

## MEZCLAS DE ZAHORRAS NATURALES Y CONCHA DE MEJILLÓN PARA FIRMES DE VÍAS FORESTALES.

Carnero López; Matías<sup>(1)</sup>, Fernández Rodríguez M. Elena<sup>(1)</sup>, Carreira Pérez, Xoan Carlos<sup>(1)</sup>, Méndez Lodos, Manuel<sup>(1)</sup>.

<sup>1)</sup>Escuela Politécnica Superior. Dpto. Enxeñería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Universitario s/n 27002 LUGO España.

### Abstract

The mussel industry is very important in Galicia. A by-product of this industry is the mussel tortoiseshell. The carbonization of the mussel tortoiseshell is one elimination process. These methods suppress the water and the organic material. And change it into an inert of calcium carbonate. This inert can be used as aggregate in rural road pavement construction. We go to study its geotechnical characteristics and its mixing with graded aggregate. We go to compare these with the material demand in rural road pavement.

**Keywords:** *mussel tortoiseshell, graded aggregate mixing, forest road pavement.*

### Resumen

La industria conservera en Galicia produce un residuo de concha de mejillón de unas 250.000 toneladas al año. El destino de este residuo venía siendo; su depósito en vertedero, como abono agrícola o su abandono en el fondo marino. Ninguna de estas soluciones son del todo satisfactorias. Una nueva posibilidad de eliminación es su calcinación con lo que eliminamos la materia orgánica y obtenemos un inerte de carbonato cálcico. Este inerte lo proponemos como material para firmes de caminos. El presente trabajo centra su objetivo en el estudio de las posibilidades de utilización de este residuo de la industria del mejillón como material de construcción de capas de firme para vías forestales. Los materiales que estudiaremos serán: los inertes de concha de mejillón (Concha de mejillón), tres zahorras naturales (ZN), y las mezclas de éstas con la concha de mejillón. La metodología de trabajos consistirá en una primera fase, en la caracterización de estos materiales mediante ensayos. Posteriormente y a la vista de los resultados obtenidos determinar porcentajes de posibles mezclas de concha de mejillón con cada una de las zahorras estudiadas. Del análisis de los resultados y de las exigencias del PG-3 podremos concluir la idoneidad de la utilización de este residuo de la industria del mejillón como material de construcción de capas de firme vías forestales.

**Palabras clave:** *Concha de mejillón, mezclas de zahorras, pavimentos vías forestales.*

### 1. Introducción

La industria conservera es una de las más importantes de la economía gallega, dentro de este sector cabe destacar la conserva de mejillón; Galicia es, después de China, el primer productor mundial de este bivalvo. Cada año se producen 250.000 toneladas, el 65% es procesado por el sector conservero y congelador, obteniéndose 80.000 toneladas de concha de mejillón.

Las conserveras, cocederos y depuradoras se encuentran con grandes dificultades para deshacerse de los restos una vez manipulado y envasado el molusco. La concha de mejillón no es un residuo tóxico o peligroso, el mayor problema que ocasiona es la emanación de olores debida a la descomposición de la materia orgánica que la acompaña, como son los restos de vianda, el botón de anclaje de esta vianda a la concha, las algas, y los restos de cuerda de cultivo en la batea. Además, su acumulación, a modo de montaña, en zonas poco acondicionadas: fincas, montes o canteras, crea un efecto visual indeseado, con graves prejuicios desde el punto de vista ambiental, paisajístico e incluso económico, puesto que las empresas del sector suelen situarse en municipios turísticos.

Las soluciones que se han estado dando a esta problemática no son para nada satisfactorias. El destino de este residuo es su depósito en vertedero, como abono agrícola o su abandono en el fondo marino. En el primer caso la problemática olfativa no se soluciona, además la materia orgánica permite que la concha sea colonizada por microorganismos que pueden ser patógenos y transmitirse al hombre o a los animales a través de los insectos. También, los lixiviados de estas “montañas” de concha arrastran restos de materia orgánica que van a parar a ríos y lagos, lo que puede originar fenómenos de eutrofización o blooms fitoplanctónicos, causa de mortalidad por la disminución de oxígeno disuelto en agua, ya que la descomposición de materia orgánica consume gran cantidad de éste.



Figura 1. Grandes acumulaciones de concha de mejillón

La concha de mejillón se viene añadiendo al suelo para abonar fincas de cultivo y viñedo en pequeñas explotaciones familiares de la zona costera, pero la aplicación a mayor escala requiere ser evaluada para optimizar esta práctica. El  $\text{CaCO}_3$  de la concha actúa como corrector del pH de suelos ácidos pero debido a su gran insolubilidad, el tiempo de permanencia es muy alto y deposiciones sucesivas pueden saturar el suelo de calcio. El abandono de este residuo en el fondo marino puede modificar el hábitat de los organismos bentónicos, con el consiguiente riesgo de alteración del equilibrio ecológico marino.

Existen empresas que se dedican a la calcinación de la concha de mejillón, lo que se consigue con este proceso es eliminar la materia orgánica y obtener un inerte de carbonato cálcico, compuesto mayoritario de la misma. Este carbonato cálcico puede ser utilizado como corrector de pH en abonos compuestos, a la vez que aporta calcio; como componente de piensos de aves ponedoras, es aporte de  $\text{CaO}$  en la fabricación del clinker en las industrias cementeras y se emplea como fundente en la industria siderúrgica. La concha de mejillón

exenta de materia orgánica puede ser esparcida en los cortafuegos y actuar como obstáculo en los incendios forestales, también utilizarse como material para firmes de caminos.

Las empresas que se dedican a la trituración y secado o calcinación de las conchas lo comercializan pero no existen estudios sobre su comportamiento. El equipo universitario de la Escuela Politécnica Superior de Lugo dirigido por Esperanza Álvarez Rodríguez, del Departamento de Edafología y Química Agrícola compara la eficacia de este residuo con la caliza comercial y estudian las repercusiones de la adición de estos desechos en las propiedades de los suelos, así como en la producción y estado nutritivo de la vegetación. Se está estudiando la viabilidad de la concha de mejillón como material enmendante en suelos forestales y su posible uso extensivo en este sector dado su bajo coste.

El objeto de esta investigación es el estudio de las posibilidades de utilización de este residuo como material de construcción de capas de firme para vías forestales, abriendo así, una salida a este subproducto de la industria de procesado de mejillón. Se intenta dar una posible solución medioambiental a este problema.

El presente trabajo se centra en el estudio de los siguientes materiales: unos materiales que denominaremos "puros", que son un inerte de concha de mejillón triturado y tres zahorras naturales. Y otros materiales que denominaremos "mezclas" que serán el resultado de mezclas el inerte de concha de mejillón con cada una de las tres zahorras naturales.

En una primera fase, procederemos a la caracterización de estos tres materiales mediante ensayos y según las normas NLT y normas UNE. Posteriormente y a la vista de los resultados obtenidos, determinar porcentajes de posibles mezclas de concha de mejillón con cada uno de los áridos. A las mezclas, obtenidas por varios métodos, se les aplicará también ensayos para conocer sus características.

Los resultados obtenidos de los ensayos practicados tanto a materiales puros como a mezclas se compararán con las exigencias que propone el del Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG 3) del Ministerio de Fomento de España, el pliego de prescripciones técnicas particulares para caminos rurales de la Xunta de Galicia (PPTP Xunta) y las normas AASHTO para materiales estabilizados (AASHTO) podremos concluir la idoneidad de la utilización de este residuo de la industria conservera como material de construcción de capas de firme para vías o abrir un campo de investigación.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1 Materiales**

El presente trabajo se centra en el estudio de los siguientes materiales:

Como materiales que llamaremos "puros":

- **Inerte de concha de mejillón triturado** y libre de materia orgánica (producido por Calizamar S.A).
- Tres zahorras naturales procedentes de tres canteras distintas situadas todas ellas en la provincia de Lugo. Las zahorras las nombraremos con el nombre de la cantera de la que proceden:

- **Zahorra natural Xudán**, localizada en el ayuntamiento de A Pontenova.
- **Zahorra natural San Martiño**, localizada en el ayuntamiento de Castro de Rei.
- **Zahorra natural Santa Leocadia**, localizada en el ayuntamiento de Castro de Rei.



Figura 2. Inerte de concha de mejillón



Figura 3. Zahorras naturales: Xudán, San Martiño y Santa Leocadia

Como materiales de “mezclas”:

- Mezcla de **Zahorra natural Xudán - Inerte de concha de mejillón.**
- Mezcla de **Zahorra natural San Martiño - Inerte de concha de mejillón.**
- Mezcla de **Zahorra natural Santa Leocadia - Inerte de concha de mejillón.**

## 2.2 Métodos

La normativa de referencia que utilizaremos será:

Las Normas NLT: Tendremos en cuenta las últimas ediciones efectuadas por el Centro de Estudios de Carreteras, integrado éste como centro investigador en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, CEDEX, Organismo autónomo que forma parte del MOPU (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo). Las normas NLT son los únicos documentos para ensayos normalizados que, con carácter oficial, tienen aplicación en el ámbito de la carretera, en cuanto a caracterización y evaluación de los materiales constitutivos de la misma.

Normas UNE: El Real Decreto nº 1614, de 1 de agosto de 1985, ordena las actividades de normalización y certificación en España y por Orden Ministerial de 26 de febrero de 1986 se acredita a la Asociación Española de Normalización, AENOR, para asumir tales funciones de normalización y certificación. Se creó entonces, un grupo de trabajo para propiciar la transferencia de la normativa NLT (CEDEX) a UNE (AENOR).

PG-3: El Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG-3) es un documento elaborado y publicado por el Ministerio de Fomento donde plasma las exigencias constructivas y de control para las obras que promueve. El artículo que nos interesan como materiales de referencias es el Artículo 510. Zahorras.

PPTP Xunta de Galicia: El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para Caminos Rurales de la Xunta de Galicia (PPTP Xunta) es el referente que utiliza la Dirección Xeral de Estructuras e Desenvolvemento Rural de la Consellería do Medio Rural, en los proyectos de ingeniería de vías rurales que promueve.

AASHTO: Son la regencia para la calidad de los materiales granulares estabilizados a utilizar en firmes según las normas AASHTO.

Los ensayos a realizar tanto en los materiales “puros” como en las “mezclas” serán:

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado; UNE 103-101/95. **(1. Granulometría)**
  - Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande; UNE 103-103/94. **(2. Límites de Atterberg, LL)**
  - Determinación del límite plástico de un suelo; UNE 103-104/93. **(2. Límites de Atterberg, LP, IP)**
  - Ensayo de compactación. Apisonado Proctor modificado; UNE 103-501/94.
- (3. Proctor Modificado,  $h^a_{\text{ópt}}$ ,  $D_{\text{máx}}$  )**
- Método de ensayo para determina el índice “Equivalente a Arena” de un suelo; UNE 103-109/95. **(4. Equivalente de arena)**
  - Resistencia al desgaste de los áridos por medio de la máquina de Los Ángeles; NLT-149/91. **(5. Desgaste de Los Ángeles, %)**
  - Determinación del índice de C.B.R. en laboratorio; UNE 103.502. **(6. C.B.R, Índice, hinchamiento)**

Para calcular los porcentajes en hemos de mezclas la concha de mejillón calcinada con la correspondiente zahorra natural, utilizaremos dos de los métodos descritos por Fernández Loaiza. En concreto:

- Método del módulo granulométrico;
- Procedimiento analítico por tanteo;

### 3. Resultados

Una vez realizados los cálculos de las mezclas según los dos métodos propuestos: Método del módulo granulométrico y Procedimiento analítico por tanteo y tomando como referencia el Huso granulométrico ZN 40 (PG 3), llegamos a la conclusión de que la mezcla más acertada es:

82 % de zahorra natural y 18 % de concha de mejillón.

De los ensayos realizados, hemos obtenido los siguientes resultados:

En la tabla 1. Granulometría, se exponen las granulometrías obtenidas de los materiales ensayados y las exigencias del huso granulométrico ZN 40 y ZN 25 según el PG 3 (PG 3). En color se han marcado los tamaños de partículas de los distintos materiales ensayados que no se ajustan a dicho huso granulométrico.

1. Granulometría									
Tamices UNE	ZN 40	ZN 25	Materiales Puros				Materiales Mezclas ( 82% ZN - 18% mejillón)		
			Mejillón	Xudán	San Martiño	Sta Leocadia	Xudán Mejillón	S. Martiño Mejillón	S. Leocadia Mejillón
50	100	-	100	95,2	91,3	89,7	100	92,7	100
40	80-95	100	100	95,2	88,0	89,7	84,3	90,0	100
25	65-90	75-95	100	87,6	66,0	78,8	75,7	74,2	91,2
20	54-84	65-90	100	80,9	59,4	73,4	67,1	65,9	86,8
8	35-63	40-68	100	58,3	38,0	42,8	46,7	47,6	65,7
4	22-46	27-51	99,9	44,5	27,5	27,3	38,8	39,1	54,4
2	15-35	20-40	67,4	34,0	20,5	16,6	28,0	27,8	39,2
0.50	7-23	7-26	2,3	19,2	12,3	5,2	10,2	10,2	16,4
0.25	4-18	4-20	0,9	15,8	10,5	3,3	8,0	8,4	13,7
0.063	0-9	0-11	0,4	9,3	8,6	0,9	4,8	6,7	10,7

Tabla 1. Granulometrías

En la tabla 2. Resultados de ensayos. Se exponen los resultados obtenidos en el resto de los ensayos realizados en los materiales a estudio.

		Materiales Puros				Materiales Mezclas ( 82% ZN - 18% mejillón)		
		Mejillón	Xudán	San Martiño	Sta Leocadia	Xudán Mejillón	S. Martiño Mejillón	S. Leocadia Mejillón
2. Límites de Atterberg	LL (%)	-	27,1	37,7	31,2	25,1	33,2	31,1
	LP (%)	-	21,6	31,1	28,6	22,6	28,9	28,6
	IP (%)	-	5,5	6,6	2,6	2,5	4,3	2,5
3. Proctor Modificado	$h^a_{opt}$ (%)	3,4	10,6	11,6	12,6	7,5	7,5	12,6
	$D_{máx}$ (kg/m <sup>3</sup> )	1,54	2,10	2,09	2,03	2,21	2,08	2,03
4. Equivalente de arena		93	34	52	40	25	63	51
5. Desgaste los Ángeles (%)		54	38	31	29	41	51	42
6. C.B.R.	Índice	20,8	22,2	31,3	65,7	39,1	40,9	56,1
	Hinchamiento (%)	0,00	0,00	0,28	0,29	0,03	0,4	0,33

Tabla 2. Resultados de ensayos.

En la tabla 3. Exigencias de materiales para firmes de vías rurales, Se muestran las exigencias para materiales de firme de vías rurales que distintos pliegos de prescripciones técnicas y normas proponen. En concreto atenderemos a las especificaciones del Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG 3) del Ministerio de Fomento de España, el pliego de prescripciones técnicas particulares para caminos rurales de la Xunta de Galicia (PPTP Xunta) y las normas AASHTO para materiales estabilizados (AASHTO)

		(PG 3) Art 510 Zahorras	(AASHTO) Estabilización 2"	(XUNTA GALICIA) Sub-base Granular
2. Límites de Atterberg	LL (%)	< 25	< 35	LL < 25
	IP (%)	< 6	≤ 12	≤ 6
3. Proctor Modificado	D <sub>máx</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2,1 Kg/m <sup>3</sup> (Bases Granulares)	≥ 2 Kg/m <sup>3</sup>	-
4. Equivalente de arena		>30	≥ 25	≥ 25
5. Desgaste los Ángeles (%)		< 35	< 40	< 50%
6. C.B.R.	Índice	-	≥ 20	≥ 20
	Hinchamiento (%)	-	0,5	-

Tabla 3. Exigencias de materiales para firmes de vías rurales

#### 4. Discusión de resultados.

Observamos como las granulometrías de las mezclas encajan en mayor medida, en uno de los husos propuestos por el PG 3, que cuando las comparamos con los mismos husos como zahorras naturales puras.

Las plasticidades en las zahorras naturales puras observamos que son excesivamente elevadas aunque sus valores de límite líquido e índice de plasticidad están muy próximos al tope de las exigencias y en algunos casos algo por encima. En cambio cuando realizamos las mezclas estas plasticidades disminuyen y en todos los casos nos encontramos con valores inferiores a los apuntados en alguna de las exigencias planteadas.

Mas evidente se observa esta mejora en la plasticidad si nos fijamos en el equivalente de arena donde nos encontramos una subida generalizada de sus valores en mezclas respecto a sus zahorras naturales puras.

A pesar de la aparente fragilidad de la concha de mejillón calcinada vemos como su resistencia al desgaste de Los Ángeles es muy buena. Esto hace que al ser mezclada con las zahorras naturales haga que estas mezclas tengan una resistencia al desgaste superior a la que apreciamos al ensayarlas como zahorras naturales puras.

Las densidades máximas obtenidas con el ensayo Proctor Modificado en las zahorras naturales y en las mezclas correspondientes se parecen en gran medida, a pesar de que la concha de mejillón calcinada pura tiene una densidad menor. Por lo que vemos que la presencia de la concha de mejillón en las mezclas no devalúa las densidades máximas de éstas. De esta manera, tanto las zahorras puras como sus mezclas si cumplirían con las exigencias expuestas.

La capacidad portante de la concha de mejillón calcinada sería adecuada según nos indica su valor de índice de C.B.R., aunque muy ajustada a las exigencias. Las zahorras naturales si cumplirían con solvencias esta exigencia y podemos ver como la mayoría de las mezclas de éstas mejorarían en este apartado al obtener in índice de C.B.R. aún mayor.

#### 5. Conclusiones.

Es posible aportar concha de mejillón calcinada y triturada a zahorras naturales que vamos a utilizar para la ejecución de firmes de vías forestales.

Las cantidades recomendables para mezclas concha de mejillón con zahorra natural son respectivamente de 18% - 82 %.

Si bien la granulometría de la concha de mejillón calcinada y triturada no es adecuada para utilizar como árido en la construcción de un firme de una vía forestal, al mezclarla con una zahorra natural si se convierte en apropiada e incluso mejorante de la zahorra natural.

La no plasticidad de la concha de mejillón calcinada hace que al mezclarla con zahorra natural, ésta se vea favorecida, haciendo que disminuya en la mezcla.

También se aprecian mejorías en la capacidad portante y la resistencia al desgaste de las mezclas de las zahorras naturales con concha de mejillón respecto a las zahorras naturales puras correspondientes.

A pesar de que la concha de mejillón calcinada tiene una densidad máxima baja al ser compactada, esto no hace que altere los valores de densidad máxima de las zahorras naturales cuando las mezclamos con la concha de mejillón.

## 6. Referencias.

American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO). "*Materials, Part I, Specifications*". ed Washington, D.C. edition for American Association of State and Transportation Officials. 13 th ed. 1982.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Normas UNE. "*Geotecnia, ensayos de campo y de laboratorio*". Madrid. Ed. AENOR. 1999.

Calizamar, S.A.. [www.calizamar](http://www.calizamar.com). 2007

Consellería do medio Rural de la Xunta de Galicia. "*Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares de caminos rurales*". Dirección Xeral de Estructuras e Desenvolvemento Rural. 1995.

Dal-Ré Tenreiro, R.. "*Caminos rurales: Proyecto y Construcción*". 3ª edición. Madrid. Mundi-Prensa Libros, S.A. 2001

Elorrieta Jove, J.. "*Vías de saca: Construcción de caminos forestales*". Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 1995

Fernández Loaiza, C. 1982. "*Mejoramiento y estabilización de suelos*". Mexico. Ed. Limusa. 1982

Ministerio de Fomento. "*Pliego de prescripciones Técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*". 2004

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) –Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Laboratorio de carreteras y geotecnia "*Normas NLT: II- Ensayos de suelos*". 2ª edición. Madrid. Centro de publicaciones del MOPT. 1992

## 7. Agradecimientos.

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto de investigación titulado “Utilización de los residuos de concha de mejillón con fines agroforestales e industriales” (CTM2005-05922), financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España.