

## **PATOLOGÍA DE PAVIMENTOS RÍGIDOS DE LA CIUDAD DE ASUNCIÓN**

Alvaro Javier Godoy Oddone, Raúl Francisco Ramírez Dittrich\*  
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Asunción - Campus Universitario San Lorenzo  
e-mail: oddonealvaro@hotmail.com

**Palabras claves** pavimentos rígidos, fallas, monitoreo, mantenimiento

### **RESUMEN**

La patología es el estudio de las enfermedades, como procesos o estados anormales de causas conocidas o desconocidas. A 34 años de la construcción del primer pavimento rígido en Asunción y a 15 años de la más reciente etapa de pavimentación con hormigón hidráulico de la ciudad, creímos pertinente realizar una evaluación de la situación funcional y estructural de los pavimentos rígidos de la ciudad y proponer soluciones a los defectos encontrados. El trabajo pretende determinar el origen de las fallas en los pavimentos rígidos de Asunción y con ello reducir la aparición de las mismas, así como bosquejar una política de gestión de mantenimiento vial aplicable a cualquier entorno urbano en el país. Partimos de la consideración que resulta de fundamental importancia llevar a cabo un monitoreo permanente de las obras construidas, para registrar las fallas que se van presentando y establecer una referencia a sus posibles causas.

---

\* Ingenieros Civiles, FIUNA 2006

## 1. INTRODUCCIÓN

La primera obra pública de pavimento rígido de Asunción fue el acceso al Hospital Central del Instituto de Previsión Social. Dicho pavimento se construyó en 1973 y fue sometido al primer mantenimiento de consideración en el año 2003, treinta años después de su habilitación.

No obstante, la construcción de pavimentos rígidos en Asunción tuvo su verdadero impulso a principios de los '90. Entre los años 1992 y 2002 se construyó más del 90% de la superficie pavimentada con hormigón hidráulico en la ciudad, habiendo decaído su empleo en el último lustro.

La patología de los pavimentos rígidos de Asunción, como estudio amplio, nos permite echar luz sobre ciertos fenómenos involucrados en la generación de los deterioros y a la vez establecer un esquema de soluciones preventivas y correctivas de los daños observados.



Figura 1

## 2. OBJETIVO

### 2.1 Objetivo general

El objetivo del trabajo es realizar una evaluación de diversos pavimentos rígidos construidos en calles y avenidas de la comuna asuncena, con el fin de determinar el estado en que se encuentran, así como recomendar las propuestas de solución a sus patologías, si las hubiere.

### 2.2 Metodología

1. Revisión bibliográfica;

2. Localización geográfica de las calles con pavimento rígido en Asunción;
3. Selección de los tramos de estudio;
4. Registro de las diversas fallas encontradas, mediante la técnica de mapeo;
5. Introducción de las magnitudes de las fallas relevadas en planillas electrónicas, de manera a disponer de una base de datos de fallas;
6. Realización de ensayos (extracción de probetas testigo; esclerometría con martillo Schmidt, ensayo de carbonatación con solución de fenolftaleína)
7. Evaluación del estado del pavimento, clasificando la condición de cada tramo en estudio; y
8. Análisis de las opciones disponibles para reparar y mantener el pavimento en buenas condiciones.

## 3. CONCEPTOS GENERALES

### 3.1 Tipos de pavimento

Se denomina pavimento al conjunto de capas de material seleccionado cuya función es recibir las cargas directas del tránsito y transmitir las a las capas inferiores en forma disipada y al mismo tiempo proveer de una superficie de rodamiento estable.

Entre los tipos de pavimento superior se distinguen dos principales: los pavimentos flexibles<sup>1</sup> (revestimiento bituminoso en la capa de rodadura) y los pavimentos rígidos (hormigón de cemento portland en la capa de rodadura).

La diferencia mecánica entre los pavimentos flexibles y rígidos, a razón del material que compone su carpeta de rodadura, se manifiesta en su comportamiento elástico. En los pavimentos flexibles, la carpeta de concreto asfáltico recibe las cargas del tránsito y las transmite por deflexión a las capas inferiores. En los pavimentos rígidos, la losa de hormigón absorbe las cargas por flexión y solamente transmite una pequeña fracción de las mismas a los estratos inferiores, siendo la mayor virtud del hormigón, además de su elevada resistencia a compresión, su rigidez, o lo que es lo mismo, su excelente respuesta elástica. El

<sup>1</sup> Dentro de esta clasificación podemos citar también los pavimentos semiflexibles, que se distinguen de los flexibles en razón del mayor espesor de su capa de rodadura, y los semirrígidos, constituidos por revestimientos bituminosos sobre bases tratadas con ligantes hidráulicos.

dimensionamiento no se basa en la falla de la subrasante (como ocurre con un pavimento flexible), sino en la resistencia del hormigón a flexotracción.

### 3.2 Tipos de pavimento rígido

Los pavimentos rígidos se clasifican según el empleo o no de varillas de acero y según la utilización o no de juntas transversales de contracción [1]. Las juntas longitudinales son comunes a todos los casos, pues su necesidad es sobre todo constructiva. Así tenemos el pavimento de hormigón simple con juntas, el pavimento de hormigón armado con juntas, el pavimento de hormigón armado continuamente y el pavimento de hormigón armado estructuralmente. De los últimos tres, solamente en el armado estructuralmente el acero cumple una función de absorción de esfuerzos de tracción; en los otros dos el acero solamente cumple una función de control de la fisuración.

### 3.3 Ventajas y desventajas de los pavimentos rígidos

Los pavimentos de hormigón hidráulico presentan una durabilidad superior a los de concreto asfáltico, pues su elemento ligante no es susceptible a oxidación o envejecimiento por acción de agentes atmosféricos<sup>2</sup>. La materia prima para el cemento portland existe en el país en forma abundante. Su resistencia a las deformaciones los hace especialmente recomendables para intersecciones donde haya giros o frenadas bruscas que suelen ir acompañadas de derrame de lubricantes. Otra ventaja importante, sobre todo en localidades urbanizadas es su color claro, que absorbe menos calor y lo refleja hacia la atmósfera. También refleja mejor la luz, lo que permite optimizar el alumbrado público. Por último, las tareas de mantenimiento en el mejor de los casos son mínimas, reduciéndose a resellado de juntas y sellado de fisuras y grietas.

Como desventajas corresponde citar su costo de construcción más elevado<sup>3</sup> y la mayor dificultad para instalación o reparación de servicios públicos bajo el pavimento. Sus

---

<sup>2</sup> El hormigón puede sufrir reacciones agresivas con agentes del entorno (aguas sulfatadas) o entre sus propios componentes (RAA), pero ellas pueden ser controladas mediante la elección adecuada de los mismos.

<sup>3</sup> Entre 2 y 3 veces más caro que un pavimento flexible, dependiendo de los espesores involucrados y del uso o no de varillas de acero.

espesores son mayores que los del pavimento flexible y ello tiende a interferir con las salidas de desagües pluviales domiciliarios.

### 3.4 Pavimentos en Asunción

Casi la totalidad de las calles de Asunción, como de muchas otras ciudades del país, han sido pavimentadas, por razones económicas y sociales, con un paquete compuesto de una capa de arena lavada y por encima piedras de forma irregular, estructura que conocemos como "empedrado". 1,6% de la superficie pavimentada de la ciudad ha sido pavimentada con pavimento rígido, mientras que cerca de un 12% se ha pavimentado con concreto asfáltico<sup>4</sup>. También hay calles adoquinadas y algunas de tierra sin mejoras.

## 4. ESTUDIO DE FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS

### 4.1 Tipos de Fallas

Las fallas en los pavimentos pueden ser de orden funcional o estructural. Las fallas funcionales afectan a la comodidad en la circulación, las estructurales ponen en riesgo la integridad de la estructura, lo que a su vez repercute negativamente en la situación funcional.

### 4.2 Fallas en pavimentos rígidos

Las fallas en los pavimentos rígidos se clasifican en cuatro grupos [2]: deterioros de las juntas, agrietamientos, deterioros superficiales y otros deterioros.

Los deterioros en juntas afectan al desempeño del pavimento por ser las juntas las zonas de unión entre las diversas losas. En este grupo podemos encontrar deficiencias del sellado y saltaduras.

Los agrietamientos pueden ser transversales, longitudinales o de esquina. Cualquier grieta es signo de un esfuerzo que el hormigón no ha podido soportar. Se convierten en discontinuidades en las losas que alteran su respuesta a las sollicitaciones.

Los deterioros superficiales más comunes son descascaramientos, pulido de agregados y fisuración tipo malla. Son deterioros funcionales.

---

<sup>4</sup> Siempre teniendo al empedrado como capa de base.

En el último grupo encontramos fallas como levantamientos localizados (blowups), escalonamientos en juntas y grietas, bombeo, baches y fragmentación múltiple. Esta última corresponde al máximo nivel de degradación estructural que puede alcanzar un pavimento rígido.

## 5. EVALUACIÓN DE CALLES DE ASUNCIÓN

### 5.1 Elección de tramos de estudio

La elección de los tramos de estudio se realizó luego de un recorrido por los pavimentos localizados, en base a datos obtenidos en la Municipalidad de Asunción<sup>5</sup> e ingresados en el programa Arc Explorer 2.0. Fueron escogidas para este estudio: Av. Choferes del Chaco, calle Padre Cassanello, calles del Barrio Villa Morra, calles del Barrio Sajonia, calle Capitán Lombardo.

### 5.2 Mapeo de fallas

Las diferentes fallas fueron registradas realizando un mapeo de las mismas, considerando su extensión y grado de severidad. Para el efecto se utilizaron planillas de mapeo confeccionadas previamente. Las fallas se clasifican como de severidad baja, media o alta, y su distribución puede ser aleatoria, intermitente, uniforme o extensiva.

### 5.3 Calificación de la condición

Posteriormente al relevamiento de las fallas se procede a completar estudios adicionales, entre ellos extracción de probetas testigo para medición de espesores<sup>6</sup> y esclerometría<sup>7</sup>.

<sup>5</sup> Como comentario vale mencionar que dichos datos no se encuentran aún en un formato ordenado.

<sup>6</sup> Las probetas fueron extraídas solamente en la calle Cassanello, por una cuestión de limitación de disponibilidad de uso del equipo extractor. Dichas probetas también podrían haber sido utilizadas para ensayos de compresión simple o diametral, pero en nuestro caso ello no fue posible pues la norma [3] establece que el espesor debe ser como mínimo 1:1 en relación al diámetro (ideal 2:1), relación que no se cumplía en este tramo para todas las extracciones. De todas maneras, los valores de la resistencia a compresión del hormigón son datos conocidos de la etapa de proyecto y construcción (24,46 MPa).

<sup>7</sup> Los ensayos esclerométricos con martillo Schmidt miden la resistencia superficial del hormigón, pero los resultados no resultan representativos, ya que ensayos de carbonatación resultaron positivos en todos los casos.



Figura 2

Con dichos estudios se completa la evaluación del pavimento y se realiza una calificación de la condición entre mala, aceptable, regular, buena y muy buena. La calificación se pondera según edad, volumen de tráfico e importancia de la arteria, para incluirla en la programación de las reparaciones en orden de mayor relevancia relativa. Haremos aquí la descripción de la evaluación y diagnóstico de uno de los tramos estudiados.

#### 5.3.1 Patología del pavimento de Calle Padre Cassanello

Casi todos los indicadores estructurales de deterioro exceden los valores límite. Ello significa que, dado que el pavimento se encuentra actualmente cumpliendo poco más de la mitad de su vida útil proyectada, el estado de deterioro no puede ser atribuible al fin de la misma, sino más bien a un estado de fatiga prematuro. Dicho estado se debe primordialmente a la pérdida de soporte provocada por el asentamiento de la subrasante a raíz de la saturación con agua proveniente de múltiples caños rotos del sistema de Essap. La consecuencia es un agrietamiento extensivo de las losas, sobre todo en sentido longitudinal, así como varias zonas con fragmentación múltiple.



Figura 3

Al respecto vale transcribir un segmento de la Evaluación de Molinas Vega y otros [4]; *Resultados de la segunda evaluación de la*

condición de uso – 26 de febrero de 1994 (a 4 meses de la habilitación): “Un aspecto adicional que pudo notarse, es el elevado número de reparaciones debidas a cambios de cañerías de Corposana (hoy ESSAP), y el número de fugas de agua que aún no fueron reparadas. Estas fugas de agua deberán ser tenidas en cuenta, pues las mismas pueden atender contra la integridad del pavimento.”

El espesor promedio de las losas es de 10,2 cm (superior al mínimo de 10 cm especificado en el proyecto), aunque individualmente se han obtenido espesores de losas hasta 16% menores al especificado. La zona que mejor desempeño muestra carece de roturas del pavimento para reparación de cañerías y tiene un espesor de 11,5 cm.

Funcionalmente el pavimento de la calle Cassanello se halla afectado notoriamente, debido a las numerosas grietas y baches de dimensión considerable, como así también bacheos realizados con concreto asfáltico que presentan una configuración bastante deteriorada, debido a malos procedimientos constructivos, lo cual provoca incomodidad al tránsito vehicular.

Las juntas, tanto longitudinales como transversales, muestran en su totalidad deficiencias de sellado de severidad alta. La falta de cuidado de las juntas del pavimento rígido permite la entrada de materiales extraños que restringen la dilatación de las losas.

La serviciabilidad actual de la calle Cassanello se califica como Regular.

El estado del pavimento hace que el costo de un mantenimiento mayor no sea económicamente conveniente. Por otro lado, el costo de una remoción del pavimento existente y la reconstrucción con pavimento flexible o rígido tampoco está al alcance del presupuesto municipal. La solución que resta es ejecutar lo que sí está al alcance y nunca está demás: la limpieza y resellado de juntas y grietas, al igual que la estabilización de losas con inyección de lechada de cemento [5].

## 6. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO VIAL

Para asegurar que la inversión realizada en la construcción de un pavimento sea la óptima (a través de menos gastos en reparaciones del pavimento y de los vehículos que sobre él transitan, menor número de accidentes de tránsito por causas inherentes al mal estado del pavimento, menor tiempo de viaje, menor

consumo de combustible, entre otros), debe procurarse el mantenimiento durante el mayor tiempo posible del buen estado de dicho pavimento, y ello implica un constante monitoreo de su estado y, en el momento oportuno, ejecutar las acciones de conservación correspondientes. Lo que es importante comprender es que la tarea no termina en el momento en que se habilita un pavimento al tránsito por primera vez, sino que continúa a lo largo de los años, y que cuanto más tiempo se deje pasar entre el final de la construcción y el inicio de las primeras operaciones de conservación, más daño sufrirá dicho pavimento, y más dinero se estará perdiendo.

En los pavimentos las intervenciones que dan los mejores resultados son las que se aplican a tiempo, utilizando las técnicas adecuadas al tipo y características de las fallas que se requiere remediar. Ello define dos conceptos importantes, sin los cuales resulta muy difícil acercarse al objetivo de optimizar las inversiones, y que son: la oportunidad en que se interviene y la técnica que se utiliza.

Cada una de las técnicas de mantenimiento tiene su mejor rendimiento cuando se aplica en tanto el pavimento presente un nivel de deterioro comprendido dentro de un rango definido. La misma técnica aplicada cuando la severidad de la falla la deja fuera del rango óptimo, dará resultados mucho menos eficientes.

La situación general de los pavimentos rígidos de Asunción se esquematiza en la figura siguiente. Se observa que el 70% de los pavimentos rígidos resultaron con calificación regular a mala.

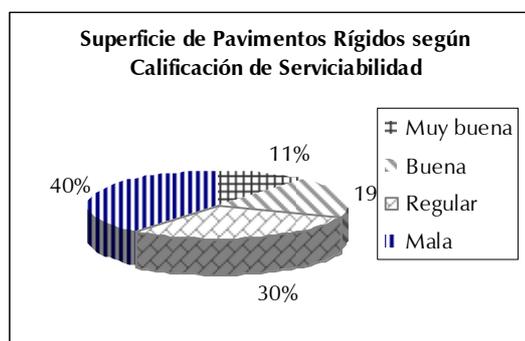


Figura 4

## 7. CONCLUSIONES

El estudio del aporte estructural del pavimento empedrado, realizado en otros trabajos de investigación [6], ha demostrado que el empedrado posee un coeficiente de

balasto (k) variando de 19 a 180 kg/cm<sup>3</sup>. Aún asumiendo el valor menor, para cálculos de dimensionamiento de pavimento rígido, sigue siendo un valor considerablemente alto, pero los resultados arrojan también la falta de uniformidad de dicho coeficiente para distintos sectores evaluados, siendo su uniformidad y no la alternancia de valores elevados la situación ideal para el soporte de un pavimento rígido. Así también, las bases de elevada rigidez (como es el caso del empedrado) no acompañan las deformaciones de las losas de hormigón hidráulico y son causantes de mayores esfuerzos en las mismas [7]. Por último, otra condición que se debe cumplir para el buen desempeño del pavimento rígido es la regularidad de la base, situación que los empedrados en la mayoría de los casos no presentan.

En lo referente a dimensionamiento, los espesores de las losas de los pavimentos rígidos sobre empedrado de la ciudad oscilan entre los muy delgados (menos de 100 mm), pasando por los delgados (entre 100 mm y 150 mm) y alcanzando los de mediano espesor (entre 150 mm y 200 mm). La mayor parte presenta entre losa y losa, o en una misma losa, variaciones de espesor que llegan hasta al 20% (20 mm en pavimentos de 100 mm de espesor). Dicha variación de espesor es debida a lo que mencionamos previamente, la irregularidad del empedrado. Una variación tan considerable representa, según los métodos de diseño [8], reducciones de la resistencia de diseño de hasta 0,65 MPa a flexotracción (aproximadamente 15,6 kg/cm<sup>2</sup> a compresión). Los sitios donde están las piedras del empedrado tienden además a ser, por la forma y disposición de las mismas, zonas de concentración de tensiones.

Como causas principales de los deterioros de los pavimentos rígidos se consignan las siguientes:

- Espesor deficiente de las losas en relación a la repetición de cargas;
- Hormigón de resistencia inferior a la especificada;
- Trabajo en voladizo en las esquinas o extremidades de las losas, debido a alabeo excesivo de las losas sobre una base que no acompaña los movimientos de las placas;
- Apoyo no uniforme de las losas, debido a falta de apoyo uniforme de la base empedrada o por causa de asentamientos;
- Juntas transversales mal ejecutadas o debido a la obstrucción de las mismas con material incompresible.

La consideración primera que no debemos obviar es la de que cualquier tipo de pavimento empleado en Asunción se construirá sobre el empedrado existente<sup>8</sup>, el que podrá ser saneado en mayor o menor medida, pero permanecerá allí, y debajo de él la antiquísima y caduca red de suministro de agua potable de la ciudad.

De los tramos analizados, algunos presentan deterioros prematuros que no son coincidentes con las expectativas de desempeño de los pavimentos rígidos (larga vida útil con mínimo mantenimiento). El mayor porcentaje de daños es atribuible a los inconvenientes por cobertura incompleta y deficiente de servicios sanitarios. Se contemplan entre esos daños los causados directamente por la rotura del pavimento para instalación o reparación de cañerías, así como los causados indirectamente por la saturación de la subrasante con el consiguiente asentamiento de la fundación y pérdida de sustentación del pavimento rígido (formación de vacíos bajo las losas).

Aplicando un criterio de secciones normalizadas [8], concluimos que pavimento rígido (sobre empedrado) con espesor de 10 cm (aproximadamente 8,5 cm en las zonas de menor espesor) resulta suficiente en calles residenciales (tránsito compuesto casi en su totalidad por vehículos livianos), no así en calles con tránsito mayor. En este último caso son necesarios espesores de por lo menos 14 cm (aproximadamente 12,5 cm en las zonas de menor espesor).

En el caso de las intersecciones de calles, con encuentros entre pavimento flexible y rígido, se constató en algunas la ausencia de juntas de expansión entre el pavimento rígido y el pavimento flexible. La consecuencia son los levantamientos localizados, deterioros de los más visibles y que más afectan la comodidad de rodado.

En 2003 se construyó frente al Edificio de la Municipalidad de Asunción, sobre la Avenida Mariscal López una dársena con pavimento rígido. Aunque se observa un cierto pulido de agregados, escalonamiento de juntas y algunas grietas de esquina y longitudinales, está sirviendo perfectamente al intenso tránsito de ómnibus de dicha arteria, demostrando una serviciabilidad superior al pavimento de concreto asfáltico de otra dársena construida casi simultáneamente sobre la misma avenida, frente a la Plaza San

---

<sup>8</sup> Ya sea directamente sobre el empedrado o sobre una capa asfáltica que a la vez está sobre el empedrado.

Roque González. El pavimento flexible de esta última dársena presenta ahuellamientos que afectan la calidad de rodado, además de favorecer la acumulación de agua sobre el pavimento.

La ejecución del hormigonado con frecuencia se realiza durante las horas de mayor temperatura ambiente, como ser al mediodía o a la siesta. No son escasos los casos en que se refiere un aserrado tardío de las juntas y un curado de menor duración que la necesaria.

El 100% de las juntas de los pavimentos rígidos de Asunción nunca fue objeto de mantenimiento. El sellado de las juntas es una operación de suma relevancia. La correcta formación de la caja que aloja al sellante, así como la disposición de la tira de respaldo y la colocación del sellante favorecen el desempeño óptimo del pavimento de hormigón con juntas. Su reposición periódica conserva alejadas de las juntas el agua y los materiales con posibilidad de alojarse en ellas (provocando luego saltaduras, degradación de la caja del sellante, disminución de la capacidad de transferencia de carga por trabazón de agregados e incremento de tensiones). No puede dejar de recalarse la importancia que tiene la correcta conservación de las juntas en el desempeño del pavimento rígido.

## 8. RECOMENDACIONES

La Municipalidad de Asunción debería implementar las siguientes políticas y estrategias:

- Toda obra de pavimentación o repavimentación debe requerir un proyecto ejecutivo;
- Realizar una fiscalización eficiente basada en especificaciones técnicas y proyectos bien diseñados;
- Implantación de un esquema efectivo de control de calidad;
- Monitorear periódicamente la red vial;
- Realizar controles de cargas de vehículos pesados que ingresan a la ciudad
- Renovación constante de los pavimentos de la red vial;
- Implementación de más y mejores equipos de mantenimiento vial;
- Mantenimiento periódico de equipo y maquinaria necesario para trabajos de mantenimiento vial;
- Destinar mayores recursos económicos para obras de conservación vial;

- Creación de una cuadrilla especializada en la conservación de pavimentos rígidos.

Una medida que puede resultar favorable es la inclusión de *garantías de nivel de desempeño* en los contratos de obras públicas. Esto es, las empresas constructoras se podrían ver obligadas a entregar la obra y mantenerla con una serviciabilidad buena durante un cierto periodo de tiempo (por ejemplo 3 años). Esto lograría no sólo conservar las vías en buen estado durante el periodo de vigencia de la garantía, sino asegurar, a partir de una suposición de máximos beneficios de las empresas constructoras (a través de menores gastos de mantenimiento), que se tomarán todos los recaudos pertinentes en la etapa de proyecto y construcción.

Los problemas de la red vial de Asunción son acuciantes. Es oportuno que se convoque a técnicos y especialistas para dar soluciones que sean realmente duraderas. Y esas soluciones deben ser implementadas. Los créditos blandos con contrapartida del Estado paraguayano deberían estar disponibles para esta intervención, que debe ser seria y madura.

La ciudad precisa resolver el problema del drenaje pluvial. Se debe analizar la factibilidad de la construcción de sistemas de desagüe pluvial profundo, la ubicación correcta de bocas de tormenta y la identificación de zonas de estancamiento, para drenar eficientemente las aguas de lluvia de forma que éstas dejen de utilizar las calles pavimentadas como canales de escurrimiento.

La recomendación más importante es que toda obra se debe realizar bien desde el comienzo, pues una vez terminada si presenta deficiencias los gastos y el tiempo necesarios para repararla se incrementan sustancialmente.

## 9. FIGURAS

1. Mantenimiento de pavimento de hormigón del Acceso al Hospital Central de IPS
2. Extracción de probetas testigo
3. Surgencia de agua de cañería rota bajo pavimento de calle Cassanello
4. Porcentajes de superficies de pavimento rígido según calificación de serviciabilidad

## 10. REFERENCIAS

1. Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, *Catálogo de Deterioros de Pavimentos Rígidos*, Colección de Documentos, Volumen N°12, 2002
2. Norma Chilena para Testigos de Hormigón. NCh1171.Of 2001
3. Salazar Rodríguez, A., *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1ª Edic.; 1998
4. Molinas Vega, I. y otros, *Pavimentos Rígidos sobre Empedrados – Evaluación del Proyecto calle Padre Cassanello*, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, 1994
5. Norma Mexicana N-CSV-CAR-3-02-012/01- *Estabilización de Losas de Concreto Hidráulico*- Secretaría de Comunicación y Transportes
6. Jiménez, Pastor, *Investigación del aporte del pavimento tipo empedrado en la constitución de un pavimento rígido o flexible*, Proyecto de una Obra Importante, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Asunción, 2002
7. Darter, Hall y Kuo, *Support Under Portland Cement Concrete Pavements*, Report 372 NCHRP - Transportation Research Board, 1995
8. Dujisin, D., *Diseño de Pavimentos de Hormigón*, Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón, 1985