuela.



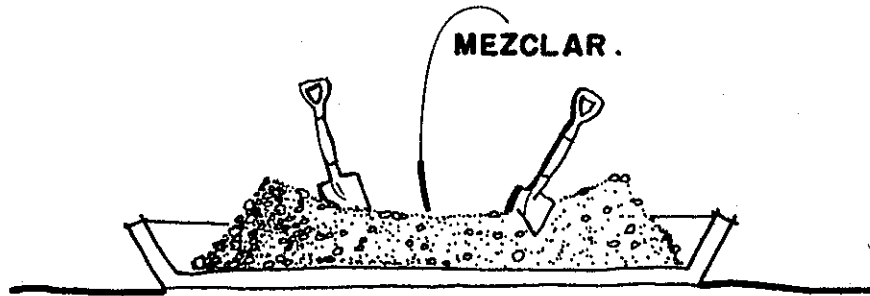
2o. Agregado Grueso

Hecha la mezcla seca de cemento y arena, del paso anterior, echar 2 medidas de agregado grueso con parihuela.



3o. Mezclar

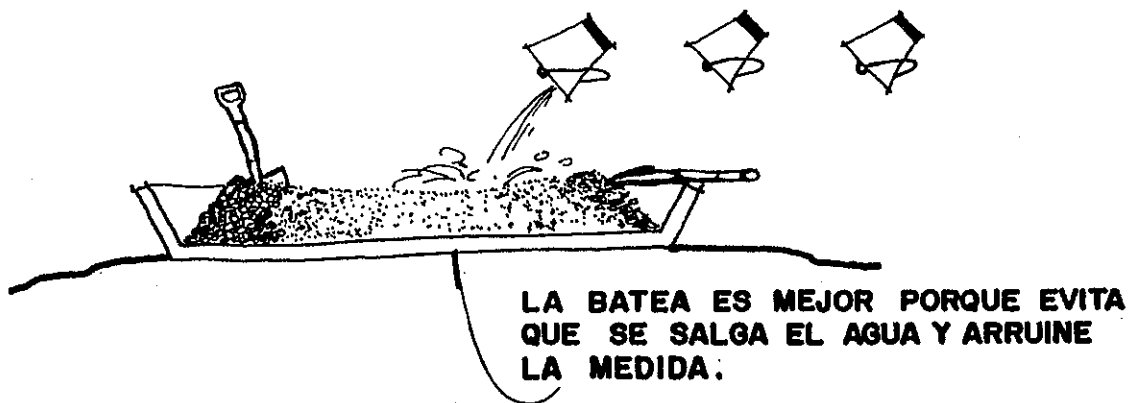
Mezclar en seco arena + cemento + agregado grueso, de las orillas hacia el centro alrededor de la batea, hasta que estén bien mezclados todos los materiales (darle varias vueltas), dejándole la mezcla seca alrededor de la batea.



4o. Agua

Agregar una parte de agua al centro, mezclar de la orilla al centro, amontonar la mezcla alrededor y agregar más agua al centro, y así sucesivamente hasta obtener el "punto de mezcla" (ver numeral 2.3.5.).

DE 3 A 5 GALONES DE AGUA.



5o. Utilizar la mezcla

Después de los pasos anteriores utilizar la mezcla.

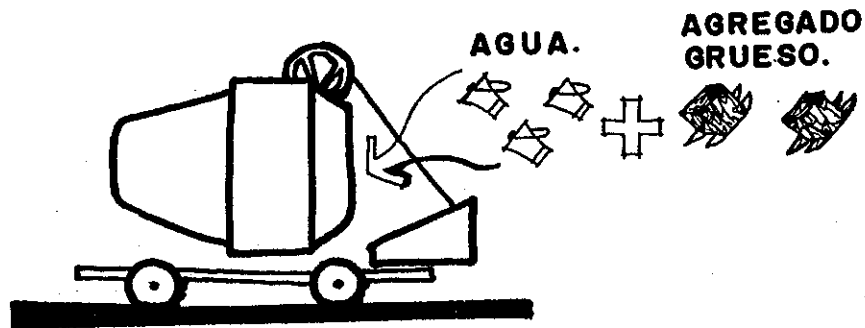
2.3.4. Mezclado a máquina

Ante todo debe tomarse en cuenta la capacidad de la mezcladora, la cual se indica por los números 1/2S, 1S, 2S, 3S, 4S, ..., etc.; donde el número indica la cantidad de pies cúbicos de concreto que puede mezclar la máquina en función de los sacos de cemento.

El procedimiento recomendable para mezclar es el siguiente:

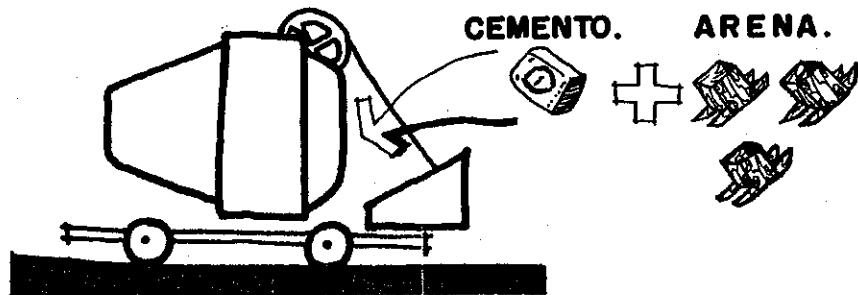
1o. Agua y Agregado Grueso

Verter a la máquina mezcladora 3 partes de agua + 2 medidas de agregado grueso con parihuela y mezclar. El agua y el agregado grueso, primero, limpiarán el cilindro de residuos de la mezclada anterior.



2o. Cemento y Arena

Echar 1 saco de cemento y 3 medidas de arena con parihuela; mezclar como mínimo un tiempo de un minuto y medio.



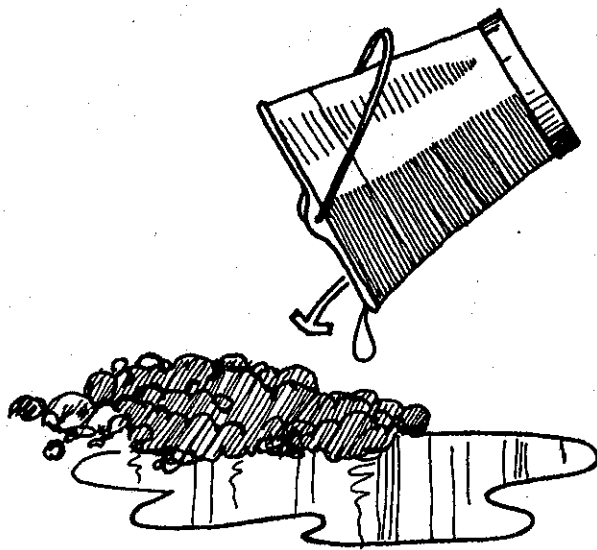
3o. Utilizar la mezcla

Después de los pasos anteriores utilizar la mezcla.

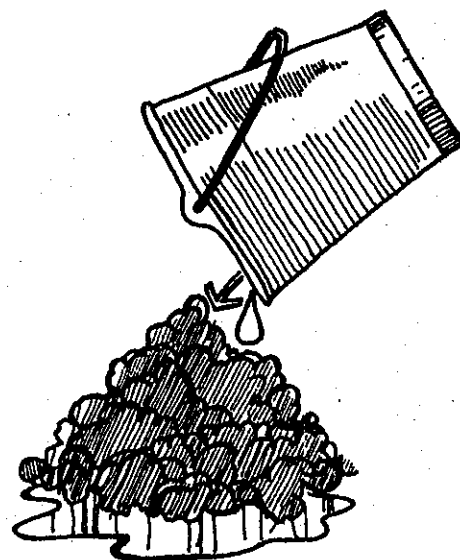
En ambos casos se recomienda no hacer mucha mezcla o de lo contrario utilizarla luego de un tiempo máximo de 1 hora después de haberla preparado.

2.3.5. Punto de Mezcla

El punto de mezcla se obtiene cuando, después de haberle agregado el agua y la mezcla esté bien revuelta, el concreto queda pastoso, adquiere una apariencia uniforme y un color gris también uniforme; así mismo, al verter la masa de concreto, no debe extenderse y soltar agua, sino tener una consistencia firme que la mantenga sostenida.



INCORRECTO.

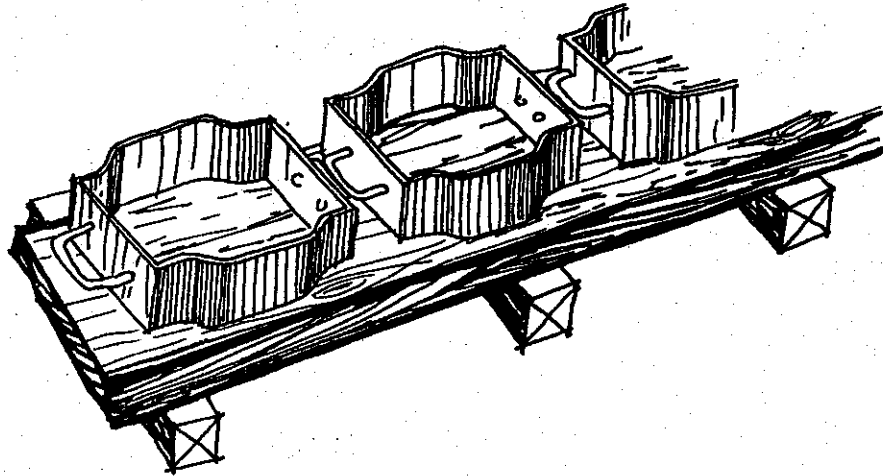


CORRECTO.

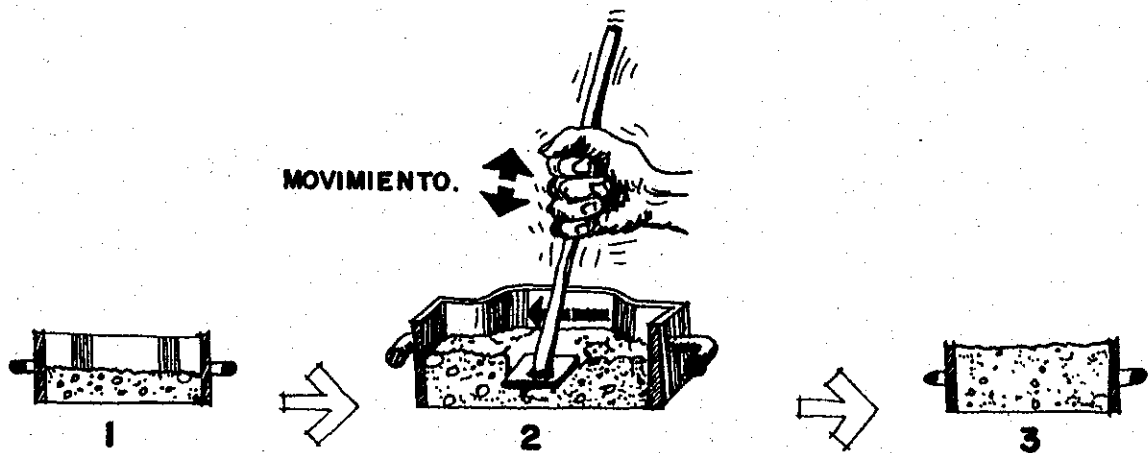
2.4. FUNDICIÓN DE ADOQUINES

Para esta operación deben seguirse los siguientes pasos:

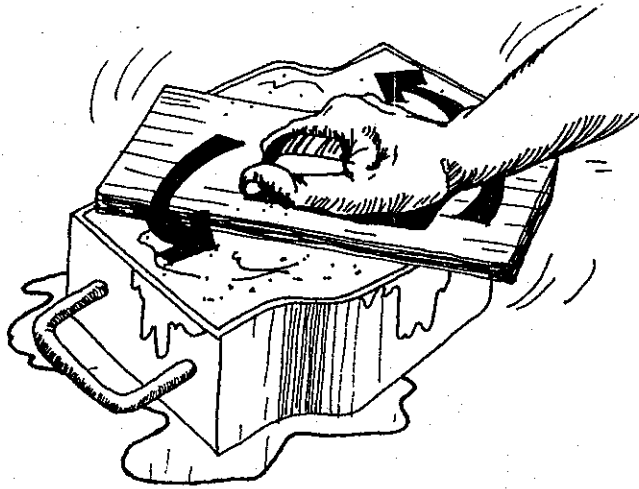
1o. Los moldes se colocan sobre una superficie plana no muy lisa, por ejemplo, tablonces de madera sin cepillar. Se le aplica al molde y al tablón una capa de aceite quemado antes de fundir el adoquín para evitar que el concreto se pegue a éstos.



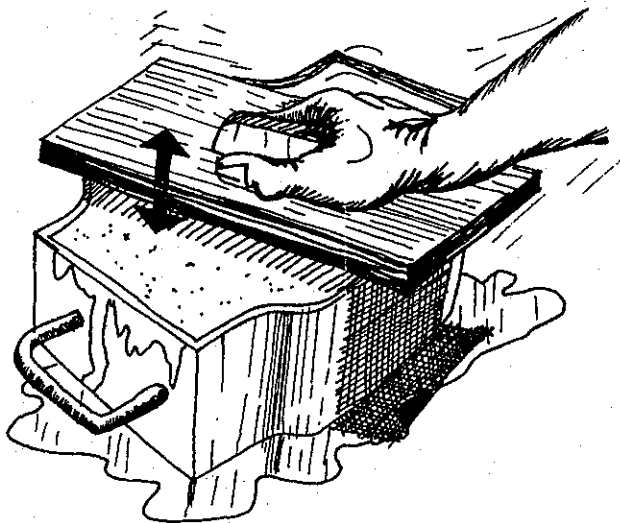
2o. Se funde en dos capas, en una sola operación; cada capa se compacta cuidadosamente con una varilla de 1/2" o de 5/8", lisa de preferencia y con plancheta en la punta.



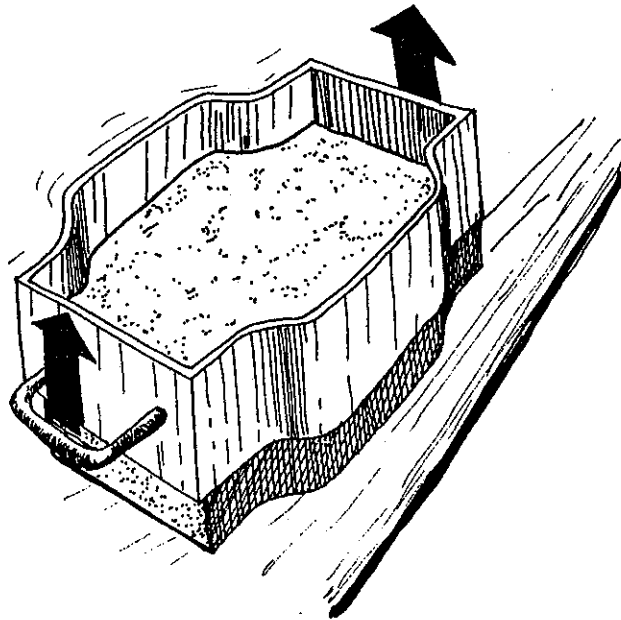
30. Se le da cierta compactación y acabado sin tratar de dejarlo demasiado liso. El largo de la plancha deberá ser mayor que el lado largo del adoquín, con el objeto de obtener una superficie más uniforme.



40. Puede darse el acabado final golpeando suavemente la superficie, con lo cual los finos y el agua aflorarán a ésta.



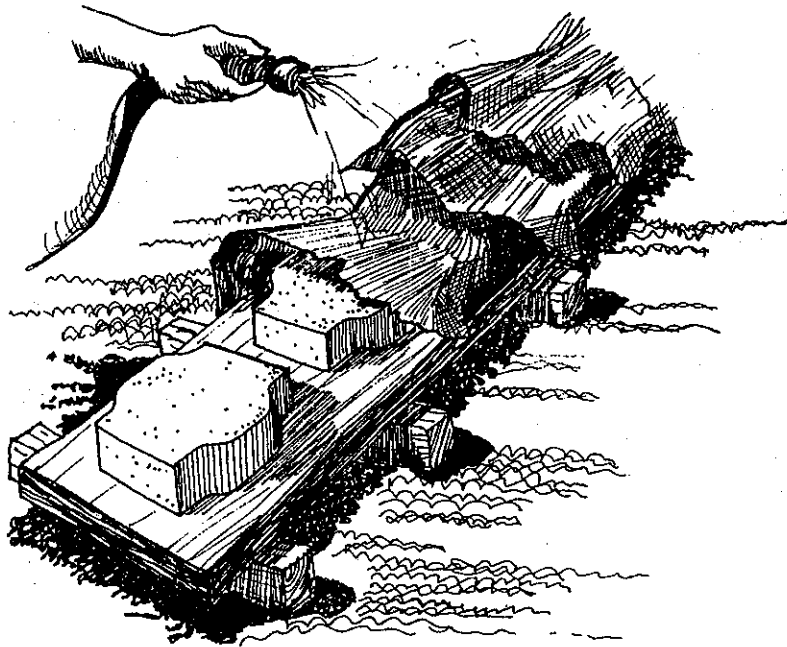
50. 10 minutos después sáquese el molde con cuidado, pero con firmeza, para no dañar las orillas del adoquín.



2.5: CURADO DE ADOQUINES

Luego de fundir los adoquines se procede a curarlos, con el fin de evitar su agrietamiento por una brusca desecación.

En el mismo tablón donde se fundieron, cúbralos inmediatamente con bolsas o sacos de cemento vacíos, brines o cualquier material que conserve la humedad; los cuales deben humedecerse y mantenerse húmedos.



A los 3 días se deberán apilar cuidadosamente, se cubrirán del sol directo con bolsas o costales y se mantendrán húmedos durante 3 semanas. Luego se podrán utilizar en la obra.



Capítulo III

CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMENTO

CON ADOQUÍN

La construcción de la subrasante, subbase y base, en pavimentos con adoquín, no difiere en nada de la empleada en pavimentos de asfalto. La capa adoquinada o carpeta de rodadura y la capa de asiento si tienen su técnica especial de construcción.

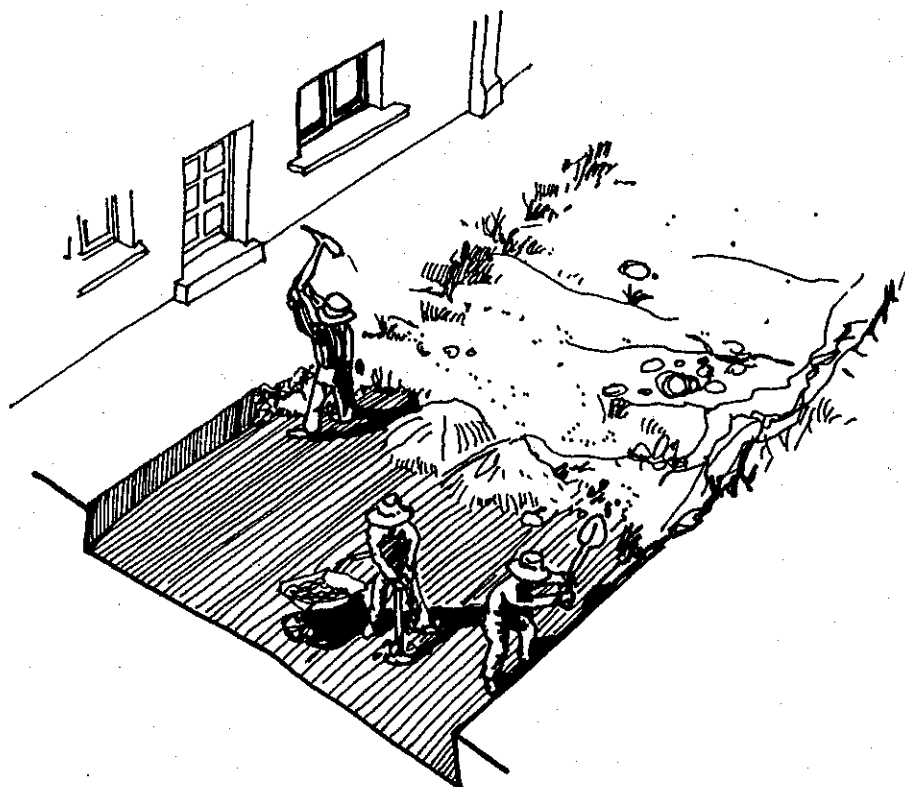
3.1. NIVELACIÓN DEL TERRENO

Para esto hay dos procedimientos:

- a) cuando existan planos y datos que indiquen los niveles a que debe quedar la calle;
- b) cuando no existan planos y el nivel de la calle se acomode a la forma actual que tiene ésta; que para fines de este trabajo, será el procedimiento a describir.

Cuando este sea el caso, será necesario que los promontorios de tierra se aplanen y los agujeros grandes se rellenen, a manera de conservar un solo nivel en toda la calle, tomando en

cuenta que es mejor cortar terreno que rellenarlo. Para nivelar longitudinalmente se puede utilizar manguera o nivel de albañil.

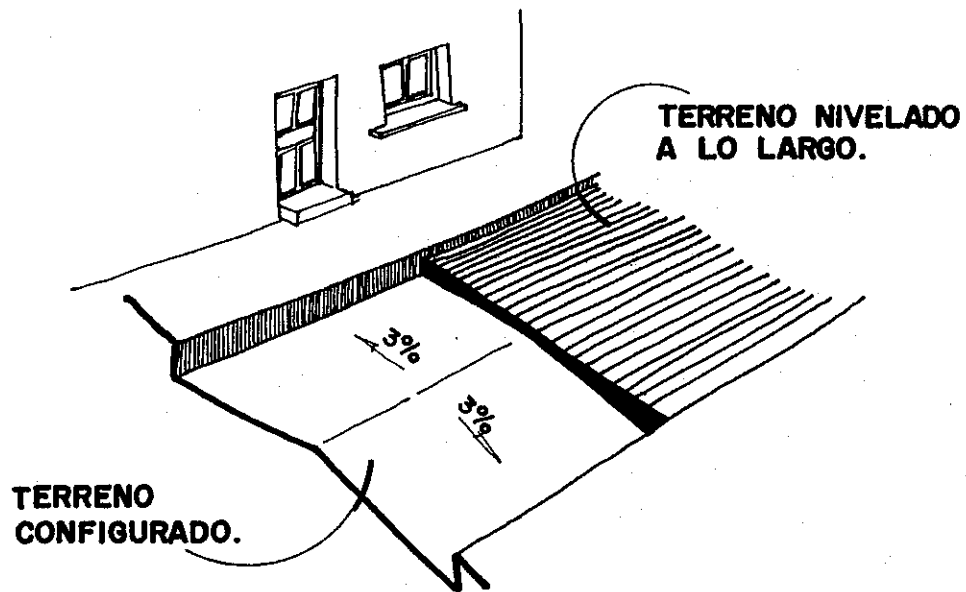


NIVELAR Y LIMPIAR.

3.2. CONFIGURACIÓN DEL TERRENO

La configuración del terreno consiste en darle forma y figura después de haberlo nivelado a lo largo.

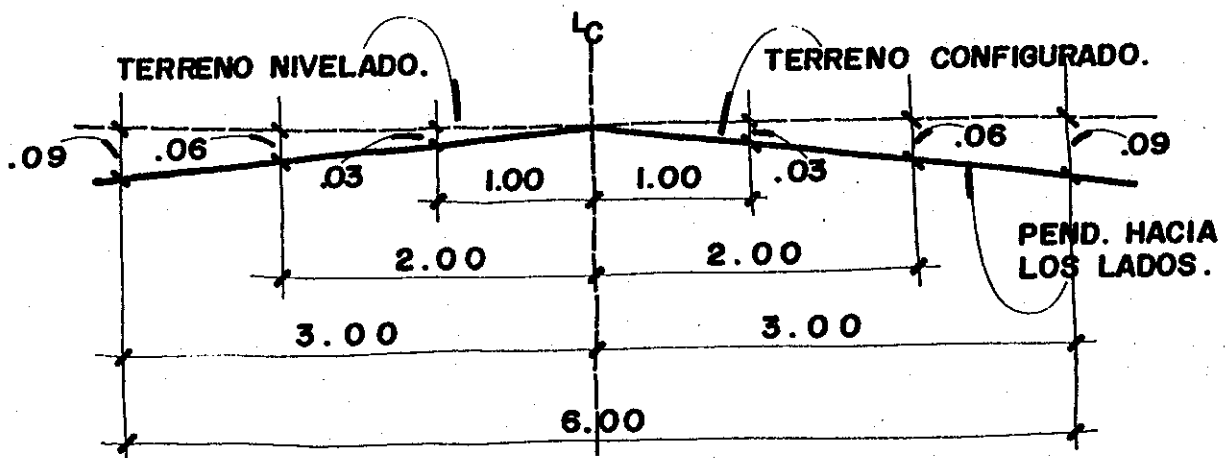
Se necesita darle pendiente a la calle hacia los lados (pendiente transversal). Esta pendiente se hace partiendo del centro de la calle hasta llegar a donde comienza la banqueta, para los dos lados, y bajándole 3 cm. por cada metro de ancho, para garantizar una pendiente transversal del 3%; y así, evacuar las aguas pluviales que caerán sobre el pavimento.



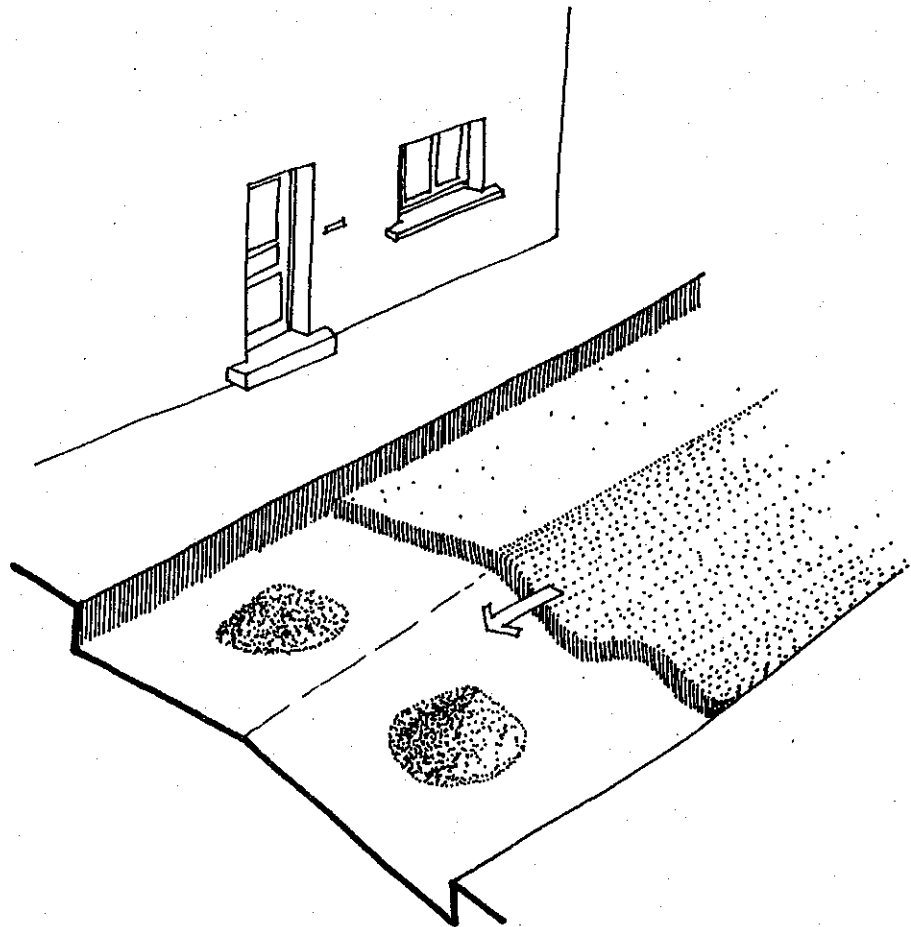
HACER LAS PENDIENTES DE BOMBEO.

Ejemplo:

Suponiendo que se tiene una calle de 6.00 m. de ancho; sacarle la mitad al ancho de 6.00 m., que sería 3.00 m., y este valor multiplicarlo por 0.03 m. (3 cm.); o sea: $3.00 * 0.03 = 0.09$ m. (9 cm.), que es la altura que tiene que bajar el nivel de la calle en el extremo del ancho, o sea, que la diferencia entre el centro de la calle y los extremos de ésta será de 9 cm.



Sobre el terreno configurado se colocan las capas de subbase (si es necesaria) y base, con sus respectivos espesores, las cuales deben tener cierta humedad, para pasarle un rodillo o aplanadora para lograr una compactación y valor soporte adecuados, y de esta forma finalizar la operación de configuración.

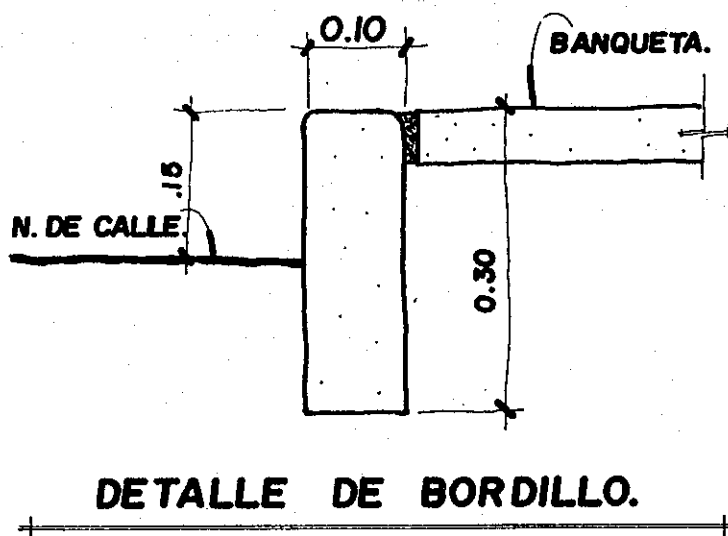


3.3. CONSTRUCCIÓN DEL BORDILLO

Debe fundirse antes de la colocación de la capa de rodadura, obligadamente, a efecto de lograrse la consolidación de la misma, o fundirse directamente en contacto con la última hilera de adoquines para que queden ligados.

El bordillo puede ser de dos tamaños:

- a) cuando el bordillo sirva para dar nivel a la banqueta deberá tener, como mínimo, 30 cm. de alto y sobresalir 15 cm. sobre el nivel del adoquinado;



- b) en los cruces de calles, en el final del adoquinado y en las partes donde no sea necesaria banqueta, el bordillo tendrá, dependiendo del uso, de 15 cm. a 25 cm. de alto y se fundirá a un

nivel de 1/2 cm. más bajo que los adoquines, ya que estos se asentarán con el uso y llegarán al mismo nivel que el bordillo.

A estos bordillos también se les puede llamar Llaves de Confinamiento y también servirán para asegurar los adoquines cuando haya necesidad de alguna reparación, para no causar un desajuste entre los mismos o se lave la capa de asiento.

3.4. COLOCACIÓN DE LA CAPA DE ASIENTO

Esta capa se puede trabajar de dos formas:

- a) consiste en tender, nivelar y dar una ligera compactación a la capa de arena de río, con el auxilio de dos reglas guías instaladas a los lados de la calle, sobre la capa de base terminada. El espacio entre la reglas se llena con la arena que se rasa después, haciendo correr otra regla sobre las guías;
- b) consiste en acondicionar y nivelar la arena de río para cada adoquín a colocar, pero en esta forma, el proceso es más lento.

3.5. COLOCACIÓN DE ADOQUINES

La colocación de los adoquines requiere de mucho cuidado, para alinear y nivelar perfectamente las hileras de éstos.

3.6. RELLENO DE JUNTAS

Después de colocados los adoquines, se rellenan parcialmente los espacios entre éstos con arena de río fina; dejando, aproximadamente, 1.5 cm. sin rellenar.

El relleno se puede hacer barriendo la arena sobre el adoquinado a manera de llenar las juntas a la altura deseada y, en caso que no penetre bien, puede echársele un poco de agua para que asiente.

3.7. SELLADO DE JUNTAS

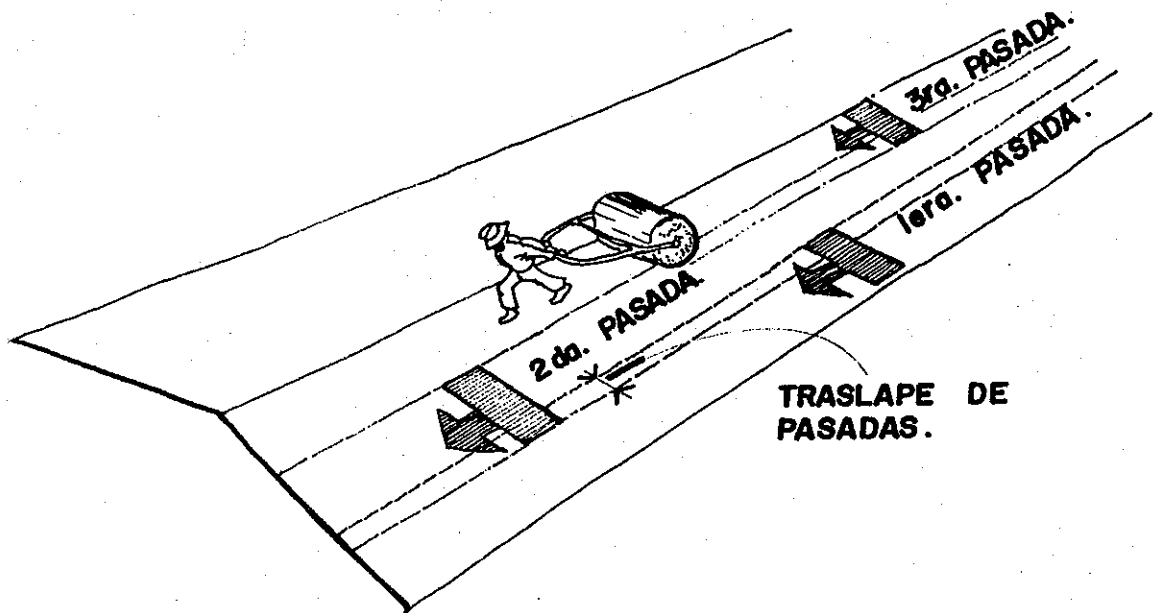
Después de concluido el relleno de las juntas, se prepara una mezcla de arena fina con arcilla en proporción 1:5, o sea, 1 cubeta de arcilla por 5 cubetas de arena, mezclándolas cuidadosamente.

Esta mezcla de sellado se utiliza para llenar los espacios que quedaron en las juntas cuando se rellenaron parcialmente; procurando que la mezcla del sellado sobresalga de la junta para que se pueda apisonar pasando un rodillo pesado sobre el área adoquinada.

3.8. APISONADO

Con el bordillo fundido y el adoquinado colocado, se debe apisonar el pavimento, usando una aplanadora liviana de llantas de acero lisas o llantas neumáticas. Nunca debe usarse un rodillo Pata de Cabra.

El apisonado se efectúa pasando el rodillo o aplanadora sobre el adoquinado varias veces y traslapando cada rodada con la anterior.



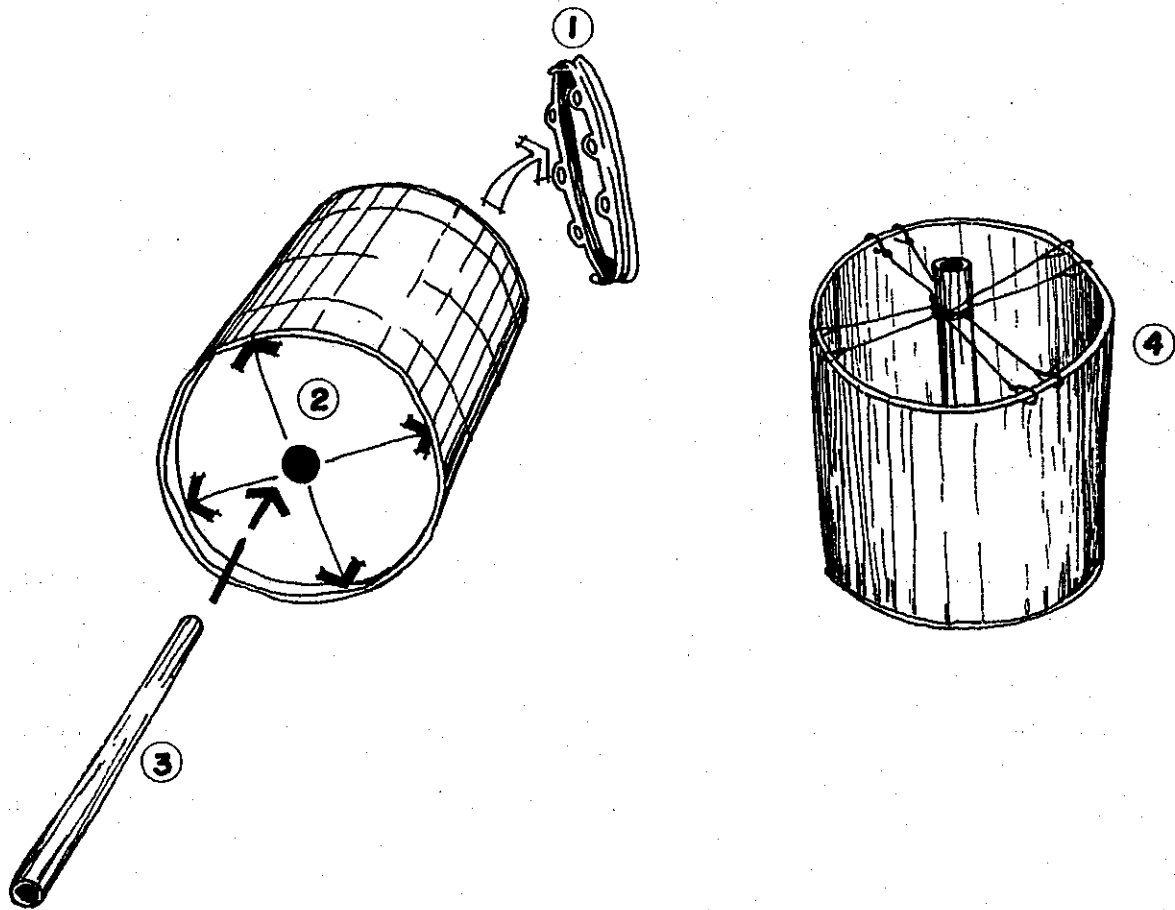
En caso de no disponer de aplanadora, ésta se puede sustituir fabricando un rodillo que se jale o empuje en forma manual.

A continuación se sugieren dos formas para la fabricación del rodillo.

3.8.1. Rodillo con tambo de acero

Este debe fabricarse con un tambo de acero de 20 galones de paredes lisas, siguiendo este procedimiento:

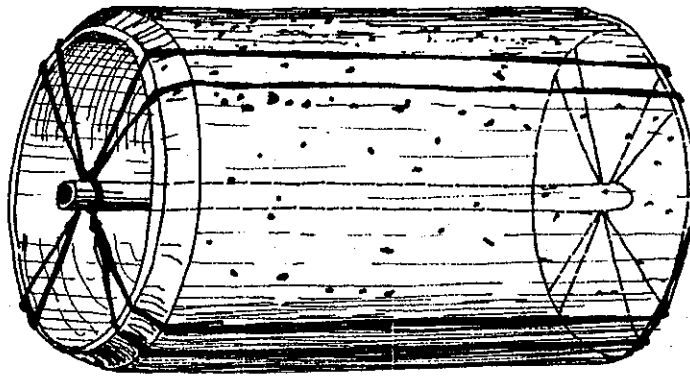
1. eliminar tapadera;
2. perforar un agujero de 1 1/8" aproximadamente, centrándolo cuidadosamente;
3. introducir un tubo de hierro galvanizado o similar de 1" de diámetro;
4. centrar cuidadosamente el tubo de hierro galvanizado con alambre de amarre, reglas de madera, etc. y llenar el tambo de concreto.



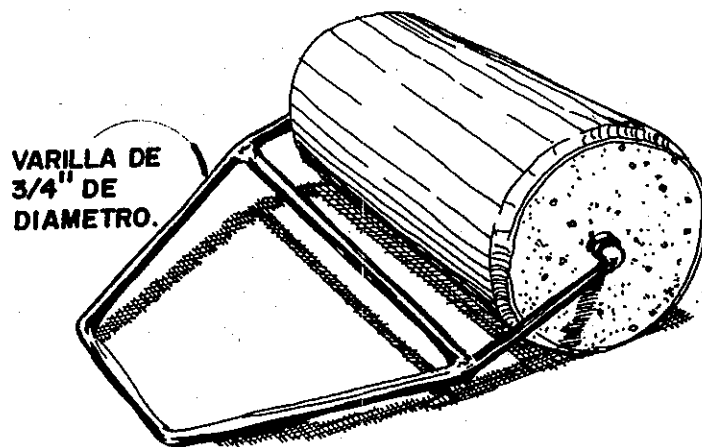
3.8.2. Rodillo con tubo de cemento

Este debe fabricarse con un tubo de cemento de 24" de diámetro, siguiendo este procedimiento:

1. introducir un tubo de hierro galvanizado o similar de 1" de diámetro dentro del tubo de cemento;
2. centrar con alambre de amarre, reglas de madera, etc. el tubo de hierro galvanizado;
3. poner vertical el tubo de cemento y llenarlo de concreto.



Una vez fundido el rodillo, ya sea con tambo de acero o con tubo de cemento, se deja secar por un tiempo de 2 días. Al cabo de ese tiempo se puede usar el rodillo colocándole un jalador hecho de varilla de hierro de 3/4" de diámetro, de preferencia lisa.



3.9. APERTURA AL TRÁNSITO

Encontrándose el pavimento con adoquines sellado y apisonado, se barre perfectamente la arena sobrante u otro material, y se abre al tránsito de vehículos.

Capítulo IV

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

El mantenimiento en un pavimento con adoquín tiende a prevenir o retardar las fallas en éste, mientras que la reparación se aplica cuando han ocurrido dichas fallas.

4.1. MANTENIMIENTO

El mantenimiento en un pavimento con adoquín se resume de la siguiente manera.

4.1.1. Mantenimiento del sello de juntas

El estado del sello de juntas y la existencia de vegetación dentro de ésta se revisará por lo menos, cada año, dependiendo de la intensidad del tránsito y tipo del mismo.

Se retirará el material vegetal y luego se complementará el sello de junta, consolidándolo nuevamente, de preferencia con arena y arcilla..

4.1.2. Renivelación de la superficie

Cuando se tengan hundimientos localizados en aquellos puntos por donde se tiene huella de circulación canalizada por las ruedas de los vehículos, pero no se presenta una alteración generalizada en toda la superficie del pavimento, se procederá inicialmente, a reparar la zona dañada retirando los adoquines, la capa de asiento y corrigiendo el nivel superior de la base.

En el caso de adicionar material a la base, se escarificará y se utilizará uno con las mismas propiedades que el existente, compactándolo bien con el equipo adecuado.

Cuando el área a compactar sea muy reducida se levantarán algunos adoquines adicionales para permitir efectuar la compactación necesaria y al mismo tiempo ensanchar el área donde se va a renivelar la capa de asiento y poder ajustar de nuevo en el espacio disponible, los adoquines que se levantaron previamente.

Para la ejecución del trabajo de renivelación, hay que dejar sobreespesores, tanto en la capa de base como en la capa de asiento, para que el área renivelada llegue a tener el nivel deseado.

4.2. REPARACIÓN

La reparación en un pavimento con adoquín se resume de la siguiente manera.

4.2.1. Reparación a escala menor

Cuando un pavimento con adoquín presenta alteraciones moderadas en el nivel de su superficie, se tiene una reparación a escala menor, de tal forma, deben seguirse las recomendaciones expuestas en el numeral 4.1.2., pero ejecutando el trabajo sobre toda la superficie. Una reparación así no requiere del cambio del material de la capa de base, sino del ajuste de un espesor hasta llegar al nivel deseado.

4.2.2. Reparación a escala mayor

Esta reparación se da cuando un pavimento con adoquín presenta huellas pronunciadas de 3 cm. o más de profundidad en las zonas de mayor tránsito, y éstas no corresponden a problemas localizados como cambios de materiales o deficiencia en el drenaje, y, además van acompañadas de las irregularidades del numeral 4.2.1.; son un indicativo de que el pavimento ha llegado al final de su vida útil, por lo cual se deberá efectuar una reparación a escala mayor en toda su estructura.

La reparación a escala mayor implica levantar los adoquines y la capa de asiento, retirar el material de base, si éste no es apto para ser reutilizado por estar ya contaminado o revuelto con otro material; y continuar la construcción del pavimento.

4.2.3. Reparación por daños u obras específicas

Esta reparación se efectúa por mala compactación de las brechas, por mal funcionamiento de las redes de servicio (agua, drenajes, teléfonos, etc.) o cuando se necesite ejecutar algún trabajo, como tendido o cambio de estas redes.

Se efectuará una reparación con las mismas características que una reparación a escala mayor, pero sólo del área o franja específica.

Además se tiene que, antes de emprender la reparación de un pavimento de adoquín, verificar el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje subterráneo y la necesidad de modificar o no el sistema de drenaje superficial en cuanto a pendientes. Es muy importante para

la durabilidad del pavimento tener un buen control del escurrimiento de agua en toda su estructura y que los materiales tengan espesores y calidad uniformes en toda su área, como que la calidad sea la óptima.

En una reparación se utiliza hasta el 90% del material existente en el pavimento: adoquines, material de la capa de base y confinamiento. Sólo será necesario incorporar material nuevo para reemplazar material defectuoso (base o adoquines): algunas unidades de adoquín que se hayan destruido o despostillado al comenzar a desarmar la capa de rodadura, el material de base complementario, la arena y arcilla para el sello de junta y la arena de la capa de asiento correspondiente.

4.3. DATOS PRÁCTICOS

A continuación se dan a conocer algunos datos que podrían ser utilizados en la cuantificación de materiales para un proyecto de adoquinado.

*** Un adoquín tiene aproximadamente un área de 475 cm^2 y pesa 15 lbs.

*** Un metro cuadrado de adoquinado contiene aproximadamente 20 adoquines.

*** El juego normal de moldes para fabricar adoquines está compuesto por 20 unidades para adoquín completo y 1 para dos medios adoquines.

*** Un metro cúbico de concreto para adoquín, proporción 1:3:2, necesita los siguientes materiales:

Cemento:	8 sacos.
Arena de río:	0.70 m ³ .
Grava de 1/2" a 3/4":	0.50 m ³ .
Agua:	36 galones.
y produce:	211 adoquines.

*** Para un metro cuadrado de adoquinado se necesitan los siguientes materiales:

Adoquines:	20 unidades (0.095 m ³ . de concreto).
Cemento:	0.8 sacos.
Arena de río:	0.07 m ³ .
Grava:	0.05 m ³ .
Agua:	3.6 galones.
Arena (capa asiento):	0.05 m ³ .
Arena (relleno junta):	0.01 m ³ .

*** Un metro cúbico de concreto para bordillo, proporción 1:2:4, necesita los siguientes materiales:

Cemento:	7 sacos.
Arena de río:	0.46 m ³ .
Grava de 3/4" a 1":	0.78 m ³ .
Agua:	42 galones.
y produce:	34 ml. de bordillo de 0.10 * 0.30 m.

*** Para un metro longitudinal de bordillo de 0.10 * 0.30 m. se necesitan los siguientes materiales:

Cemento:	0.20 sacos.
Arena de río:	0.014 m ³ .
Grava:	0.023 m ³ .
Agua:	1.5 galones.

Capítulo V

SUPERVISIÓN

La construcción es, básicamente, un proceso de manufactura en sitio, enfocando la supervisión primordialmente a la calidad de los materiales y mano de obra que se emplean en el sitio de la obra.

Las bases de la supervisión dependen en menor o mayor grado de la magnitud de la obra, por consiguiente, se hace necesario el establecimiento de bases o planes.

En términos generales se pueden señalar las bases de la supervisión en un proyecto de adoquinado:

- a) vigilar el fiel y estricto cumplimiento de los programas y especificaciones aprobados para la ejecución de los trabajos;
- b) examinar, cuidadosamente, los materiales que habrá de utilizarse en la obra y darles su aprobación o rechazo oportuno, según se presente el caso;
- c) aceptar o rechazar los trabajos de las diversas etapas de construcción;
- d) orientar y dirigir en cada una de las etapas del proceso constructivo;

e) rendir, periódicamente, informes detallados y claros del estado de la obra;

f) vigilar el control de calidad del proyecto, involucrando las operaciones de fabricación en planta o en el campo, a manera de garantizar las propiedades físicas del equipo, calidad de mano de obra y materiales conforme a las especificaciones.

Realizando una buena supervisión se asegura que el resultado será totalmente satisfactorio al término del adoquinado.

La persona que realice la actividad de supervisión tiene que poseer conocimientos técnicos y específicos de las diferentes etapas de construcción del adoquinado; de preferencia que domine la teoría y la práctica.

En la ejecución de cualquier obra de adoquinado es muy importante una adecuada y continua supervisión, ya que de ésta, dependerá el éxito de la misma, lo que significa: seguridad, economía, funcionalidad y estética del adoquinado.

Para que la supervisión sea continua, el período de tiempo entre cada una de las visitas a la obra no debe ser mayor de ocho días; pero también hay situaciones en las cuales la supervisión tiene que ser permanente, debido a la exigencia de la obra.

En obras grandes son necesarios los servicios de varios supervisores, algunos con fines generales y otros con propósitos especiales, en función de la clase de trabajo que se ejecute. Pero en

trabajos de menor grado o magnitud, tales como pavimentación de calles, puentes, etc., la supervisión es realizada por una sola persona.

El supervisor podrá contar con un personal técnico y capacitado para que le ayude a inspeccionar las distintas etapas de la obra y también en la obtención de muestras de los diferentes materiales con el fin de someterlos a pruebas de laboratorio.

5.1. SUPERVISIÓN ADMINISTRATIVA

Esta supervisión, básicamente, se limita a la revisión de la existencia de materiales (entrada y salida) así como de toda la papelería concerniente a la elaboración de planillas y estimaciones.

La cuantificación, es otra de las tareas que la supervisión administrativa debe realizar ya que, con ésta, se determinan los volúmenes de materiales y de mano de obra, necesarios para la ejecución de un proyecto, con la finalidad de asignarles costos y obtener presupuestos.

5.2. SUPERVISIÓN TÉCNICA

La supervisión técnica se lleva a cabo en la obra, y consiste en revisar que se esté efectuando, de acuerdo a lo previamente establecido en la etapa del proyecto en sus diferentes fases de construcción, tanto en calidad de mano de obra, funcionamiento de equipo, como con especificaciones; y en ayudar a resolver los problemas y contingencias que surjan a lo largo del proceso de construcción.

Un aspecto muy importante en la supervisión técnica, es el control de laboratorio de materiales, el cual puede realizarse en la obra o fuera de ella cuando la situación así lo amerite.

5.3. ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN

Por ser el campo de la supervisión tan extenso, no se pretende por medio de estas notas agotar el tema, sino que por el contrario, mostrar un compendio de los aspectos más importantes, producto de la experiencia de profesionales de campo dedicados a estas actividades.

Las actividades más importantes en la supervisión de un adoquinado se pueden resumir de la siguiente manera:

- SUBRASANTE

1. Estudio de calidad de materiales;
2. Homogeneidad del terreno;
3. Nivelación del terreno;
4. Conformación del terreno:
 - a) escarificación;
 - b) humedecimiento;
5. Compactación del terreno;
6. Fundición del bordillo:
 - a) formaleta;
 - b) material (concreto);
 - c) colocación del material (colocación del concreto).

- SUBBASE (si es necesaria)

1. Calidad de materiales;
2. Colocación del material;
3. Nivelación;
4. Humedecimiento;
5. Compactación;
6. Fundición de llaves de confinamiento:
 - a) formaleta;
 - b) material (concreto);
 - c) colocación del concreto.

- BASE

1. Calidad del material;
2. Colocación del material;
3. Nivelación;
4. Humedecimiento;
5. Compactación.

- CAPA DE ASIEN TO

1. Calidad del material;
2. Colocación del material;
3. Nivelación.

- CARPETA DE RODADURA

1. Calidad de los adoquines;

2. Colocación de los adoquines:

a) relleno de juntas;

b) sellado de juntas;

c) apisonado.

CONCLUSIONES

- 1. El pavimento con adoquín cumple con todos los requisitos para brindar un servicio bueno al tránsito vehicular y a los peatones.**
- 2. Es necesario darle el mantenimiento respectivo para asegurar el servicio en condiciones óptimas de superficie y alargar su vida útil.**
- 3. En lo que respecta a mano de obra, por ser una labor que no requiere personal especializado, representa una gran economía y facilidad para hacerlo en cualquier comunidad.**
- 4. La utilización de mano de obra local es muy importante, ya que los maestros de obra, albañiles y peones son de la región o de la localidad, creando con esto, fuentes de trabajo en la misma. De esta forma, las Municipalidades contribuyen a proporcionar empleo a sus vecinos, evitando en parte las emigraciones temporales, que más que beneficiar perjudican a los trabajadores.**
- 5. La mayoría de materiales es de fácil obtención en la localidad o áreas vecinas.**
- 6. Es un sistema sencillo y económico que contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y al desarrollo de las comunidades.**

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización de este instructivo como una guía general que sirva de ayuda a las comunidades y poblaciones rurales del país, para lograr un pavimento adoquinado de la mejor calidad posible.
2. Para los involucrados en llevar a cabo la construcción del adoquinado, pero especialmente para las personas encargadas de la supervisión de la obra y las autoridades del lugar, se recomienda poner todo el interés y empeño del caso en su construcción, para que, a través de los años, se pueda opinar qué tan duradero y económico resulta este sistema; y para que con el mantenimiento necesario se tengan calles en buenas condiciones de circulación, sin llegar al extremo de tener que efectuar reparaciones que resulten costosas, y que interrumpan el normal desarrollo del tránsito de la población.
3. Es recomendable tratar que todas las instalaciones subterráneas, como drenajes, agua potable, etc., estén totalmente terminadas antes de adoquinar las calles y así evitar que haya una remoción en un futuro cercano, evitando problemas tanto económicos como constructivos.

BIBLIOGRAFÍA

- ADOQUINADO EN GUATEMALA. Manual Técnico.

Instituto de Fomento Municipal (INFOM). Guatemala 1,986.

- CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE PAVIMENTOS DE ADOQUINES DE CONCRETO. Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC).

Medellín, Colombia. 1ra. Edición 1,986.

- CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE PAVIMENTOS CON ADOQUINES.

César Arnoldo Hernández Corado. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,988.

- DISEÑO DE PAVIMENTOS DE ADOQUÍN.

Rodolfo Ernesto Girón Wetjen. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,976.

- ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE PAVIMENTOS RÍGIDO Y ADOQUINADO.

Carlos Bone Marcucci. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,989.

- MANUAL DE PAVIMENTOS.

Jesús Moncayo V. CECSA. México 1,985.

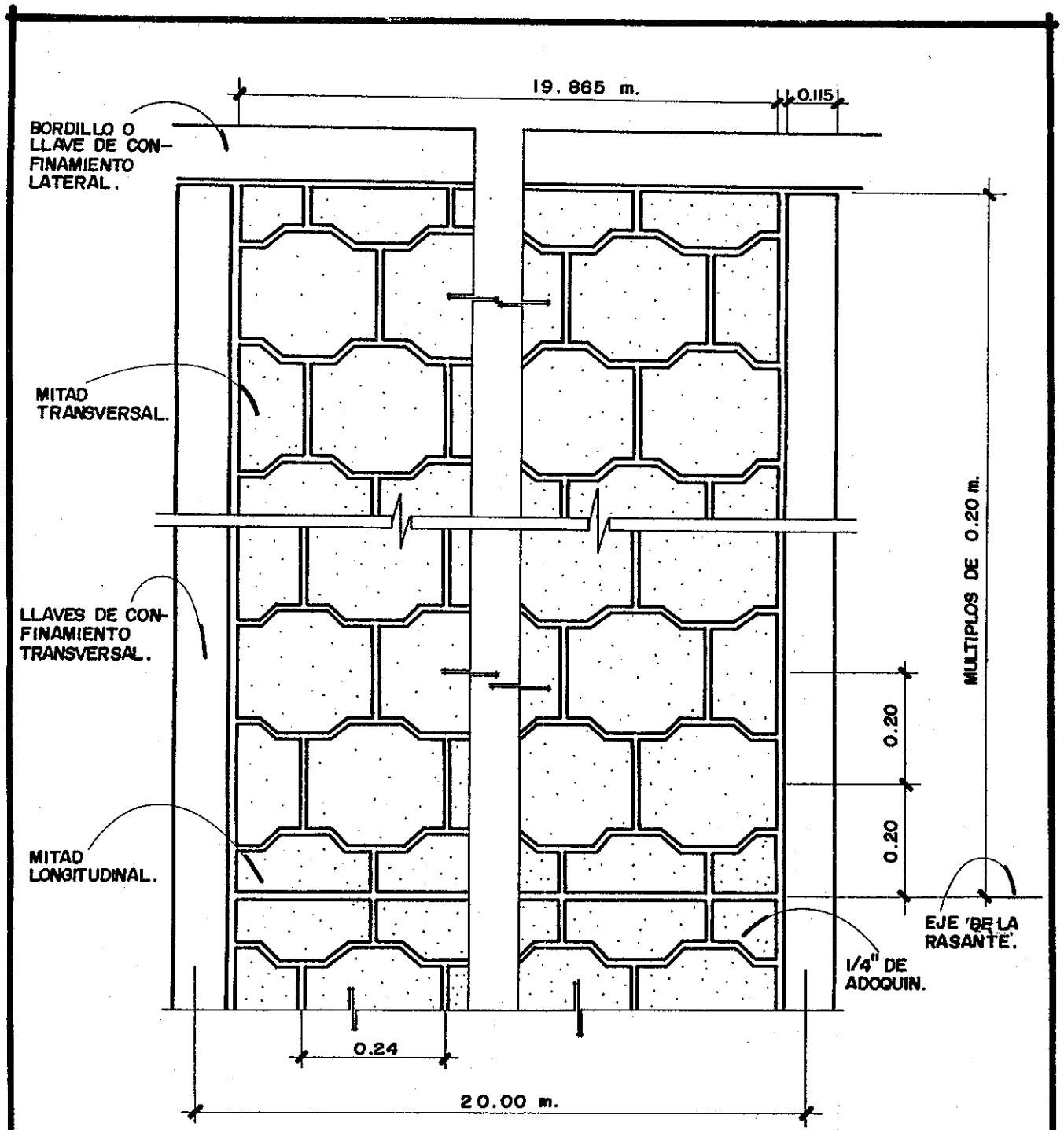
- RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE ADOQUÍN Y EMPEDRADO.

Ronald Estuardo Galindo Cabrera. Tesis de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería.

Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala 1,993.

APÉNDICE

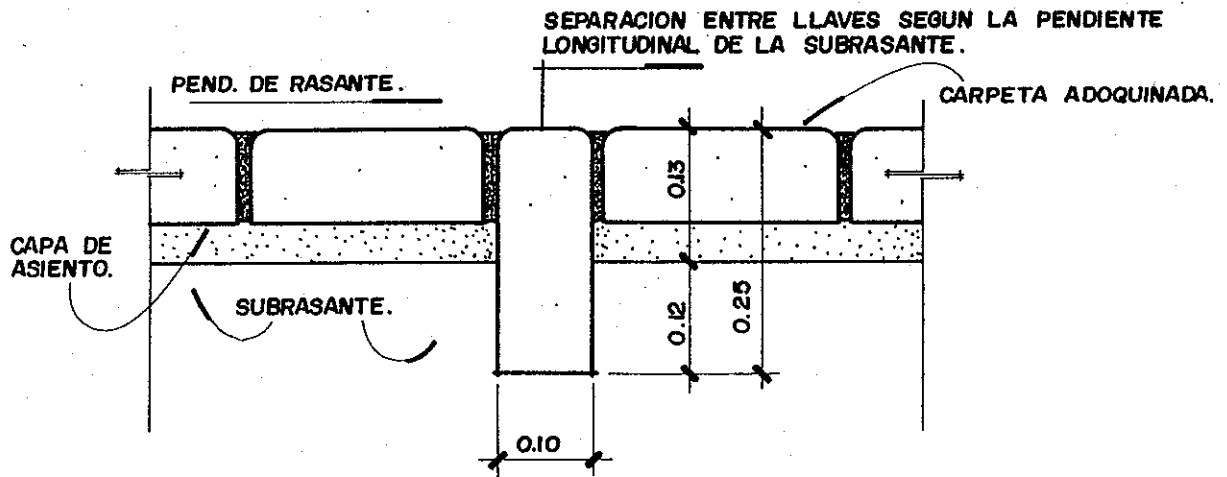
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central



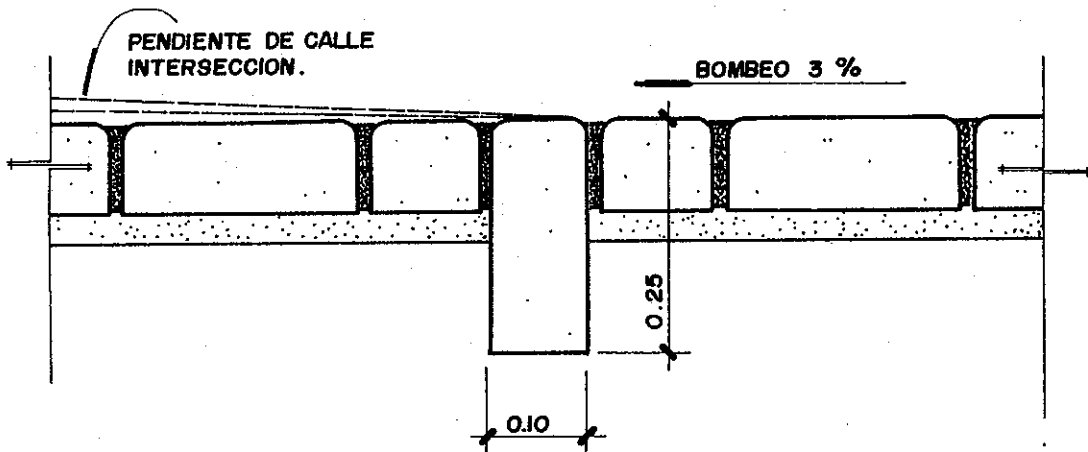
MODULACION PARA ADOQUINADO ESC.: 1/10

I

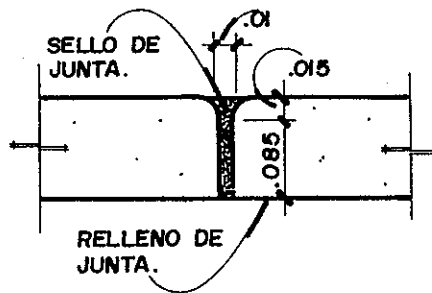
MODULACION PARA ADOQUINADO.		
DIBUJO: MARCO A. RUANO	FECHA: FEB. '96	1/1



LLAVE TRANSVERSAL DE CONFINAMIENTO. ESC.: 1/7.5



LLAVE LATERAL DE CONFINAMIENTO. ESC.: 1/7.5



DETALLE DE JUNTA. ESC.: 1/7.5

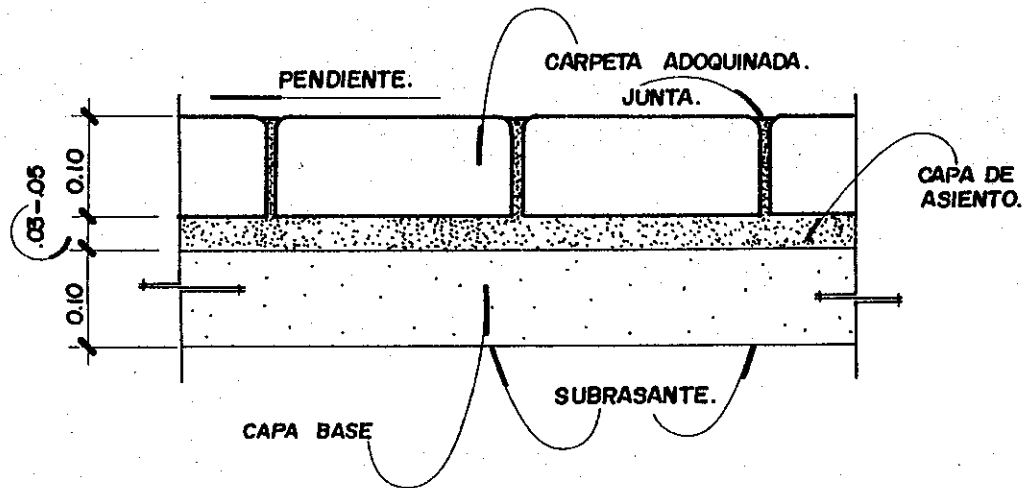
II

**LLAVES DE CONFINAMIENTO
+
JUNTA DE ADOQUIN.**

DIBUJO:
MARCO RUANO.

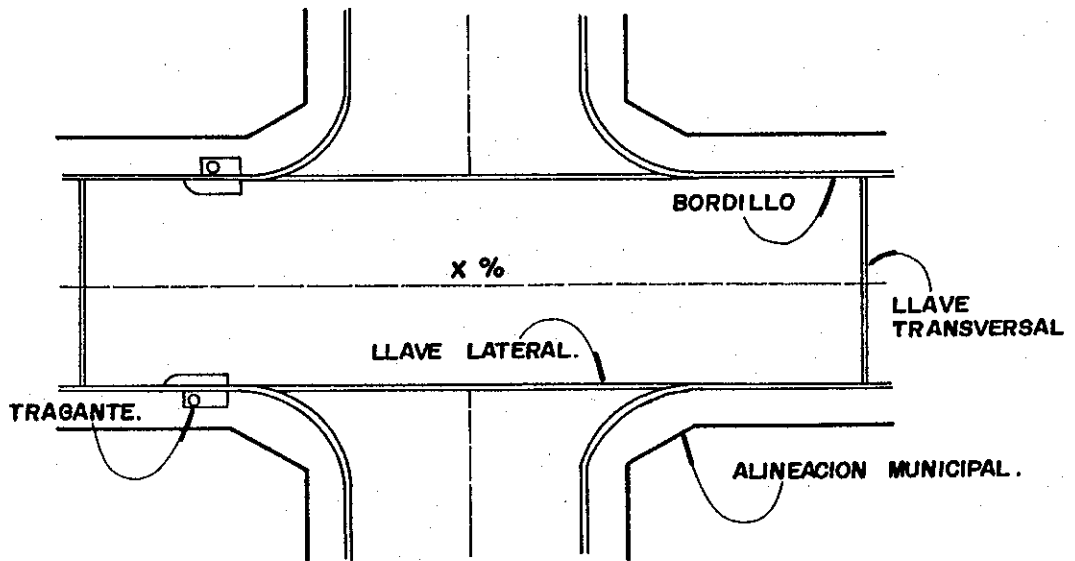
FECHA:
FEB. '96

1/1



DETALLE DE PAVIMENTO.

ESC.: 1/75

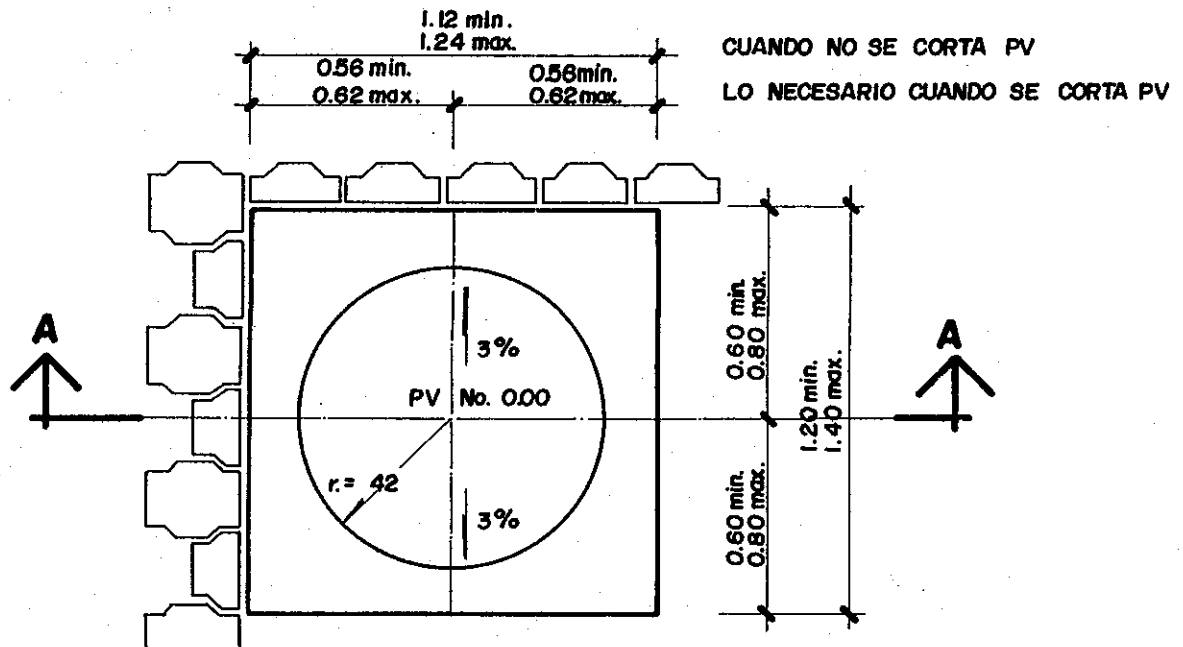


PLANTA TIPICA INTERSECCION DE CALLES

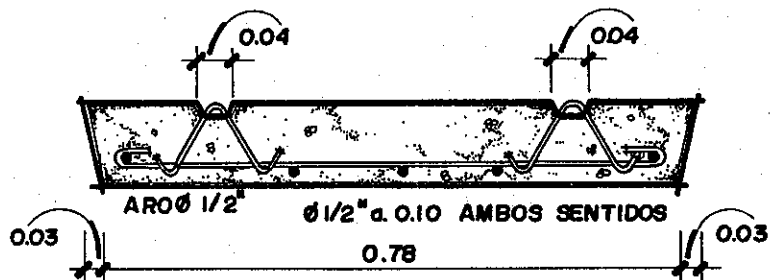
ESC.: 1/200

III

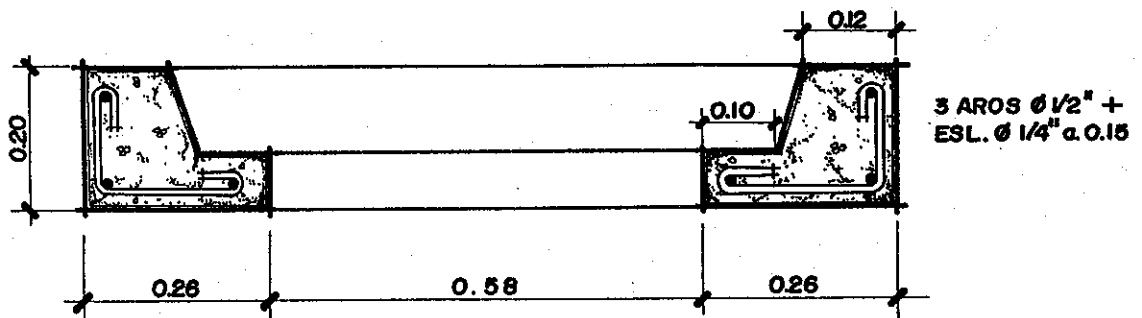
DETALLE DE PAVIMENTO + INTERSECCION DE CALLES.		
DIBUJO: MARCO RUANO.	FECHA: FEB. '96.	1/1



**DETALLE DE ACONDICIONAMIENTO
BROCAL — POZO DE VISITA A MODU-
LACION DE ADOQUINES.**



TAPADERA DE POZO.



DETALLE DE BROCAL.

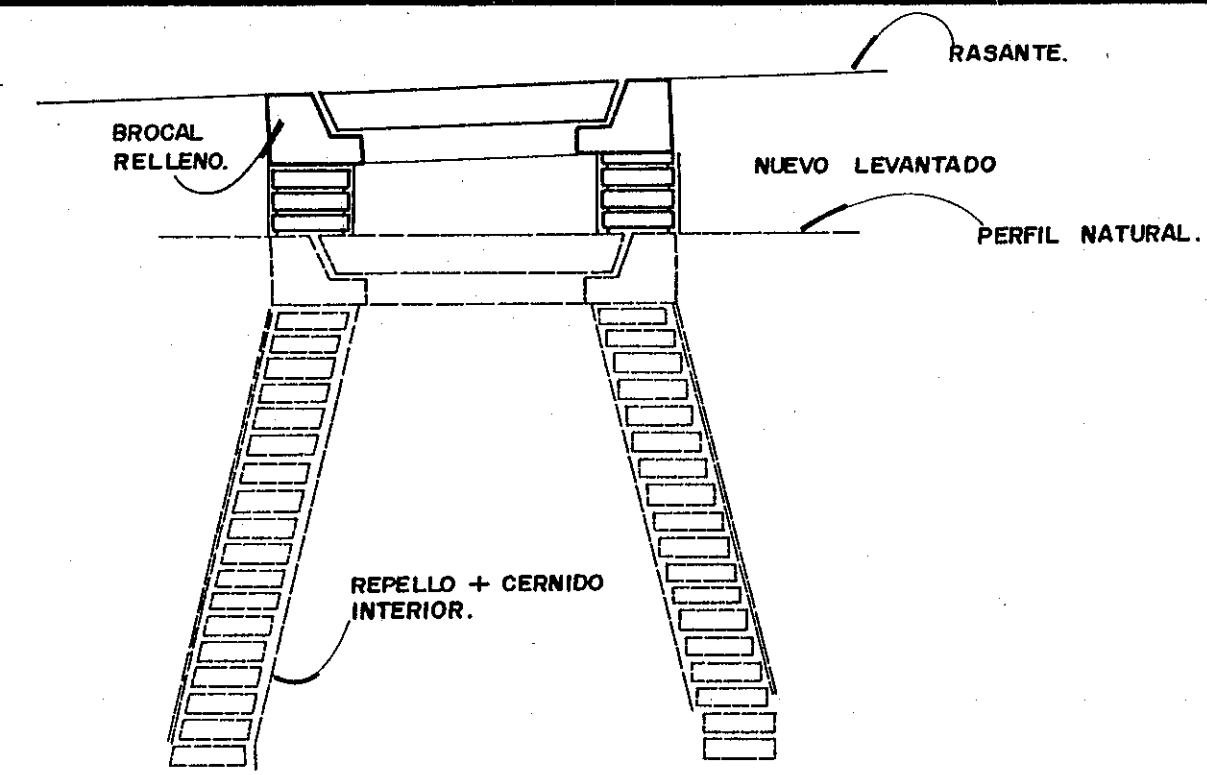
**DETALLE DE ACONDICIONAMEN-
TO BROCAL — POZO DE VISITA.**

IV

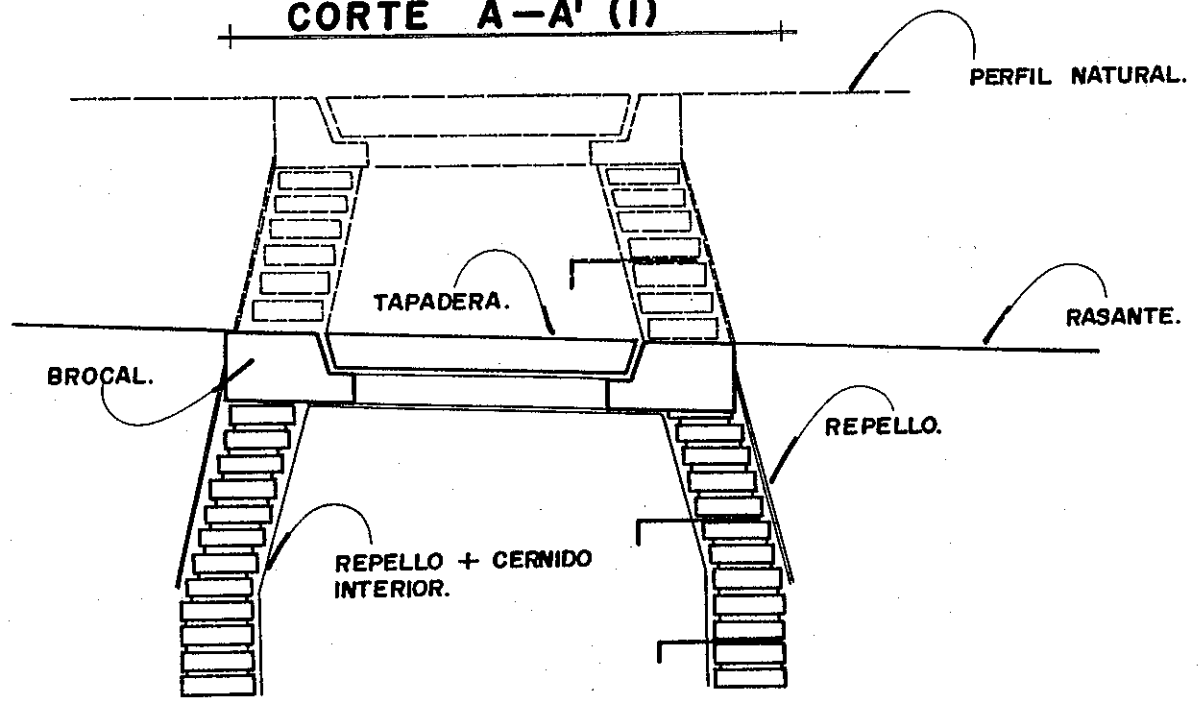
DIBUJO:
MARCO RUANO.

FECHA:
FEB. '96

1/2



CORTE A-A' (1)



CORTE A-A' (2)

V

DETALLE DE ACONDICIONAMIENTO BROCAL - POZO DE VISITA.		
DIBUJO:	FECHA:	2/2
MARCO RUANO.	FEB. '96	