

# 4

## FABRICACIÓN DE ADOQUINES PARA USO EN VÍAS PEATONALES, USANDO CUESCO DE PALMA AFRICANA\*

Por: Jorge Elías Buzón Ojeda\*\*

Fecha de recibido: 4 de julio de 2010 • Fecha de aceptación: 30 de septiembre de 2010

### RESUMEN:

Con el fin de mejorar la calidad de vida en sectores vulnerables de la sociedad, las investigaciones actuales han centrado sus esfuerzos en desarrollar no solo técnicas y procesos novedosos de construcción, sino que han reorientado sus esfuerzos en crear materiales de construcción no convencionales, que ayuden a rebajar costos y propicien el de la industria de la construcción.

Actualmente las plantas productoras de aceite que usan la palma africana como materia prima enfrentan un grave problema, al no saber qué hacer con el desecho final del proceso de producción del aceite.

Este desecho posee características mecánicas interesantes: una alta dureza, alta resistencia al desgaste y bajo peso o poca densidad. Estas características la han sabido aprovechar los cultivadores e industriales, pues en lugar de llevar este excedente a botaderos, lo arrojan sobre las vías internas de las plantaciones como material base o capa de rodadura, mejorando así la movilidad de las mismas.

Este artículo presenta los satisfactorios resultados parciales de la investigación, que nos motivan a continuar trabajando en este tema.

### PALABRAS CLAVE:

Cuesco, Palma africana, Adoquines, Pavimento articulado.

Revista Inge-CUC / Vol. 6 - No. 6 / Octubre 2010 / Barranquilla - Colombia / ISSN 0122-6517



\* Artículo producto de resultado parcial de Investigación: Uso del Cuesco de la palma africana en la fabricación de adoquines de uso vehicular. Grupo: Suelos Estructuras.

\*\* Ingeniero Civil, Especialista en Estructuras, Especialista en Estudios Pedagógicos, Candidato a Magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Estructuras, Docente Tiempo Completo Asistente Líder del Grupo de Investigación Suelos Estructuras y Docente Tiempo Completo Asistente, del programa de Ingeniería Civil, en el área de Estructuras. [jbuzon@cuc.edu.co](mailto:jbuzon@cuc.edu.co)





4

## MANUFACTURE OF BRICK FOR USE IN WALKWAYS, USING CUESCO OF PALM AFRICAN

By: Jorge Elías Buzón Ojeda

### ABSTRACT:

In order to improve the quality of life in vulnerable sectors of society, current research have focused their efforts on developing not only techniques and innovative processes of construction, but it has re-focused its efforts on developing non-conventional building materials, which help to reduce costs and facilitate development of the construction industry. Currently using the African as raw palm oil-producing plants face a serious problem, not knowing what to do with the final disposal of the oil production process.

This waste has interesting mechanical features: a high hardness, high resistance to wear and low weight and low density. These features have known it leverage growers and industrial, because instead of performing this surplus waste dumps, shed it on domestic routes plantations as material base or raceways, thus improving the mobility of the same layer. With this article, we inform the partial results of our research, with very satisfactory partial results that motivate us to continue working on this issue.

### KEY WORDS:

Cuesco, African palm, Pavers, Articulated pavement.

## I. INTRODUCCIÓN

Con el fin de encontrar soluciones para sectores sociales de bajos ingresos, investigaciones recientes en el campo de la ingeniería civil, la arquitectura y la construcción, han centrado sus esfuerzos en desarrollar no solo técnicas y procesos constructivos novedosos, sino productos e insumos de construcción no convencionales, buscando reducir costos finales de proyectos e iniciando la búsqueda de alternativas y modificaciones a mezclas de concreto y mortero que lo permitan.

Un trabajo de investigación desarrollado y culminado en su primera etapa, exploró la posibilidad de usar el cuesco de la palma africana como agregado grueso, combinándolo con el agregado grueso convencional, para la preparación de mezclas del concreto, para resistencia a la compresión de 21 Mpa (3000 psi.); igualmente se exploró la posibilidad de utilizar esta mezcla para la fabricación de algunos elementos no estructurales como bloques de mampostería, alfajías y otros elementos ornamentales. De manera incipiente, se usó para desarrollar mezclas de mortero, como base para la fabricación de adoquines.

De otra parte, las regulaciones ambientales cada día son más severas y las plantas procesadoras producen a diario el cuesco en cantidades considerables, y se hace necesario que la ingeniería plantee soluciones para esta problemática.

## 2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Como objetivo principal de la investigación, nos planteamos sustituir parcialmente el consumo de agregados como materia prima en el diseño de mezclas de mortero y concreto y lograr fabricar adoquines de uso en proyectos viales, reduciendo costos parciales y finales en este tipo de proyectos civiles.

Esta investigación busca desarrollar un diseño de mezclas de mortero o concreto, usando el cues-

co de la palma africana, que nos permita fabricar adoquines para sistemas de pavimentos articulados más económicos que los tradicionales.

## 3. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES SIMILARES QUE BUSCAN EL MISMO OBJETIVO

Muchos investigadores y universidades en el ámbito mundial, han estudiado la aplicación de materiales novedosos en la construcción.

Podemos citar los siguientes:

- En la Universidad Estatal de Táchira en Venezuela con (GFRC) Micro-concreto reforzado con fibra de vidrio.
- En la Universidad de Malasia en el campus de Sabah (University of Malaysia in Sabah) se ha estudiado la utilización del cuesco para desarrollar mezclas de concreto y la aplicación en el sector de la industria de la construcción a gran escala.
- En Colombia la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle en el Departamento de Materiales de Ingeniería, trabaja desde 1972 en el campo de los materiales para la construcción habiendo conseguido desarrollos notables que hoy se aplican en el sector. Dichos desarrollos tienen como línea común el diseño de materiales con base en el uso de residuos sólidos industriales. Algunos de estos desarrollos son:
  - Producción de Cementos a partir de cenizas volantes en Cementos del Valle desde 1974 incluyendo como regulador de fraguado yeso químico obtenido como subproducto de la industria sucroquímica.
  - Producción de Concretos Calcáreos utilizando como agregados las calizas de bajo tenor de las canteras de Cementos del Valle, elaborados por Concretos de Occidente desde 1989.
  - Producción de Yesos para uso en construcción a partir de residuos de las industrias cerámica, licorera y sucroquímica, desde 1992.

- Producción de materiales de construcción de alta calidad y bajo costo a partir de residuos industriales y escombros de construcción.

En general, se han hecho investigaciones en tal sentido, como el uso de cascarilla de arroz, la concha o cáscara de coco, el bagazo de la caña de azúcar, materiales de tipo vegetal de los cuales se quiere sacar algún provecho, apuntando todo a lo que últimamente se le conoce como “desarrollo sostenible”.

#### 4. PALMA AFRICANA

*Elaeis Guineensis* comúnmente conocida como palma africana es una planta nativa del golfo de Guinea, creciendo en este sitio de manera silvestre en los claros del bosque tropical húmedo, por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar a lo largo de la franja costera entre los países de Senegal y Angola incluyendo la cuenca del río Congo.

##### 4.1. Origen

La palma africana de aceite como su nombre lo indica, es originaria de África Occidental, lo cual está debidamente comprobado por evidencias históricas, lingüísticas y aun fósiles. El origen botánico de la palma africana, se encuentra situado a lo largo del golfo de Guinea.

##### 4.2. Historia

Se presume que la palma ingresó al continente americano debido a un comercio activo de esclavos que poseían los europeos en el siglo XVI. Los esclavos africanos traídos a América utilizaban el aceite como ingrediente primordial en la elaboración de sus productos alimenticios, de allí que se tenga la idea de que estos hallan traído semillas consigo para ser cultivadas y así satisfacer sus necesidades. En el año 1926 el botánico Armando Durán residente en Barranquilla, quiso introducir al país la planta para ello compró algu-

nas semillas a la casa Vilmorin Andrieux, de París, estas fueron sembradas en algún lugar de la costa Atlántica de donde los árboles resultantes se perdieron. En el año 1932 fue traída a Colombia por el entonces director del museo y el jardín botánico de Bruselas, Bélgica, Florentino Claes, las primeras palmas se plantaron en la estación de Palmira (Valle). La expansión del cultivo en Colombia se ha mantenido hasta el momento con una tendencia a la alta o con una tendencia creciente, ya que a mediados de la década de los 60 existían 18.000 hectáreas y hoy día la cifra está en más de 150.000 hectáreas distribuidas en 54 municipios clasificados en cuatro zonas, así: Zona norte: Los departamentos del Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico y La Guajira. Zona central: Los departamentos de Santander, Norte de Santander, sur del Cesar y Bolívar. Zona oriental: Los departamentos de Meta, Cundinamarca, Casanare y Caquetá, finalmente la Zona occidental: El departamento de Nariño.

##### 4.3. Componentes de la planta

La palma africana es una planta monocotiledónea, que requiere para su obtención un proceso que demora entre 12 y 14 meses los cuales comprenden la germinación de la semilla y el desarrollo de la planta en vivero, como lo muestra la foto 1.

Foto 1. Vivero de la palma



Fuente: FEDEPALMA

La palma de aceite es una planta con hojas suaves de 3 a 7 metros de largo que salen de troncos de diferente longitud: de 20 a 30 de estas hojas forman la corona de la palma. Esta a su vez, produce flores masculinas y femeninas, las cuales nacen en la base de cada hoja, específicamente en la corona. Ver foto 2. La inflorescencia usualmente empieza entre los 12 y 18 meses después del trasplante, iniciando la recolección en el tercer o cuarto año de plantada en el sitio definitivo. Al principio, la producción es baja, pero aumenta paulatinamente hasta alcanzar su nivel normal alrededor del octavo año.

**Foto 2. Corona con flor masculina**



Fuente: FEDEPALMA

La vida útil o económica es de 20 a 22 años debido a que a partir de esa edad la palma posee una altura que origina dificultades para su cosecha, registrando altos costos, por ende, es más fácil y económico renovar la plantación. Los racimos poseen un peso que va de 15 a 30 kilos, pero en algunos casos pueden llegar a cosecharse hasta 50 kilos o más. Un racimo contiene entre 1.200 y 4.000 frutos, ver foto 3, los cuales contienen una almendra rodeada de cuesco el cual a su turno, está rodeado del pericarpio que contiene el aceite. Cada fruta pesa de 3 a 20 gramos.

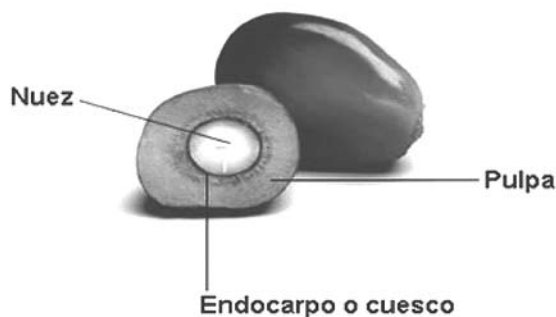
**Foto 3. Racimos del fruto**



Fuente: FEDEPALMA

Los frutos de la palma de donde se extraen dos tipos de aceite, están constituidos básicamente por tres partes, como lo presenta la figura 1.

**Figura 1. Partes del fruto**



Fuente: FEDEPALMA

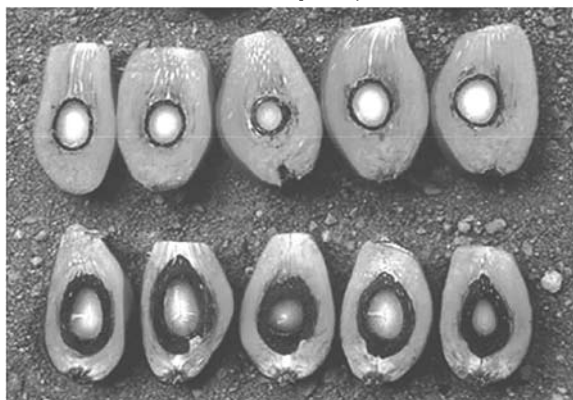
#### 4.4. Especies

La palma tiene tres variedades de especies que son: *Dura*, *Tenera* y *Pisifera*; de ellas la variedad *Tenera* es la que se utiliza comercialmente para la extracción del aceite y es un cruce entre las otras dos variedades, las más comunes son la dura y la tenera, las cuales se muestran en la figura 2.

Las diferencias que se observan entre los dos frutos son: el tamaño de la pulpa, el espesor del cuesco y el tamaño de la almendra. En la variedad *Dura*, el cuesco tiene un espesor de 2-8 mm, recubierto por un anillo de fibra alrededor y usualmente es alargada. En la variedad *Tenera*,



**Figura 2. Frutos partidos de la palma africana, arriba la variedad Tenera y abajo la variedad Dura**



Fuente: FEDEPALMA

el cuesco tiene un grosor de 0,5 a 4 mm y es el tipo más apto para plantaciones comerciales.

#### 4.5. Clima

La palma africana es una planta tropical cuyas exigencias en crecimiento y producción están bien marcadas a una buena distribución de lluvias, temperaturas constantes y un alto número de horas sol al día. Los terrenos para sembrar palma no pueden estar por encima de 500 metros sobre el nivel del mar, lo que permite deducir que el cultivo se desarrollará preferentemente en climas cálidos, con una temperatura media óptima de 26°C. La zona norte del país es una de las que más toneladas anuales de aceite crudo de palma africana ofrece y su producción va en aumento, inclusive en el departamento del Atlántico ya está en marcha el proyecto para iniciar con 4.000 hectáreas de este cultivo.

#### 4.6. Productos

La palma africana es también conocida como palma aceitera, porque de ella se extrae el aceite comestible, pero también tiene diversos usos, como por ejemplo: para productos alimenticios, medicinales, fabricación de fibras, la savia sirve para la producción de vino, fabricación de escobas. De la almendra se obtiene el aceite de palmiste y un subproducto que es la torta de

palmiste, la cual se emplea en la fabricación de concentrados, alimentos para animales, lubricante para la industria de la laminación en frío de láminas metálicas, jabones tanto de ropa como de tocador, velas, betunes, tinta de imprenta, entre otros, lo mismo que en la trefilación de alambres, especialmente de plata, donde se ha encontrado que este aceite es el único capaz de resistir altas temperaturas y presiones requeridas, se utiliza también en panadería, confitería como lo muestra la Foto 4, en la industria del acero inoxidable se ha empleado el aceite de palma en la laminación y en el pulimento y brillo de los aceros especiales, también tiene grandes usos en la industria de concentración de minerales, en la industria del cuero ya que le da flexibilidad, usándose también en la industria textil.

El contenido de sólidos grasos que contiene evita el proceso de hidrogenación que se le realiza a algunas margarinas, este proceso facilita la formación de ácidos grasos que son perjudiciales para la salud.

De los frutos de palma, los cuales se encuentran adheridos al racimo, se extraen dos tipos de aceite. El primero de ellos, el más importante desde el aspecto de producción se denomina de pulpa, rojo o de pericarpio. Hecha esta extracción queda un corozo, que al romperlo permite recuperar la almendra. El segundo tipo de aceite se extrae de la almendra, denominada aceite de palmiste, quedando finalmente una torta de almendra de gran valor para la fabricación de concentrados y alimentación animal.

#### 4.7. Características del cuesco o pericarpio

Como se pudo apreciar los diversos usos o aplicaciones que se obtienen del proceso industrial de la palma africana llevan a pensar en las grandes ventajas que posee este tipo de plantaciones lo cual lo convierte en un producto de alta demanda, conjuntamente con una alta producción por unidad de superficie que lo hace uno de los más económicos, este fruto maduro es de color ama-

**Foto 4. Productos de panadería fabricados con el aceite**



Fuente: FEDEPALMA

rillento, con un peso de 10 gr. y forma ovalada, una palma puede producir 12 a 13 racimos/año, con un peso de 20 a 30 kg, con 1.000 a 3.000 frutos/racimo.

El cuesco queda como desecho, luego de la obtención de los productos anteriormente mencionados, posee una alta resistencia, de hecho su desprendimiento en el racimo se da solo por el calentamiento en hornos y su trituración por altos procesos industrializados, por lo que ha sido utilizado en las haciendas y plantas extractoras como capa fortalecedora de la sub-rasante, brindando hasta el momento resultados satisfactorios. La foto 5, ilustra este aspecto. Por lo anterior surge la razón de utilizar este material en la elaboración de mezclas de concreto y mortero, buscando con ello mejorar sus propiedades a la

**Foto 5. Uso actual del cuesco**



Fuente: Palmas Oleaginosas de Casacará

compresión, reducir su peso y buscar economía, además que controle el cambio volumétrico en el fraguado al pasar de un estado plástico a endurecido.

## 5. RESULTADOS PARCIALES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación presentamos unos resultados parciales satisfactorios, que nos motivaron a seguir adelante con la esperanza de llegar a obtener resultados finales importantes.

### 5.1. Del marco de referencia

Los adoquines son elementos macizos de concreto o mortero, prefabricados, con paredes verticales, que ajustan bien unos contra otros, para formar una superficie completa, dejando solo una pequeña junta entre ellas, y que sirven como capa de rodadura o superficie para los pavimentos que llevan su nombre.

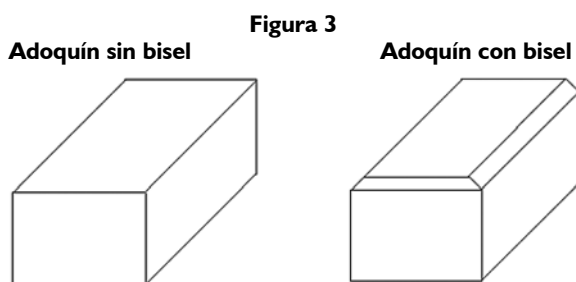
#### ➤ Forma y tamaño de los adoquines

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 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. Son 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. Ver figura 3.
- ★ Espesor. Los adoquines se fabrican en espesores de 6 cm para tránsito peatonal y vehicu-

lar liviano; 8 cm para tránsito medio y pesado (inclusive aeropuertos) y 10 cm para tránsitos muy pesados (patios de carga puertos, etc.). Si tienen menos de 6 cm no se consideran como adoquín y se consideran como baldosas, sobre mortero. Como los 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 son un solo espesor, sin necesidad de comprar un molde para los de 6 cm y otro para los de 8 cm.

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.

- Tipos de adoquines. Se definen tres tipos de adoquines:
  - **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.
  - **Tipo 2:** Son los adoquines que se pueden coger con una sola mano pero no se pue-

den 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 estas queden atravesadas a la dirección de circulación de los vehículos.

- **Tipo 3:** Son los adoquines que, por su peso y tamaño, no se pueden coger con una sola mano (pues miden unos 20 cm x 20 cm o más) y solo se pueden colocar en hileras. También se debe tratar 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.

#### ➤ Calidad de los adoquines

Los adoquines de concreto forman la superficie del pavimento, por lo cual serán de buena calidad para que soporten el tránsito de personas, animales o 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 la Norma ICONTEC 2.017 “adoquines de hormigón”, como se explica a continuación:

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 estas 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 serán de más de 2 mm, para el largo y el ancho y de 3 mm para el espesor.



- ✧ Superficie: Las superficies de los adoquines serán de un color uniforme y parejas, es decir, sin fisuras, huecos, hormigueos, descascamientos o materiales extraños (madera, semillas, piedras grandes, etc.). El color y tipo (rugosidad) de la superficie se acordará entre el productor y el comprador porque no existe una forma práctica para medirlos.
- ✧ Aristas y esquinas: Serán agudos, es decir, sin desbordamientos, abombamientos 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.

➤ **Resistencia de los adoquines**

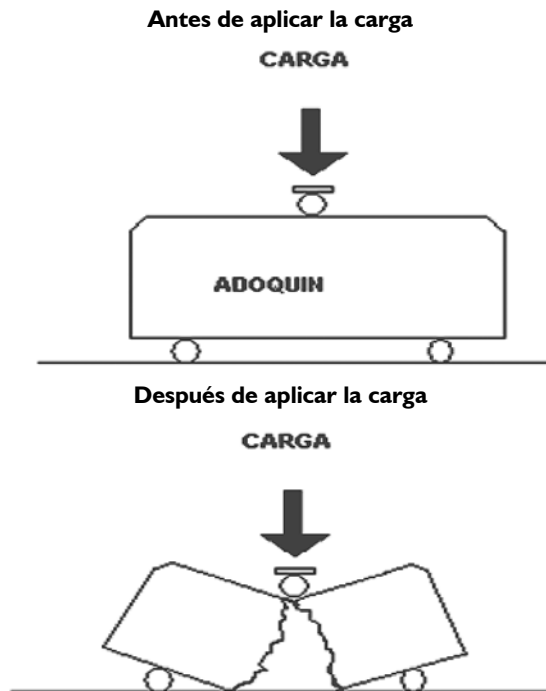
La resistencia de los adoquines necesita ser mayor para aguantar la abrasión debido al tránsito, para no partirse bajo las cargas de los tractores y camiones.

Además, el desgaste ocasionado en los adoquines por el paso de las 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 estos no cumplen con los requisitos de medidas de resistencia, se utilizarán solo en lugares que no sea importante su calidad. Para evaluar la calidad de los adoquines se envían a un laboratorio para concreto, pavimentos o materiales, y se les hace ensayos a flexión, con el cual se determina su resistencia.

De cada 500 adoquines (un lote), que lleguen a la obra se escogen 5 (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 pueden ser tomadas en la planta de producción, directamente, de los arrumes de los que se van a enviar a la obra. Todos los adoquines de una muestra serán del mismo lote de producción y no se mezclarán diferentes formas

**Figura 4. Ensayo de adoquines**



**Foto 6. Adoquín después de ensayar**



y tamaños y se marcan con pintura identificando la obra, el lote y el orden de la muestra (1 a 5).

En el informe de laboratorio aparece la resistencia individual de cada adoquín, que no debe ser

menor que 3,6 Mpa y la resistencia promedio de los 5 de la muestra, que no debe ser menor que 4,5 Mpa. Si la resistencia viene dada en kgf/cm, el valor individual mínimo deberá ser de 36,7 y promedio de 45,9.

### ➤ Características más relevantes de los adoquines

Las características más relevantes a considerar son:

- ✘ Aspecto: Deben presentar un aspecto compacto, sin fisuras, ni descascamientos, saltaduras o cualquier otra irregularidad que pueda interferir con su correcta colocación. Sus aristas deben ser lisas y regulares en toda su longitud.
- ✘ Tolerancia dimensional: Las medidas de largo y ancho de los adoquines no deben variar en más de 2 mm con respecto a las medidas nominales fijadas por el fabricante. El espesor debe estar comprendido dentro de -2 mm y + 5 mm del espesor nominal.
- ✘ Peso unitario: El peso unitario de los adoquines, secados al horno, no debe ser inferior a 2.200 Kg/m<sup>3</sup>.
- ✘ Resistencia a la compresión: Se definen dos niveles de resistencia característica a la compresión: 350 y 450 kgf/cm<sup>2</sup>. la selección de resistencia se hará conforme al diseño del pavimento.
- ✘ Absorción: El porcentaje máximo de absorción debe ser de 7% como promedio y 8% en adoquines individuales. Este requisito es indispensable en zonas donde se producen ciclos de hielo y deshielo.
- ✘ Resistencia al desgaste: Presentan en general una buena resistencia al desgaste, sin embargo, en determinadas condiciones, se podrá exigir el cumplimiento de esta propiedad, aceptándose un desgaste de 15 cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>, correspondiente a una pérdida de espesor inferior a 3 mm.

### ➤ Criterios de aceptación y rechazo de los adoquines

Los criterios de aceptación y rechazo son:

- ✘ El muestreo debe corresponder al 1% de los adoquines de la partida, con un mínimo de cinco unidades para cada ensayo.
- ✘ Se aceptan sin observaciones las partidas de adoquines que cumplan, en todos los ensayos con los valores promedios indicados anteriormente.
- ✘ En caso de que algunos de los valores resulten insuficientes, se repetirá el ensayo correspondiente con el doble del número de unidades (10 adoquines).
- ✘ Se rechaza la partida de adoquines que, en definitiva, no satisfaga todos los valores promedio y mínimos exigidos, luego de haber repetido todos los ensayos que correspondiera.

## 5.2. Algunos resultados parciales

A continuación se presentan resultados que se obtuvieron para los adoquines, como elemento constituyente de una estructura vial.

Igualmente se establecen algunas conclusiones y recomendaciones a partir de estos resultados parciales. Cabe anotar, que el grupo de investigación, en cabeza del ingeniero Adrián González, actualmente desarrolla una investigación, que pretende ahondar más en los resultados que se puedan obtener en el uso del cuesco en otro tipo de estructura vial, bien sea como elemento de base o sub-base en una estructura de pavimento, así como para la construcción de cunetas o *boxculverts*.

De las mezclas que se han desarrollado presentamos los siguientes resultados:

Tabla I. Resistencia promedio por días

Días	Resistencia	Resistencia
	Promedio Mpa Adoquín sin cuesco	Promedio Mpa Adoquín 10% cuesco
3	3.7	2.20
7	4.80	2.72
14	7.2	4.10
28	9.10	6.71

**Tabla 2. Densidad y Absorción**

Muestra	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Adoquín testigo	2.12	6,0
Adoquín 10% cuesco	1.92	8,6
Adoquín 10% cuesco	1.91	9,0
Adoquín 10% cuesco	1.91	8,2

Densidad promedio adoquín 10% cuesco = **1.913 (g/cm<sup>3</sup>)**.

Absorción promedio Adoquín 10 % cuesco = **8,6%**.

### CONCLUSIONES

Se hizo un diseño de mezclas y fabricamos adoquines peatonales, con 10% de cuesco de palma africana en proporción a la arena del diseño y se fabricaron adoquines sin cuesco para comparar resultados (testigos). Según la norma ICONTEC 2017 la resistencia individual de cada adoquín no debe ser inferior a 3.5 Mpa y en promedio no debe ser menor de 4.5 Mpa, los resultados obtenidos hasta el momento arrojaron que la resistencia promedio obtenida para los adoquines

testigo a los 28 días fue de 9.1 Mpa, para los adoquines con el 10% de cuesco fue de 6.71Mpa. Los valores reflejan la utilización de agregados secos, densos y lavados y con un buen grado de compactación, gracias a estas cualidades se produce un mortero más denso y a su vez mucho más resistente y en mayor medida las resistencia obtenida con adoquines peatonales a los 28 días satisface las exigencias establecidas por la norma

Adicionalmente, se le realizaron ensayos como densidad y absorción a los adoquines con cuesco y sin cuesco (testigo). La densidad para los adoquines de testigo fue 2.12 g/cm<sup>3</sup> y para los adoquines con cuesco 1.91 g/cm<sup>3</sup>. La norma exige que el porcentaje máximo de absorción debe ser de 7% como promedio y 8% en adoquines individuales, el valor obtenido en esta investigación de absorción en adoquines sin cuesco arrojó un valor de 6,0% y para adoquines con cuesco una absorción de 8,6 % en promedio, a partir de estos valores de densidad y absorción podemos notar la influencia del cuesco al hacer los adoquines menos pesados pero con más capacidad de absorber humedad cumpliendo satisfactoriamente la norma.

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, NTC 2017 “Adoquines”.

Instituto del Concreto, Asocreto (2001). “Construcción de Pavimentos”. Asocreto, Bogotá, Colombia.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, D. (2003). *Durabilidad y Patología del Concreto*. 2da. edición. Bogotá, Colombia: Asocreto.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, D. (2006). *Tecnología del Concreto*. 4ta. edición. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores.