

# **VALOR HISTÓRICO Y ARQUITECTÓNICO DE LAS PIZARRAS DE BERNARDOS**


**HISTORICAL AND  
ARCHITECTURAL  
VALUE OF THE  
SLATES OF  
BERNARDOS**



José Ubaldo Bernardos Sanz  
Profesor de historia económica. UNED

Fernando López González Mesones  
Dr. Ingeniero de Minas. UPM





# **VALOR HISTÓRICO Y ARQUITECTÓNICO DE LAS PIZARRAS DE BERNARDOS**

**HISTORICAL AND  
ARCHITECTURAL  
VALUE OF THE  
SLATES OF  
BERNARDOS**

**José Ubaldo Bernardos Sanz**  
Profesor de historia económica. UNED.

**Fernando López González Mesones**  
Dr. Ingeniero de Minas. UPM.





Dos circunstancias decisivas convergen en un momento importante de mi vida, en la década de 1970: la necesidad de dar un impulso a mi actividad profesional, y el deseo de vincular esta a mi pueblo natal. Quizás marcado desde la infancia por el espíritu empresarial heredado de mi abuelo materno, siempre mantuve latente el deseo de dedicarme al mundo de la empresa. Crear riqueza, puestos de trabajo, desarrollo y progreso, fueron los valores que siempre me impulsaron a lanzarme, sin apenas preparación ni recursos económicos, a la actividad empresarial.

El recurso natural de que estaba dotado Bernardos, la pizarra, y su explotación fueron el campo abonado para dar cuerpo y vida a este deseo.

Los comienzos no fueron fáciles. Partía de cero. La primera actividad de cantera consistía en extraer de forma manual, planchón irregular que había que vender, lo que suponía largas jornadas visitando viveros, almacenes de construcción y sobre todo, recorrer con mi pequeño utilitario Madrid y su periferia, oteando el horizonte para divisar grúas que evidenciaban la existencia de obras. Posteriormente la primera excavadora, el primer camión... Maquinaria curtida en mil batallas anteriores, que nos obsequiaba cada día con la aventura de las averías. Pero la juventud, la ilusión y el empeño fueron estímulos suficientes para superar todas estas dificultades.

Tradicionalmente la pizarra era material empleado en cubiertas de edificios y, poco a poco hubo que imaginar y crear nuevos productos con otras aplicaciones en el campo de la construcción. Introducirlos en el mercado, dándolos a conocer a arquitectos, promotores y empresas fue tarea larga, de mucha constancia. Hacer de la pizarra un material capaz de estar por derecho propio en grandes e innovadores proyectos, no solo en cubiertas, fue el paso siguiente.

La actividad de extracción y elaboración se completó con la instalación de pizarra, que fue creciendo con un equipo familiar, que sumó apoyos, ideas e ilusión a esta actividad iniciada por mi. Este nuevo paso que aportaba soluciones globales, nos ayudó a conseguir que, unidades de obra proyectadas inicialmente en otros materiales, se sustituyeran por piedra natural.

Hoy el grupo de empresas Naturpiedra Jbernardos, que sigue siendo familiar, cuenta con un importante equipo de cualificados profesionales que ha situado las pizarras, filitas y cuarcitas de Bernardos, en amplios mercados internacionales, contribuyendo a desarrollar y consolidar la actividad laboral de esta pequeña localidad, que me vió nacer, y de la que tan orgulloso me siento, siguiendo el rastro de mis ancestros que durante siglos transmitieron sus conocimientos de generación en generación en este oficio duro y pegado a su tierra.

El libro que tienes en tus manos es el resultado de una ilusión compartida que, impulsada por mi hijo David, ha encontrado respuesta en dos reputados profesionales: el profesor e historiador José Ubaldo Bernardos, y el experto en piedra natural e ingeniero Fernando López Mesones, que con sumo cariño, rigor, y una seria investigación, han dado cuerpo y solidez a esta publicación. Mi mas sincera gratitud y reconocimiento.

Jesús Bernardos Bartolomé.





Two decisive circumstances converge in an important moment of my life, in the 70's: the need to enhance my professional activity, and the desire to relate it to my hometown. Probably marked from childhood by the entrepreneurial spirit inherited from my maternal grandfather, I always kept latent the desire to work in the business world. To create wealth, to create jobs, development and progress, were the values that always pushed me ahead, with little knowledge or economic resources to the entrepreneurial activity.

Slate, the natural resource plentiful in Bernardos, and its exploitation, were the paid field to make this desire happen.

Beginnings were not easy. I was starting from scratch. The first activity in the quarry was to extract manually, irregular flagstones to be sold, what implied long working days visiting nurseries, building material warehouses and above all, drive through Madrid and outskirts in my small car spotting the horizon searching for cranes, evidence of the existence of works. Later on, the first excavator the first truck... Machinery that have endured thousand battles, gave us every day the adventures of breakdowns. But youth, illusion and perseverance were enough encouragement to overcome all these difficulties.

Traditionally, slate was the material used to roof buildings, and step by step we had to conceive and create new products with other applications in the construction field. To introduce them in the market, to present them to architects, promoters and companies was a long task, involving a great deal of perseverance. To make slate a material capable in its own right of being present in major and innovative projects, not only as roofing material, was the next step.

The activity of extraction and elaboration was completed with the slate facility, which grew together with a family team, that supported, gave ideas and illusion to this activity started by myself. In this new stage that provided global solutions, it helped us to achieve that, in working units projected initially in other materials, these were substituted by natural stone.

Today, the holding Naturpiedra Jbernardos, which is still a family business, relies in an important team of qualified professionals, that has situated the slates, phyllites and quartzites of Bernardos, in wide international markets, contributing to develop and consolidate the working activity of this small location, where I was born, and of which I feel so proud, following the trace of my ancestors that over centuries, transmitted their knowledge from one generation to another in this tough and down to earth job.

The book you have in your hands is the outcome of a shared illusion, that pushed forward by my son David, has aroused the interest of two prestigious professionals: professor and historian José Ubaldo Bernardos, and the expert in natural stone and engineer Fernando López Mesones, who with love, accuracy and with a serious research, have given birth and solidity to this publication. My most sincere gratitude and acknowledgement.

Jesús Bernardos Bartolomé.

# Índice/Index

## PARTE I

### **Valor histórico de las pizarras de Bernardos** 11 **Historical value of the slates of Bernardos**

1. Origen de la explotación de las canteras	13
1. Origins of the quarries exploitation	
2. La búsqueda del material	16
2. Searching for the material	
3. La localización y elección de los yacimientos	18
3. Locating and selecting the deposits	
4. La organización de la explotación en las canteras. Personal ocupado, herramientas	21
4. Organisation and exploitation of the quarries. Personnel employed and tools	
5. Los costes y los precios de la pizarra	29
5. Costs and prices of the slate trade	
6. Las obras con la pizarra de Bernardos entre los siglos XVI y XVIII	33
6. The works with Bernardos slate in the 16th and 17th centuries	
6.1. Obras realizadas en pizarra durante el siglo XVI	34
6.1. Constructions with slate during the 16th century	
6.2. Obras realizadas en pizarra durante el siglo XVII	44
6.2. Constructions with slate during the 17th century	
6.3. El siglo XVIII. El período Borbónico	47
6.3. The 18th century. The time of the Bourbons	
7. El siglo XIX. Declive de las construcciones de pizarra	49
7. The 19th century. Decline in the constructions with slate	
8. La irrupción de los ingleses en Bernardos y la recuperación en las primeras décadas del siglo XX	51
8. Arrival of the English in Bernardos and recovery of activity in the first decades of the 20th century	
<b>Bibliografía</b>	56
<b>Bibliography</b>	
<b>Anexo. Obras con pizarra de Bernardos entre los siglos XVI y comienzos del siglo XIX</b>	58
<b>Annex. Works with Bernardos slate between the 16th and early 19th centuries</b>	

## PARTE II

### **Valor arquitectónico de las pizarras de Bernardos** 67 **Architectural value of the slates of Bernardos**

1. El marco geológico	68
1. Geological setting	
2. Las canteras y los materiales	73
2. Quarries and materials	
2.1. Las Canteras de Bernardos	77
2.1. The Bernardos quarries	
2.2. El valor histórico como herramienta para la restauración	79
2.2. Historical value as an instrument for restoration	
2.3. Propiedades tecnológicas de las pizarras	82
2.3. Technological properties of the slate	

2.3.1. Ensayos de características de la pizarra utilizada para cubiertas según UNE EN 12326-2, definidos en el Subcomité CEN TC128/SC8	83
2.3.1. Characterisation tests for the slate used for roofing, following UNE EN 12326-2, defined in the Sub-committee CEN TC128/SC8	
2.3.2. Ensayos de características para otros usos como pavimentos, aplacados, mampostería, etc, de acuerdo con los procedimientos desarrollados por el comité CEN TC 246/WG2 y CEN TC 125	88
2.3.2. Characterisation tests for the slate for other uses such as paving, tiling and masonry etc, following the procedures developed by the Committee regulations CEN TC 246/WG2 and CEN TC 125	
<b>3. Aspectos reglamentarios y normativos</b>	<b>89</b>
3. Regulatory and normative aspects	
<b>4. Sostenibilidad y eficiencia energética</b>	<b>92</b>
4. Sustainability and energy efficiency	
<b>5. Productos comerciales</b>	<b>100</b>
5. Commercial products	
5.1. Modalidades de acabado superficial	100
5.1. Type of surface finish	
5.2. Color y tonalidad	101
5.2. Colour and tonality	
5.3. Aplicaciones	102
5.3. Use	
<b>6. Productos sometidos a normas Europeas armonizadas</b>	<b>104</b>
6. Products subjected to standardised European norms	
6.1. Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimientos discontinuos	104
6.1. Products made of slate and natural stone for discontinuous roofs and laminates	
6.2. Productos de piedra natural. Plaquetas	106
6.2. Natural stone products. Modular tiles	
6.3. Piedra natural. Placas para revestimientos murales	107
6.3. Natural stone. Slabs for wall covering	
6.4. Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras	108
6.4. Natural stone products. Tiles for paving and stairs	
6.5. Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos exteriores	109
6.5. Natural stone products. Tiles for external paving	
6.6. Bordillos de piedra natural para uso como pavimento exterior	110
6.6. Natural stone curbs or borders used for external paving	
6.7. Adoquines de piedra natural para uso como pavimento exterior	111
6.7. Natural stone setts for external paving	
<b>7. Especificaciones para unidades de albañilería</b>	<b>112</b>
7. Specifications for pieces for construction work	
7.1. Unidades de piedra natural para fábrica de albañilería	112
7.1. Natural stone pieces for masonry units	
7.2. Productos sometidos, únicamente, a normas UNE	113
7.2. Products only subjected to UNE standars	
7.3. Productos para la construcción y decoración de interiores	114
7.3. Products for interior construction and design	
7.4. Productos para jardinería y mobiliario urbano	115
7.4. Products for the garden and urban furniture	
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>116</b>
Bibliographic references	
<b>Anexo. Protocolos de ensayos de laboratorio</b>	<b>118</b>
Annex. Laboratory test protocols	



# PARTE I

## *Valor histórico de las pizarras de Bernardos*

## *Historical value of the slates of Bernardos*

José Ubaldo Bernardos Sanz  
Profesor de historia económica. UNED.

## **José Ubaldo Bernardos Sanz**

(Bernardos, Segovia 1960), doctor en historia moderna por la Universidad Autónoma de Madrid y actualmente profesor de historia económica en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Su actividad investigadora se ha centrado en el transporte, con la publicación del libro "Trigo madrileño y abasto castellano: Los arrieros y comerciantes segovianos en la Edad Moderna" (Junta de Castilla y León, 2002). También ha estudiado el abastecimiento de productos básicos a Madrid, donde destaca la tesis doctoral No solo de pan, Abastecimiento y consumo de carne en Madrid, 1450-1805, (Universidad Autónoma de Madrid, 2008). Integrante del Equipo Madrid de Estudios Históricos (Universidad Autónoma), con varios trabajos entre los cuales es autor del apartado de abastecimiento y mercado en la obra colectiva dirigida por S. Madrazo y V. Pinto Madrid, Atlas de una ciudad (Lunwberg-Caja Madrid, 1995). Colaborador en el proyecto de recuperación del patrimonio histórico en Bernardos (Segovia).

(Bernardos, Segovia 1960), earned his PhD in Modern History from Universidad Autónoma de Madrid and currently is a professor of Economic History at Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). His research activity has focused on goods transportation, leading to the publication of the book "Trigo madrileño y abasto castellano: Los arrieros y comerciantes segovianos en la Edad Moderna" [Madrid wheat and Castilian supply chain: The mule drivers and merchants from Segovia in the Modern Age] (Junta de Castilla y León, 2002). In his PhD dissertation "No solo de pan, Abastecimiento y consumo de carne en Madrid, 1450-1805 [Not on Bread Alone: Supply Chain and Meat Consumption in Madrid, 1450-1805] (Universidad Autónoma de Madrid, 2008) he analysed the supply chain of basic goods to Madrid. Member of the Madrid Team of Historical Studies (Universidad Autónoma de Madrid), he authored the section on supply chain and market in the collective work directed by S. Madrazo and V. Pinto Madrid, "Atlas of a City" (Lunwberg-Caja Madrid, 1995). He has collaborated in the project "La urdimbre de la memoria" [The Warp of Memory] for the recovery of the historical heritage of Bernardos (Segovia).



## 1.- Origen de la explotación de las canteras.

Felipe II accedió al trono de España a comienzos de 1556, tras la abdicación de su padre, el emperador Carlos V, convirtiéndose en el monarca más poderoso en aquella época, cuyas posesiones eran tan extensas que se decía “no se ponía el sol”. Su reinado se prolongó hasta su muerte en 1598. Su educación se había forjado en un ambiente exquisito con excelentes maestros, donde había cultivado el gusto por las artes. Hay que tener en cuenta que tuvo entre los pintores de la Corte a maestros como Tiziano o El Greco. Los historiadores del arte y de la arquitectura coinciden al expresar que la introducción de la pizarra en las obras reales, realizada durante el reinado de Felipe II, fue una decisión estrictamente personal del monarca, apoyada en sus conocimientos y gustos arquitectónicos recogidos y madurados en viajes que hizo, cuando era príncipe, por Italia, Alemania, Bélgica, Países Bajos e Inglaterra, adonde llegó para casarse con la reina María Tudor, su segundo matrimonio. No obstante, su puesta en práctica corrió a cargo de los arquitectos que estuvieron en esta época bajo sus órdenes: Juan Bautista de Toledo, Luis de Vega, Gaspar de Vega, Francisco de Mora, Juan de Herrera,... que tradujeron a la realidad los deseos del monarca.

La elección de la pizarra respondía a la fascinación que había penetrado en el refinado gusto del Rey, cuando contemplaba los edificios que con este material se cubrían en aquellos países. Es un periodo marcado por la efervescencia de obras en edificios reales, situados principalmente entre Segovia, Madrid y Toledo, y coincide con la instalación de la Corte en Madrid en 1561 como capital permanente de la monarquía. La configuración del nuevo estilo suponía un reto y a la vez un compromiso de los arquitectos reales para plasmar en los edificios las exigencias de su señor. Uno de los personajes más implicados en esta tarea fue Gaspar de Vega, encargado de la obra del

## 1.- Origins of the quarries exploitation.

Philip II arrived upon the throne of Spain at the beginning of 1556, following the abdication of his father – the Emperor Charles V. He thus became the most powerful monarch of his time, owning such a vast expanse of land that it was said that “the sun never set” over his territory. His reign lasted until his death in 1598. He was educated by excellent masters in a refined atmosphere, thanks to which he developed a taste for fine arts. It is worth observing that great masters such as Tiziano and El Greco worked as court painters for him. Art and architecture historians agree that slate was introduced in royal artwork during the reign of Philip II as a result of an exclusively individual decision by the monarch. This choice was based on his knowledge and taste in architecture which he acquired and developed as a prince throughout his trips across in Italy, Germany, Belgium, the Netherlands and England, to which he travelled to wed Queen Mary Tudor, his second marriage. In practice, however, slate was introduced by the architects who were working under the monarch’s orders: Juan Bautista de Toledo, Luis de Vega, Gaspar de Vega, Francisco de Mora, Juan de Herrera, etc. These men turned the monarch’s wishes into a reality.

The choice of slate was a response to the fascination which overtook the King when he observed the constructions built with that material during his trips across in the countries mentioned above. His reign is a period of effervescent construction of royal buildings, located mainly between Segovia, Madrid and Toledo and coincides with the Court’s decision in 1561 to settle in Madrid as the Kingdom’s permanent capital city. The configuration of the new style implied a challenge as well as a commitment from the royal architects to reflect their monarch’s wishes in the buildings which they designed. One of the strongest characters involved in this regard came from Gaspar de Vega, who oversaw

palacio de Valsaín, que realizó también varios viajes a Europa alguno de ellos acompañando a Felipe II. Gaspar de Vega hacía anotaciones sobre los edificios que contemplaba en sus visitas, tomando sugerencias para aplicarlas en sus bocetos y trazas.

El nuevo estilo constructivo llevaba consigo la adopción de un nuevo material, pero con ello también eran necesarias nuevas técnicas y profesionales en las obras, como la carpintería en las nuevas estructuras de los tejados. Se hubo de importar conocimientos y personas, así como incluso materiales específicos (como los clavos de asentar la pizarra, traídos de Flandes), para su aprendizaje y su difusión entre los profesionales nativos.

Se tiene como fecha de referencia el año 1559 para establecer el inicio del nuevo proceso constructivo que lleva a incorporar la pizarra en las obras reales. Así, en la correspondencia que intercambian Felipe II y Gaspar de Vega buscan alternativas sobre el material a elegir, y es en este momento cuando se determina relegar el plomo. Gaspar de Vega, a pesar de ser partidario de este material, le cuenta en una carta fechada en enero de 1559 los problemas de las planchas de plomo<sup>1</sup>. El rey, en su respuesta añade inconvenientes a la utilización del plomo:

*“el uno que el plomo cargaria mucho la casa; y el otro que el verano la haria muy calurosa, como se tiene por experiencia de lo de acá. Y hame parecido que será mejor hacer los tejados agros, a la manera de los de estos estados, y cubrirlos de pizarra, que como habeis visto son muy lucidos...”<sup>2</sup>*

the construction of the Valsaín Palace and who also often visited other European countries, sometimes accompanied by Philip II himself. Gaspar de Vega took notes on the buildings which he saw during his visits, finding suggestions for his own drawings and designs.

The new architectural style entailed not only the adoption of a new material but also new techniques and the employment of new professionals to carry out some of the works, such as carpenters for the new roof structures. It was thus necessary to bring in new knowledge and people, as well as specific tools (such as nails to support the solidification of the slate, which were brought from Flanders) to help and disseminate the know-how among the local professionals.

1559 marks the start of the new construction process which incorporated slate in the construction of royal buildings. In the letters which Philip II exchanged with Gaspar de Vega, they pondered alternative options on materials to be used, and it was then that they decided to set aside lead. Although he was a proponent of this material, Gaspar de Vega mentions the issue of lead stains in a letter written to the King in January 1559. In his response, the King finds even more disadvantages in the use of lead:

*“The first problem is that lead would load up the house, and the other is that it would make it very warm in the summertime, as we have learnt from experience in this area. It appears to me that it would be best to build roofs in the manner of those states and cover them with slate, which, as you have seen, look magnificent...”*

1- AGS, CC y SS. Reales, leg. 267: f. 61 “pero vinieron maltratadas, muchas de ellas horadadas (...) sería bien traerlo en balones y traer un oficial de los que lo hacen allá para que acá lo fundiese (...) y yo certifico a Vmag, que si no fuese por la mucha costa, que en toda esta casa del bosque sería gran bien hacerle todos los tejados de plomo”. El plomo fue un material utilizado en estos años en lugares como el Alcázar de Segovia y el palacio de Aranjuez.

2- E. Llaguno “1977”, tomo II, pp. 198-9. En la carta, el Rey hace referencia al conocimiento de Gaspar de Vega de la arquitectura y el tipo de tejados del norte tras haber viajado y conocido zonas de Francia y los Países Bajos. Al respecto, L. Cervera Vera (1979). Sobre la atracción que despertaban los tejados de pizarra tenemos el testimonio por ejemplo de otro gran observador, M. de Montaigne “1994”, p. 29 que en el siglo XVI alaba las casas privadas en la ruta desde Suiza a Alemania: “sans comparaison plus belles qu’en France, et n’ont faute que d’ardoises...” (Sin comparación, más bellas que en Francia, y solo las falta las pizarras...”).

Este rasgo del brillo o resplandor que producían los tejados será uno de los determinantes de la elección final del material y en las órdenes que enseguida transmite a su maestro de obras, ya que en la misma carta expone la planificación de dichas tareas:

*.. Y así he mandado que se busquen ocho oficiales diestros, dos para sacar la pizarra, y cuatro para cortarla, aderezarla y sentarla, y los otros dos para hacer los maderamientos de los tejados y armarlos; y todos partirán a tiempo que sean ahí a la primavera. Entre tanto hareis cortar y desvastar las maderas convenientes para los dichos tejados y tenerla a punto; y que con diligencia se busque la pizarra lo más cerca y a propósito de la casa que ser pudiere, porque llegando los oficiales no pierdan tiempo..."*

Incluso el rey se permite ya aconsejarle sobre la zona más cercana donde había visto dicho material:

*"no se hallando más cerca, en Sta. Maria de Nieva la ha de haber, que pasando yo por allí, vi hacer cierta obra de ella en la iglesia"*

La referencia a Santa María de Nieva no era casual, ya que se encontraba en la ruta utilizada para los desplazamientos de la Corte entre Valladolid y Segovia. La villa de Santa María de Nieva había sido una fundación real relacionada con el descubrimiento de la virgen de la Soterraña y la fundación de un monasterio por parte de Catalina de Lancaster, esposa del rey Enrique III a fines del siglo XIV. La iglesia de la villa es la que Felipe II cita en su carta.

Los pizarreros flamencos llegan a Valladolid en julio del mismo año y dos oficiales carpinteros, Juan de Bruselas y Gutierre de Spina son enviados posteriormente desde Flandes por el cardenal Granvela. En 1562 la nómina de cubri-

The subtle glow or radiance produced by the roofs was one of the determining factors in the final choice of the material and is mentioned in the orders given to the master of the works. The planning of the tasks is detailed in the same letter:

*And so I ordered that eight apt skilled workers should be sought, two to extract the slate, four to cut, polish, and lay the pieces, and the last two to build the wooden frames for the roofs and assemble them. And they will shall depart in time to return back home for the spring. In the meantime, you must have the adequate wood chopped and smoothed down so that it is prepared for the roofs, and have men diligently search for slate as near the house as possible, so that the workers do not waste any time upon arrival...*

The King even advises on the nearest location in which he has seen the material:

*The nearest location in which slate can be found is in Santa Maria de Nieva. I was passing through there one day and I observed that slate was being used to build a church.*

The reference to Santa María de Nieva is not coincidental, as the town was located on the route used by the Court when they travelled from Valladolid and Segovia. The origins of Santa María de Nieva – which was founded by the monarchy – are related to the discovery of the Virgin of Soterraña, and to the foundation of a monastery by Catherine of Lancaster, the wife of King Henry III, at the end of the 14th century. The town church is that which Philip II mentions in his letter.

The Flemish slate masters arrive to Valladolid in July of the same year, and two carpenters, Juan de Bruselas y Gutierre de Spina, were sent out later from Flanders by Cardinal Granvela. By 1562 the number of slate masters from Flanders



dores de pizarra originarios de Flandes ascendía a 8: Regnesson de Wart, Jaequenin Hallart, Lienatt Tehoncur, Jean de la Ret y Nicolas Bonsar, todos ellos de Lieja, y Jean Bonsart, Hans Bethemans de Amberes y Gilles Marcq, de Liquer. Todos ellos cobrarían 200 maravedís diarios, fueran festivos o no, y se completaba con un fabricante de clavos, Juan Colin<sup>3</sup>. Posteriormente llegaron de Francia más pizarreros, como Juan Ru, y el oficio empezó a ser transmitido a oficiales locales como a Gonzalo López, uno de los primeros cubridores españoles. Otro de los que aprendieron el oficio de colocar pizarra fue Pedro Muñoz, cubridor de pizarra en numerosas obras desde la Casa de la Moneda de Segovia pasando por la Fuenfría, las torres del ayuntamiento de Segovia o el palacio de Lerma, que estuvo más de 30 años sirviendo como administrador de las canteras de Bernardos. Pedro Muñoz dejaba claro que el término de pizarrero se aplicaba a los que ponían la pizarra en los tejados, cuando en una carta que envía al veedor de las obras reales en 1623 desde la obra de la Fuenfría dice:

*“advierto a Vnd que el hombre que saca la pizarra no es pizarrero sino sacador, oficio distinto y diferente”<sup>4</sup>.*

## 2.- La búsqueda del material.

Por ello, la comarca de Santa María de Nieva fue elegida para las obras situadas en Segovia y los minadores llegados para la extracción recorrieron la zona, eligiendo la más propicia en el lugar de Bernardos, situado a unos 10 kms de Santa María. Para las obras situadas en Madrid se había optado por buscar el material en el contorno de Torrelaguna, y para las obras de Toledo la comarca de Yébenes sería la más indicada.

3- Cano de Gardoqui, 1991, p. 294.

4- AGP, San Ildefonso, C<sup>a</sup> 13536, 19, septiembre de 1623.

had increased to eight: Regnesson de Wart, Jaequenin Hallart, Lienatt Tehoncur, Jean de la Ret and Nicolas Bonsar, all of them from Liege, as well as Jean Bonsart and Hans Bethemans from Antwerp and Gilles Marcq, from Lier. Each of them probably earned approximately 200 maravedis per day, regardless of whether it was a holiday or not. They were assisted by a nail-maker named Juan Colin. More slate masters such as Juan Ru arrived from France at a later point, and the art of the trade started being taught to local masters such as Gonzalo López, one of the first Spanish slate masters. Another man to learn the trade was Pedro Muñoz, who arranged the slate for numerous works such as the Casa de la Moneda in Segovia, works around La Fuenfría, the towers of the Segovia town hall or the Palace of Lerma, and who ran the quarries of Bernardos as administrator for more than thirty years. Pedro Muñoz insisted that the work of a slate master ended at the moment of laying the slate on the roofs, as he made clear in a letter which he sent to the supervisor of royal works in 1623 reporting on the works in La Fuenfría:

*“Your Grace, I must warn you that the man who extracts the slate is not a slate master but an extractor, which is a distinct and different type of work.”*

## 2.- Searching for the material.

For these reasons, the area of Santa María de Nieva was selected to supply the works located in Segovia. The miners who arrived to extract the slate prospected the area and selected Bernardos – 10 kilometres away from Santa María – as the most suitable. For the works undertaken in Madrid, they chose to extract in the vicinity of Torrelaguna, and the area of Yébenes was considered the most adequate for the works under way in Toledo.

Sin embargo, las obras de Madrid no se pueden acometer con pizarra de las proximidades, pues los sondeos en las zonas más cercanas no dan resultados positivos. Para las obras del alcázar de Madrid y del Pardo será la pizarra de las canteras de Bernardos la que se utilice debido al fracaso, definitivamente probado en 1563, de las muestras de la zona de Torrelaguna. Sin embargo, Yébenes parecía ofrecer buen material para las obras de Aranjuez, si bien no hay evidencias de que se utilizara material de esta zona<sup>5</sup>.

La búsqueda de lugares alternativos se prosiguió con el inicio de la edificación del monasterio de El Escorial. Se buscaron en la zona de Cebreros, donde parece que los especialistas franceses consiguieron un material aceptable. De hecho durante unos meses se extrajo material en la denominada cantera de la Palomera pero, no sabemos si fuera por las condiciones climáticas extremas del lugar o porque al final no era un material suficientemente bueno, el caso es que se dejó pronto de extraer<sup>6</sup>.

La misma circunstancia se produjo tras el incendio de 1671, que malogró la mayor parte de la techumbre. Se hicieron pruebas con una pizarra cuya cantera estaba a una distancia de 7 leguas (unos 40 kilómetros) pero los encargados de la reconstrucción de la Junta de obras y bosques terminaron desechándolo:

*“aunque se halla 7 leguas distante de esta Real Casa y la de Bernardos 15 leguas vendrá a salir casi toda a un precio por cuanto la que está más cerca es muy blanda y no se puede sacar tan delgada y porque los oficiales que la benefician viven en dicho de Bernardos y no hay otros que la sepan*

However, the works in Madrid faced an obstacle when the searches for slate around that area failed to produce positive results. In the construction of the Royal Alcázar of Madrid and the Royal Palace of El Pardo, the slate used was extracted in the Bernardos quarries, due to the inadequacy – decisively demonstrated in 1563 – of the samples obtained in the Torrelaguna area. By however, Yébenes seems to have provided good material for the works in Aranjuez, but there is no evidence to suggest that slate from that area was used for the constructions in Madrid.

The search for alternative locations continued while works began for the Monastery of El Escorial. The area of Cebreros was examined, and it appears that the French experts found acceptable material. In fact, slate was extracted from the so-called quarry of La Palomera for a few months. The extraction therein stopped soon after, but it is still unknown whether this was due to adverse local weather conditions or to the fact that the slate was not sufficiently good.

A similar situation emerged after the fire of 1671, which damaged most of the roof. Slate was extracted from a quarry located seven leagues away and brought to be tried on the roof, but it was ultimately rejected by the members of the Committee on Constructions and Forests who were in charge of the reconstruction:

*Although it can be found a mere seven leagues away from this Royal House and although we would be obliged to travel seven leagues to obtain slate from Bernardos, the latter shall prove a better price. The nearby slate is too soft and cannot be fashioned into sheets as thin as that from Bernardos, for only the experts*

5- AGS, CC y SS. Reales, leg. 247: 1 f. 60 “En Torrelaguna y su contorno se hizo ensayo de las muestras de pizarra que allí se hallaron y pareció al sacador que ninguna de ellas era de provecho -aunque la una de ellas tenía buen color, pero no hienden bien ni se dejaban cortar al propósito de lo que es menester”. Sobre la zona toledana se había presentado una “Memoria de la pizarra buena que hay cerca de Yébenes para que cuando haya buen aparejo se provea que se comience a sacar poco a poco y se traiga a Aranjuez y donde más S.M. fuere servido”.

6- Cano de Gardoqui, (1994:172-3). Un siglo más tarde, tras el incendio de El Escorial en 1671 se volvió a intentar traer pizarra de una zona situada a la mitad de trayecto que Bernardos, que podría ser otra vez esta cantera en Cebreros, pero se desechó por resultar blanda.

*sacar vendrá a ser de más costa que la que se trae de Bernardos por lo cual no conviene sino traerla donde se ha traído hasta ahora ...”*

*living in Bernardos know how to adequately extract slate. It would eventually be more costly to use the nearby slate, so it is thing to continue bringing the slate from the same quarry which we have been using until now...*

### 3.- La localización y elección de los yacimientos.

Los técnicos extranjeros que llegaron a Bernardos en torno a 1560 tuvieron que hacer una prospección en el terreno para elegir los lugares más apropiados donde se pudiera extraer el material idóneo para las obras. Buscaron zonas donde se aunaban dos criterios principales, la calidad del material y la facilidad de la extracción. Pronto eligieron la zona donde el curso del río Eresma va encajonado en el valle formado por la fractura que los movimientos tectónicos han afectado al macizo pizarroso. Estas fracturas han favorecido además el curso de arroyos secundarios, que desaguan en el río, y que erosionan los cursos, dejando prácticamente a la vista los bancos pizarrosos. En este valle, en suma, las laderas tienen una inclinación que favorece la apertura de canteras.

### 3.- Locating and selecting the deposits.

The foreign technicians who arrived to Bernardos around 1560 had to undertake a preliminary inspection of the area in order to select the most appropriate places to extract the ideal material for the works. They searched for areas which combined two main criteria: the quality of the material and the ease of extraction. They soon opted for the area in which the course of the Eresma river follows the valley formed by the fractures caused by tectonic movements in the slate-abundant mountain range. These fractures helped the formation of secondary streams, which drain the main river and lead to erosion throughout its course, thus leaving of the slate practically in bare sight. In sum, the slopes of this valley favours the opening of quarries.

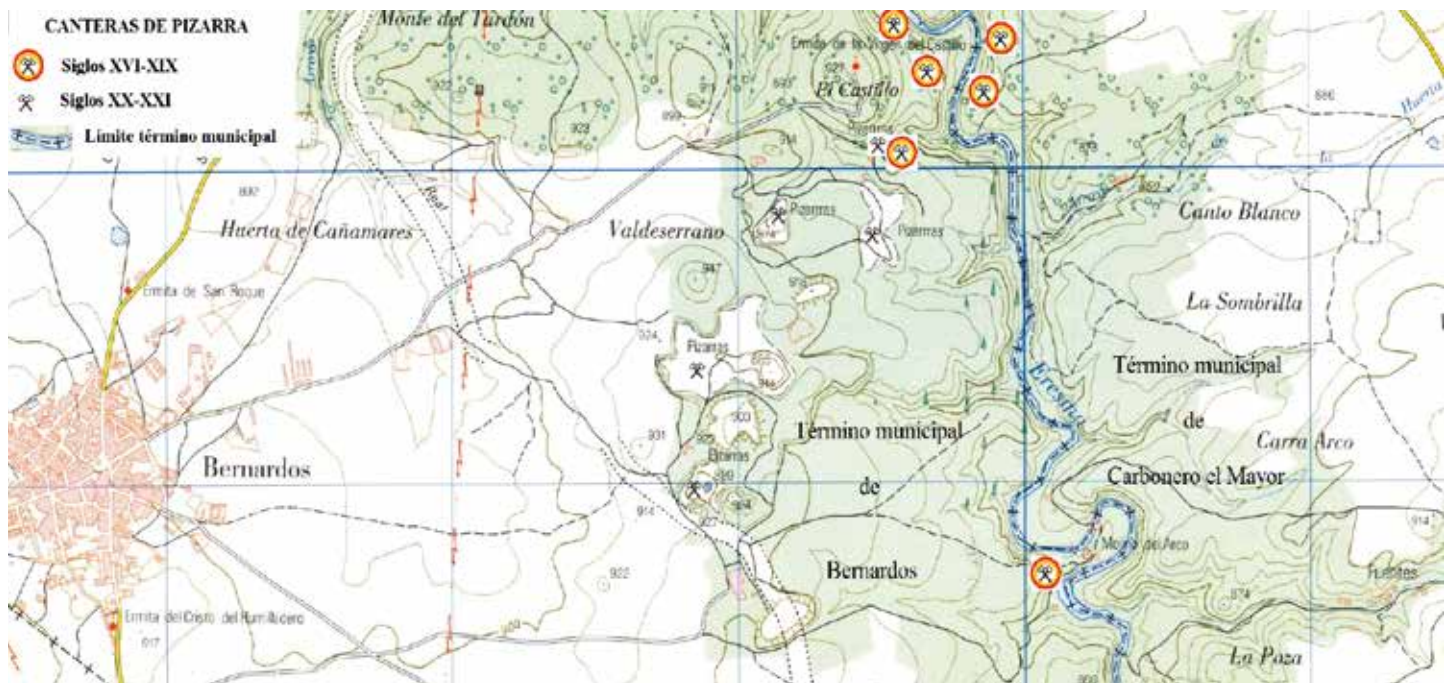


Imagen I-1. Mapa de Bernardos y canteras de pizarra.



La ladera oriental del cerro del Castillo, en la ribera izquierda del río, fue uno de los primeros lugares que se consideró más apropiado. Como se observa en el mapa, tiene un gran desnivel y permite la extracción de los bancos sin mucho desescombro y sin necesidad de hacer una extracción en pozos o gran profundidad. Para ello simplemente se requería hacer una limpieza de la parte superficial de la ladera, retirar el material más blando y acceder a las capas más compactas. Al mismo tiempo, a medida que se hacían los huecos, cuidar de realizar operaciones de desagüe para evitar algún tipo de inundación. Al parecer la extracción comenzaba en las zonas más bajas, ampliándose progresivamente a medida que se iban descubriendo los bancos. Así podían extraer el material desde abajo, ahondando lo suficiente para aprovechar la facilidad de acceso, ampliar la superficie de cantera buscando las vetas mejores y una vez extraídos los bancos del material de la parte de abajo el relleno con el escombro permitía acceder a los bancos superiores de la ladera. Posteriormente se van descubriendo bancos en otras zonas cercanas, como la de la fuente de San Pedro y lugares más próximos al río, donde parece que se encuentra buen material.

Desde 1563, con la llegada de más técnicos desde Francia, se abren canteras en otros parajes cercanos. Hay constancia de la apertura de una cantera cauce arriba del molino del Arco, donde se extrae material durante los años que va creciendo la actividad. En 1567 llegan quejas a la administración de la cantera de que el molino tiene problemas por los escombros que genera y que se va acumulando en la presa<sup>7</sup>.

La explotación de los yacimientos del valle del Eresma se prosigue en el siglo XVII y se amplían al término de Carbonero el Mayor, que está en la ribera derecha. En el siglo XVIII nos encontramos con varias canteras abiertas en ambos márgenes. Los parajes no son identificables fácilmente

The eastern side of the Castillo hill, on the left bank of the river, was one of the first locations to be considered adequate. As can be seen on the map, the side has a steep slope which allows extraction from the banks without the need to clear too much debris, use wells or dig in great depth to extract the material. The only requirement was to clear the superficial part of the mountainside, remove the softer material and access the more compact layers. At the same time, while holes were dug, it was necessary to carry out draining operations to avoid any form of flooding. It appears that the extraction started in the lower areas, and progressively took over wider areas as more strata were uncovered. Thus, they could extract the material from below, digging sufficiently to benefit from the ease of access, widen the surface of the quarry while looking for better seams. Thereafter, once the strata of material from the lower area was extracted, the leftover debris made it easy to access the upper strata of the mountainside. Later on, further strata were discovered in nearby areas, such as the fountain of San Pedro and other locations closer to the river, which seemingly contained good material.

From 1563 with the arrival of additional technicians from France, other quarries were opened in the vicinity. Records show that a quarry was opened upstream from the Arco windmill, and slate was extracted there for years as activity in this area increased. In 1567, the administration of the quarry started receiving complaints about the problems faced by the windmill due to the debris which resulted from the extraction work and accumulated in the dam.

The exploitation of the deposits of the Eresma valley continued on throughout the 17th century and reached Carbonero el Mayor, which lies on the right side of the riverbank. The 17th century saw various quarries open on both sides of the

---

7- AGS Casa y Sitios Reales, 267: 1, fol. 201.

por los datos de la documentación, salvo en algún caso como el de Valdegurrera a mediados de siglo. No obstante se observa que es en el término de Bernardos donde queda la mayor parte de la extracción.

La explotación de estos lugares quedó bajo la denominación de Canteras Reales, normalmente zonas que no admitían el aprovechamiento agrario y por tanto se encontraban en baldíos sin propiedad definida y por tanto bajo la titularidad de la Corona. En razón de este uso, las canteras quedaban para uso exclusivo de las obras Reales y aquellas otras que contaban con el permiso de la Junta de Obras y Bosques para el suministro de pizarra. Así pues, era el administrador de las canteras quien se ocupaba de supervisar los permisos de extracción y hacer frente a la demanda de material tramitada a través de la Junta de Obras y bosques, hasta que las necesidades de la obra del monasterio de San Lorenzo de El Escorial insertaron la gestión de las canteras en manos de los responsables de la Congregación Jerónima.

A veces, los administradores de las canteras denunciaban el incumplimiento de los permisos, porque había sacadores que no hacían caso desviándolo a otras obras. Por ello se reiteraba la prohibición de desviar pizarra sin el permiso del administrador bajo la pena de una cuantiosa

river. The exact locations are difficult to identify due to the lack of documentation, except in cases such as the opening of the Valdegurrera quarry during the mid-century. However, it must be noted that Bernardos still hosted the largest portion of the extraction work.

Those locations were given the name of Royal Quarries, and were usually situated in areas in which agricultural exploitation was impossible, that is, in empty lands without clear ownership and thus in the hands of the Crown. Therefore, the quarries were exclusively utilised for royal works, or for works which had received an authorisation from the Crown's Committee on Constructions and Forests to be supplied with slate. The quarry administrator was in charge of supervising the extraction permits and of responding to the demand for the material which was processed through the Committee, until the needs of the construction of the Monastery of San Lorenzo de El Escorial placed the administration of the quarries in the hands of monks from a Hieronymite congregation.

The quarry administrators sometimes reported breaches in the use of permits, as some extractors circumvented them to extend their scope to other works. The prohibition to divert slate without an administrator's authorisation was thus often reiterated, with the warning that



Imagen I-2. Grabado de Angers en el siglo XVI.

Picture I-2: Engraving of Angers in the 16th century.

multa. Incluso se daba el caso de la detención de partidas de pizarra a transportistas que las desplazaban sin licencia, como sucedió a los vecinos de Carbonero el Mayor en 1676 en la venta de Otero de Herreros<sup>8</sup>.

#### **4.- La organización de la explotación en las canteras. Personal ocupado, herramientas.**

La explotación de las canteras necesitaba personal especializado que entendiera el oficio de la prospección y extracción de la piedra, pero también personal no especializado para que asistieran a las labores que requerían esfuerzo en las tareas de desmonte, retirada de escombros, extracción y transporte de la misma. Además, en la propia cantera, se realizaban las labores de corte y elaboración de las piezas, previas a su transporte hacia las obras. Por tanto llegaron a Bernardos los oficiales minadores y sacadores de pizarra, que se ocuparon del trabajo de explotación de la cantera, así como los cortadores y fabricantes de las piezas para las cubiertas. Había, pues, una especialización en dos funciones principales: el trabajo de la extracción de material y la elaboración del mismo para su conversión en las piezas que se empleaban para la techumbre. El crecimiento de la actividad en las canteras de Bernardos, la especialización de funciones y la necesidad de una mínima organización que llevara la gestión cotidiana de la explotación planteó la necesidad de un responsable que supervisara el día a día en las pizarreras. Así se nombró a un sobrestante de las mismas, denominado posteriormente administrador, ocupado en transmitir las órdenes relativas a peticiones de material, la confección de nóminas semanales para la remuneración del personal, y la programación de los trabajos, de acuerdo con las normas que llegaban desde los organismos superiores, así como el cuidado de la herramienta. Algunos sobrestantes prestaban herramientas a individuos, como Sebastián Pérez que en su testamento declara haber dejado azadores,

a high fine would be charged for such a breach. There were cases in which the transportation was stopped because the carriers did not have the adequate permit to transport slate, as was experienced by the neighbours of Carbonero el Mayor in the sale of Otero de Herreros in 1676.

#### **4.- Organisation and exploitation of the quarries. Personnel employed and tools.**

The exploitation of the quarries required specialised personnel who understood how to carry out the tasks of prospecting and extracting the material, but also non-specialised workers to assist with the strenuous work of levelling, clearing debris and transporting the rocks. In addition, part of the cutting work and elaboration of the pieces also took place in the quarries before the pieces were transported to the construction sites. Therefore, miners and slate extractors made their way to Bernardos to take over the exploitation of the quarry, along with other workers in charge of cutting and fabricating the pieces for the roofs. There were thus two main specialised functions: on the one hand, extracting, and on the other hand, working on the material and transforming it into the pieces then used on the roofs. The increase in the activity in the Bernardos quarries, the specialisation of functions and the necessity for a minimum organisation to take over the daily management raised the question of the need to find a supervisor for the everyday work. An overseer of the quarries was thus designated – later renamed “administrator” – who was in charge of transmitting orders related to the requests for the material, preparing the weekly payslips for the personnel, planning the tasks ahead according to the directives of the higher entities and maintaining the tools. Some overseers lent tools to individual workers, such as Sebastián Pérez, who declared in his will that he lent such instruments as mattocks and bars

---

8- Citado en Ceballos, 2010, p. 62.



barras, etc<sup>9</sup>, algo que las instrucciones posteriores prohíben taxativamente. Los trabajadores se distribuían por cuadrillas para realizar conjuntamente el trabajo en un lugar, ya que dependiendo de la intensidad del mismo podían operar varias cuadrillas en diferentes lugares.

Los primeros especialistas en llegar son minadores borgoñones, que se ocuparon en extraer las primeras partidas que se enviarán a Valsaín y también a Madrid. Las primeras nóminas que conocemos de 1561 datan la presencia de dos minadores, Jean de Burgeois y Antonio de Hosbo vecino de la villa de Fumay, localidad francesa en la región de las Ardenas, y dos trabajadores vecinos de Santa María de Nieva, que ayudan a los borgoñones<sup>10</sup>. Además, un vecino de Bernardos que se ocupa en llevar la pizarra hasta la obra en Valsaín. Posteriormente, a fines de 1562, Gaspar de Vega envía a Juan Ru, pizarrero francés y a Gonzalo López, pizarrero español, a buscar más oficiales en Francia. Los nuevos especialistas llegan en 1563, algunos con familia incluida, procedentes de la región francesa de Angers, en concreto del lugar de San Leonarte, una de las principales zonas productoras de pizarra. Gaspar de Vega anuncia su llegada a mediados de marzo, declarando

*“Son muy buenos mancebos, los dos casados  
y con sus mujeres, y los dos mozos”*

además de cobrar menos que los contratados anteriormente. Posteriormente llegaron más, hasta hacer un total de 8 especialistas extranjeros.

La organización de la explotación se estructuraba en cuadrillas. Si no había mucha actividad, todos los trabajadores actuaban en un mismo lugar realizando distintas labores: primero se desbrozaba y desenterraba el banco con azadones y picas, labor que llevaban a cabo los peones. Los sacadores delimitaban los bancos para extraer las

– something which subsequent instructions sharply prohibited doing. The workers organised themselves in groups to work together in given spots, since several groups could work on different spots depending on the intensity of the work in that area.

The first specialists to arrive were miners from Burgundy who took care of extracting the first shipments that were then sent to Valsaín and Madrid. The earliest payslips found were from 1561 and relate to the presence of two miners, Jean de Bordeaux and Antoine de Hosbo, both from Fumay, a French town in the Ardennes region, and of two workers from Santa María de Nieva who assisted the Burgundian men. There was also a local man from Bernardos who took the slate to the works site in Valsaín. Subsequently, at the end of 1562, Gaspar de Vega sent Jean Ru and Gonzalo López, a French and Spanish slate master, respectively, to find and bring back more specialists from France. The latter arrived in 1563 – some of them with their families – from the French region of Angers, more precisely from Saint Leonard, one of the main slate-producing areas. Gaspar de Vega announced their arrival in mid-March affirming that

*“They are very good apprentices, both are  
married and bringing their wives, and they  
are both young”*

and that their wages would be lower than the workers previously hired for this job. More men arrived later, so that in total there were eight foreign specialists.

Groups were formed to organise the exploitation. When times were not too busy, all men worked in the same location carrying out different tasks: first, one had to clear and dig up the river bank with mattocks and pickaxes – this was done

9- Archivo Histórico Provincial de Segovia (AHPs). Prot 8101, f. 832.

10- La información de la época distingue entre sacadores borgoñones y franceses. En aquella época el ducado de Borgoña, que pertenecía a la Casa de Austria, era una entidad política distinta del reino de Francia.

piezas en bloques gruesos; aporreadores, para abrir los bloques con las porras y cuñas y hacerlos manejables, hendedores para abrir las piezas y cortadores para exfoliar y dar la dimensión que requerían las pizarras. Los peones se encargaban de labores secundarias. Si la demanda de pizarra se incrementaba, las tareas se repartían en varios yacimientos, como se observa habitualmente, repartiéndose los distintos oficios entre las cuadrillas que estuvieran en activo<sup>11</sup>.

Los horarios de trabajo eran prácticamente de sol a sol. Había dos épocas diferenciadas: el periodo que iba desde la Santa Cruz de mayo (día 3) a Santa Cruz de septiembre (día 14) los trabajadores debían estar entre las 6 de la mañana y la puesta de sol; y el periodo restante entraban una hora más tarde y se quedaban hasta la puesta de sol. Como en el periodo de verano la jornada era mucho más larga, se daban dos horas de descanso durante la comida y una hora para la merienda; mientras que en la temporada de invierno solo se daba una hora de descanso durante la comida<sup>12</sup>.

Los jornales recibidos por los trabajadores variaban según la especialización del trabajo que tenían, con los sueldos más altos para los oficiales extranjeros y luego descendían en escala hasta los peones. También entre los oficiales extranjeros había diferencias, pues los borgoñones cobraban más que los oficiales franceses.

Los trabajadores de la cantera tenían una buena colección de herramientas para hacer todas las tareas que demandaba la explotación, muchas de ellas similares a las que muestra la ilustración de las herramientas que se utilizaban en las canteras francesas en el siglo XVIII. Azadones, palas y picos para las labores de limpieza y descubrimiento de los bancos, porras o mazas para golpear las cuñas de distintas dimensiones que había que introducir para abrir los bancos;

by labourers. The “extractors” hauled out pieces of rock in the shape of thick blocks. The “beaters” used mallets and wedges to split the blocks and make them manageable. The “cleavers” slit the pieces open and the “cutters” exfoliated the rock until it reached the dimensions required for the slate. Labourers were given secondary tasks. In times of high demand, the work had to be carried out in various deposit locations and the habitual tasks were distributed among the active work groups.

The working hours usually followed the sun. There were two different periods: during the period between the day of Santa Cruz in May (May 3rd) and the day of Santa Cruz in September (September 14th), the workers had shifts from 6am until sunset; during the rest of the year, they started one hour later and worked until sunset. Since the working day was much longer in the summertime, a break of two hours was granted for lunchtime, and another hour for an afternoon refreshment. By contrast, the only break during the wintertime was one hour for lunch.

The daily wages handed to the workers varied depending on their specialisation. The foreign experts received the highest salaries and the amounts decreased from there, with the labourers at the bottom of the scale. Not all foreign experts received the same wages, however, as the Burgundian experts had higher salaries than the French ones.

In order to carry out the tasks required, the quarry workers could count on a good collection of tools, many of which were similar to those in the illustration below showing the tools used in French quarries in the 18th century: mattocks, shovels and pickaxes to clear and uncover the banks, mallets or maces to strike the variously-sized wedges which were used to open up the

---

11- Archivo de la Biblioteca del Escorial (ABE) IX-17.

12- ABE, VII-44, octubre de 1581.

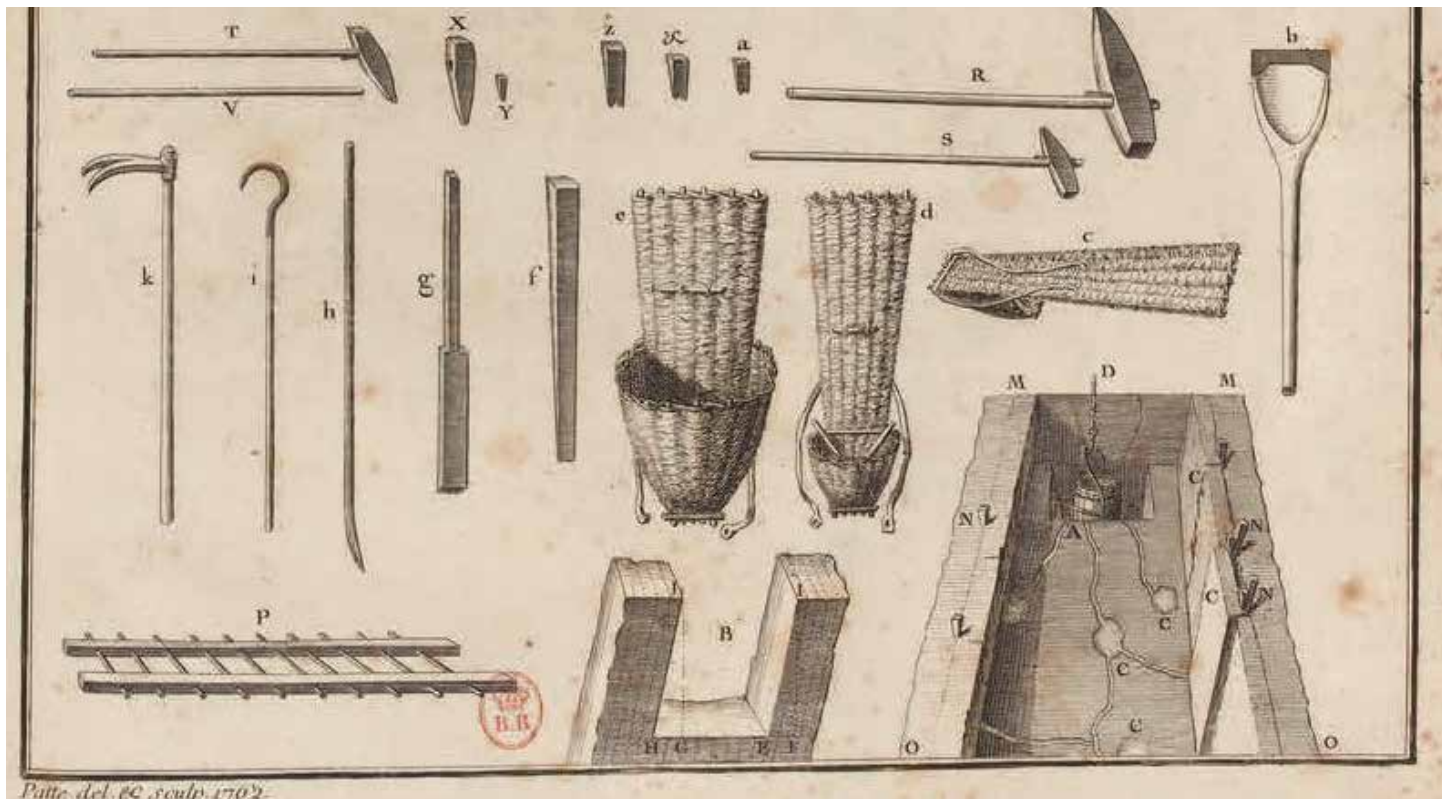


Imagen I-3. Herramientas utilizadas para la explotación de canteras francesas de pizarra en el siglo XVIII<sup>13</sup>.

Picture I-3. Tools used for the exploitation of French slate quarries in the 18th century.

barras con garfios o acabados en una parte plana y estrecha para mover y apalancar los bancos; mazos de madera de encina, para golpear las hendederas que exfolian las pizarras, y cortaderas para cortar la pieza en la dimensión requerida. También se utilizaban angarillas para desplazar los escombros y transportar la piedra desde la cantera hasta la zona de elaboración. La apertura de la pizarra con las cortaderas se realizaba sobre tajos donde se apoyaba el material.

El uso de tal cantidad de herramientas y su mantenimiento hacía que fuera necesaria una fragua dentro de la cantera. Como cualquier fragua de la época, utilizaba carbón vegetal y disponía de fuelles para avivar la llama y mantener elevada la temperatura, así como muelas de afilar. Era en este lugar donde se ponían a punto las herramientas, se aguzaban los azadones, los

banks, bars with hooks or with a flat and narrow end to move and lever up the banks, mallets made of holm oak wood to strike the shimming and exfoliating tools, and cutting tools to shape the piece into the required dimensions. Hand barrows were necessary to haul the debris and carry the pieces from the quarries to the crafting location. A chopping block was used to rest the slate in order to split it open.

Due to the large quantity of tools used and to the need to maintain them, it became necessary to have a forge inside the quarry. Like all other forges of that period, the quarry forge used charcoal and bellows to keep the flame alive and the temperature high, as well as grindstones. In the forge, the tools were readied, the mattocks, pickaxes and wedges sharpened. New tools were also fabricated, such as choppers and wedges,

13- Fourgeroux, 1761, planche I, fragmento.



picos y las cuñas. Incluso se hacían herramientas nuevas, como cuchillas o cuñas, y había que calzarlas, una operación que significaba echar acero para que tuvieran más dureza y efectividad en el trabajo. En la década de 1570 trabajaba en ella Francisco López, hijo del herrero que regentaba la fragua del pueblo. Las ordenanzas de 1575 le asignaban dos reales y cuartillo diarios por el trabajo y el carbón que utilizaba, aunque si hubiera más trabajo se le ajustaría el ingreso. En 1581 la remuneración ascendía a 3 reales y 14 maravedís, y meses más tarde subió a 4 reales, pero se le obligaba a cumplir el horario de los demás trabajadores e incluso si el trabajo obligaba a ello, debía quedarse para aguzar las herramientas necesarias para el día siguiente. Además, en el caso de no tener trabajo que hacer, debía incorporarse para las tareas de sacar piedra. Pero si el trabajo era muy intenso contaba con la ayuda de un peón. También la explotación contaba con una casa para guardar la pizarra.

En las fases de más demanda de material los trabajadores no solo proceden de Bernardos, sino de pueblos de alrededor, que llegaban a la cantera normalmente a pie. En los momentos en que se explota la cantera del Arco se ven ocupados trabajadores de Armuña, Carbonero y Mozoncillo, mientras que en la del Castillo los peones procedían de Miguelibáñez e incluso Melque. Probablemente, en el siglo XVI se llegara en los momentos de más ocupación a casi medio centenar de personas, aunque se trataba de evitar que llegaran trabajadores demasiado jóvenes o demasiado viejos, que no se diera trato de favor en contratar a parientes, e incluso que no hubiera demasiados empleados, como se ordena al encargado en 1587:

*“que no traiga en ningún tiempo más de 30 personas, dos más o menos, entre oficiales salariables, jornaleros y peones, so pena que los pague de su bolsa y estos guarde siempre hasta que otra cosa se le haya ordenado”<sup>17</sup>*

which needed to be put through a process whereby steel was poured on them to make them harder and thus more effective for work. In the 1570s, Francisco López – son of the blacksmith who ran the village forge – worked in the quarry forge. According to the 1575 decrees, he received two reales and one cuartillo for each of work and the charcoal which he used, but his wages were adjusted if there was more work. By 1581, his salary had reached three reales and 14 maravedis, and was further increased to four reales a few months later, but this meant that Francisco had to abide by the schedule of the other tasks and, if work demanded it, stay until he finished sharpening the tools needed for the next day. In addition, if there was no forging work to be done, he had to join the extracting work. However, when the workload was heavy, he was assigned a labourer to assist him. The quarry also included a house to store the slate.

In times of high demand for slate, workers from surrounding villages joined the workers from Bernardos, often arriving to the quarry by foot. During the exploitation of the Arco quarry, workers from Armuña, Carbonero and Mozoncillo were employed, while at the Castillo quarry, the labourers were from Miguelibáñez or even Melque. In the 16th century, in the periods of strongest activity, it is thought that around fifty workers were employed in the quarries, but there were attempts to avoid hiring too young or old people young or too old, hiring relatives as a favour or even simply hiring too many employees, as shown in the orders received by the administrator in 1587:

*“...keep the number of total workers counting experts, daily workers and labourers down to approximately 30 at all times, lest you should want to pay their wages from your own pocket, and maintain these numbers until you are told differently”*

---

14- Zarco Cuevas, p. 99 y ABE, instrucciones 1587.

Los técnicos franceses que habían llegado en la década de 1560 trabajan durante el reinado de Felipe II en las canteras, pero han desaparecido con el cambio de siglo. Algunos vuelven a su país. Otros mueren en Bernardos y el resto de su familia regresa a Angers, como el caso de Juana Bancor, esposa de Arné Godre, que emigra en 1574; y por último hay quienes enraízan en el pueblo y se casan con vecinas del lugar como el caso de Juan Morreo, que contrae matrimonio con Ana del Castillo, hermana de Juan del Castillo oficial sacador de pizarra, o Fabián Lambasi, que hace lo propio con Ana Sanz.

El aprendizaje de los oficios asociados a la extracción y elaboración de pizarra fue un importante asunto que preocupaba a los responsables de las obras reales. Por ello las instrucciones que se enviaban dejaban claro la necesidad de contar con aprendices que pudieran asimilar los conocimientos. Uno de los primeros españoles en trabajar en la cantera que adquirió el rango de oficial fue Juan del Castillo. En 1581:

*“Andarán a hender y cortar Juan del Castillo con un aprendiz que ha de recibir y enseñarle el dicho oficio el cual será Alonso Garcia, hijo de Pedro Garcia, vecino del lugar de Bernaldos que es el que se nos ha sido mostrado y concertado y al dicho Juan del Castillo se le ha de dar en todo este presente año de 81 un real cada día porque le mantenga vista y calce y porque le enseñe el dicho oficio y luego el año siguiente de 82 real y medio cada día y de allí adelante se le pagará conforme a como su trabajo lo mereciere; esto se entiende los días que actualmente trabajare, y si pareciere que el dicho Alonso Garcia no saliere tan hábil y suficiente cual conviene se podrá despedir éste y recibir el dicho Juan del Castillo otro a satisfacción y contento del sobrestante...”<sup>15</sup>*

The French technicians who arrived in the 1560s worked in the quarries during the reign of Philip II, but were gone by the turn of the century. Some returned home, and others died in Bernardos while their families returned to Angers, as was the case of Juana Bancor, wife of Arné Godre, who arrived in 1574. Lastly, some took root in the village and married local women, such as Juan Morreo who married Ana del Castillo, the sister of master extractor Juan del Castillo, or Fabian Lambasi, who took Ana Sanz as his wife.

The overseers of the royal constructions were concerned with the learning of the profession of extracting and crafting the slate. For this reason, they sent out clear instructions stressing the need to have apprentices who were capable of assimilating the knowledge. Juan del Castillo was one of the first Spaniards to reach the rank of technician. Records from 1581 read:

*Juan del Castillo shall go slitting and cutting the rocks with an apprentice who must be taught this profession. This apprentice will be Alonso Garcia, son of Pedro Garcia, a neighbour from Bernardos, as was recommended to us and agreed upon with him. And Juan del Castillo must receive one real each day this year of 1581, so that he keeps an eye on Alonso while he learns to stonemason and so that he teaches him this profession. The next year in 1582, Juan del Castillo must receive one real and a half each day and henceforward he must be paid based on his work, that is, for the days in which he indeed works, and should said Alonso Garcia be found not as able and well-performing as is required, he can be dismissed and replaced by another apprentice whom the overseer deems worthy ...*

15- A BE-VII 44, Instrucción 1581.

Juan del Castillo posteriormente enseñó a su hijo Antonio, que expuso los méritos de su experiencia para adquirir el rango de sobrestante, un cargo que fue transmitido durante generaciones dentro de su familia. En la cédula del nombramiento de Antonio del Castillo como administrador en 1629 se le ordena:

*“servir y trabajar en la dichas canteras cuando conviniere que se saque pizarra y dar la necesaria para mis casas y obras reales (...) y no podáis dar ni vender pizarras a persona alguna sin licencia y orden mia y asimismo tengáis obligación de enseñar este oficio a dos hijos que tenéis y a las otras personas que se os ordenare para que no falten en estos mis reinos naturales dellos que le sepan usar y exercer (...)”<sup>16</sup>*

En el nombramiento a Juan del Castillo en 1663 se recordaba que se había:

*“criado en el ejercicio delas dichas canteras ayudando a vuestro padre más de 20 años en sacar pizarras por vuestros jornales”<sup>17</sup>*

Sobrestantes o administradores que dirigían la explotación, sin su permiso nadie podía extraer pizarra para las obras, tenían como oficiales del rey privilegios de exención de quintas y desempeño de cargos concejiles. Tenían una remuneración de 15.000 maravedís al año que desde mediados del siglo XVII se quedaba reducida a la mitad porque debían satisfacer un impuesto, el de la media anata, que les quitaba la mitad de la asignación.

En 1738 se da el caso de que pugnan por la administración Juan del Castillo y Silvestre de Segovia. Ambos tienen parentesco próximo. En principio Juan del Castillo recibe el nombramiento a instancia del intendente de San

Juan del Castillo later taught the trade to his son Antonio. The latter used this advantage when he proclaimed the merits of his experience in order to be granted the rank of administrator, a role which was passed on within the family for generations. In the document which appointed Antonio del Castillo as administrator in 1629, he was ordered to:

*“... serve and work in the quarries when it becomes necessary to extract slate for the construction of my houses and other royal buildings (...) and you are not allowed to give or sell slate to anyone without a licence or an order from me. In like manner, you are obliged to teach this profession to your two sons and to any other person whom I shall designate, so that my kingdom should never lack people who know and can practice this trade (...)”*

In the document which announced the appointment of Juan del Castillo as administrator in 1663, it was recalled that he had:

*“Been educated in the work of the quarries, as you helped your father for more than twenty years in extracting slate ...”*

The overseers or administrators who managed the quarries – and without whose authorisation it was impossible to extract slate for constructions – were the King’s officials, and, as such, were granted certain privileges, such as certain positions as councilmen or exemption from military duty. They earned 15.000 maravedis annually, but this sum was reduced to half from the middle of the 17th century onwards, as they had to pay a tax which took half of their wages.

In 1738, a conflict for the position of administrator arose between Juan del Castillo and Silvestre de Segovia. They were close relatives. At first Juan del Castillo received the appoint-

16- Archivo General de Palacio (AGP), Reales Cédulas, t. XIII, fs 12v-13.

17- AGP, Exp. Pers. 988/7.



Año nombramiento	Sobrestante/administrador	Oficio	Parentesco
	Pérez, Sebastián		
1576	Sánchez Talavera, Juan		
	Navarro, Pedro		
1593	Muñoz, Pedro	pizarrero	
1629	Castillo, Antonio	sacador	Hijo de Juan del Castillo
1632	Castillo, Juan	sacador	hijo del anterior
1663	Castillo, Juan	sacador	hijo del anterior
1676	Castillo, Manuel del	sacador	hijo del anterior
1708	de Segovia, José	sacador	sobrino del anterior
1738	de Segovia, Silvestre	sacador	hijo del anterior

Ildefonso, a comienzos de 1738. No expone méritos como trabajador en la cantera, sino que se dice que tiene “el conocimiento de las dichas canteras como por saber bien leer, escribir y contar para la cuenta y razón que debe llevar en ellas con los sacadores<sup>18</sup>”. Sin embargo, Silvestre de Segovia apela contra dicho nombramiento y expone como mérito su experiencia como sacador durante 23 años y la de su padre y abuelo más de 70, además de que su padre había abierto una abundante cantera a su costa. Finalmente Silvestre de Segovia es ratificado en el cargo, si bien no le resulta muy productivo en cuanto a la remuneración, ya que en 1748 hace una petición porque no había cobrado su salario desde la fecha de su nombramiento, diez años atrás “siendo un pobre y de crecida familia<sup>19</sup>” A partir de 1676 los vecinos de Carbonero el Mayor abren una cantera en la margen derecha del Eresma y se nombran administradores también en este lugar para regular la explotación.

ment at the beginning of 1738 at the request of the manager of San Ildefonso. The document detailing this appointment does not proclaim Juan’s merits in terms of working at the quarry, but affirms that “he knows the quarries, can read, write and count well, and is reasonable so as to be able to work with the extractors.” However, Silvestre de Segovia voices an appeal against this appointment and flaunts his experience as extractor for twenty-three years, as well as that of his father and grandfather for more than seventy; and adds that his father had opened a plentiful quarry, bearing the cost himself. Silvestre de Segovia was eventually given the position. This did not prove fruitful for him in terms of pay, however, as he presented a complaint in 1748, for he – a “poor man with a large family” – had not received his salary since his appointment ten years prior. From 1676 onwards, the inhabitants of Carbonero el Mayor opened a quarry in the right bank of the Eresma river, and appointed themselves administrators there as well, in order to regulate the exploitation.

18- AGP, exp. Pers 222/37.

19- AGP, Exp. Pers 988/15.



Imagen I-4. M. Fougereux, 1761, planche IV.

### 5.- Los costes y los precios de la pizarra.

El material extraído tenía que pasar por varias fases hasta su colocación en las obras, todo un proceso que generaba costes añadidos repercutiendo en el gasto de la edificación. Las piezas tenían que ser abiertas y cortadas para adquirir una dimensión “normalizada”. Tenemos datos de comienzos del siglo XVII que nos informan de que hay pizarras grandes y pizarras pequeñas, pero no conocemos su medida con precisión. En la década de 1670 tenemos más información, sobre todo de los pesos de las pizarras que se envían a El Escorial para reparar los tejados destruidos en el incendio de 1671. Aquí observamos que las pizarras pesan por término medio algo más de un kilo por unidad.

A mediados del siglo XVIII sabemos que la pieza estándar se calibra en media vara de largo por un jeme de ancho. Esto quiere decir que aproximadamente el largo estaba en torno a los 42 cm (una vara son 836 mm), y el ancho entre 15-18 cm, mientras que el grueso se consideraba de medio dedo (unos 0,5 cm.). Dependiendo de la destreza del abridor-cortador la pizarra sería más homogénea, siempre teniendo

### 5.- Costs and prices of the slate trade.

There were various phases of transformation before the extracted material could be positioned onto buildings, a whole process which generated additional costs and thus added to the price of construction. The pieces had to be slit open and cut into “normal” dimensions. Data from the early 17th century mention “large” and “small” pieces of slate, but the precise measures remain unknown. More information is available for the 1670s, mainly on the weight of the slate pieces sent to the palace of El Escorial to repair the roofing, which had been destroyed in the fire of 1671. From those documents we learn that the slate pieces weighed in average slightly more than a kilogramme per unit.

Documents from the mid-18th century indicate that a standard piece was half a vara long and about a jeme wide. This means that it measured approximately 42 cm in length (1 vara is 836 mm), and 15-18 cm in width, and is thought to have been half a finger thick (about 0.5 cm). Depending on the dexterity of the slitter-cutter and the natural characteristics of the material, the piece was more or less homogenous. In addi-

en cuenta las características del material. Pero además, el cálculo final de los costes debía contar con el desplazamiento desde la cantera a la obra, aspecto muy importante porque, al ser un material muy pesado, el incremento era muy notable a medida que se alejaba de su origen. Por ello influía notablemente el peso de las mismas, que como decíamos superaban el kilogramo por unidad.

Las piezas de pizarra cortadas se liaban con sogas de esparto en paquetes o fardos. Estos se cargaban en mulas, burros o carretas. Si se efectuaba en carros, las pizarras se preparaban en cargaderos donde podían acercarse las carretas para proceder a su carga<sup>20</sup>. Pero las pizarras estaban expuestas al traqueteo en los desplazamientos y por ello se prefería mulas para cargar las pizarras hacia las obras. Además eran más rápidas. Un viaje a Madrid en carreta de bueyes podía durar unos diez días, mientras que a lomo de mulas tardaban cuatro. En 1674 los responsables de la reparación de la cubierta de El Escorial reconocían que:

*“aunque trayéndolo en carretas hubiera quien la trajera a más bajo precio, la experiencia ha mostrado ser más barato traerla en cabalgaduras a los precios referidos que en carretas a precios más bajos pues en ninguna cosa se verifica mejor lo que de lo barato es caro que en este caso porque como las carretas tienen que pasar los puertos de Guadarrama, con los golpes se quebranta mucho la pizarra y llega mucha quebrada y de esta se paga el porte como si llegara buena y de la que se recibe por entera se ha reconocido mucha pérdida porque al clavarlas los pizarreros, como están quebrantadas de los golpes de las carretas se quiebra mucha parte de ellas<sup>21</sup>”*

tion, the final calculation of costs had to include the transportation from the quarry to the construction site, a crucial aspect since it was a very heavy material, which meant a considerable proportional increase in price the further it had to be carried from its place of origin. The weight of the pieces – which, as stated above, exceeded 1 kg per unit – was thus an important factor.

Once cut into the correct shape, the pieces of slate were tied together with ropes made of esparto grass and stacked into loads and bundles. The latter were loaded onto mules, donkeys or carts. If carts were to be used, the pieces were placed on loading platforms near to which the carts could be brought in order to receive the load more easily. The pieces, however, were vulnerable to the unavoidable clattering during transportation, which is why mules were preferred for this purpose. They were also faster. A journey to Madrid with ox carts could last ten days, whereas mules only took four. In 1674, the overseers of the repair of the roofing in El Escorial recognised that:

*although transportation by cart entails a lower initial price, experience has shown that it ends up being less costly to bring the slate on mounts at the price indicated earlier rather than on carts at a lower price, since the saying ‘Buy cheap, pay dear’ is nowhere truer than in this instance. Indeed, the carts have to traverse the mountain pass of Guadarrama and the shocks crack the slate, much of which then reaches destination shattered, but must be paid as if it had arrived in perfect condition. Even with the pieces which are in a good state upon arrival, much loss has been known to occur, as many of them break open when the slate masters try to place them because they have been damaged by the clatter on the road...*

20- Los cargaderos se reseñan en las contratas que en 1627 se realizan para llevar material a la Fresneda.

21- AHN, Consejos, leg. 17804, año 1674.



El problema de la fragilidad era reconocido en las contrataciones, como se observa en los envíos de la pizarra a Uclés en 1604, donde se expone que no se penalizaría a los transportistas si las pizarras quebradas no rebasaban 30 por cada millar, es decir, un margen de pérdida del 3%. En las obras del convento de la Visitación de Madrid, a mediados del siglo XVIII, la mayor parte de los envíos se realiza con cargamentos a lomo y menos de un 25% se portea en carretas. Y de las más de 250.000 pizarras recibidas en 1755 solo se pierden el 1,3%.

El coste de la pizarra, en las primeras fases de las obras reales del siglo XVI, se calculaba en razón de la suma de todos los salarios y costes implicados en la explotación (salarios de trabajadores, materiales y herramientas, supervisión), a lo que había que añadir el transporte. De hecho, la petición de pizarras para la obra de la Casa de Diego Vargas se realiza con la condición de que la cuenta incluyera todos esos costes a cargo del secretario del rey. Sin embargo, durante el reinado de Felipe II ya se puso precio a la pizarra, que era de un cuartillo (8,5 maravedís) por pieza, lo que hacía que cada mil pizarras costaban 250 reales en origen, a lo que había que añadirse el coste del transporte<sup>22</sup>. A comienzos del siglo XVII se realizan contrataciones de pizarra a 9 maravedís la pieza, un poco más del precio anterior<sup>23</sup>. Este precio de cuartillo estaba vigente en 1673 cuando se recompuso el tejado de El Escorial, como se comprueba por las facturas y libramientos que se ejecutan<sup>24</sup>.

Sin embargo, en un informe de 1711 se advierte que los años posteriores a la reparación del monasterio la excesiva oferta hundió los precios llegando a pagarse a 140 reales el millar de pizarras, precio que tuvieron las contrataciones para

The contracts recognised the issue of the fragility of the pieces, as can be seen in the shipping instructions to Uclés in 1604, which indicate that the transporters would not be penalised if no more than thirty pieces out of a thousand arrived shattered, that is, a 3% margin. For the construction of the convent of La Visitación in Madrid in the mid-18th century, most transportation was done on animal back and carts were used in less than 25% of cases. Among the 250.000 slate pieces received in 1755, only 1.3% were unusable.

In the early phases of the royal works in the 16th century, the cost of slate was calculated by adding up all the salaries and costs related to the exploitation – workers' wages, materials and tools, supervision costs – as well as the transportation costs. In fact, the order of slate for the construction of the house of Diego Vargas was accepted under the condition that the final bill should include all these costs and be charged to the King's secretary. However, during the reign of Philip II, the price of 1 cuartillo (8.5 maravedís) was established for each piece of slate, which meant that the initial cost of ordering 1000 slate pieces was 250 reales, to which transportation costs had to be added. In the early 17th century, contracts were drawn for slate at 9 maravedís per piece, a slightly higher price than before. The cuartillo price was in force in 1673, when the roofing of El Escorial was reconstructed, as can be seen in the bills and the delivery notes drawn up at the time.

However, a report from 1711 warns that, in the years following the repair of the convent, the excess of supply had led to a sharp drop in prices down to 140 reales for 1000 slate pieces – the price indicated in the contracts for the

---

22- AGP, C<sup>a</sup> 13541.

23- Ver por ejemplo la contrata con Juan García Barruelos para el cuarto de la Fresneda en 1627 AHPS, Prot. 7658, fs 182 y ss.

24- AHN, Consejos, legs 17804 y 17805. Un real tiene 34 maravedís y un cuartillo suponen 8,5 maravedís.

cubrir las Reales Caballerizas del Escorial, para volver a subir moderadamente a comienzos del siglo XVIII a 160 reales. Una orden de 1711 establecía el precio de las pizarras a 122 reales el millar, pero los administradores de las canteras expusieron que no podrían sacarlas a menos de 150 reales,

*“respecto de la mucha costa y trabajo que tienen en el respectivo beneficio de las canteras con sus oficiales”<sup>25</sup>.*

En todo caso, la pizarra era un material caro para cubrir los tejados. En una muestra recogida para la reparación del tejado de El Escorial entre 1671 y 1674, en que se utilizaron más de 400.000 pizarras, el coste de cada pizarra en cantera ascendió a 8,5 maravedís, pero añadiendo el coste del transporte el precio final a pie de obra era el doble que en origen, algo más de medio real. Prácticamente el mismo precio que un siglo atrás estuvo vigente durante las obras de la edificación del monasterio. Para hacer una comparación con la teja, hay que decir que el precio de los contratos que figuran en El Escorial daban un precio a la teja de 25 reales el millar, es decir a menos de un maravedí la pieza.

Pero el elevado precio de la pizarra mostraba también la posición en una sociedad extremadamente jerarquizada. No es extraño pues que este material quedara como reflejo de la preeminencia de aquellos que podían cubrir con ella sus mansiones y edificios: la Casa Real, la nobleza y la Iglesia, así como los poderes urbanos. También explica el argumento de que la mayor parte de las obras que solicitaban pizarra era para remates de los edificios, como las torres de las iglesias o los chapiteles, y en el siglo XVII obras reales como la del Buen Retiro, palacio que era la imagen de la monarquía, se empleara solo la pizarra en los chapiteles de las torres, en un marco constructivo dominado por el uso de materiales baratos.

roofing of the royal stables in El Escorial – but that the price moderately increased again to 160 reales in the early 18th century. An order from 1711 shows the price to be at 122 reales for 1000 pieces, but the quarry administrators claimed that they could not extract for less than 150 reales,

*given the high cost and the amount of work required in comparison to the benefits for the quarry officials and workers.*

In any case, slate was an expensive material to cover roofs. Looking at the repair of the roof in El Escorial between 1671 and 1674, for which more than 400.000 slate pieces were used, the price of each piece was 8.5 maravedis in the quarry, but, adding the transportation costs, the final price paid at the construction site was slightly more than half a real. That is practically the same price as the one in force a century before during the construction of the monastery. Comparing with the cost of brick, it must be noted that the contracts for El Escorial show the price of brick tiles to be at 25 reales for 1000, that is, less than 1 maravedi per piece.

Nonetheless, the high price of slate was also an indicator of status in an extremely hierarchical society. It is thus unsurprising that slate was seen as a reflection of the pre-eminence of those who could afford to cover their mansions and buildings with this material: the Crown, the nobility and the Church, as well as the urban wealthy elites. This also explains why the majority of requests for slate were for the upper parts of buildings, such as church towers or spires, and why, in royal works in the 17th century – such as those for El Buen Retiro, a palace which was the true image of the monarchy – only slate was used for the spires, although the rest of the construction landscape was dominated by cheap materials.

---

25- AGP, Patrimonio S. Ildefonso. C<sup>o</sup> 13541.

## 6.- Las obras con la pizarra de Bernardos entre los siglos XVI y XVIII.

Hacer una relación de obras que llevan pizarra de las canteras de Bernardos es una tarea complicada, no por falta de documentación sino por el riesgo de no ser exhaustivo. Pero más complicado aún es reflejar el tipo de obra que se hace, si es obra nueva o de reparación, ya que la adopción de la pizarra como material de cubierta, a pesar de su larga duración en el tejado, no está exenta de problemas que tienen que ver con el paso del tiempo o accidentes que, como los incendios o tempestades, podían llevar al traste con las techumbres, que suele ser la parte más expuesta del edificio. Es interesante considerar que obras como el monasterio de El Escorial tuvieron que repararse en diferentes ocasiones, habida cuenta de incendios que sufrió como el pavoroso de 1671 o en 1732, por no hablar de edificios que al final quedaron en estado ruinoso o desaparecieron. Hay ocasiones en que la petición de pizarras se ilustra con la situación de ruina en los chapiteles del edificio, como por ejemplo se hace en 1716 con el palacio Espinosa de Martín Muñoz de las Posadas<sup>26</sup>.

En todo caso hay que hacer una lectura atenta de los documentos, porque normalmente la pizarra se utilizaba como elemento decorativo para cubrir las torres o chapiteles, ya que sus costes hacían difícil emplearla en el tejado completo de las cubiertas. Es cierto que, en algunos casos, los edificios tuvieron una transformación que llevó a sustituir el tejado de los chapiteles, que se habían cubierto con pizarra, por el de teja (caso del palacio del duque de Lerma), así como a la inversa había ocurrido con la casa del Pardo en la década de 1560<sup>27</sup>. Por tanto, un estudio detenido de las diferentes obras debería tener en cuenta estas características para saber si se trataba

## 6.- The works with Bernardos slate in the 16th and 17th centuries.

It is a difficult task to list all the works which used slate extracted in Bernardos, not due to a lack of documentation, but because there is a risk of not being exhaustive. It is even more complicated to indicate the type of carried out – whether it was a new construction or repair work – since the introduction of slate as roofing material did not lack of problems. Although slate could boast a long lifespan, it was still vulnerable to the passage of time and to accidents such as fires and storms which often could destroy roofs, the most exposed part of the building. It is noteworthy that buildings such as the Monastery of El Escorial had to be repaired several times because of fires, such as the terrible fire of 1671 or in 1732, not to mention all the buildings which were left in ruins or disappeared. In some instances, the demand for slate manifests itself in the state of ruin of the building's spires, as was the case in 1716 with the Palace of Cardinal Espinosa in Martín Muñoz de las Posadas.

In any case, it is necessary to meticulously read through the documents, as slate was usually used as decorative element to cover towers or spires. Its high cost meant that it was difficult to completely cover a building with slate only. It is true that the buildings sometimes underwent transformations which led to a replacement of the spires' covering material: either originally covered in slate before the latter was substituted for brick tiles – as was the case with the palace of the Duke of Lerma, or the opposite scenario, as was done in the Casa del Pardo in the 1560s. Therefore, a careful study of the various constructions undertaken must take into account these elements in order to clarify whether it was a case of maintenance,

---

26- AGP, San Ildefonso, C<sup>a</sup> 13541, 1716. En la carta se dice que se hospedó Carlos II con la reina en 1690.

27- El palacio del duque de Lerma en la población burgalesa homónima se cubrió de teja [L. Cervera, pp. 471 y 484.



de unas obras de mantenimiento, de reparación, de cubierta nueva o reconstruida debido a algún acontecimiento.

En este sentido no podemos olvidar la tarea de los otros sectores especializados que se incorporaron con el nuevo estilo constructivo, como fueron los carpinteros que hacían las armaduras de madera, y los pizarreros cubridores que colocaron encima la pizarra, así como materiales complementarios, caso del plomo. Anteriormente hemos dicho que en 1562 había en nómina 8 pizarreros llegados de Flandes, principalmente de Bruselas y Lieja. Posteriormente observamos en la documentación los franceses y los primeros pizarreros españoles, como fueron Gonzalo López y Pedro Muñoz. También desde inicios de la década de 1570 está presente Antón de Barruelos cubriendo la techumbre de El Escorial, y posteriormente, durante las primeras décadas del siglo XVII, ya encontramos varios pizarreros españoles, como Juan García de Barruelos, que participa en importantes edificios como el Colegio Imperial de la Compañía de Jesús o el Palacio del Duque de Uceda en Madrid, Pedro de Segovia o Pedro Martín de Monesterio<sup>28</sup>.

En el apéndice hemos reseñado una relación de las obras que se realizan entre los siglos XVI y XIX con pizarra de Bernardos. Y en las páginas que siguen vamos a detenernos en explicar algunas de las obras más importantes y establecer el contexto de su realización.

### **6.1.- Obras realizadas en pizarra durante el siglo XVI.**

Como hemos dicho anteriormente, la apertura de las canteras de Bernardos coincidió con la renovación de buena parte de las obras reales, situadas en el entorno de Madrid, que a la postre Felipe II convertiría en 1561 en capital de la monarquía. Por ello, el catálogo de

repair, new roofing or reconstruction following an incident.

In this sense, it is must be borne in mind that other specialised sectors contributed to this new construction style, for example, the carpenters who built the wooden frames, and the slate masters who placed the slate as well as other complementary materials such as lead. It has previously been mentioned that, in 1562, eight slate masters had been contracted, brought in from Flanders, mainly from Brussels and Liege. Later documentation indicates the presence of French slate masters and the first Spanish ones, such as Gonzalo López and Pedro Muñoz. From the early 1570s, the name of Antón de Barruelos appears, as he took care of the roof for the Palace of El Escorial, and later on, during the first decades of the 17th century, many more Spanish slate masters are mentioned, such as Juan García de Barruelos, who contributed to important buildings such as the Imperial College of the Society of Jesus or the Palace of the Duke of Uceda in Madrid, or Pedro de Segovia or Pedro Martín de Monesterio.

However, the appendix contains a reference to the works undertaken with slate from Bernardos between the 16th and 19th century. In the coming pages, we will detail some of the most important constructions and establish the context surrounding them.

### **6.1.- Constructions with slate during the 16th century.**

As previously mentioned, the opening of the Bernardos quarries coincided with the renovation of a great portion of the royal buildings situated in the vicinity of Madrid, which Philip II eventually converted into the Kingdom's capital city in 1561. For this reason, the list of

---

28- Referencias más amplias sobre los pizarreros cubridores, en Ceballos, 2010, p. 78-81.



Imagen I-5. Palacio de Valsaín. Anton van de Wyngaerde, 1562.

edificios cubiertos con pizarra está vinculado a este proceso. Podemos decir que en un primer momento hay tres obras que simultáneamente reciben las primeras partidas de pizarra: el palacio del bosque de Segovia (Valsaín), el palacio de El Pardo y el Real Alcázar de Madrid con sus dependencias anexas (Reales Caballerizas-Armería). Se ha considerado que la primera pieza autónoma acabada, realizada en pizarra, fue la denominada torre Dorada, que flanqueaba el ángulo del SO de la fachada del Real Alcázar de Madrid. Sin embargo, aunque la renovación parece iba a afectar a todos los tejados, la pizarra no monopolizó las cubiertas, como en el caso de Aranjuez, que se puso plomo, y en Aceca el tejado fue de teja<sup>29</sup>. De igual manera parece que

buildings with slate roofs is very much linked to this renovating process. There are three constructions which simultaneously received the first deliveries of slate: the palace of Valsaín in the forest of Segovia, the palace of El Pardo and the Royal Alcázar of Madrid and its annexes (royal stables and armoury). It is thought that the first completed autonomous piece made with slate was the so-called Golden Tower, on the south-west corner of the Royal Alcázar of Madrid. However, although it seems that the intention was to renovate all the roofs, this was not always done with slate. Lead was used in Aranjuez and brick tiles in Aceca. Similarly, it appears that the roof of the Alcázar of Segovia was also made of lead,

29- Llaguno, II, 48.





Imagen I-6. Atribuida a Jusepe Leonardo, Vista del Palacio Real de El Pardo, año 1630.



Imagen I-7. Palacio Real de El Pardo. Vista actual. Residencia de Jefes de Estado extranjeros que visitan España.





Picture I-7. Palacio Real de El Pardo. The palace has been used as a residence by foreign heads of state when on official visits to Spain.

el alcázar de Segovia también tenía cubierta de plomo, sobre todo en la primera fase de su renovación.

En la Casa del bosque o Palacio de Valsaín, a cargo de Gaspar de Vega, se techan las cubiertas y las torres desde comienzos de la década de 1560. A este respecto resultan ilustrativas las imágenes que plasma durante su estancia de 1562 Antón van de Wyngaerde, dibujante y pintor paisajista natural de Amberes que, bajo encargo de Felipe II, recorrió España pintando vistas de muchas ciudades. En la imagen I-5 del Palacio de Valsaín se observa con magnífico detalle el dibujo y color de la cubierta de pizarra. Otro testimonio de la obra en 1562 lo ofrece el canónigo Juan Rodríguez, citado por Llaguno, sobre la colocación de la pizarra en las torres del palacio de Valsaín, a tenor del material que podía ser colocado en la catedral de Segovia.

Pero simultáneamente se envía pizarra a las obras de Madrid, que se estaban ejecutando en las caballerizas situadas en las proximidades del Real Alcázar y en la cubierta de la torre Dorada. El Pardo, casa de campo utilizada desde la Edad Media como cazadero real en el bosque el mismo nombre, situado a las afueras de Madrid, es otra de las obras tempranas que recibirán la pizarra para su cubierta, teniendo en cuenta que en este caso se desmontó todo el tejado anterior para colocar el nuevo material. Otra obra que probablemente se inicia a fines de la década de 1560 es la de la casa Eraso, - hoy en día sólo existen ruinas - situada en el puerto de la Fuenfría, en la sierra de Guadarrama entre Segovia y Madrid, aunque no contamos con un testimonio directo de la colocación de pizarra en esta fase, pero en 1607 se encuentra el pizarrero Pedro Muñoz reparando los tejados.

Resulta difícil medir la cantidad de pizarras que demandaron dichas obras, pero hay algunos datos que nos permiten calibrar el tonelaje

particularmente en la primera fase de su renovación.

In the construction of the Palace of Valsaín – the so-called “Forest House” – which was led by Gaspar de Vega, the roofs and towers started being built at the beginning of the 1560s. In this respect, the paintings of Anton van de Wyngaerde from his stay at the Palace in 1562 are very illustrative. Anton van de Wyngaerde was a draftsman and natural landscape painter from Antwerp who was commissioned by Philip II to tour Spain and paint landscapes of various cities. The painting depicting Valsaín captures, thanks to the magnificent detail of the drawing and the choices of colour, the substitution of the existing roof with a slate covering. Another witness of the works in 1562 is the canon Juan Rodríguez, quoted by Llaguno, who spoke of the placement of slate on the towers of the Palace of Valsaín and mentioned the possibility of using it for the Cathedral of Segovia.

Slate was simultaneously sent to Madrid for the works which were underway in the stables located in the vicinity of the Royal Alcázar and in the roof of the Golden Tower. The Palace of El Pardo, a country house located close to Madrid and used since the Middle Ages because the nearby forest of the same name was a royal hunting ground, is another of those early constructions which received slate for the roof. Taking into account that in this case, the previous roof was completely dismantled to make way for the new material. Another edification which probably started in the early 1560s was the Eraso House – nowadays left in ruins – located in the mountain pass of Fuenfría, in the mountains of Guadarrama between Segovia and Madrid. Although there is no record of direct witnesses of the slate works in this case, we do know that the slate master Pedro Muñoz repaired the roofs of the house in 1607.

It is difficult to measure the quantity of slate that was required for these works, but there is data which allows us to gauge the weight of the





Imagen I-8. Casa Eraso, puerto de la Fuenfría.

y así pronosticar el ritmo de la explotación. Por ejemplo, para las Caballerizas se transportaron entre 1563 y 1566 más de 11 mil arrobas. Poniendo este dato en kilogramos y teniendo en cuenta la medida normalizada que más información nos ha aportado con su peso, en torno a un kg, nos daría 126,5 toneladas, el equivalente a unas 126.000 pizarras<sup>30</sup>.

Obviamente, la obra por excelencia de este periodo, donde la pizarra queda como uno de los elementos distintivos y constituye el grueso de la explotación de las canteras durante muchos años es el monasterio de San Lorenzo de El Escorial. Se habían realizado previamente en los alrededores dos construcciones de casas de campo con tejados de pizarra, la Herrería y la Fresneda, pero sin duda el monasterio de San Lorenzo es el edificio más impresionante y constituye el modelo del nuevo estilo y la identificación plena con el monarca impulsor del mismo. Las palabras de uno de los más prestigiosos historiadores del arte, Jonathan Brown, resumen lo que significa El Escorial en la definición de un estilo personal impuesto por el rey:

“El estilo de El Escorial, el estilo desornamentado, fue creación del propio Felipe, expresada por mediación de sus arquitectos. El estilo se basaba en parte en el rechazo de los modelos

material sent to the constructions and thus to make estimations about the pace of exploitation. For example, for the construction of the Royal stables, more than eleven thousand arrobas were brought in between 1563 and 1566. Translating this weight into kilograms and taking into account the above-mentioned information on the weight of the slate pieces – around one kg each, it would mean 126.5 tons, that is, 126.000 pieces of slate.

The construction of this period par excellence – in which slate stands out as a distinctive element and which represents the bulk of the quarry exploitation for many years – is undoubtedly Monastery of San Lorenzo de El Escorial. Two earlier constructions in the same area had also used slate: La Herrería and La Fresneda, two country houses with slate roofs. The Monastery of San Lorenzo was, however, the most impressive building, standing out as the model of the new style and representing a full identification with the monarch who promoted this style. The words of Jonathan Brown – one of the world’s most renowned authorities in art history – summarise the significance of El Escorial in the definition of a personal style preference imposed by the King:

“The unadorned style of El Escorial was the creation of King Philip himself, expressed through the work of his architects. The style was based

30- AGP. C<sup>a</sup> 9380, exp. 7.



castellanos existentes a favor de modelos italianos. Sin embargo, el estilo del renacimiento italiano fue revisado drásticamente para eliminar todo cuanto fuera ornamental, caprichoso, sensual. Únicamente se conservaron los elementos de escala, masas y proporciones, y luego se manipularon libremente para producir el efecto de austera grandeza deseado por el rey. La insólita combinación estos rasgos con los techos de pizarra a la flamenca es también resultado inconfundible del gusto personal de Felipe”.

El artífice del estilo escurialense en lo concerniente a los tejados y remates de las torres es sin duda Juan de Herrera, arquitecto que llevará la dirección de las obras de El Escorial tras la muerte de Juan Bautista de Toledo, aportando una visión personal, diferente de las planteadas en edificios anteriores con un estilo de chapiteles que servirán de modelo para la arquitectura posterior llevada a cabo en la primera mitad del siglo XVII por Francisco de Mora y Juan Gómez de Mora.

La cantidad de pizarra extraída para esta obra supera notablemente la de los edificios anteriores y es por ello que las canteras de Bernardos se pusieron a las órdenes de las demandas y de la organización administrativa de los trabajos del monasterio, con el nombramiento de los sobrestantes y la gestión diaria de la explotación, como muestran diversas instrucciones que se envían entre la década de 1570 y 1590 para regular el funcionamiento y el despacho de la pizarra hasta las obras. Esta vinculación entre El Escorial y las canteras de Bernardos se ha mantenido desde el siglo XVI de forma ininterrumpida hasta la actualidad, por las sucesivas obras de reforma y mantenimiento de los tejados.

La expansión del estilo Austria con los tejados de pizarra y los chapiteles no quedó circunscrita a las obras reales. Los personajes del entorno regio también decidieron a la hora de

partly on a rejection of existing Castilian models and a drive towards Italian models. However, the Italian Renaissance style was drastically adapted in Spain to eliminate anything that could be perceived as ornamental, superfluous or sensual. The only elements that were preserved were those related to scale, mass and proportionality, which were freely manipulated to produce an effect of austere grandeur as envisioned by the King. The unusual and odd combination of these characteristics with the Flemish-style slate roofs is an unmistakable reflection of the Philip’s personal taste”.

The undeniable author of the Escorial style in terms of the roofs and towers is Juan de Herrera, an architect who took over the management of the works in El Escorial following the death of Juan Bautista de Toledo. Juan de Herrera contributed with his own personal vision – different from the ones underlying earlier constructions – in the style of the towers which served as a model for later architectural works carried out by Francisco de Mora and Juan Gómez de Mora in the first half of the 17th century.

The amount of slate extracted for this construction considerably exceeds the quantities used for previous works. For this reason the quarries of Bernardos met the demand followed the orders of the authorities administrating the construction of the monastery by designating overseers and adapting the daily management of the quarries, as can be seen in the various instructions sent out in the 1570s and 1590s to regulate the functioning of the quarry and the shipment of slate to the construction site. This link between El Escorial and the Bernardos quarries continues uninterrupted since the 16th century into the present day thanks to the successive alterations and roof maintenance works.

The expansion of the Habsburg style with the slate roofs and towers was not limited to royal works. When it came to erecting palaces, many

erigir sus palacios copiar las nuevas modas y en este sentido la pizarra de Bernardos también se extiende a otros lugares. El Rey concedió el material para los palacios construidos por sus colaboradores próximos. En 1570 el cardenal Diego de Espinosa, presidente del consejo de Castilla, solicitó para el palacio que construía en Martín Muñoz de las Posadas pizarras para la cubierta y obtuvo licencia real tanto para estos materiales como la clavazón<sup>31</sup>. La entrega de la pizarra se llevó a cabo durante el año 1571 y a comienzos de 1572 también se concedieron unas piezas de pizarra que irían en la base de la fuente del patio<sup>32</sup>.

Otra de obras que se realizó con pizarra fue en la Casa-palacio de Diego Vargas, secretario de Felipe II, en la localidad toledana de la Torre de Esteban Hambrán, que se iniciaron en 1569, pero en 1576 aún se estaban realizando los trabajos de la techumbre<sup>33</sup>. En 1574 Diego de Vargas solicitó del Rey 50 cargas de pizarra, que fueron concedidas por cédula real de 28 de junio<sup>34</sup>. Desde 1575 se están sacando las pizarras de la cantera de Bernardos. Ya se han enviado 3 cargas y a comienzos de 1576 el sobrestante Juan Sánchez de Talavera recibe instrucciones sobre este encargo para tener en cuenta los pagos que se debían hacer por los jornales el uso de herramientas, así como las características del material que debía ser extraído.

Una obra muy significativa por su función industrial es la Casa de la Moneda de Segovia, uno de los centros de acuñación de las monedas de la monarquía española, dotado de una tecnología innovadora procedente del centro de Europa a través de maquinaria movida por energía hidráulica, que se edificó a partir del proyecto de

people in the royal milieu opted to copy the new fashion and the slate from Bernardos was thus also transported to other places. The King granted his authorisation for the material to be used in palaces commissioned by his close collaborators. In 1570, the Cardinal Diego de Espinosa – president of the Council of Castile – requested slate for the roof of the palace which he was building in Martín Muñoz de las Posadas and was granted the royal permit not only for the slate but also for the related ironwork. The slate delivery took place throughout 1571 and in the early months of 1572, additional pieces of slate were received to build the base of the courtyard's fountain.

Another construction to use slate was the palace/house of Diego Vargas, the King's secretary, situated in Torre de Esteban Hambrán in the Toledo region. The construction started in 1569 but the roof works were still ongoing in 1576. In 1574, Diego de Vargas asked the King for fifty loads of slate, which were granted through a royal order on 28th June. Since 1575, slate was extracted from Bernardos for this construction. Three loads were sent out by the end of the year and, at the beginning of 1576, the overseer Juan Sánchez de Talavera received additional instructions on this order, reminding him of the payments to be made for the workers' wages and the use of the tools, and of the characteristics of the material to be extracted.

Another construction which stands out due to its commercial significance is the Casa de la Moneda in Segovia, one of the centres for the mintage of the Spanish Crown's coins. It was equipped with innovative technology from central Europe, notably machinery powered by hydraulic energy. The Casa de la Moneda was

---

31- Llaguno, II, 229.

32- L. Cervera Vera, 1977.

33- Marías, 1986: 223-4.

34- Llaguno II, 230.







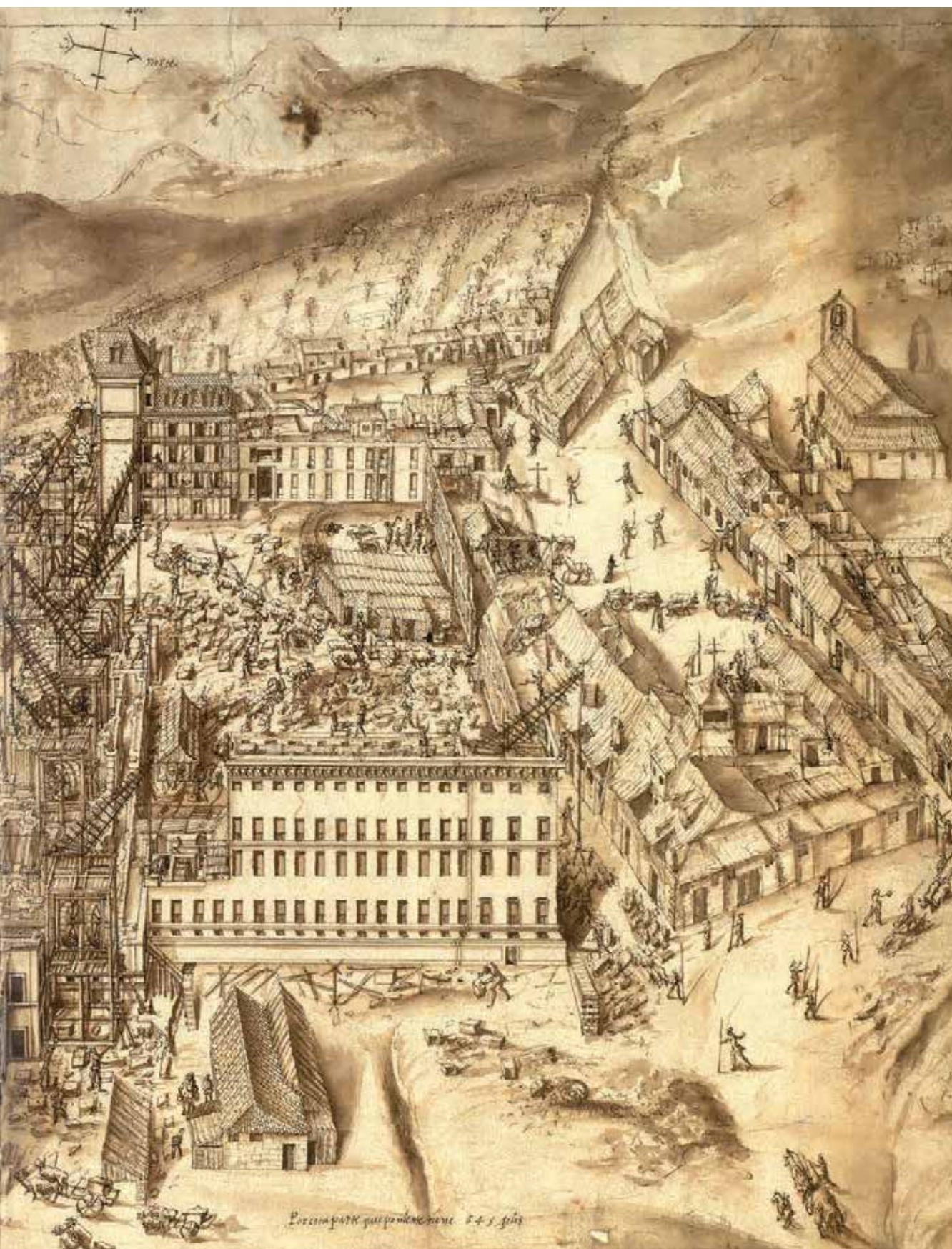


Imagen I-9.  
Grabado de F. Castelo  
sobre la construcción  
del Monasterio de San  
Lorenzo de El Escorial.

Picture I-9: Engraving  
of F. Castelo about the  
construction of the San  
Lorenzo de El Escorial  
Monastery.



Juan de Herrera en la década de 1580, donde estuvo empizarrando Pedro Muñoz.

## 6.2.- Obras realizadas en pizarra durante el siglo XVII.

Durante el reinado de Felipe III, a comienzos del siglo XVII, apenas se realizan obras importantes en el entorno real. La situación de crisis y el vigor constructivo de su padre habían dejado un marco palaciego que sobrepasaba las necesidades cortesanas. Felipe II había ensombrecido cualquier posibilidad de nuevas construcciones, teniendo en cuenta las difíciles circunstancias por las que atravesaba la monarquía. No obstante, el estilo y la moda de construcción no desaparecen, sino que se difunde en las diversas construcciones que se realizan sobre todo en el entorno de la Corte. El personaje más importante de este reinado es Diego de Sandoval, duque de Lerma, que se convierte en el valido del rey y levantará un conjunto palaciego y conventual en la villa burgalesa de Lerma, donde el palacio queda como principal obra que sigue los pasos de las realizadas por los personajes influyentes del reinado anterior, caso del palacio del cardenal Espinosa en Martín Muñoz. Por los datos que se ofrecen, el tejado del palacio se hizo con teja y solo se cubrieron de pizarra los chapiteles, empizarrados por Pedro Muñoz, el administrador de las canteras de Bernardos<sup>35</sup>.

No obstante se siguen extrayendo pizarras para el mantenimiento de las obras reales realizadas anteriormente y se hacen algunas actuaciones importantes, como por ejemplo las torres del monasterio de Uclés, en la provincia de Cuenca, una impresionante obra comenzada bajo el reinado anterior. El chapitel de pizarra se va extendiendo como motivo decorativo en las iglesias, y en residencias nobiliarias como el palacio del duque de Uceda en Madrid,

built on the basis of a project drawn by Juan de Herrera in the 1580s and in which Pedro Muñoz was the slate master.

## 6.2.- Constructions with slate during the 17th century.

During the reign of Philip III at the beginning of the 17th century, almost no important constructions were initiated by the monarchy. Due to the crisis situation and his father's building frenzy, the existing palaces exceeded the court's needs. Philip II had undermined the prospect of any new construction, given the difficult circumstances the Crown was facing. However the style and the fashion did not disappear, but spread in the various constructions undertaken in the court's entourage. The most important figure during this reign is Diego de Sandoval, Duke of Lerma, who became the King's favourite and erected a palace and monastery complex in the city of Lerma, in the Burgos region. This palace was the main construction to follow the steps influential figures from the previous reign such as the palace built by Cardinal Espinosa. According to the available information, the roof of the Lerma palace was made of brick and only the tower tops were covered in slate. The slate master for these works was Pedro Muñoz, then administrator of the Bernardos quarries.

Nevertheless, slate was still extracted for the maintenance of previously-built royal buildings, and some important works were undertaken such as the towers of the Monastery of Uclés in the province of Cuenca, an impressive construction initiated during the previous reign. Slate towers became more widespread in the decoration of churches, and in noble residences such as the palace of the Duke of Uceda in Madrid, which featured the participation of

---

35- Ver el desarrollo de este proyecto en L. Cervera Vera 1967.

con la participación de Juan García de Barrue- los, de ahí que se vaya imponiendo como mo- tivo distintivo durante este periodo en muchos lugares.

Con Felipe IV en el poder y el conde Duque de Olivares ejerciendo su valimiento, la realización más representativa del reinado es el Palacio del Buen Retiro, diseñado como un gran espacio de recreo de la Corte, con un gran parque arbolado, estanques, etc., configurado como el teatro de la grandeza de la monarquía, si bien las circunstancias de la guerra en Europa y la necesidad permanente de fondos llevaría a un edificio realizado prioritariamente con materiales baratos, donde el ladrillo se utiliza para las paredes y los muros y la teja de barro para las cubiertas. La pizarra se reservó para las torres y chapiteles, así como para el tejado de algunas ermitas que estaban en el interior del recinto o el del arca principal de los viajes de agua que abastecían al complejo.

Juan García de Barruelos, and slowly establi- shed themselves as a representative motif of the period in various locations.

Philip IV then became King and chose the Count-Duke of Olivares as his favourite, and the most representative edification of this reign was the Palace of El Buen Retiro. This palace was designed as a majestic space of recreation for the Court, with a large tree-co- vered park, ponds, etc., and built to become the stage of the grandeur of the monarchy, al- though the situation of war in Europe and the constant need for funding for the war efforts meant that the construction relied mainly on cheap materials, with walls and facades made of brick and roofs made of mud tiles. Slate was only used for the towers and spires, as well as for the roofs of certain chapels inside the grounds and for the main arch for the wa- ter supply of the complex.

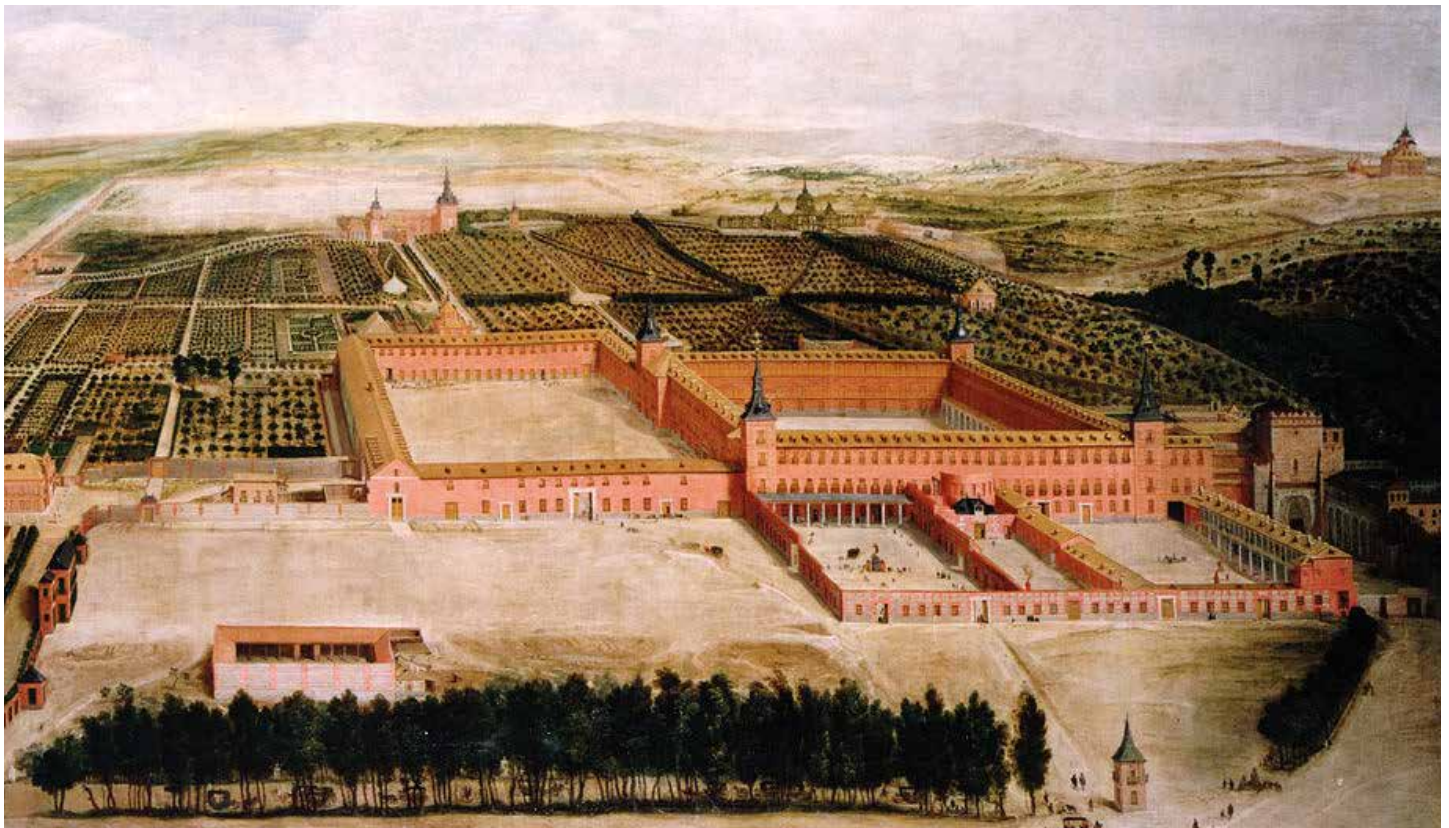


Imagen I-10. Atribuida a Jusepe Leonardo, Vista de los jardines y Palacio del Buen Retiro. Decada de 1630.

Una obra coetánea con la anterior es la del palacio de la Zarzuela, otro lugar enclavado en las afueras de Madrid que también se utilizaría como finca de recreo en las inmediaciones del bosque de El Pardo, actualmente residencia de la familia real española. Asimismo la pizarra entra en obras civiles fuera del entorno real como las de los ayuntamientos de Madrid y Segovia, y décadas más tarde el de Valladolid, la Casa de la Panadería en la plaza Mayor de Madrid o la Cárcel Real de la corte, actual sede del Ministerio de Asuntos Exteriores, donde Juan Gómez de Mora, sobrino de Francisco de Mora, actúa como maestro de las obras reales y arquitecto del ayuntamiento madrileño, figura indispensable en la expansión de los edificios de pizarra en la capital de España durante este periodo. También se extiende a edificios religiosos, como el convento de dominicas de Loeches, patrocinado por el conde duque de Olivares, mano derecha de Felipe IV, o la colegiata de San Justo y Pastor en Alcalá de Henares.

La reparación ejecutada tras el voraz incendio que sufrió el monasterio de El Escorial en 1671 puede ser considerada como la obra en pizarra más importante del reinado de Carlos II<sup>36</sup>. El 7 de junio se incendió una chimenea en una de las alas del monasterio, y el viento avivó las llamas de modo que se extendió a buena parte de la cubierta, afectando a la estructura de madera de los tejados y al empizarrado que lo cubría. Se arruinaron los chapiteles de cuatro torres, todos los tejados salvo los de la Iglesia, cuartos reales y la Biblioteca principal<sup>37</sup>.

Este incendio destrozó buena parte de los tejados de pizarra, que tuvieron que ser nuevamente reparados. La obra comenzó en julio de 1671 y hasta 23 de febrero de 1673 se habían enviado 152.204 pizarras, pesaba todo 15.776 arro-

A contemporary construction of the former is the Zarzuela Palace, also located outside of Madrid and also used as recreational estate in the vicinity of the forest of El Pardo, currently the residence of the Spanish royal family. Similarly, slate was introduced in civilian constructions outside of the royal milieu, such as the town halls of Madrid and Segovia, and decades later the Valladolid town hall, the Casa de la Panadería in the Plaza Mayor of Madrid or the Court's Royal Prison, currently the seat of the Spanish Foreign Ministry. Juan Gómez de Mora, the nephew of Francisco de Mora, took on the role of master builder for the royal works and of architect for the Madrid town hall, and became an indispensable figure in the expansion of slate-covered buildings in the Spanish capital city during this period. This also extended to religious buildings, such as the Monastery of Dominican nuns in Loeches, sponsored by the Count-Duke of Olivares, Philip IV's right hand, or the Collegiate Church of San Justo y Pastor in Alcalá de Henares.

During the reign of Charles II, the most important slate works were the repairs of the damage caused by a voracious fire on the monastery of El Escorial in 1671. On the 7th of June, a chimney caught on fire in one of the monastery's wings, and the wind fuelled the flames which spread over a great part of the roof, damaging the underlying wooden structure and the covering slate. The spires of four towers were ruined, as well as all roofs except those of the church, the royal quarters and the main library.

This fire destroyed the majority of the slate roofs, which had to be repaired again. The works started in July 1671 and by the 23rd February 1673, 152,204 slate pieces had been sent, weighing

---

36- No había sido el único incendio en El Escorial, ya que se registran otros, como en 1642 AGP, San Lorenzo, Patrimonio, leg 1826) o en 1732, pero sin duda es el más importante.

37- Santos, Descripción (1698: 6).





Imagen I-11. Incendio del Monasterio de El Escorial. Año 1671.

bas, unos 181.424 kgs. El porte había supuesto 45.283 reales.

En cualquier caso, las construcciones de pizarra en esta época seguían extendiéndose por edificios importantes, como lo muestran los encargos para cubrir los chapiteles de la plaza mayor de Salamanca, o los de las iglesias segovianas de San Millán y San Esteban, así como obras de enlosado en la catedral de Segovia.

### 6.3.- El siglo XVIII. El período Borbónico.

Con la llegada de la dinastía de los Borbones, a comienzos del siglo XVIII, de la mano de Felipe V que era nieto de Luis XIV de Francia, se emprende un cambio de estilo arquitectónico que toma como referencia modelos franceses y en concreto el palacio de Versalles. En este sentido

Picture I-11. El Escorial Monastery fire. Year 1671.

15,776 arrobas, that is, approximately 181,424 kg. The cost is estimated to have been 42,283 reales.

In any case, the slate constructions continued becoming more widespread in major buildings during this period, as illustrated by the orders of slate to cover the spires of the Plaza Mayor in Salamanca, or those of the churches of San Millán and San Esteban in Segovia, or to tile the Cathedral of Segovia.

### 6.3.- The 18th century. The time of the Bourbons.

At the beginning of the 18th century, the arrival of the Bourbon Dynasty to the Spanish throne in the person of Philip V, the grandson of Louis XIV of France, gives birth to a change in architectural style in which French models, and more concretely the Palace of Versailles, become the reference point.



la obra más significativa será la del palacio de la Granja de San Ildefonso, realizada durante la década de 1720, un edificio de nueva construcción situado en los contornos del bosque de Valsaín, muy cerca del antiguo palacio, que había quedado en lamentable estado tras otro gran incendio en el año 1695. El palacio de la Granja se utilizará como residencia de verano de la Corte, diseñándose un espacio ajardinado con numerosas fuentes, al tiempo que se crea en su entorno una serie de instalaciones y edificios entre los cuales destacará la Fábrica de Cristales. El palacio de la Granja y edificios anejos tendrán también tejados cubiertos con centenares de miles de piezas de pizarra de Bernardos. Otro edificio significativo durante el siglo XVIII es la fundación del convento de las Salesas Reales en Madrid, ordenado construir a mediados de siglo por Bárbara de Braganza, esposa de Fernando VI, hijo de Felipe V, en el sitio donde ahora está enclavado el Tribunal Supremo. Estas obras significan un nuevo impulso en la explotación con un aumento significativo de los trabajadores en las canteras, y la producción masiva tanto en el término de Bernardos como en el de Carbonero el Mayor. Sin embargo, en esta época se perderán elementos significativos de la arquitectura de Felipe II, como el ya citado palacio de Valsaín, que no se recobra tras el incendio de 1695 y el Real Alcázar de Madrid, víctima de un tremendo incendio que tuvo lugar en la navidad de 1734 y que lo destruyó en buena parte, dando lugar a la edificación sobre el mismo terreno del actual Palacio Real, proyectado por Giovanni Batista Sacchetti.

No obstante, se observa que la difusión de la pizarra va extendiéndose a los edificios religiosos, donde se utiliza normalmente para resaltar sus partes más elevadas, los chapiteles y torres, como se observa en numerosas iglesias parroquiales en las provincias de Toledo, Madrid y Segovia; conventos como la cartuja del Paular o ermitas como la de la virgen del Puerto en Madrid, proyectada por Pedro de Ribera (ver anexo). Aunque en cantidades discretas, algu-

In this context, the most significant construction is the Royal Palace of La Granja de San Ildefonso, built during the 1720s. The newly built palace was located in the vicinity of the forest of Valsaín, very close to the location of the former palace, which had been left in an regrettable state after a great fire in 1695. The Palace of La Granja was used as a summer residence for the court, designed to include a garden space with numerous fountains and surrounded with a series of other installations and buildings, amongst which the Royal Factory of Glass and Crystal is the most notable. The roofs of the Palace of La Granja and its annexed buildings were also covered with hundreds of thousands of pieces of slate from Bernardos. Another significant construction during the 18th century is the foundation of the Convent of the Salesas Reales in Madrid, which was commissioned mid-century by Barbara de Braganza, wife of Ferdinand VI, the son of Ferdinand V. The Convent was located in the spot in which now lies the Spanish Supreme Court. These constructions newly impuled the exploitation of the quarry, with a significant increase in the number of workers and mass production in Bernardos as much as in Carbonero el Mayor. However, this epoch also witnessed the disappearance of certain distinctive elements from the architectural period of Philip II, such as the aforementioned Palace of Valsaín, which did not recover from the fire of 1695, and the Royal Alcázar of Madrid, the victim of another tremendous fire which occurred during Christmas time in 1734 and left most of the building in ruins. This led to the construction, on the same grounds, of the current Royal Palace, designed by Giovanni Batista Sacchetti.

Nevertheless, it must be observed that slate became more widespread, and increasingly stated to be used in religious buildings, usually to highlight the upper parts, spires and towers, as can be seen in numerous churches in the provinces of Toledo, Madrid and Segovia; convents such as the Carthusian Monastery of Santa María de El Paular or hermitages such as the Hermitage of the Virgen del Puerto in Madrid, designed by Pedro de Ribero (see

nas pizarras son enviadas a obras situadas muy lejos, en Navarra (Viana) y el País Vasco (Asteguieta).

annexes). Albeit in modest quantities, some slate was sent to works situated further away in Navarra (Viana) or in the Basque Country (Asteguieta).



Imagen I-12. Palacio de la Granja.

### **7.- El siglo XIX. Declive de las construcciones de pizarra.**

La inestabilidad política, los agobios de la Hacienda y las desamortizaciones relegan al olvido y descuido de muchas construcciones. Unas veces por el abandono, otras por incendios que luego no dan lugar a la recuperación de los edificios, las obras de pizarra de siglos anteriores van perdiendo su antiguo perfil. No había una preocupación por la restauración de los edificios según los proyectos originales de construcción. La degradación de los edificios se solucionó en ocasiones con el cambio de tipo de tejado, sustitui-

### **7.- The 19th century. Decline in the constructions with slate.**

A time of political instability, the troubles faced by the Crown's Treasury and multiple expropriations led to many constructions falling into oblivion or in a state of disarray. The slate buildings inherited from the previous centuries slowly started to deteriorate, because they were either abandoned or not repaired in the aftermath of fires. There was little concern shown for the restoration of buildings as planned in the original design. The problem of deterioration was sometimes solved by changing the type of roof, repla-

yendo los chapiteles de pizarra por la teja, como se observa por ejemplo en el palacio de Lerma a través de las fotografías incluidas en el libro de Luis Cervera. En otros casos, como en el monasterio de Uclés, se quedan las torres sin chapitel. La solución es el reciclado de la pizarra de otras obras, como el palacio del Buen Retiro, que va desmantelando sus instalaciones y enviando materiales a otros lugares.

Una de las explicaciones de la sustitución del tejado de pizarra por otro de teja se puede encontrar en un informe del arquitecto mayor al Intendente general de la Casa Real en 13 de noviembre de 1894, a propósito de ciertas reparaciones que se hacían en Madrid:

*“Cumpliendo lo dispuesto por V. E. tengo el honor de remitirle el presupuesto de las reparaciones más indispensables en la Caseta de la Fuente del Berro. Asciede su importe a la cantidad de 1.212 pesetas y 35 céntimos y en él se sustituye la cubierta de pizarra, cuya reparación sería costosísima por otra de teja árabe, sentada a torta y plomo, que resulta más económica.”<sup>38</sup>*

Sin embargo, esta explicación no era la única para la protección de las obras en pizarra. En muchos casos se había perdido la sensibilidad por recuperar los perfiles originales y el estilo que había definido el edificio a la hora de su construcción. Tampoco había organismos que regularan la protección y restauración. Todo ello iba en contra de una actividad que había enriquecido la historia de la arquitectura española. Había también excepciones en el cuidado y mantenimiento de los edificios más importantes que han llegado a nuestros días, como por ejemplo los decididos intentos de mantener edificios como el monasterio de El Escorial, donde se acometen importantes obras de protección y restauración como la que tuvo lugar en 1842 cuando se pusieron más de 50.000 piza-

cing the slate with brick in the spires. This was the case in the Palace of Lerma, as can be seen in the photographs included in the book written by Luis Cervera. For other constructions such as the monastery of Uclés, the towers lost their spires. The solution found was to recycle the slate from other buildings. The Palace of El Buen Retiro, for example, was gradually dismantled and the materials were shipped away to other repairs.

One of the explanations advanced to justify replacing slate roofs with brick ones can be found in a report dated from 13th November 1894, prepared by the leading architect for the General Intendant of the royal household, with regards to certain repairs which were underway in Madrid:

*In compliance with the orders given by His Excellency, I have the honour of granting you the budget for the most indispensable repairs in the Caseta de la Fuente del Berro. It amounts to a sum of 1,212 pesetas and 35 cents, and it is asked that the funds are used for the substitution of the slate roof the repair of which would be impossibly costly with Arabic roof tiles, which are to be laid with the help of mud tiles and lead. This solution will be far more economical.*

However, this explanation was not the only one advanced for the protection of works containing slate. In many cases, there was no longer was a sensitivity for the maintenance of the original shape and style which had defined the building in the moment of edification. Similarly, there was no entity to regulate the protection or restoration of these buildings. These factors worked against an activity which had enriched the history of Spanish architecture. Exceptions occurred, since some of the most important buildings were cared for and maintained so that they have survived to this day. For instance, there were resolute attempts to preserve some buildings, as was the case of the

38- AGP, Administrativa, leg. 21.



rras nuevas<sup>39</sup>. No obstante, a finales del siglo XIX se carecía de una estructura empresarial sólida y solo se encontraban algunos individuos que extraían pizarras con métodos artesanales, probablemente para realizar obras de mantenimiento esenciales en algunos edificios. En 1901 se presentaban en la Exposición Provincial de Segovia dos vecinos de Bernardos con un muestrario de pizarras de varias dimensiones. Uno de ellos, Mariano Ramos, presentó cuatro docenas de piezas repartidas en diferentes medidas.

### 8.- La irrupción de los ingleses en Bernardos y la recuperación en las primeras décadas del siglo XX.

En 1908 llega al ayuntamiento de Bernardos la noticia de que un representante británico, Mr. Ernest John Catlin, ha denunciado un terreno para la apertura de una explotación minera, para lo cual obtiene las concesiones oportunas del gobierno civil de Segovia. A raíz de las concesiones obtenidas, se constituye en 1909 en Londres The Bernardos Slate Quarries Ltd., una compañía limitada por acciones con un capital nominal de 10.000 libras esterlinas y cuyos directores y máximos accionistas son Constantine Honeywill y William Ross Honeywill.



Imagen I-13. Recuadro publicitario en la Revista La Ciudad Lineal, nº 688, año XXIV, 1919, IV.

Picture I-13. Advertisement in the La Ciudad Lineal magazine, nº 688, year XXIV, 1919, IV.

monastery of El Escorial, in which various protection and restoration works were undertaken, such as the ones in 1842 during which 50,000 new slate pieces were placed. Nonetheless, there was no solid industry structure at the end of the 19th century in this area and the only possibility was to contract individuals who extracted slate through traditional methods in order to take care of the maintenance works for some of the buildings. In 1901 two local men from Bernardos attended the Provincial Exhibition with a sample of slate of various dimensions. One of them, Mariano Ramos, presented four dozens of pieces in different shapes and sizes.

### 8.- Arrival of the English in Bernardos and recovery of activity in the first decades of the 20th century.

In 1908 the Bernardos municipal authorities were notified that a British representative, Mr Ernest John Catlin had obtained the adequate permits from the civil government in Segovia to acquire a piece of land with the purpose of opening a mine. Thanks to the permits obtained, The Bernardos Slate Quarries Ltd. was constituted in 1909 in London. It was a limited company by shares with a nominal capital of 10,000 pounds, and its directors and major shareholders were Constantine Honeywill and William Ross Honeywill.



Imagen I-14. Logotipo de la compañía inglesa.

39- Á. Madruga, 2001, p. 311.

La compañía inglesa comienza a operar ese mismo año de 1909, y llega como encargado de la misma Mr Edward Thomas Price. En 1914 el informe del ingeniero jefe de la provincia, que publica la Estadística Minera, señala que:

“la compañía explota la cantera a cielo abierto, con unos 25 obreros que trabajan 10 horas en verano y 8 en invierno, recibiendo jornales de 2,5 y 2 pesetas respectivamente. El sistema de explotación utilizado es a roza abierta por tajos descendentes, con una profundidad máxima de 20 metros y se hace extracción mediante plano inclinado. Los bloques se mueven con tres grúas movidas a brazo y el arranque se realiza por medio de barrenos y la utilización de explosivos. En la superficie opera un taller de elaboración de las piezas con tres mesas de aserrar y otras de cortar movidas por motores eléctricos. La energía eléctrica procede de una fábrica instalada en un pueblo próximo que se genera mediante turbinas situadas en el río Eresma. El volumen de producción anual se estima en unas 200 toneladas”.

De la actividad y de las obras de la compañía inglesa sabemos poco. Participaron en la rehabilitación del Albergue de la Fuenfría y tenemos noticias de que pizarras de Bernardos se utilizaron por varios ceramistas de la familia Zuloaga para hacer esmaltados<sup>40</sup>. Como estímulo para la difusión de su producto, la compañía inglesa se anunció repetidamente en una revista madrileña, la Ciudad Lineal, que promovía la urbanización del conocido barrio de Ciudad Lineal bajo el proyecto de Arturo Soria.

That same year, the English company started operating and Edward Thomas Price arrived to take charge. In 1914 a report from the Chief Engineer in the province – which published the Mining Statistics – indicates the following:

“The company operates the quarry by open-air mining, with approximately 25 workers who work 10 hours in the summertime and 8 in the wintertime, and received daily wages of 2.5 and 2 pesetas, respectively. The open-pit mining uses a top-down system with a maximum depth of 20 meters and the material is extracted on an incline. The blocks are carried with three man-operated cranes, and are pulled out with a drill and with the use of explosives. On the surface there is an atelier to work on the pieces, containing three sawing tables, and cutting tables with electric engines. The electric energy comes from a factory located in the nearby village and is generated through turbines situated inside the Eresma river. The estimated annual volume of production is 200 tons”.

Little is known of the activity and operations of the English company. They participated in the rehabilitation of the shelter of the mountain pass of Fuenfría, and there are indications that slate from Bernardos was used by various potters from the Zuloaga family to adorn their products. To stimulate the sales of its product, the English company repeatedly published advertisements in a new Madrid magazine called La Ciudad Lineal, which promoted the urbanisation of the famous neighbourhood of Ciudad Lineal in the context of the project led by Arturo Soria.

---

40- Rubio Celada, 2004, p. 229.

Finalmente, en 1928 la compañía inglesa dio por finalizada su actividad, liquidando la sociedad, pasando a ser adquirida por propietarios españoles.

In 1928 the English company eventually put an end to its activities, and wound up the company, which was then purchased by Spanish owners.



Imagen I-15. Hueco minero de la cantera de los Ingleses en su actual estado de consevación.

Picture I-15. Mine hollow in the quarry of the English, at its present state of preservation.





Imagen I-16. Pizarra recuperada del monasterio de El Escorial con aproximadamente 300 años desde que fue fabricada. dimensiones de la conocida Medida Real 40x15.

Picture I-16 Slate recovered from the monastery de EL Escorial with approximately 300 years since it was manufactured. dimensions of the known Real Measure 40x15.

Imagen I-17 de izquierda a derecha:

- 1- Sergio Román Torrego  
(abuelo de José Antonio Román Herranz)
- 2- Pedro (Padre de Elvira, mujer de Vicentin)
- 3- "Desconocido"
- 4- Recorco
- 5- "Desconocido"
- 6- Alejandro (Encargado)
- 7- Ciriaco Sacristán
- 8- Jesús Gaitero
- 9- Domingo González
- 10- Modesto Sacristán
- 11- Jacinto Román

Imagen I-18 de izquierda a derecha:

- 1- Luis Calvo Ferrero (fotógrafo)
- 2- Jacinto Román
- 3- Ismael Gaitero
- 4- Modesto Aragoneses
- 5- Sergio Román  
(padre de José Antonio Román)
- 6- Domingo González
- 7- Gregorio "El Fotro"
- 8- Felipe Piquero (padre de Felipin)
- 9- Julio Román "Vasquillo"
- 10- Sergio Román Torrego  
(abuelo de José Antonio Román Herranz)



Imagen I-17. Trabajadores de la cantera de Bernardos, década de 1950.



Imagen I-18. Imágenes cedida por José Antonio Román Herranz, trabajador de Naturpiedra Jbernardos y tercera generación vinculada a la pizarra.

Picture I-18. Images given by José Antonio Román Herranz, Naturpiedra Jbernardos worker and third generation linked to the slate.

## Bibliografía/ Bibliography

- Barbeito, José M, 1992, El Real Alcázar de Madrid. Madrid, Colegio oficial de Arquitectos.
- Brown, J. y Elliott, J. H., 2003, Un palacio para el rey. El Buen Retiro y la Corte de Felipe IV. Madrid. Alianza editorial.
- Cano de Gardoqui García, José Luis, 1991, "Las cubiertas de pizarra en las obras reales de Felipe II y su tránsito al siglo XVII: antecedentes de la arquitectura barroca española", Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA, Tomo 57, págs. 291-300.
- Cano de Gardoqui García, José Luis, 1994, La construcción del Monasterio de El Escorial. Historia de una empresa arquitectónica. Universidad de Valladolid, Servicio de Publicaciones.
- Ceballos-Escalera y Gila Alfonso y Luis de, 2010, "Influencias del arte flamenco en España: el empi-zarrado. Las Reales Minas de pizarra de Bernardos y Carbonero el Mayor, en tierras de Segovia", Anales del Cincuentenario - Annales du Cinquantenaire, I, págs. 57-83. Academia Belgo-Española de Historia.
- Cervera Vera, Luis, 1967, El conjunto palacial de la villa de Lerma. Valencia, ed. Castalia.
- Cervera Vera, Luis, 1977, "La construcción del Palacio Espinosa en Martín Muñoz de las Posadas. Academia: Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, N° 44, págs. 17-69.
- Cervera Vera, Luis, 1979, "Gaspar de Vega: entrada al servicio real, viajes por Inglaterra, Flandes, Francia y regreso a España" Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA, Tomo 45, 1979, págs. 317-348.
- Cervera Vera, Luis, 1980, "Gaspar de Vega: entrada al servicio real, viajes por Inglaterra, Flandes, Francia y regreso a España (conclusión)" Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología: BSAA, Tomo 46, 1980, págs. 241-254.
- Cervera Vera, Luis, 1985, El conjunto monacal y cortesano de La Fresneda en El Escorial. Academia: Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, N° 60, 1985, págs. 49-136.
- Cervera Vera, Luis, 1985, La Fresneda: un lugar de Felipe II en el entorno de El Escorial.
- Chueca Goitia, Fernando, 1986, "La influencia de los Países Bajos en la arquitectura española", en El Escorial, la arquitectura del monasterio, Madrid, COAM, pp. 29-43.
- Fougeroux de Bondaroy, Auguste-Denis, 1761, Art de tirer des carrières la pierre d'ardoise, de la fendre et de la tailler, Paris, Saillant et Nyon.
- Gárate Fernández-Cossío, Pablo, 2012, El Palacio de Valsaín. Una Reconstitución a través de sus vestigios. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.



-Kagan, R., Ciudades del siglo de Oro. Las vistas españolas de Anton van de Wyngaerde. Madrid, Ediciones el Viso.

-Iglesias Ponce de León, Moisés, 1995, L'ardoise en Espagne: Histoire et économie (Un témoin de changements socio-culturels). Thèse doctorat, Université Rennes 2.

-Lindoso Tato, Elvira, 2015, "La industria de la pizarra española en perspectiva histórica." Investigaciones de Historia Económica - Economic History Research 1, págs. 152-61.

-Llaguno y Amirola, Eugenio y Juan Agustín Ceán Bermúdez, 1829, Noticias de los arquitectos y arquitectura de España desde su Restauración. 4 vols. Madrid, Imprenta Real, 1829.

-Madruga Real, Ángela, 2001, "El Escorial a debate. Informes, discusiones y propuestas en las Cortes del siglo XIX". Anales de Historia del Arte, 11, pp. 291-312.

-Marías, Fernando, 1986, La arquitectura del Renacimiento en Toledo (1541-1631). Madrid, CSIC, Instituto Provincial de Investigaciones y Estudios Toledanos. 4 vols.

- Merino de Cáceres, José Miguel y María Reynolds Álvarez, 2007, "Sobre la introducción en Castilla de la carpintería de armar centroeuropea", en Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Burgos, 7-9 junio 2007, eds. M. Arenillas, C. Segura, F. Bueno, S. Huerta, Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, CICCOP, CEHOPU, págs. 675-684.

-Rivera, Javier, 1984, Juan Bautista de Toledo y Felipe II. Valladolid. Universidad de Valladolid.

-Rodríguez G. de Ceballos, Alfonso, 2009-10, "Velázquez y las ermitas del Buen Retiro: entre el eremitismo religioso y el refinamiento cortesano". Atrio, 15-16 (2009-2010) p. 135 - 148.

-Rodríguez Morales Jesús, 2009, "Algunas noticias de la palomera de Ávila". El Nuevo Miliario: boletín sobre vías romanas, historia de los caminos y otros temas de geografía histórica, Nº. 9, (Ejemplar dedicado a: De Gades a Roma por Sierra Morena), págs. 53-68.

-Rubio Celada, 2004, De la tradición a la modernidad: los Zuloaga ceramistas. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

-Santos, Francisco de los, 1698, Descripción del Real Monasterio de San Lorenzo de El Escorial.. Madrid, En la imprenta de Juan García Infançon, 1698.

-Toajas Roger, M<sup>a</sup> Ángeles 2007 "La heredad de la Zarzuela. Nuevos documentos de su historia\*" Anales de Historia del Arte, 17, 85-116.

-Zarco Cuevas, Juan P. FR, 1918, Documentos para la Historia del Monasterio de San Lorenzo el Real de El Escorial III; instrucciones de Felipe II para la Fábrica y obra de San Lorenzo el Real. Madrid, Imprenta Helénica.

**Anexo. Obras con pizarra de Bernardos entre los siglos XVI y comienzos del siglo XIX<sup>41</sup>**  
**Annex. Works with Bernardos slate between the 16th and early 19th centuries**

<b>Año</b>	<b>Lugar</b>	<b>Denominación</b>	<b>Tipo de obra</b>	<b>Cantidad</b>
1562	Segovia	Palacio de Valsaín	nuevo tejado	
1563	El Pardo	El Pardo	nuevo tejado	
1563-66	Madrid	Caballerizas reales/ Armería	nuevo tejado	
1566-69	Madrid	Obras en el Real Alcázar	cubiertas, chapitel	
1564	El Escorial	La Fresneda	cubiertas	
1565-	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo	cubiertas	
1565	El Pardo		cambio de las cubiertas por otras de pizarra	
1566	El Pardo	Torre de la Parada	torre	
1603	Uclés	Monasterio	chapiteles	26.000
1585	Segovia	Real Ingenio de la Moneda	cubierta	
1570-72	Martinmuñoz de las Posadas	Palacio Cardenal Espinosa	nueva construcción	
1575-76	Esteban Hambran	Torre Palacio de los Vargas	nueva construcción	
1577	Almorox	Iglesia	chapitel y torre	8.000
1615	Lerma	Palacio duque Lerma	nueva construcción	
1565-1571	Fuenfría	Casa de la Fuenfría		
1562	Valsaín	Casa del bosque Palacio de Valsaín	cubiertas, chapitel.	
1616	Madrid	Convento de El Carmen	chapiteles	
1618	Madrid	palacio del duque de Uceda	chapiteles	
1623	Fuenfría	Fuenfría	reparación	
1625	Segovia	Ayuntamiento de Segovia	chapiteles	
1627	El Escorial	La Fresneda	obra	12.000
1628	Madrid	Palacio de la Zarzuela	cubiertas	
1633	Madrid	Palacio del Buen Retiro	chapiteles	

41- La mayor parte están reseñadas en el trabajo de Ceballos-Escalera, 2010.

1646	Salamanca	Colegio de Recoletos	cubiertas	25.000
1650	Loeches	Convento de dominicas	cubiertas	12.000
1651	Alcalá de Henares	Colegiata de San Justo y Pastor	cubiertas	20.000
1652	Casarrubios del Monte	Iglesia parroquial	chapitel	20.000
1653	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo	cubierta	
1669-1672	Madrid	Real Armería	cubierta, reparación	26.000
1673	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo	cubierta, reparación tras incendio	
1676	Madrid	Casa profesa de la Compañía de Jesús	cubrir la media naranja	
1682	Segovia	Alcázar	cuatro chapiteles que están en los cuatro extremos de la sala de armas, y el chapitel del cubo del alcázar	
1683	Segovia	Parroquia Santa Eulalia	guardapolvos de las puertas	3.000
1683	Segovia	Convento del Carmen Calzado		20.000
1684	Segovia	Convento de San Antonio el Real		2.000
1684		convento de las Agustinas recoletas		12.000
1685	Segovia	Catedral	baldozas para enlosado	



Imagen I-19. Altar mayor de la Catedral de Segovia, enlosado de pizarra y mármol.



1688	Villanoño (Palencia)	Capilla	cubrir la capilla sepulcral	
1688	la Aguilera (Burgos)	Convento dominicano de Domus Dei	cubrir la capilla	
1689	Alfaro (La Rioja)	Iglesia colegial de San Miguel	chapiteles	
1690	El Espinar	Iglesia parroquial	chapitel	1.500
1691	Yepes	Iglesia		
1691	Madrid	Hospital de los Irlandeses		
1691	Madrid	Cárcel Real		
1691	Madrid	Casa de la Villa		
1692	Segovia	Iglesia de San Andrés	chapitel	12.000
1692	Salamanca	Plaza Mayor	capiteles de la plaza mayor	6.000
1692	Rioja	Murillo de Río Leza	iglesia	7.000
1692	Madrid	Buen Retiro y Cárcel Real		5.000
1693	Madrid	Casas Consistoriales		6.000
1693	Zamarramala	Iglesia		4.000
1693		Iglesia de San Pablo		6.000
1694	Segovia	Iglesia de San Esteban		10.000
1694	Madrid	Palacio del Retiro	torre del reloj y sobrepuestas Palacio	4.000
1694	Villalón	Iglesia	chapitel	8.000
1694	Peñafiel	Convento Franciscano, enfrente	tejadillo de una cruz de piedra	2.000
1696		Iglesia de San Martín	chapitel	10.000
1696	Madrid	Hospital de San Francisco		10.000
1696	Vitoria	Iglesia de Santa María	chapitel de la torre	14.000
1696		Iglesia de San Miguel	chapitel	12.000
1696	Osma (Soria)	Hospital obispal	chapiteles de dos torres	20.000
1697	Segovia	San Millán	chapitel	12.000
1697	Salamanca	Colegio Mayor San Salvador de Oviedo	tejado de la capilla del beato toribio de Mogrobejo	8.000
1697	Cantimpalos (Segovia)	Torre de la iglesia	torre	8.000
1698	Alfaro	Ermita	tejado	2.500
1698	Madrid	Cárcel de Corte	reparo tejado	4.000
1702	Segovia	Real Alcázar	reparo de tejados	

1703	Segovia	Casas de Juan de Ortega Lara	torre, cubierta	3.000
1703	Madrid	Iglesia de las Comendadoras de Santiago	chapiteles de las torres	24.000
1703	El Espinar	Iglesia San Eutropio	cubiertas de capillas	14.000
1704	El Sotillo	Iglesia		4.000
1705	Torrejón de Velasco	Iglesia de San Esteban		8.000
1705	Cuéllar	Casa de don Alonso Ruiz de Herrera	casas	1.500
1705	Madrid	Casas de la Panadería y Cárcel de Corte		6.000
1705	Cuéllar	Iglesia de Santo Tomé	chapitel del camarín	2.000
1706	Tembleque	Iglesia parroquial	chapitel	12.000
1710	Segovia	Catedral	chapitel de la capilla del Sagrario	10.000
1710	Navalmanzano	Iglesia		9.000
1713	Madrigal	Convento de San Agustín	chapitel	4.000
1714	Sonseca (Toledo)	Iglesia de San Juan	chapitel	1.300
1715	Torrubia del Campo	Iglesia		3.000
1715	Madrid	Cárcel de Corte	cubierta	20.000
1716	Martinmuñoz de las Posadas	Palacio del Cardenal Espinosa	tejados y torres	16.000
1716	Madrid	Lavaderos de ropas de SM		30.000
1717	Polán (Toledo)	Iglesia parroquial	capilla de la Soledad	1.100
1717	Madrid	Palacio Real	Pasadizo entre el Real Alcázar y Real Armería	30.000
1717	Hontalvilla	Iglesia	chapitel	6.000
1717	Madrid	Ermita Santa María del Puerto		12.000
1718	Pulgar (Toledo)	Iglesia	chapitel	4.000
1719	Toledo	Iglesia del convento imperial de San Clemente	chapitel	3.000
1720	Medina del Campo	Iglesia de San Miguel	chapitel	2.000
1721	Santa Cruz del Retamar	Iglesia	chapitel	20.000
1721	Madrid	Iglesia de S. Felipe Neri	media naranja y torres	16.000

1721	Villanueva de la Cañada	Iglesia	torre	2.200
1722	La Granja de San Ildefonso	Palacio Real	torres	
1722	El Escorial	Palacio y casas de oficios del Palacio de San Lorenzo		
1722	Vargas (Toledo)	Iglesia	chapel	6.000
1722	Talavera de la Reina	Iglesia Santa Leocadia		4.000
1723	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo		10.000
1723	Madrid	Convento de Trinitarios descalzos	capilla Jesús Nazareno	10.000
1723	Burguillos	Iglesia	chapel	6.000
1724	Madrid, calle del Pez			
1724	Rascafría	Cartuja del Paular	capilla del Sagrario	12.000
1724	Aldeavieja	Ermita de Nuestra Señora del Cubillo	chapel	2.000
1725	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo		10.000
1725	Rascafría	Cartuja del Paular	capilla del Sagrario	26.828
1726	Madrid	Convento de Santo Tomás		26.000
1727	Madrid	Iglesia de las Comendadoras de Santiago		6.000
1728	Navalcarnero	Iglesia parroquial	capilla de la Concepción	20.000
1728	Madrid	Convento Real de Atocha	capilla mayor y camarín de la Virgen	3.000
1728	Segovia	Iglesia de San Esteban	capilla de la Natividad	4.000
1729	la Aguilera (Burgos)	Convento franciscano de Domus Dei	capilla de San Pedro Regalado	25.000
1729	Ávila	Convento franciscano de San Antonio	capilla de la virgen de la Portería	12.000
1729	Madrid	Iglesia del Real convento de Calatravas	Linterna de la cúpula	8.000
1731	Toledo	Iglesia de San Justo y Pastor		4.000
1731	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo		12.000



1732	Medina del Campo	Colegial	chapitel	5.000
1732	Segovia	Convento de la Merced		6.000
1733	Segovia	Casa solariega de D. Antonio Salcedo y ladrón de Guevara	torreón	4.000
1733	Vitoria	Iglesia San Vicente	chapitel	3.000
1733	Tendilla (Guadalajara)	Iglesia	chapitel	6.000
1733	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo	tejados y caballerizas	10.000
1734	Carbonero el Mayor	Iglesia	capilla mayor	3.000
1734	Salamanca	Colegio Mayor San Bartolomé	cúpula	6.000
1734	Toledo	Casa de la Oración de los Padres Misioneros del Salvador	chapitel	8.000
1735	Madrid	Cárcel de Corte	torre	10.000
1735	Viana (Navarra)	Iglesia	torre	4.200
1735	Salamanca	Iglesia del Colegio de San Carlos de clérigos menores	linterna y cúpula	5.000
1736	Madrid	Convento de los Afligidos		12.000
1736	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo		60.000
1737	Armuña (Segovia)	Iglesia	chapitel	4.500
1737	Madrid	Casa de la Panadería	chapiteles y fachada	
1738	El Escorial	Monasterio de San Lorenzo	tejados del Colegio seminario	60.000
1738	Alcalá de Henares	Colegio de San Basilio Magno	iglesia	4.000
1738	El Pardo	Casas de Oficios	cubierta	30.000
1738	Madrid	Palacio del Buen Retiro		4.000
1739	La Granja de San Ildefonso	Palacio de San Ildefonso		5.000
1741	El Pardo	Palacio	los cuatro chapiteles	40.000
1741	Madrid	Casa de la Panadería		17.380

1742	Madrid	Iglesia nueva del convento del Santísimo Sacramento, recoletas bernardas		12.000
1743	Rascafría	Monasterio del Paular	techumbres de la iglesia y claustro pequeño	
1744	Asteguieta (Álava)	Iglesia	torre	5.000
1744	La Granja de San Ildefonso	Fábrica de Cristales		
1747	Madrid	Casas principales del conde de los Arcos, plaza de la Villa	cubiertas y mirador	4.000
1748	Madrid	Convento de Portaceli, de clérigos menores de San Felipe Neri	camarín de Nuestra Señora	6.000
1749	Madrid		cubrir el depósito y almacén de Doña María Ana González, plomera y pizarrera de los Reales Sitios	4.000
1749	Madrid	Palacio del Buen Retiro		3.000
1757	Pozaldez (Valladolid)	Iglesia		4.200
1758	El Escorial	Monasterio Palacio y casas de oficios		15.000
	Madrid	Iglesia de San Miguel	reedificación de la cúpula	6.000
	Rascafría	Monasterio del Paular		2.000
1807	El Escorial	Casa de los Infantes		

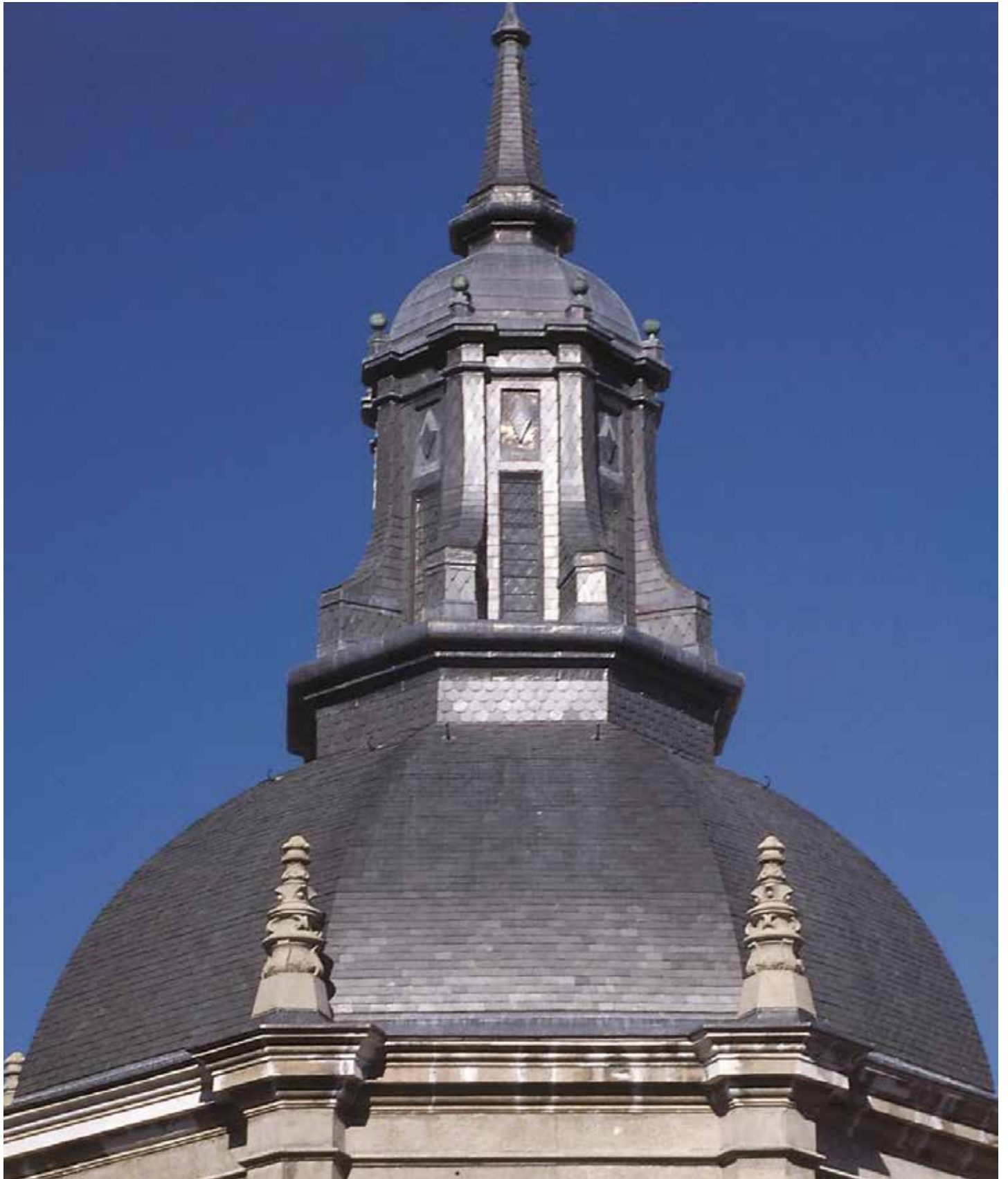


Imagen I-20. Iglesia de las Calatravas. Madrid.



## **Fernando López González Mesones**

(Madrid 1941) es doctor ingeniero de minas por la Universidad Politécnica de Madrid. Inició su actividad profesional como consultor en empresas de ingeniería y posteriormente como profesor titular en el Departamento Ingeniería de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid. En el ámbito normativo es el representante español en los comités europeos de normalización (CEN) para el desarrollo de la normativa europea de piedra natural, y ponente de las normas UNE para la puesta en obra del material. Ha sido miembro de la Red CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) Grupo XIII-C (piedra ornamental). Como autor ha escrito diez libros relacionados con la piedra y publicado numerosos artículos en revistas especializadas. Así mismo ha impartido cursos y conferencias tanto a nivel nacional como internacional.

(Madrid 1941) earned his PhD on Mining Engineering from the Universidad Politécnica de Madrid. He began his professional activity as a consultant in engineering companies and later moved to the academia, working as an Assistant Professor at the Materials Engineering Department of the Universidad Politécnica de Madrid. He is the Spanish representative in the European standardization committees for the development of European standard of natural stone (CEN), and reporter for UNE standards for laying natural stone. He has been a member of the CYTED Network (Science and Technology for Development) Group XIII-C (ornamental stone). He has authored ten books related to stone and has published numerous articles in specialized magazines. He has also delivered courses and presentations both nationally and internationally.

# PARTE II

## Valor arquitectónico de las pizarras de Bernardos

### Architectural value of the slates of Bernardos

Fernando López González Mesones  
Dr. Ingeniero de Minas. UPM.

## 1.- El marco geológico.

El marco geológico de las canteras de pizarra de Bernardos se sitúa en las Capas de la formación Santa María, perteneciente al denominado complejo Esquisto Grauwáquico, definido en la hoja del mapa Geológico Nacional a escala 1:50000 (IGME), "Nava de la Asunción". Dichas capas son una sucesión de pizarras arenosas, de color verde grisáceo, con frecuentes intercalaciones de areniscas y cuarcitas, de edad Infra-cámbrica inferior, lo que supone una antigüedad de más de 550 millones de años, que al microscopio manifiestan diferencias de granulometría así como en el contenido en cuarzo y plagioclasa detríticos, y que, según el predominio de los microclastos, las rocas se pueden denominar filitas, cuarzo filitas plagioclásicas, matagrauvasas o metasamitas. (Ba-

## 1.- Geological setting.

The geological setting of the slate quarries of Bernardos is located in the strata of the rock formation of Santa María, which belongs to the so-called Schist-Graywacke complex, mapped out below in the Spanish Geological Map with a scale of 1:50,000 (from the Instituto Geológico y Minero de España (IGME) – Spanish Institute of Geology and Mining). These strata are a succession of greyish-green sandy slate, frequently interspersed with sandstone and quartzite – from the lower Infracambrian age, which supposes an antiquity of more than 550 million years in, under the microscope, they display differences in granulometry as well as in their content of quartz and detritic plagioclase, and, depending on the level of microclast predominance, the rocks can be classified as phyllite, plagioclase quartz phyllite, meta-greywacke

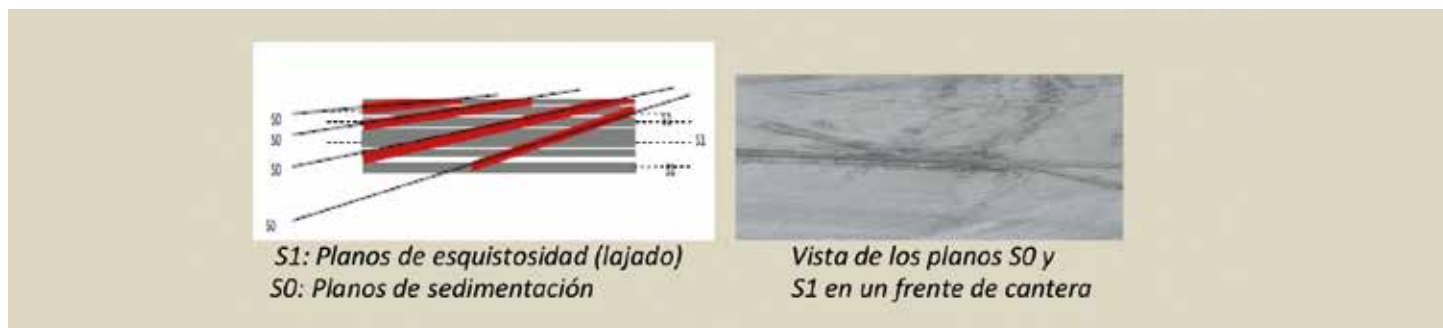


Imagen II-1. Intersección de los planos S0 y S1.

rrros Lorenzo, José Carlos 2013). En general la pizarrosidad del material se presenta inclinada unos 20° hacia el N, con una foliación según planos axiales S1 dispersos debidos, probablemente, a una etapa deformativa anterior que afectó al complejo esquisto-grauwáquico.

Una peculiaridad de las pizarras de Bernardos radica en que, ocasionalmente, el plano de esquistosidad S1 y el de sedimentación S0 son subparalelos (imagen II-1) lo que da lugar, en superficie, a un vetado muy sugerente que se magnifica aplicando los tratamientos de pulido, apomazado, envejecido por cepillado; pudiendo disponer así los prescriptores de más elementos,

or meta-psammite (Barros Lorenzo, José Carlos 2013). In general, the slaty cleavage of the material appears with a grade of slope of approximately 20 degrees northward and the schistosity varies due to the dispersion of the S1 axial plane, probably as a result of a previous stage of deformation which affected the Schist-Graywacke complex.

One of the peculiarities of the Bernardos slate lies in the fact that the schistosity plane S1 and the sedimentation plane S0 are occasionally sub-parallel (see Picture II-1), which results in a very pronouncedly veined surface. The material is further magnified through various processes such as polishing, smoothing down with pumice stone or aging



a tomar en cuenta, en el diseño arquitectónico. Simultáneamente, al presentar ambos planos escasa inclinación relativa, se evitan roturas por flexión imprevistas a través de su intersección. (Imagen II-1).

En ciertas zonas de algunas canteras, se han podido apreciar niveles carbonatados según los planos de sedimentación S0, así como algunos fenómenos de deformación en una serie de pequeños pliegues (crenulación) que proporcionan a estas pizarras un aspecto veteadado muy apreciado por los arquitectos en proyectos de restauración, o de nueva construcción, cuando se desee obtener este tipo de sensaciones. Los estudios petrográficos de las pizarras de Bernardos indican que las mismas parecen proceder de sedimentos muy finos, de tamaño limo, de composición cuarzo arcilloso, sometidos a un metamorfismo de tipo regional, de grado bajo o muy bajo, debido a una compresión tectónica, que se pueden clasificar como filitas (ver estudio petrográfico en Ap. 2.3.1.).

En este punto se considera interesante incluir los últimos estudios que han sido realizados, en este sentido, en la Universidad de Gante (Bélgica) por el Dr. Víctor Cárdenes Van den Eynde.

Según este investigador, es importante hacer la diferenciación entre los términos Pizarra para cubiertas y Pizarra ss (strictu sensu). Pizarra para cubiertas es, en general, un término comercial que se aplica a toda roca capaz de exfoliar en placas finas y regulares que se pueden usar como recubrimiento de tejados. El término Pizarras para cubiertas engloba cuatro tipos principales de rocas:

- Pizarras de bajo grado.
- Pizarras s.s.
- Filitas.
- Mica-esquistos.

Esta clasificación de Pizarras para cubiertas se basa en tres características definitorias, color, componentes minerales y petrología.

by brushing, and thus experts have additional elements to take into account in their architectural design. At the same time, since both planes have relatively very little slope, no cracks from unexpected flexion occur during their intersection (Picture II-1).

In certain areas of some quarries, one can observe carbonate rock along the planes of sedimentation S0, as well as certain deformation phenomena in the shape of a series of small folds (crenulation). This results in a veined effect on the pieces of slate which is much appreciated by the architects in restoration or new projects seeking to recreate this appearance. Petrographic studies of the Bernardos slate show that the material seemingly originates from very fine sediments the size of silt with the composition of argillaceous quartz, which have been subjected to a low or very low degree of regional metamorphism due to tectonic compression, and which can be classified as phyllites (see the petrographic study in the Ap 2.3.1).

At this stage, it is interesting to consider the latest studies carried out, in this context, by Dr Víctor Cárdenes Van den Eyde at the University of Gent (Belgium).

According to this researcher, it is important to establish a distinction between the 'slate for roofing' and 'slate strictu sensu' (slate 's.s.'). 'Roofing slate' is a commercial phrase which applies to any rock that can be exfoliated into fine and regular slabs to be then used as material to cover roofs. The term 'roofing slate' encompasses four main types of rock:

- Low-grade slate.
- Slate s.s.
- Phyllites.
- Mica-schist.

This classification of types of roofing slate is based on three defining characteristics: colour, mineral composition and petrology.

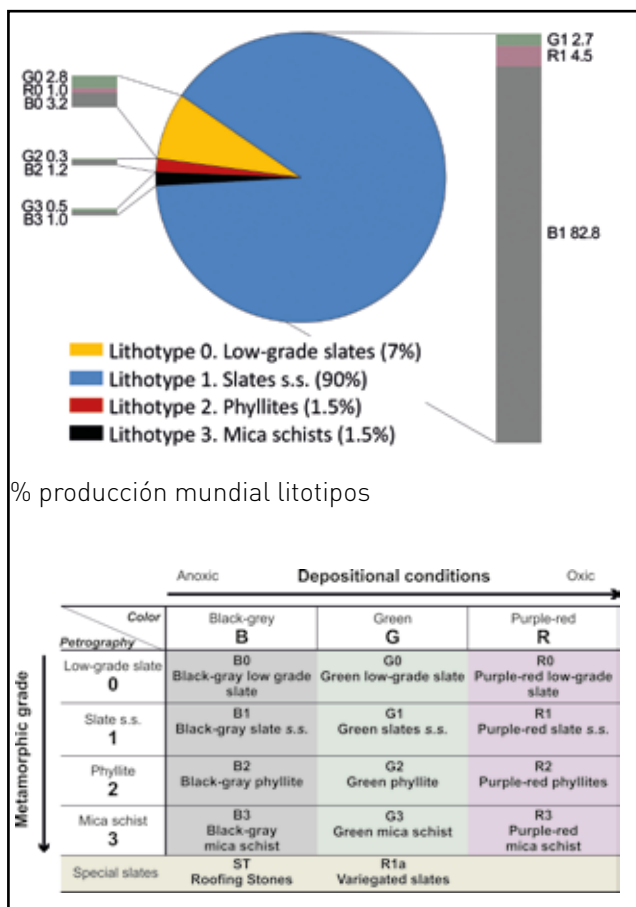
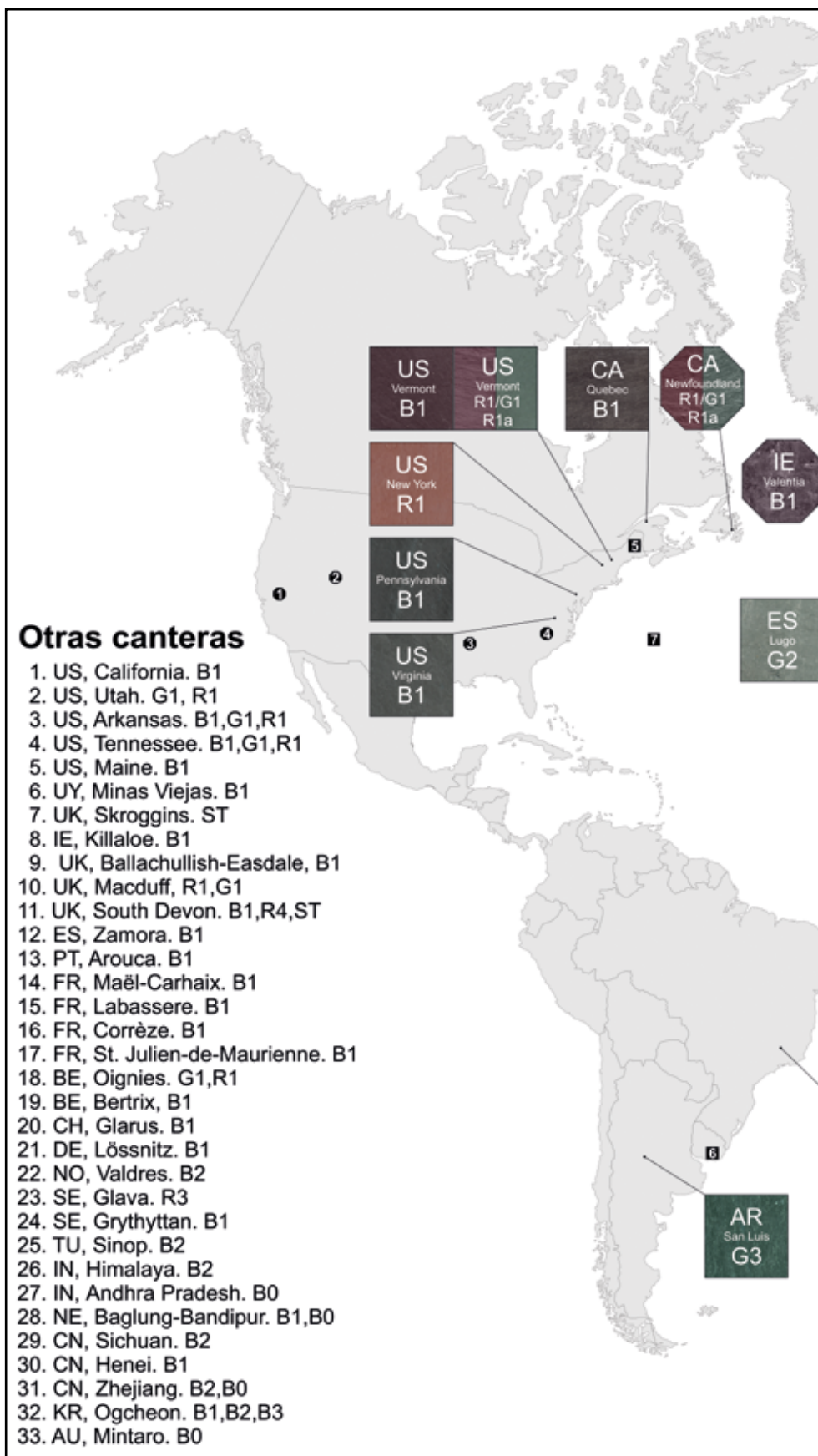


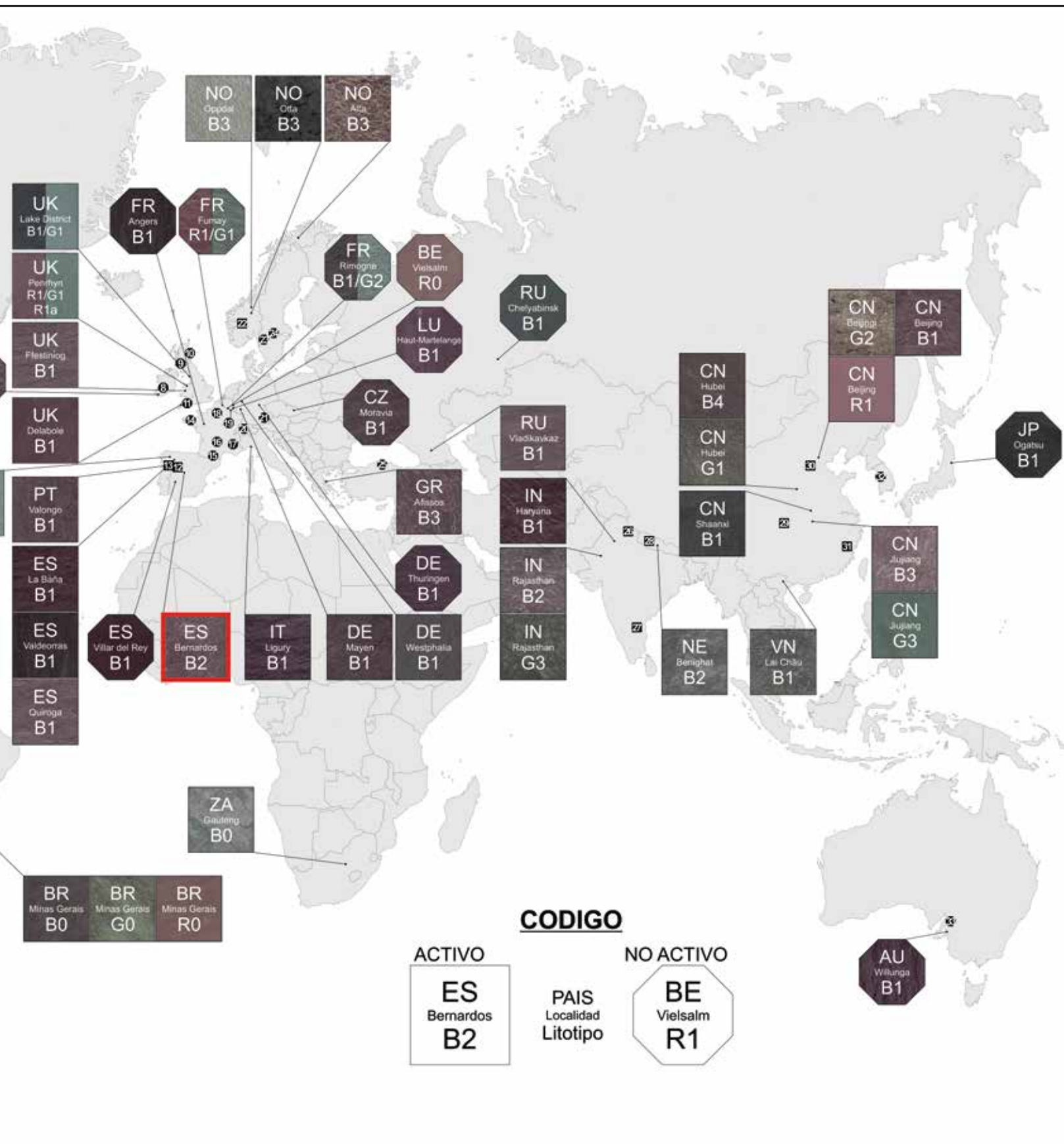
Imagen II-2.  
Litotipos de pizarra para cubiertas.

Picture II-2.  
Lythotypes of roofing slate.

Imagen II-3.  
Variedades de pizarra existentes  
en el mercado mundial.

Picture II-3.  
Existing slate varieties  
in the world market.







El color está definido por la proporción de minerales secundarios y accesorios y depende de la composición mineral, que a su vez tiene relación con los procesos de formación de la roca. En las Pizarras para cubiertas se distinguen tres familias principales de color: negras-grises (litotipo B), verdes (litotipo G) y rojo-púrpuras (litotipo R). Los litotipos B y G son el resultado de condiciones de formación reductoras, y generalmente contienen sulfuros de hierro. El color negro del litotipo B se debe a una pequeña cantidad de materia orgánica, la cual no está presente en el litotipo G. Por el contrario, el litotipo R proviene de condiciones genéticas oxidantes, teniendo así óxidos de hierro en su composición en lugar de sulfuros de hierro.

Los minerales principales son micas, cuarzo, cloritas y feldspatos. Los minerales secundarios y accesorios son sulfuros de hierro y carbonatos, cuya cuantía es un factor a tener en cuenta para determinar la calidad de la pizarra para cubiertas.

La otra característica distintiva es la petrología, la cual da información sobre el grado de metamorfismo que ha sufrido la roca. Como se ha indicado anteriormente, existen cuatro tipos principales de rocas usadas como Pizarras para cubiertas: pizarras de bajo grado, pizarras s.s., filitas y mica-esquistos. El incremento de metamorfismo conlleva una recristalización de la roca, la cual cierra el espacio poroso, reduciendo así la absorción de agua y mejorando el comportamiento mecánico.

Esta clasificación ordena las Pizarras para cubiertas en 12 litotipos, cada uno con unas características generales que permiten inferir a grandes rasgos las propiedades constructivas (Imagen II-2).

El análisis del cuadro anterior nos indica que la filita presenta un estado de metamorfismo más avanzado que la pizarra s.s, intermedio entre una pizarra y un esquisto, lo que se traduce en que el tamaño de micas es algo superior en

The colour is defined by the proportion of secondary and accessory minerals, and depends on the mineral composition, which in turn is linked to the processes of rock formation. Amongst roofing slates, three main colour families can be distinguished: black-grey (lythotype B), green (lythotype G) and red-purple (lythotype R). Lythotypes B and G result from compression in the rock formation and generally contain iron sulfides. The black colour in lythotype B is due to a small quantity of organic matter which is absent from lythotype G. By contrast, lythotype R originates from oxidising genetic conditions, and thus contains iron oxides instead of iron sulfides.

The main minerals are mica, quartz, chlorites and feldspar. The secondary and accessory minerals are iron sulfides and carbonates, the presence and quantity of which is a factor to be taken into account when determining the quality of the roofing slate.

The other defining characteristic is the petrology, which offers information on the level of metamorphism affecting the rock. As previously noted, there are four main types of rock used as roofing slate: low-grade slate, slate s.s., phyllites and mica-schist. A stronger metamorphism implies a recrystallisation of the rock, which blocks the porous spaces, limiting water absorption and improving the mechanical behaviour.

Roofing slate is thus classified in 12 lythotypes, each with general characteristics which allow us to infer their main constructive properties (Picture II-2).

An analysis of the table above indicates that phyllite displays a more advanced level of metamorphism than slate s.s. – halfway between a slate and a schist – which means that the micas in the phyllites are slightly

las filitas, de manera que los planos de foliación desarrollan algo más de brillo y, además, por lo general, presentan una superficie algo más rugosa y ondulada (Philpotts, 1989) lo que proporciona un aspecto veteadado muy valorado por los prescriptores, sobre todo para edificios en los que se busque este tipo de sensaciones.

En cualquier caso, y por razones prácticas, el término “pizarra” que aparece en esta publicación no se debe considerar como un término petrográfico, como tal, sino más bien como una acepción genérica.

En la imagen II-3, publicada recientemente por la Universidad de Gante (Bélgica), se recogen las diferentes variedades de pizarra más relevantes, existentes actualmente en el mercado mundial, y en la misma aparece la Pizarra de Bernardos con la denominación petrográfica de “Filita de Bernardos” con el código de clasificación B2.

## **2.- Las canteras y los materiales.**

A unos tres kilómetros de la localidad segoviana de Bernardos, se encuentran localizadas las dos canteras de pizarra, propiedad de la empresa Naturpiedra Jbernardos, entidad esta última que explota, elabora, controla y comercializa la piedra que extrae de estos yacimientos históricos.

En dicha localidad la empresa dispone de amplias instalaciones, una maquinaria adecuada, así como un personal muy experimentado, para así poder cumplir con las exigencias de calidad y durabilidad que, hoy en día, se requieren para los materiales pétreos en los mercados internacionales (Imagen II-4).

La conjunción de todas estas circunstancias conlleva la obtención de las más altas calificaciones de los mercados más exigentes, establecidas a partir de ensayos de laboratorio como son:

larger, so that the foliation planes develop a more sparkly look and they generally have a coarser and more uneven surface (Philpotts, 1989). This results in a veined aspect much appreciated by experts, particularly for buildings in which this type of appearance is very fitting.

Independently from these considerations and for practical reasons, the term “slate” must not be understood as a petrographic term as such but, rather, in its generic meaning.

The map in Picture II-3 – recently published by the University of Gent (Belgium) – shows the more relevant varieties of slate currently existing in the world market, including the Bernardos slate under the petrographic name of “Bernardos phyllite” and with the classification code B2.

## **2.- Quarries and materials.**

Some kilometres away from the town of Bernardos in the province of Segovia, one can find two slate quarries belonging to the company Naturpiedra Jbernardos, which exploits, prepares, controls and sells the rock extracted from those historical deposits.

The company possesses numerous installations in the town, well-functioning machinery and a very experienced personnel, in order to be able to meet the exigencies in terms of quality and sustainability which are nowadays required for rock materials in the international market (Picture II-4).

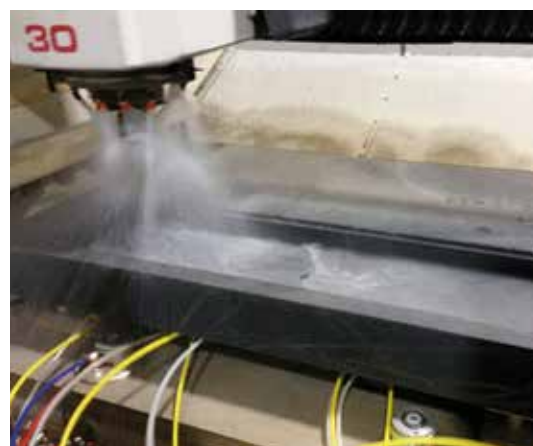
All these circumstances imply the need to count on the highest qualifications from the most demanding markets, established on the basis of laboratory trials as follows:





Imagen II-4. Instalaciones y maquinaria para la elaboración de la piedra.





Picture II-4. Facilities and machinery for stone elaboration.



## Según normativa europea UNE EN.

La pizarra de Bernardos responde a las máximas clases de calidad según la normativa vigente definidas por los siguientes códigos de clasificación: W1, T1, S1 y A1, y cuyos significados son los siguientes:

- W1: absorción de agua muy reducida, (< 0,6), que indica un excelente resistencia a las heladas y muy baja susceptibilidad de degradación
- T1: sin oxidaciones ni cambios de aspecto estructural en ensayo de ciclo térmico
- S1: sin alteraciones estructurales ni cambios de color a la exposición al SO<sub>2</sub>
- A1: comportamiento a la reacción al fuego, se considera que cumple

## Según normativa de los Estados Unidos ASTM.

La pizarra de Bernardos responde a la máxima clase de calidad S1 según la normativa ASTM C-406. Dicha norma es el estándar utilizado para la pizarra de tejado. Se compone de tres tipos de pruebas como siguen:

Test ASTM - C121 Water Absorption : calculando la absorción de agua (se considera S1 si el máximo no supera el 0.25%) – La pizarra de Bernardos ha obtenido el 0.091%.

Test ASTM - C120 Flexure (Breaking Load) : calculando la resistencia a la flexión (se considera S1 si la resistencia es superior a 575 lbs) – La pizarra de Bernardos ha obtenido 991 lbs.

Test ASTM - C217 Weather Resistance (Depth of Softening): calculando la resistencia a la intemperie (se considera S1 si el máximo no supera 0.002 in) - La pizarra de Bernardos ha obtenido 0.0002 in.

Así que de acuerdo con los criterios de la Norma americana ASTM C406, la pizarra de Bernardos ha obtenido la más alta calificación

According to European standards, based on UNE-European Norm standards.

The Bernardos slate complies with the highest standards of quality, based on the applicable regulations defined by the classification codes W1, T1, S1 and A1, which are described as follows:

- W1: very limited water absorption (< 0,6), indicating an excellent resistance to frost and very low sensitivity to degradation
- T1: no oxidation or changes in structural appearance when testing over the thermal cycle
- S1: no structural alternations or changes in colour when exposed to Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>)
- A1: reaction to being exposed to fire, considered as compliant

## According to the ASTM – American norm

Bernardos slate complies with the highest possible quality level as an S1 grade according to the ASTM-C406. This norm is the standard approved test report for roofing slates. It contains 3 different types of tests as follow:

Test ASTM - C121 calculate the Water Absorption. Slate is considered as an S1 if the maximum does not exceed 0.25% – Bernardos slate have passed with 0.091%.

Test ASTM - C120 calculate the Flexure (Breaking Load). Slate is considered as an S1 if the resistance is over 575 lbs – Bernardos slate have passed with 991 lbs.

Test ASTM - C217 calculate the Weather Resistance (Depth of Softening). Slate is considered as an S1 if the maximum does not exceed 0.002 in – Bernardos slate have passed with 0.0002 in.

In relation to the American Norm ASTM C406 criterias, Bernardos slate have passed the hi-

otorgando una vida útil al material de mínimo 75 años.

Para una mejor comprensión del significado de esta calificación de la Pizarra de Bernardos, es importante señalar que la vida útil de la pizarra para las otras clasificaciones es de 40 a 75 años para la S2 y de 20 a 40 años para la S3.

La combinación de un producto natural excepcional con la experiencia y profesionalidad del equipo Naturpiedra Jbernardos hace que más del 80% de la producción sea para exportación, estando presentes en más de 25 países de los 5 continentes.

## **2.1.- Las Canteras de Bernardos.**

En el término de Bernardos, además de las canteras actualmente activas, existen numerosos vestigios de explotaciones antiguas desparramadas por las laderas del río Eresma, como evidencia de una actividad minera que se inició con cierta continuidad ya a mediados del S XVI.

Entre estos merece destacarse, por mostrar ya una cierta entidad, la explotación iniciada a principios del S. XX, por la sociedad constituida en Londres, en 1909, "The Bernardos Slate Quarries Ltd", (ver parte 1 de la publicación) lo que demuestra la proyección internacional que, ya en aquella época, tenían la pizarras de Bernardos.

En la actualidad, Naturpiedra Jbernardos posee la titularidad de varias canteras de la zona, con distintos tipos de materiales, en dos de ellas, se extrae la filita, que figuran registradas oficialmente bajo las siguientes denominaciones:

- Cantera El Castillo
- Cantera Engorduro

ghest level of quality which gives a life expectancy of over 75 years.

For a better understanding of the ASTM C-406 norm, it is important to understand that the classification is S1, S2 or S3, being S1 the highest grade. Slates approved as an S1 will be guaranteed to have a lifespan of 75 years and over, as an S2 it will be between 40 and 75 years and as an S3 it will be between 20 and 40 years.

Thanks to the combination of an exceptional natural product and the experience and professionalism of the team at Naturpiedra Jbernardos, more than 80% of the production is exported, and can then be found in more than 25 countries across all five continents.

## **2.1.- The Bernardos quarries.**

In Bernardos, in addition to the currently active quarries, one can find numerous remains of previous exploitations scattered across the flanks of the Eresma river, which serve as proof of the continuity of the mining activities starting in mid-17th century.

Among these, it is worth highlighting – because it shows a notable degree of organisation – the exploitation founded in the early 20th century by the British company The Bernardos Slate Quarries Ltd, constituted in London in 1909 (see Part I), which demonstrates that Bernardos slate already held a level of international recognition at that time.

Naturpiedra Jbernardos currently owns many quarries in the area containing various types of materials, two of which are used for the extraction of phyllite, and are officially registered under the following names:

- Cantera El Castillo
- Cantera Engorduro



Cantera el Castillo: El conjunto de parcelas que lo integra totaliza una superficie, según planos de labores, de 10 hectáreas. Las reservas seguras en un estudio geológico reciente elevan al menos a 500.000 Tm de filita de óptima calidad para su utilización en cubierta.

The quarry of El Castillo (Cantera el Castillo) contains pieces of ground and amounting to a total area of 10 hectares. A recent geological study confirmed that there are reserves of 500,000 tons of phyllite of prime quality which can be used for roofing.



Imagen II-5. Cantera El Castillo.



Cantera Engorduro: Es de las explotaciones mineras más antiguas de Segovia. La superficie disponible es de más de 90 hectáreas entre explotación, escombreras, usos auxiliares y fábrica. Las reservas seguras superan los 2.000.000 de Tm.

The quarry of Engorduro (Cantera Engorduro) is one of the oldest exploitations in Segovia, and, taking into account the mining sites, the debris facility and the manufacturing plant, can boast an available area of more than 90 hectares. The confirmed reserves exceed 2,000,000 tons.



Imagen II-6. Cantera Engorduro.

NOTA.- las reservas probables del macizo pizarroso de Bernardos pueden multiplicar, como mínimo, por 10 estas cifras.

NOTE.- These figures could be multiplied by 10 if one includes the potential reserves contained in the slaty massif of Bernardos.

## **2.2.- El valor histórico como herramienta para la restauración.**

## **2.2.- Historical value as an instrument for restoration.**

Si se tuviera que destacar alguna propiedad relevante de las pizarras de Bernardos, además de sus propiedades técnicas habría que señalar, sin duda, su plena adaptación a la edificación histórica, como material adecuado para los trabajos de restauración.

If one had to highlight a relevant property of the Bernardos slate, in addition of its purely technological properties, it is undoubtedly worth noting the slate's full adaptation to historical edification, as an appropriate material for restoration works.

En efecto, en el recorrido histórico desarrollado en la primera parte de esta publicación se citan numerosas y emblemáticas referencias de

Indeed, the historical background presented in Part I of this publication mentions numerous and symbolic references to this slate, dating

estas pizarras, que se remontan al S. XVI, por haber sido elegidas por el Rey Felipe II para la construcción de las cubiertas de diversas obras reales, que se inician con el Palacio del Bosque de Valsaín, y cuya actividad continuó durante el siglo XVII hasta culminar su obra más emblemática como fue el Monasterio de San Lorenzo del Escorial.

La calidad, durabilidad y valor estético de los materiales utilizados impulsaron, a la institución real, a declarar Canteras Reales a los yacimientos de Bernardos, lo que favoreció el uso de esta pizarra en numerosas edificaciones.

Pero, además, esta relevancia histórica se ve complementada por las recomendaciones de grandes expertos de organismos internacionales encargados de la conservación del patrimonio histórico y cultural de la humanidad. En este ámbito se pueden destacar dos importantes documentos como son la Carta de Atenas de 1933 y la de Venecia en 1964, como continuidad de la primera.

La carta de Atenas es el primer documento que marca recomendaciones y principios generales para la conservación de Monumentos Artísticos e Históricos, y fue desarrollada por un grupo de expertos a través de la Comisión Internacional de la Cooperación Intelectual de la, en aquel entonces, Sociedad de Naciones.

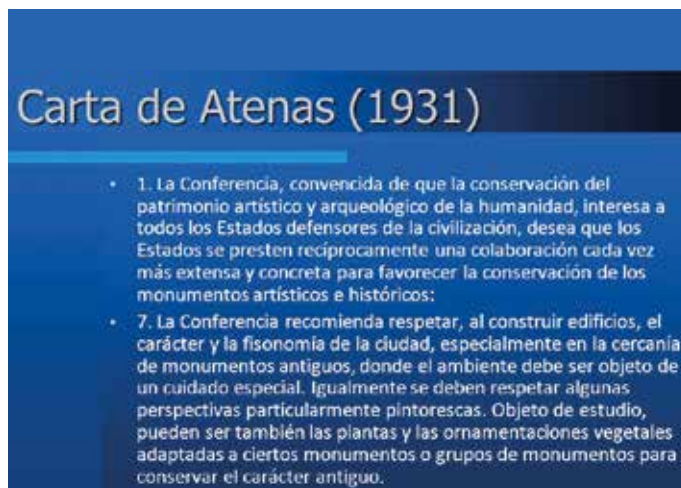


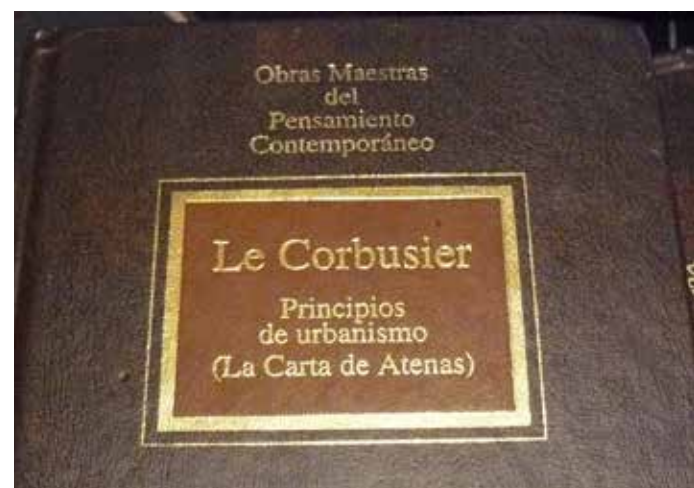
Imagen II-7. Carta de Atenas.

back to the 16th century, when it was chosen by King Phillip II for the construction of the roof in various royal works. This started with the Palace of Valsaín and the activity continued throughout the 17th century until it culminated in its most emblematic construction – the Monastery of San Lorenzo del Escorial.

The quality, resistance and aesthetic value of the materials prompted the Crown to proclaim the Bernardos sites as Royal Quarries, which encouraged the use of this slate in numerous edifications.

In addition, the historical relevance is complemented by the recommendations of great experts from international entities in charge of the conservation of the world's historical and cultural heritage. In this context, two important documents must be mentioned: the Athens Charter of 1933 and the Venice Charter of 1964, which was later elaborated on the guidelines of the former.

The Athens Charter is the first document to formulate recommendations and general principles for the conservation of historical and artistic monuments. It was drawn up by a group of experts through the International Congress of Intellectual Cooperation and under the auspices of the League of Nations.





Los principios para la conservación de monumentos que de ella surgieron permanecen actuales y han sido las bases de todos los documentos posteriores que ampliaron el campo de las recomendaciones, como respetar la obra histórica y artística del pasado sin menospreciar el estilo de ninguna época, o que los materiales nuevos necesarios utilizados deberán siempre ser reconocibles.

La Carta de Venecia se desarrolla en el marco de ICOM-UNESCO en 1964. La conferencia contiene una serie de artículos entre los que cabe destacar, por su relación con la restauración, los siguientes:

ART 1. La noción de monumento comprende la creación arquitectónica aislada así como también el sitio urbano o rural que nos ofrece el testimonio de una civilización particular, de una fase representativa de la evolución o progreso, o de un suceso histórico. Se refiere no sólo a las grandes creaciones sino igualmente a las obras maestras que han adquirido con el tiempo un significado cultural.

ART 2. La conservación y la restauración de los monumentos constituyen una disciplina que reclama la colaboración con todas las ciencias y con todas las técnicas que pueden contribuir al estudio y a la protección del patrimonio monumental.

ART 3. La conservación y la restauración de los monumentos tiene como fin salvaguardar tanto la obra de arte como el testimonio histórico.

ART 7. El monumento es inseparable de la historia de la cual es testigo, y también del medio en el cual está situado. El desplazamiento de todo o parte de un monumento no puede ser pues tolerado sino en el caso en que la conservación del mismo lo exija o bien cuando razones de un gran interés nacional o internacional lo justifiquen.

The principles for the conservation of monuments established by the Charter – such as the need to respect the historical and artistic works of the past without belittling the style of any epoch, or to ensure that the new materials used are recognisable – are still relevant today, and have served as the basis for subsequent documents which have come to expand the scope of recommendations.

The Venice Charter was drawn up in 1964 within the framework of the International Council on Monuments and Sites (ICOMOS) created following a proposal put forward by UNESCO. The text of the ICOMOS conference contains a series of articles, some of which relate to restoration and read as follows:

ART 1. The concept of a historic monument embraces not only the single architectural work but also the urban or rural setting in which is found the evidence of a particular civilization, a significant development or a historic event. This applies not only to great works of art but also to more modest works of the past which have acquired cultural significance with the passage of time.

ART 2. The conservation and restoration of monuments must have recourse to all the sciences and techniques which can contribute to the study and safeguarding of the architectural heritage.

ART 3. The intention in conserving and restoring monuments is to safeguard them no less as works of art than as historical evidence.

ART 7. A monument is inseparable from the history to which it bears witness and from the setting in which it occurs. The moving of all or part of a monument cannot be allowed except where the safeguarding of that monument demands it or where it is justified by national or international interest of paramount importance.

ART 9. La restauración es una operación que debe tener un carácter excepcional. Tiene como fin conservar y revelar los valores estéticos e históricos de un monumento y se fundamenta en el respeto hacia la substancia antigua y los documentos auténticos.

ART 16. Los trabajos de conservación, de restauración y de excavación estarán siempre acompañados por informes y reportes analíticos. Esta documentación se depositará en los archivos de un organismo público y estará a disposición de los investigadores.

En este ámbito, la pizarra de Bernardos es un producto perfectamente identificable en su origen que viene siendo utilizada desde hace cerca de 500 años formando parte esencial de muchas obras emblemáticas del patrimonio arquitectónico español, por lo que resulta fundamental protegerlo para así poder desarrollar las actuaciones de restauración conforme a las recomendaciones que en este sentido se vienen haciendo a nivel internacional.

Buena prueba de la importancia que tienen las pizarras de Bernardos como material histórico se refleja en la amplia y bien documentada relación de obras, citadas en la Parte I de esta publicación, que abarca desde mediados del siglo XVI hasta los inicios del XIX.

### **2.3.- Propiedades tecnológicas de las pizarras.**

Las propiedades de las Pizarras de Bernardos, se declaran de acuerdo con la utilización que se les va dar como material de construcción, de acuerdo con la estructura normativa desarrollada por los comités europeos de normalización.

Con este criterio la tipología de los ensayos de caracterización se dividen en dos grupos.

Conviene señalar que los resultados que se indican en esta publicación son los estimados

ART 9. The process of restoration is a highly specialized operation. Its aim is to preserve and reveal the aesthetic and historic value of the monument and is based on respect for original material and authentic documents. [...]

ART 16. In all works of preservation, restoration or excavation, there should always be precise documentation in the form of analytical and critical reports [...]. This record should be placed in the archives of a public institution and made available to research workers. [...]

In this context, the Bernardos slate is a product which can be clearly identified from its origins, has been used for almost 500 years and has been an essential part of many emblematic constructions of the Spanish architectural heritage. It is therefore crucial to protect it in order to continue with restoration works, in accordance with the recommendations which have been voiced in this respect at the international level.

A good illustration of the importance of the Bernardos slate as historical material lies in the wide-ranging and well-documented construction works mentioned in Part I, covering the period from the mid-16th century until the beginning of the 19th century.

### **2.3.- Technological properties of the slate.**

The properties of the Bernardos slate are to be understood in the context of their intended use as construction material, in accordance with the regulating framework developed by European committees on standardisation.

Following this criterion, the characterisation tests can be divided into two groups.

It must be noted that the herein mentioned results are those which were considered as most

como más representativos del material tomando como base los ensayos que Naturpiedra Jbernardos ha venido solicitando a distintos laboratorios, nacionales e internacionales, a lo largo de los años. Estos son:

### **2.3.1.- Ensayos de características de la pizarra utilizada para cubiertas según UNE EN 12326-2, definidos en el Subcomité CEN TC128/SC8.**

#### Análisis petrográfico

- Descripción macroscópica.

Color: Gris medio, N5, según Rock Color Chart, Munsell 2009.

Roca de marcada esquistosidad, con tamaño de grano muy fino. La muestra es compacta, si bien tiende a desgajarse bajo presión en láminas subparalelas. Al ser atacada en frío con HCl diluido al 10% no presenta efervescencia. Los abundantes minerales micáceos le confieren un característico brillo satinado que permite apreciar un bandeo perpendicular a la esquistosidad cuando se la balancea ligeramente.

Se han elaborado dos láminas transparentes:

- Según un plano perpendicular a la cara vista y paralela a la dirección longitudinal.
- Según un plano perpendicular a la cara vista y perpendicular a la dirección longitudinal.

- Estudio microscópico.

Composición mineral:

- Componentes principales: Cuarzo, minerales sericitico-arcillosos (sericita -fengita), moscovita, opacos.
- Componentes accesorios: Biotita, turmalina.

Textura: Metalimolítica con esporádicas bandas metasamíticas tamaño arena muy fina.

representative among the samples used for the tests. Throughout the years, Naturpiedra Jbernardos has been requesting different laboratories at national and international level to carry out the following tests:

### **2.3.1.- Characterisation tests for the slate used for roofing, following UNE EN 12326-2, defined in the Sub-committee CEN TC128/SC8.**

#### Petrographic analysis

- Macroscopic description.

Colour: Medium grey, N5 – following Rock Color Chart, Munsell (2009).

Rock with high schistosity and very fine grain. The sample is compact and tends to separate along sub-parallel planes under pressure. There is no indication of agitation when the rock is subjected to hydrochloric acid diluted into 10%. The abundance of micaceous minerals gives the material a distinctive glassy look and, when the sample is slightly tilted, strips perpendicular to the schistosity become apparent.

Two slabs of slate were sampled:

- In a plane perpendicular to the exposed side and parallel to the longitudinal direction.
- In a plane perpendicular to the exposed side and perpendicular to the longitudinal direction.

- Microscopic study.

Mineral composition:

- Main components: quartz, sericitic-argillaceous minerals (sericite-glaucinite), muscovite, opaque.
- Accessory components: biotite, tourmaline.

Texture: Similar to siltstone with sporadic meta-psammite strips the size of very fine-grained sand.



## Observaciones:

Roca metamórfica de tipo regional, de grado muy bajo, dentro de la facies de los esquistos verdes. Con biotita como mineral índice de metamorfismo.

La muestra contiene abundante cuarzo, de formas subredondeadas (con índice de redondeamiento I.R. entre 0,3 y 0,5), apareciendo los cristales con sus ejes mayores orientados según una misma dirección que corresponde a la esquistosidad principal S1.

Los cuarzos aparecen irregularmente distribuido por la lámina y suelen presentar extinción ondulante, claros indicios de procesos de deformación.

Sus tamaños de grano quedan comprendidos dentro de la fracción granulométrica limo y en menor medida arena muy fina, rango de tamaño propio de las filitas.

Los componentes más abundantes de la muestra son microlitos de minerales sericitico-arcillosos, orientados subparalelamente y definiendo la esquistosidad principal S1. Con toda probabilidad se trataría de sericita-fengita.

Completan la composición opacos granulares dispersos, probablemente óxidos y/o hidróxidos de hierro que pueden formar vetillas de escaso recorrido y en cantidades accesorias biotita de escaso grado de cristalinidad y una posible turmalina (difícil de determinar por su escaso tamaño).

La roca parece derivar de un sedimento muy fino de tamaño limo de composición cuarzo/arcilloso preservándose en parte una estratificación debida a pequeñas variaciones en las condiciones deposicionales y que se traducen en ciertas acumulaciones de cuarzo.

## Observations:

Rock with low-grade regional metamorphism, within the facies of green schists. The biotite presence accounts for the metamorphism.

The sample contains an abundance of subrounded quartz (with a level of roundness comprised between 0.3 and 0.5) and the crystals have their main axis oriented in the same direction as the main schistosity S1.

The quartz is irregularly distributed across the slab, frequently with undulatory extinction, a clear indication that deformation processes have occurred.

The size of grains are comprised between the grain-size fraction of silt and very fine-grained sand, the typical range for phyllite.

The most abundant components of the sample are microliths of sericitic-argillaceous minerals, with a subparallel orientation and defining the main schistosity S1. This is most likely to be sericite-glaucanite.

The rest of the composition is made up of dispersed opaque granular compounds, probably iron oxides or hydroxides, which can form short veinlets, and, in very small quantities, biotite with low-grade crystallinity and possible traces of tourmaline (difficult to ascertain due to its small size).

The rock is seemingly derived from very fine sediments the size of silt and with a quartz-argillaceous composition, which helps preserve a certain degree of stratification due to small variations in the depositional conditions and which lead to some accumulation of quartz.

Por su tamaño de grano y grado de metamorfismo, es una roca intermedia entre las pizarras y los esquistos pudiéndose describir como una filita, termino aun en uso comercialmente para rocas ornamentales.

Ahora bien, según los actuales criterios de clasificación petrográfica de rocas metamórficas (British geological Survey report 1999 nº RR 99-02 Clasificación de metamorphic rocks Chapter 9.5 Slate and Phyllite) se aconseja no emplear dicho término pues abarca tanto rocas metasedimentarias (como en nuestro caso), como rocas de metamorfismo dinámico tales como las filonitas, prefiriéndose denominarla a partir del tipo de sedimento del que deriva, por lo que la roca correspondería a una metalimolita.

Dicho criterio de clasificación afirma igualmente que para aquellas rocas con característico brillo satinado y en las que los microlitos arcillosos pueden ser identificados mediante el microscopio óptico (criterios usados antes para las filitas) conviene agregarle el adjetivo filítica.

Proporciones minerales y tamaño de grano medio:

Contenido mineral % Diámetro de las partículas (mm)

Cuarzo 37 % Entre 0,015 y 0,12 mm  
Minerales arcillosos 58 % 0,01 mm  
Opacos 5 % Entre 0,03 y 0,08 mm

Tipo estructural longitudinal: (O) transversal (f)

Índice de apilamiento de micas longitudinal: 65; transversal: 69

CLASIFICACIÓN: Filita (Metalimolita filítica)

Given the grain size and the level of metamorphism, the rock is halfway between slate and schist, and can be described as phyllite. This term is still in commercial use for decorative rocks.

However, according to current petrographic classification criteria for metamorphic rocks (British Geological Survey report 1999 number RR 99-02 Classification of metamorphic rocks, Chapter 9.5 - Slate and Phyllite), it is advised not to use this term since it encompasses meta-sedimentary rocks (as it is the case here) as well as rocks with dynamic metamorphism such as phyllite-mylonite. It is hence usually preferred to use a term referring to the type of sediments from which it is derived, the rock thus being classified as meta-siltstone.

Such classification criterion also suggests that the adjective phyllitic must be added when describing rocks which have the distinctive glassy look and in which the argillaceous microliths can be seen through an optical microscope (criteria used to distinguish phyllites).

Proportion of minerals and average grain size:

Mineral content (in %) Particle diameter (in mm)

Quartz 37 % Between 0.015 and 0.12 mm  
Argillaceous minerals 58 % 0.01 mm  
Opakes 5 % Between 0.03 and 0.08 mm

Structural type: longitudinal (O) transversal (f)

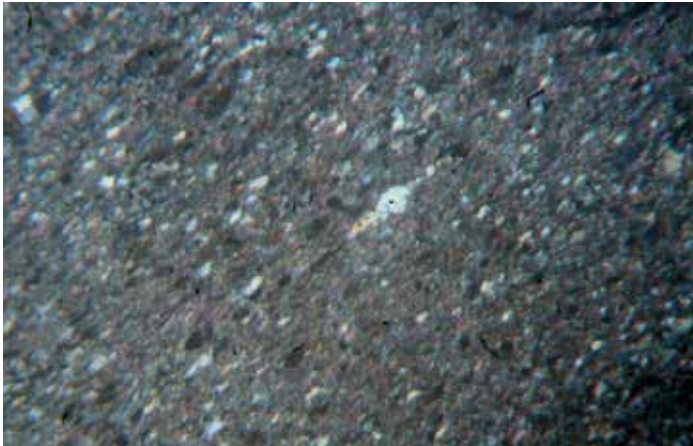
Level of accumulation of mica: longitudinal: 65, transversal: 69

CLASSIFICATION: Phyllite (Phyllitic meta-siltstone)



**MICROGRAFÍAS**

Lámina sentido longitudinal (L)



**MICROGRAPHIC VIEW**

Sheet in longitudinal cut (L)

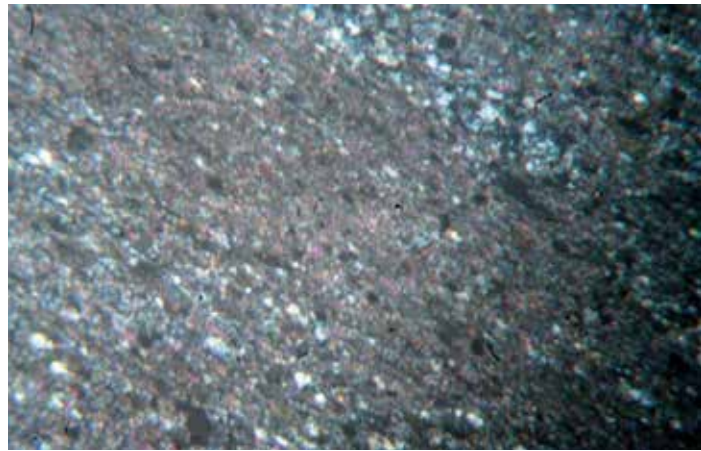
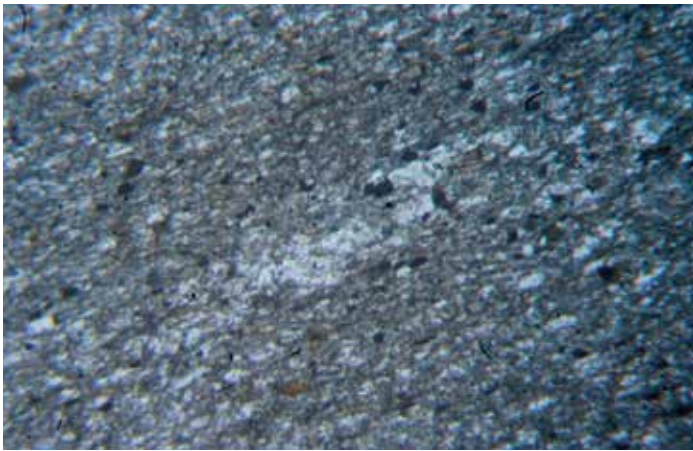


Lámina sentido transversal (T)

Sheet in transversal cut (T)

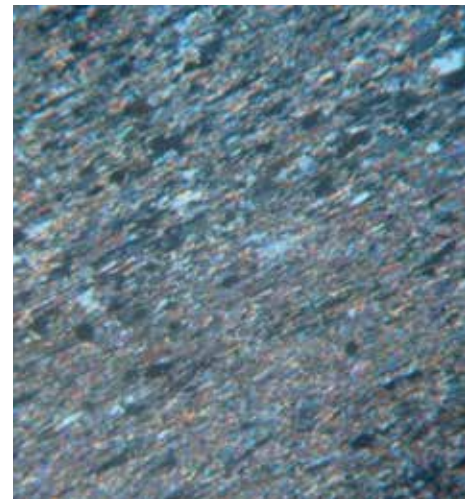
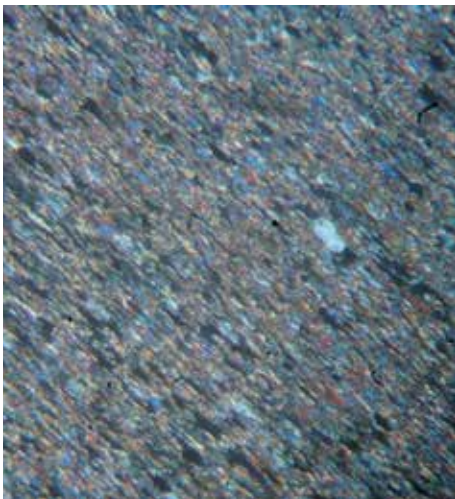


Imagen II-8. Micrografías.

Picture II-8. Sustainable development model.



**Determinación del Módulo de rotura y del Módulo de rotura característico.**

Módulo de rotura medio

- Sentido longitudinal: 55 N/mm<sup>2</sup>
- Sentido transversal: 27N/mm<sup>2</sup>

Módulo de rotura característico

- Sentido longitudinal: 41 N/mm<sup>2</sup>
- Sentido transversal: 21 N/mm<sup>2</sup>

Orientación del módulo de rotura máximo: LONGITUDINAL.

**Absorción de agua.**

Valor medio: 0,2 %

Código clasificación: A1. (Resistente al hielo).

**Resistencia a las heladas.**

No necesario al ser una pizarra de clase A1 en absorción.

**Determinación del contenido en carbonato cálcico y carbono no carbonatado por descomposición térmica catalítica.**

Contenido en Carbonato Cálcico: C<sub>c</sub>: 0,2% (<5%, no requiere incrementar el espesor).

Contenido en Carbono no carbonatado: C<sub>nc</sub>: 0,08% (<2% de acuerdo con la norma).

**Exposición al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

Alteraciones: Sin alteraciones ni cambios de color

Código resultado ensayo: S1 (Resistente al SO<sub>2</sub> atmosférico. No requiere incremento de espesor).

**Ensayo de ciclo térmico.**

Alteraciones: Sin oxidaciones ni cambios de aspecto significativos.

Código resultado ensayo: T1 (Buen comportamiento a los cambios térmicos)

Resistente a los cambios termicos.

**Determining the modulus of rupture and the typical modulus of rupture.**

Average modulus of rupture

- Longitudinal direction: 55 N/mm<sup>2</sup>
- Transversal direction: 27 N/mm<sup>2</sup>

Typical modulus of rupture

- Longitudinal direction: 41 N/mm<sup>2</sup>
- Transversal direction: 21 N/mm<sup>2</sup>

Orientation of the maximum modulus of rupture: LONGITUDINAL.

**Water absorption.**

Average value: 0.2 %

Classification code: A1 (frost resistance).

**Frost resistance.**

Not necessary since it is a A1-type slate in terms of absorption.

**Determining the content of calcium carbonate and non-carbonate carbon through thermal catalytic decomposition.**

Calcium carbonate content (C<sub>c</sub>): 0.2 % (<5%, does not require an increase in thickness).

Non-carbonate carbon content (C<sub>nc</sub>): 0.08 % (<2%, in accordance with the norm).

**Exposition to sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>)**

Alterations: none, and no changes in colour

Test results code: S1 (resistant to atmospheric SO<sub>2</sub>, does not require an increase in thickness).

**Thermal cycle test.**

Alterations: no oxidation, and no significant changes in appearance.

Test results code: T1 (good behaviour upon thermal changes)

Thermal change resistance.

**2.3.2.- Ensayos de características para otros usos como pavimentos, aplacados, mampostería, etc, de acuerdo con los procedimientos desarrollados por el comité CEN TC 246/WG2 y CEN TC 125.**

Estudio petrográfico. Ver estudio petrográfico anterior. (Imagen II-8).

Clasificación petrográfica (Según UNE-EN 12670:2003): FILITA

Absorción de agua a la presión atmosférica (UNE EN 13755).

Valor medio: 0,1 %.

Resistencia a la flexión (UNE EN 12372).

Valor medio: 65 N/mm<sup>2</sup>

Valor inferior esperado: 60 N/mm<sup>2</sup>

Heladicidad (UNE EN 12371).

Resistencia a flexión después de 144 ciclos de hielo/deshielo

Valor medio: 65N/mm<sup>2</sup>

Valor inferior esperado: 63 N/mm<sup>2</sup>

Alteraciones: sin alteraciones

Densidad aparente y porosidad abierta (UNE EN 1936)

Valor medio Densidad aparente: 2750 kg/m<sup>3</sup>

Valor medio Porosidad abierta: 0,3%

Carga de rotura para anclajes (UNE EN 13364).

Valor medio de la carga de rotura: 3550 ±600 N

Valor inferiro esperado: 2700 N

Resistencia al deslizamiento (UNE EN 12633).

Tabla de Resultados

Acabados superficiales	Textura natural Natural surface		Corte disco Sawn		Apomazado Honed		Flameado Flamed		Envejecido Brushed	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
Resultados SRV	69	54	90	76	76	40	74	68	75	44

**2.3.2.- Characterisation tests for the slate for other uses such as paving, tiling and masonry, etc, following the procedures developed by the Committee regulations CEN TC 246/WG2 and CEN TC 125.**

Petrographic study. See previous petrographic study. Picture II-8

Petrographic classification (based on UNE-EN 12670:2003): PHYLLITE

Water absorption with respect to atmospheric pressure (UNE EN 13755)

Average value: 0.1 %

Bending strength (UNE EN 12372)

Average value: 65 N/mm<sup>2</sup>

Expected lower value: 60 N/mm<sup>2</sup>

Resistance to freezing (UNE EN 12371)

Bending strength after 144 cycles of frosting/defrosting

Average value: 65 N/mm<sup>2</sup>

Expected lower value: 63 N/mm<sup>2</sup>

Alterations: none

Apparent density and open porosity (UNE EN 1936)

Average value of apparent density: 2750 kg/m<sup>3</sup>

Average value of open porosity: 0.3 %

Breaking load for fixings (UNE EN 13364)

Average value of breaking load: 3550 ±600 N

Expected lower value: 2700 N

Resistance to slipping (UNE EN 12633)

Table of results

Resistencia al envejecimiento por choque térmico (UNE EN 14066)

Variación de masa: 0,03%. No relevante  
Valor medio variación del módulo de elasticidad dinámico: -0,3%. No relevante

Resistencia al anclaje (UNE EN 13364) 3550N

### 3.- Aspectos reglamentarios y normativos.

Se abordan en este capítulo aquellos aspectos reglamentarios y normativos que le son de aplicación a la pizarra de Bernardos como material de construcción. Estos son:

- El reglamento europeo de productos de construcción
- Las normas europeas armonizadas (CEN)

EL REGLAMENTO (UE) Nº 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Modificado por el reglamento delegado (UE) Nº 574 de 2014.

El documento establece los requisitos obligatorios que debe implementar el fabricante para comercializar la pizarra en la UE. Estos son:

- LA DECLARACIÓN DE PRESTACIONES
- EL MARCADO CE
- EL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA (CPF)

Toda la documentación anterior, deberá estar apoyada en un sistema eficaz de Control de la Producción en Fábrica (CPF), que garantice estadísticamente sus contenidos.

Resistance to age through thermal shocks (UNE EN 14066)

Mass variation: 0.03% – Irrelevant  
Average value of variation of the modulus of dynamic elasticity: -0.3% – Irrelevant

Resistance to fixings (UNE EN 13364): 3550 N

### 3.- Regulatory and normative aspects.

This chapter deals with the regulatory and normative aspects applicable to Bernardos slate as a construction material, that is:

- The European regulation on construction products
- Standardised European norms by the European Committee for Standardization (CEN)

REGULATION (EU) No 305/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 2011, laying down harmonised conditions for the marketing of construction products. Amended by the Commission Delegated Regulation (EU) No 574/2014 of 2014.

This document establishes the mandatory requirements with which manufacturers must comply in order to place slate on the EU market. These are as follows:

- DECLARATION OF PERFORMANCE
- CE MARKING
- FACTORY PRODUCTION CONTROL (FPC)

All the previous documents must be complemented with an effective system of Factory Production Control (FPC) in order to provide statistical proof of their content.



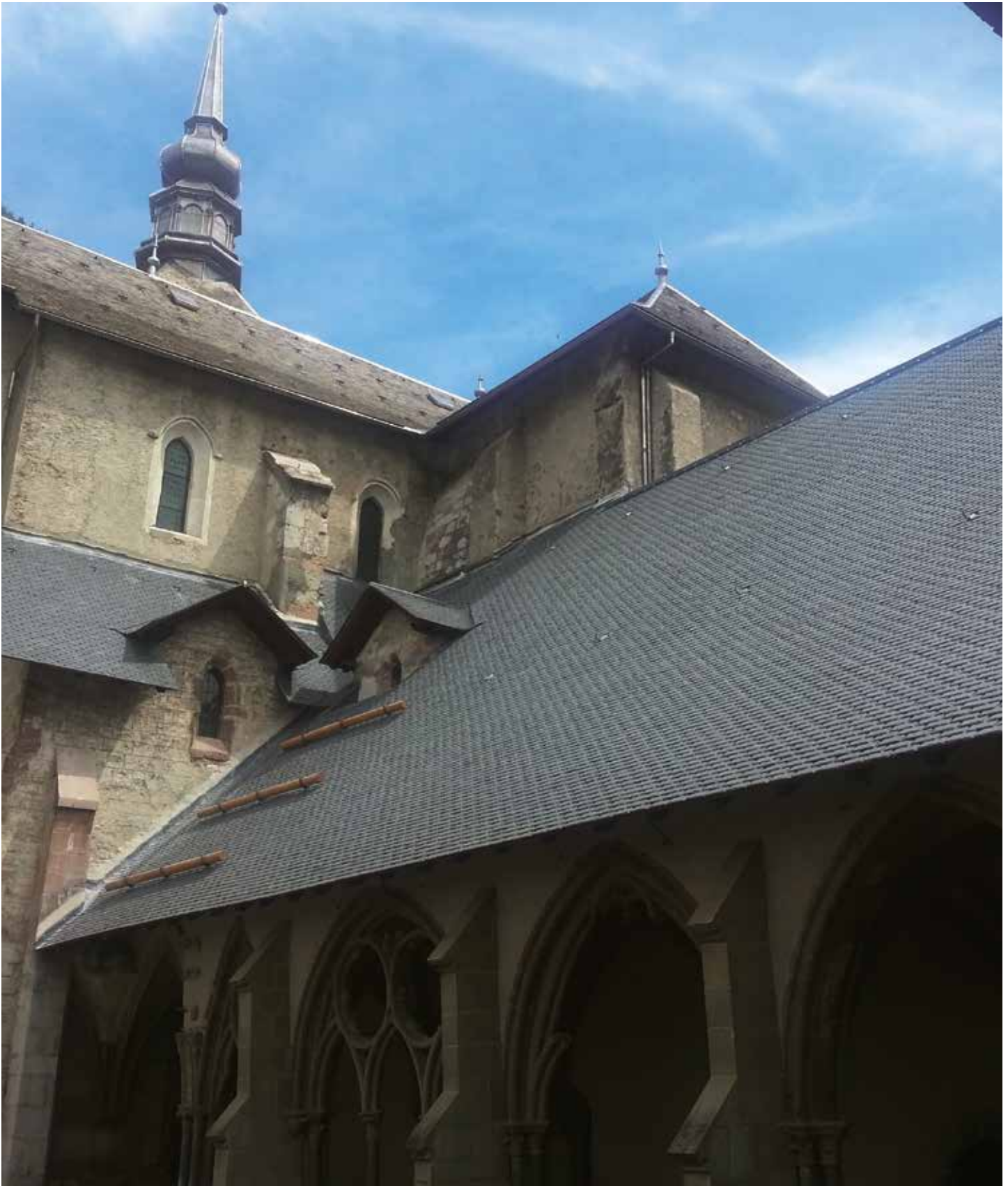


Imagen II-9. Abondance Abbey. France.

## Las normas Europeas armonizadas.

Los requisitos básicos de las obras de construcción requieren que los productos que a ellas se incorporen, presenten unas características, denominadas características esenciales, definidas por unas normas armonizadas.

Por lo tanto el cumplimiento de las normas armonizadas en todos sus términos por parte de las Pizarras de Bernardos, supone que las obras a las que se incorporen cumplan con los SIETE requisitos básicos de las mismas, tal y como están definidos en el Anexo 1 del REGLAMENTO (UE) 305/2011, para la comercialización de los productos de construcción.

Estos son:

1. Resistencia mecánica y estabilidad.
2. Seguridad en caso de incendio.
3. Higiene salud y medio ambiente.
4. Seguridad y accesibilidad de utilización.
5. Protección contra el ruido.
6. Ahorro de energía y aislamiento térmico.
7. Utilización sostenible de los recursos naturales.

Las “normas armonizadas” elaboradas por los comités europeos de normalización (CEN), que son de aplicación a las Pizarras de Bernardos, para los distintos usos constructivos para los que se comercializan son las siguientes:

- UNE EN 12326-1 y 2. Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimiento revestimientos discontinuos.
- UNE EN 1469. Placas para revestimientos murales.
- UNE EN 12057. Plaquetas.
- UNE EN 12058. Baldosas para pavimentos y escaleras.
- UNE EN 1341. Baldosas de piedra natural para uso como pavimento exterior.
- UNE EN 1342. Adoquines de piedra Natural para uso como pavimento exterior.

## Standardised European Norms.

The basic requirements for construction works state that the products brought therein must possess certain characteristics known as essential characteristics, defined by harmonised norms.

Therefore, in order to comply with all the terms of the harmonised norms, the construction works using Bernardos slate must respect SEVEN basic requirements, as defined in Annex I of the Regulation (EU) 305/2011. These requirements are as follows:

These are:

1. Mechanical resistance and stability.
2. Safety in case of fire.
3. Hygiene, health and the environment.
4. Safety and accessibility in use.
5. Protection against noise.
6. Energy economy and heat retention.
7. Sustainable use of natural resources.

Among the “harmonised norms” established by the European committees on standardisation (ECS), the following are applicable to Bernardos slate with relation to the various construction uses for which it is placed upon the market:

- UNE EN 12326-1 and 2 Slate and stone for discontinuous roofing and external cladding.
- UNE EN 1469. Slabs for cladding.
- UNE EN 12057. Modular tiles.
- UNE EN 12058. Slabs for floors and stairs.
- UNE EN 1341. Slabs of natural stone for external paving.
- UNE EN 1342. Setts of natural stone for external paving.
- UNE EN 1343. Kerbs of natural stone for external paving.
- UNE EN 771-6. Specification for masonry units.

- UNE EN 1343. Bordillos y de piedra natural para uso como pavimento exterior.
- UNE EN 771-6. Piezas de Albañilería.

#### 4.- Sostenibilidad y eficiencia energética.

En este apartado se analizan tres aspectos de gran importancia en la arquitectura sostenible en los que la pizarra de Bernardos aporta valor. Estos son:

- Sostenibilidad.
- Eficiencia energética.
- Certificación LEED.

##### Sostenibilidad

Según el informe Brundtland, el desarrollo sostenible se define como aquél que “atiende las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”.

Dicha definición lleva implícitas, al menos, dos condiciones:

- El crecimiento económico, para poder satisfacer las necesidades de la generación presente.
- Conservar unas dotaciones mínimas de factores productivos que permitan asegurar la continuidad del crecimiento en un futuro.

De manera complementaria, el citado informe señala los siguientes tres aspectos a considerar en el significado de un desarrollo sostenible:

- El aspecto social.
- El aspecto Económico.
- El aspecto ambiental.

Lo que significa que un modelo de desarrollo se podrá calificar como sostenible: si es viable económicamente, justo en el aspecto social y perdurable en el tiempo desde un punto de vista

#### 4.- Sustainability and energy efficiency.

This section analyses three aspects of great importance in the field of sustainable architecture, to which Bernardos slate brings added value:

These are:

- Sustainability.
- Energy efficiency.
- LEED Certification.

##### Sustainability

The Brundtland report defines sustainable development as that which “meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”.

This definition implicitly contains at least two conditions:

- Economic growth to ensure that the needs of the present generation can be met.
- Preserving a minimum provision of production factors to guarantee the continuity of growth in the future.

Thus, the abovementioned report highlights the following three aspects, which are to be considered part of the definition of sustainable development:

- Social aspect.
- Economic aspect.
- Environmental aspect.

This means that a development model can be identified as sustainable if it is financially viable, socially fair and can be maintained in the long-term from an environmental point of view, so that a reasonable equilibrium can be struck between the three aspects of development.



ambiental, de tal manera que se pueda mantener un equilibrio razonable entre los tres tipos de desarrollo.

El conocimiento de los conceptos de sostenibilidad anteriormente descritos, nos permite poder analizar y valorar la implicación de Naturpiedra Jbernardos en dichos conceptos y poder así obtener una respuesta razonable a la situación en la que se encuentra la empresa actualmente.

Being acquainted with the previously described sustainability concepts allows an analysis and assessment of the involvement of Naturpiedra Jbernardos in these concepts, and thus have a reasonable overview of the company's current situation.

- Regarding the economic aspect, the company's activity generates an increase in direct revenue, in the small municipality of Bernardos as well as in its vicinity, thanks

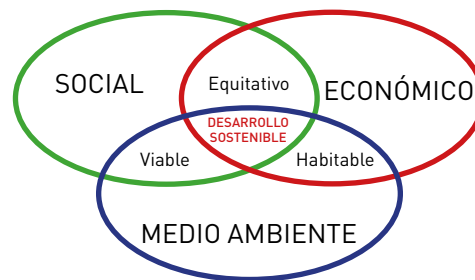


Imagen II-10. Modelo de desarrollo sostenible.

- En el aspecto económico la actividad de la empresa genera un incremento de renta directa, tanto en la pequeña localidad de Bernardos como en su entorno próximo, fruto del prestigio adquirido por esta pizarra tanto por su valor histórico y cultural como por su durabilidad.
- En el aspecto social, la creación de puestos de trabajo, tanto directos como indirectos, se va incrementando con los años además de disponer de medios de producción modernos y eficaces que facilitan sustancialmente los trabajos de extracción y elaboración. Actualmente Naturpiedra Jbernardos da empleo directo a más de 100 personas, con tendencia a incrementarse.
- En el aspecto ambiental la entidad Naturpiedra Jbernardos cumple con todos los requisitos legales que, como empresa explotadora y fabricante de un recurso natural, le son exigibles por la estricta legislación medioambiental europea. Así, los estériles de cantera se

to the prestige acquired by this slate, for its historical and cultural value and for its durability.

- Regarding the social aspect, there has been a steady increase in the creation of new jobs over the years, both directly and indirectly; and the company's modern and efficient means of production substantially facilitate the extraction and elaboration work. Naturpiedra Jbernardos currently employs more than 100 people directly, a number which shows an upward tendency.
- Regarding the environmental aspect, the entity Naturpiedra Jbernardos complies with all the legal requirements which are imposed upon it, as a company exploiting and working with a natural resource, by the demanding European environmental legislation. Thus, the quarry's tailings are processed in controlled debris management spots, the slurries from slate-cut-

tratan en escombreras controladas, los lodos de corte del producto, se tratan aparte en espacios adecuados, el agua de corte, que proviene del drenaje de las canteras, se recicla, los aceites de motores de vehículos y maquinaria se depositan en puntos de reciclaje etc. Para garantizar el cumplimiento de esta legislación, Naturpiedra Jbernardos, tiene actualizados los planes de restauración obligatorios, así como los avales exigibles correspondientes.

## Eficiencia energética

La utilización de materiales energéticamente eficientes en la construcción de los edificios, requiere una cuidadosa selección de los mismos al objeto de optimizar el coste que supone mantener una temperatura suficientemente agradable para los habitantes de las grandes ciudades donde se alcanzan temperaturas más bien elevadas.

Es un fenómeno comprobado que la temperatura de las zonas urbanas es significativamente mayor que el de las zonas suburbanas y rurales próximas. Es lo que se denomina "isla de calor", que incrementa la temperatura superficial de la envolvente de los edificios y que puede suponer, según diferentes investigadores, un aumento de la temperatura de hasta 3°C respecto a la zonas suburbanas y el medio rural.

En estas circunstancias la demanda de energía, para enfriar los edificios y obtener así el confort adecuado, se incrementa de forma clara, lo que hace necesario seleccionar materiales eficientes cuyas propiedades físicas superficiales, que determinan su capacidad de transferir el calor, sean las adecuadas en cada circunstancia.

Las propiedades físicas superficiales de los materiales utilizados para proyectar una cubierta fría, que es preciso determinar para controlar la

ting are treated in appropriate spaces, the residual water resulting from the quarry's drainage is recycled, the oils from the vehicle's engines and machinery are taken to recycling points, etc. In order to guarantee its compliance with this legislation, Naturpiedra Jbernardos keeps the required restoration plans up-to-date, as well as the corresponding mandatory permits.

## Energy efficiency

The use of energy-efficient materials in the construction of buildings requires a meticulous selection in order to optimise costs and maintain an adequate and comfortable temperature for the inhabitants of large cities, where temperatures tend to be quite high.

It has been recognised and demonstrated that the temperature in urban areas is significantly higher than in neighbouring suburban and rural areas. This phenomenon known as "urban heat island" increases the surface temperature of buildings, leading to an temperature rise of up to 3°C more in comparison with suburban and rural areas.

In this context, the demand for energy to cool down buildings and thus reach a comfortable temperature clearly rises too. For this reason, it is necessary to select efficient materials with surface physical properties – as these determine their capacity to transfer heat – which are suitable for each specific circumstance.

The surface physical properties of the materials used for a cold roof – these must be determined in order to control the temperature of the building's thermal enclosure – are Solar Reflectivity (R) and Infrared Emittance (E). The scientific definitions of these two terms are as follows.

temperatura de la envolvente, son la Reflectividad solar (R), y la Emitancia infrarroja ( $\epsilon$ ), cuyas definiciones son científicas son las siguientes.

- Reflectividad solar o Reflectancia (R), se define como la capacidad de un material para reflejar la energía solar a partir de su superficie hacia la atmósfera.
- Emitancia Térmica ( $\epsilon$ ), también denominada emisividad térmica, es la proporción de "radiación térmica" emitida por una superficie debida a la temperatura que alcanza en un entorno determinado.

Ambos índices toman valores comprendidos entre 0 y 1. Cuanto más se aproximen estos valores a la unidad, más fría permanecerá la superficie expuesta al sol.

- Solar Reflectivity (R) refers to the ability of a material to reflect solar energy from its surface back into the atmosphere.
- Infrared emittance or emissivity ( $\epsilon$ ) is the proportion of "infrared radiation" shed by a material's surface due to the temperature which the material reaches in a given environment.

Both values are measured on a scale from 0 to 1. The closer they are to 1, the colder the surface can remain when exposed to the sun.

In addition to these two measures, another important value is the Solar Reflectance Index (SRI). This index is a comparison between the temperature rise occurring on two standard sur-

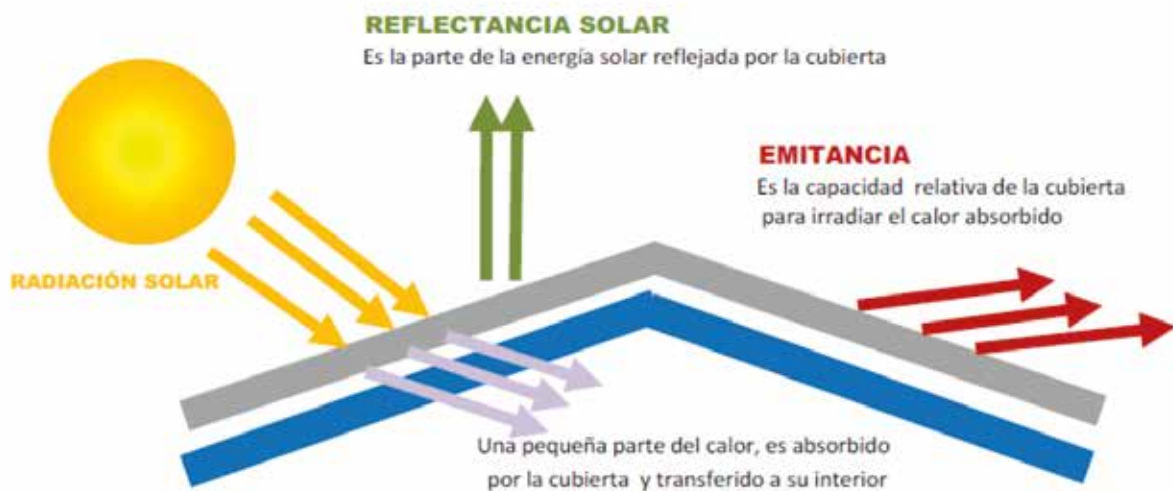


Imagen II-11 Esquema de distribución de la radiación solar en una cubierta fría.

Picture II-11. Diagram of the distribution of solar radiation over a cold roof.

Además de los dos índices anteriores también se utiliza Índice de Reflectancia Solar (SRI). Este índice se determina comparando, los incrementos de temperatura que se producen en dos superficies patrón, una blanca y otra negra, con la de la muestra analizada según la expresión:

faces (a white and a black one) with the temperature rise of a given sample. The SRI is calculated as follows:



$$\text{SRI (\%)} = \frac{T_n - T_s}{T_n - T_b}$$

$$\text{SRI (\%)} = \frac{T_n - T_s}{T_n - T_b}$$

siendo:

- $T_n$  la temperatura de un patrón de referencia negro.
- $T_b$  la temperatura de un patrón de referencia blanco.
- $T_s$  la temperatura del material estudiado.

Cuanto mayor es el SRI, mejor será comportamiento de la cubierta.

Las ventajas que presentan las cubiertas frías desde el punto de vista ambiental y económico son las siguientes:

- Disminución del incremento de calor en los edificios.
- Ahorros significativos en los consumos de electricidad derivados del uso de instalaciones de aire acondicionado.
- Notable mejora en las condiciones de confort térmico en edificios no climatizados.
- Reducción de la demanda pico de electricidad.
- Utilización de instalaciones de enfriamiento de menor consumo.
- Se alarga la expectativa de vida del sistema de cubierta, reduciendo costos de mantenimiento.
- Mitigación del efecto "isla de calor" entre 1 y 2° C al transmitirse menos calor al aire exterior.
- Reducción de la contaminación y las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- El índice SRI aporta puntuación a la certificación de edificios según el sistema LEED.

Las exigencias reglamentarias que requieren la utilización de materiales para constituir los edificios con cubiertas frías, están definidas, normalmente, por ordenanzas desarrolladas por las autoridades competentes en el ámbito local. Tal es el caso de la ciudad de Los Ángeles en el estado de California, donde se ha desarro-

with:

- $T_n$  being the temperature of a standard black surface.
- $T_b$  being the temperature of a standard white surface.
- $T_s$  being the temperature of the material analysed.

The higher the SRI, the better the reaction of the surface.

From an environmental and economic standpoint, cold roofs/surfaces present the following advantages:

- Reduction in the building's temperature rise.
- Significant savings in electricity consumption resulting from the use of air-conditioning installations.
- Notable improvement in the conditions of thermal comfort in buildings without air conditioning.
- Lower peak electricity demand.
- Use of cooling installations with lower energy consumption.
- Longer lifespan of the covering system, and thus reduction of maintenance costs.
- Mitigation of the "urban heat island" effect of 1-2°C since less heat is transferred to the external atmosphere.
- Reduction of pollution and CO<sub>2</sub> emissions.
- the SRI score gives points for the certification of buildings in the LEED system.

The regulations which require certain materials to be used for buildings with cold roofs are usually defined in ordinances emitted by the competent local authorities. For example, the city of Los Angeles in the US state of

llado la Ordenanza N° 183149 - a la que deben someterse los proyectos de arquitectura - que establece los requisitos que deben cumplir, entre otros, los materiales de cubierta para mitigar el efecto de la radiación solar en los espacios urbanizados.

Los requisitos exigidos a las pizarras de cubierta son los siguientes:

#### Reflectividad solar o Reflectancia (R).

Valor obtenido según la norma ASTM C 1549-04. Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using A Portable Solar Reflectometer.

Rango de medida de 0 a 1.

Se establece como valor límite  $RS \geq 0,20$  para las pendientes habituales propias de las cubiertas de pizarra.

#### Emitancia Térmica ( $\epsilon$ ).

Valor obtenido conforme a la norma ASTM C 1371. Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials near room temperature using portable emissometers.

Rango de medida de 0 a 1.

Se establece como valor exigible  $\epsilon \geq 0,75$ .

#### Indice de Reflectancia Solar (SRI).

Valor obtenido según la norma ASTM E 1980-11, Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Slopped Opaque Surfaces.

Valor establecido por la Ordenanza:  $SRI \geq 16$ .

Para cumplir con la Ordenanza citada, la pizarra de Naturpiedra Jbernardos ha solici-

California has developed the Ordinance No 183149 - to which all architectural projects must abide - which establishes requirements for, among others, roofing materials, so that the effect of solar radiation can be mitigated in urban areas.

The requirements for roofing slate are as follows:

#### Solar reflectance or reflectivity (SR).

Value obtained in accordance with the rule ASTM C 1549-04. Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using A Portable Solar Reflectometer.

Measuring range: 0 to 1.

The maximum RS value is  $\geq 0.20$  for the usual slopes of slate roofs.

#### Thermal emittance ( $\epsilon$ ).

Value obtained in accordance with the rule ASTM C 1371. Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials near room temperature using portable emissometers.

Measuring range: 0 to 1.

The  $\epsilon$  value must be  $\geq 0.75$ .

#### Solar Reflectance Index (SRI).

Value obtained in accordance with the rule ASTM E 1980-11, Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Slopped Opaque Surfaces.

The maximum value is  $\geq 16$ .

In order to comply with the above-cited Ordinance, Naturpiedra Jbernardos has requested

tado, al laboratorio competente, la realización de estos tres ensayos a la pizarra que comercializa.

Los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Ref. muestra	Reflectividad solar (R)		Emitancia térmica ( $\epsilon$ )		Índice de Reflectancia solar (SRI) %		
Filita JBernardos	ASTM C 1549-04		ASTM C 1371		ASTM E 1980		
	Medio	$O_{n-1}$	Medio	$O_{n-1}$	Viento flojo	Viento medio	Viento fuerte
	0,229	0,020	0,85	0,01	18	20	22

Nota: Ensayos realizados en el laboratorio de ensayos "PRI Construction Materials Technologies"

Estos resultados confirman que la pizarra Naturpiedra Jbernardos cumple con los requisitos exigibles a los materiales de cubierta para mitigar el efecto de la radiación solar en los espacios urbanizados según la ordenanza N° 183149 de la ciudad de Los Ángeles - California (USA).

### La certificación LEED

EL CERTIFICADO LEED®, acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design, es un sistema de certificación americano de edificios, elaborado por el US Green Building Council (USGBC), para fomentar el desarrollo de edificaciones sostenibles y de alta eficiencia energética.

Para España, USGBC reconoce a Green Building Council España (GBCe) como único representante en la mesa de desarrollo del LEED, para ofrecer toda la información necesaria sobre esta certificación de los edificios.

El sistema se caracteriza por proporcionar una evaluación de la sostenibilidad de la edificación valorando, mediante un sistema de puntos, su impacto en las SIETE áreas principales siguientes:

the competent laboratory to undertake the following tests on its slate product. The results are as follows:

This results confirm that the slate from Naturpiedra Jbernardos complies with the applicable requirements for roofing materials to mitigate the effect of solar radiation in urban areas, in accordance with Ordinance No 183149 of the City of Los Angeles, California (USA).

### LEED Certification

The LEED® (Leadership in Energy & Environmental Design) Certification is a building certification system created by the US Green Building Council (USGBC) in order to promote the development of sustainable and highly energy-efficient buildings.

With regards to Spain, USGBC recognises Green Building Council España (GBCe) as the sole representative of the LEED system, in charge of presenting all necessary information on this type of building certification.

The system functions with an evaluation of the sustainability of the edification, with an assessment based on a score system, measuring the impact in the following main seven areas:



- 1.- Emplazamiento sostenible.
- 2.- Eficiencia del uso del agua.
- 3.- Eficiencia energética, energías renovables y emisiones a la atmosfera.
- 4.- Materiales y recursos naturales.
- 5.- Calidad del ambiente interior.
- 6.- Innovación en el diseño.
- 7.- Prioridad regional.

La pizarra de Bernardos aporta puntuación, según sea la aplicación que se le dé, en las siguientes áreas: eficiencia energética, materiales y recursos naturales, calidad del ambiente interior y prioridad regional.

Según sea la cuantía de los puntos obtenidos en cada área se pueden emitir los siguientes niveles de certificación:

- Certificado LEED (Básico)
- Certificado LEED Plata
- Certificado LEED Oro
- Certificado LEED Platino

- 1.- Sustainable sites.
- 2.- Water efficiency.
- 3.- Energy efficiency, renewable energies and emissions into the atmosphere.
- 4.- Materials and natural resources.
- 6.- Indoor environmental quality.
- 6.- Innovation in design.
- 7.- Regional priority.

Depending on how it is used, Bernardos slate scores points in the following areas: energy efficiency, materials and natural resources, indoor environmental quality and regional priority.

Depending on the number of points scored in each area, the following levels of certification can be obtained:

- LEED Certification (Basic)
- LEED Certification Silver
- LEED Certification Gold
- LEED Certification Platinum



**CERTIFICADO**  
40 - 49 puntos



**PLATA**  
50 - 59 puntos



**ORO**  
60 - 79 puntos



**PLATINO**  
80 - 110 puntos

Imagen II-12 Sellos certificados LEED.

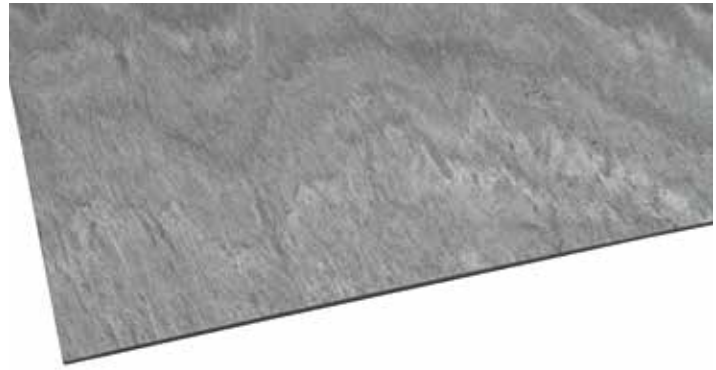
## 5.- Productos comerciales.

Desde un punto de vista arquitectónico los productos comerciales de pizarra se pueden clasificar atendiendo a la modalidad de acabado superficial, a su tonalidad o a su función constructiva.

### 5.1.- Modalidades de acabado superficial.



Textura natural  
Natural surface



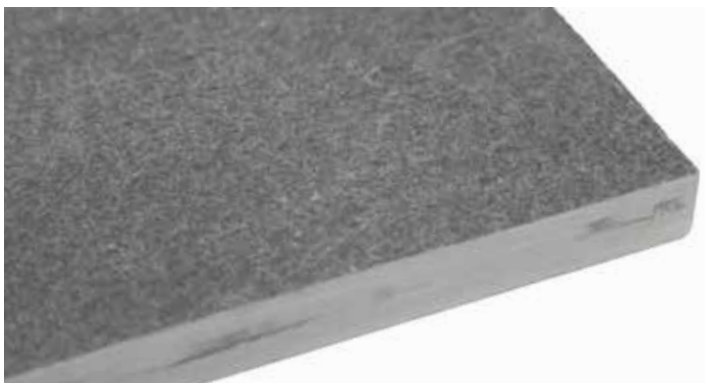
Al corte de disco  
Sawn/Brute de sciage



Envejecida  
Brushed



Tambor  
Tumbled



Flameada  
Flamed



Abujardada  
Bush Hammered

## 5.2.- Color y tonalidad.

Dos son las tonalidades que presentan las pizarras de Bernardos:

- Tonalidad Gris medio.
- Multicolor.



Gris  
Grey phyllite

La pizarra gris constituye la gran mayoría de la producción y la multicolor, cuyo labrado se realiza sobre el plano de rotura en forma de lajas gruesas, ofrece un aspecto muy sugerente para cierto tipo de aplicaciones como son las mamposterías.

## 5.2.- Colour and tonality.

Bernardos slate comes in two different colours:

- Medium grey.
- Multicolor.



Multicolor  
Multicolor phyllite

The grey slate represents the vast majority of the production. The multicoloured slate is cut in thick slabs in the break plane and its appearance is very interesting for certain uses such as masonry.





### 5.3.- Aplicaciones.

Las pizarras de Bernardos pueden ser procesadas para la elaboración de diferentes productos finales: adoquines, baldosas para suelos y escaleras, placas para revestimientos murales, mampuestos y lajas, pizarra de techar para cubiertas, etc., productos todos ellos aptos para las más variadas soluciones constructivas utilizadas hoy en día por la arquitectura moderna y tradicional.

Cabe destacar que la pizarra de Bernardos proporciona unas características diferenciadoras claras:

- Buen comportamiento mecánico.
- Metamorfismo de mayor intensidad y de compresión tectónica.
- Muy baja susceptibilidad de degradación.
- Excelente comportamiento frente a la acción de las heladas.
- Sin riesgo de alteración cromática por oxidación.

Además de las características intrínsecas de esta piedra natural, habría que añadir un plus de singularidad derivado de una mentalidad muy arraigada, muy propia de los fabricantes de la zona, cuya experiencia y conocimientos de los materiales se ha ido transmitiendo de generación en generación.

Los productos que actualmente se elaboran con estas pizarras se pueden clasificar en tres grupos diferentes:

- Productos de pizarra sometidos al Reglamento de productos de construcción.
- Productos de pizarra sometidos a normas UNE.
- Otros productos de pizarra sin normativa.

### 5.3.- Use.

Bernardos slate can be used for the elaboration of different final products: paving stones, tiles for the floor and for stairs, laminates, masonry and stone slabs, slate for roofing, etc. All of these products can be used for various construction solutions of today's modern and traditional architecture.

It must be noted that Bernardos slate offers certain distinctive characteristics:

- Good mechanical behaviour.
- Stronger metamorphism with tectonic compression.
- Lower sensitivity to degradation.
- Excellent behaviour when subjected to frost.
- No risk of chromatic alternation due to oxidation.

In addition to its intrinsic characteristics, one additional singularity to this natural stone comes from the deep-rooted mindset of the local manufacturers, whose expertise and knowledge of the materials has been transmitted for generations.

The products currently elaborated with the slate can be classified into three different groups:

- Slate products subject to the Regulation on construction products.
- Slate products subject to UNE norms.
- Other slate products not subject to regulatory framework.



## **6.- Productos sometidos a normas Europeas armonizadas.**

### **6.1.- Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimientos discontinuos.**

Definiciones según UNE EN 12326-1:2014

Pizarra: Roca que se origina a partir de rocas sedimentarias arcillosas, incluyendo sedimentos de origen volcánoclastico y que pertenece petrográficamente a un intervalo que empieza en el límite entre las formaciones metamórficas y sedimentarias y termina en las formaciones filíticas epizonal-metamórficas.

**Nota 1:** Las pizarras están compuestas principalmente por filosilicatos y presentan un plano de exfoliación resultante de un flujo de esquistosidad originado por un grado de metamorfismo de muy bajo o bajo grado.

**Nota 2:** La pizarra se distingue de una roca sedimentaria, que invariablemente se exfolia a lo largo de un plano de sedimentación o estratificación.

**Nota 3:** El origen del metamorfismo puede ser una compresión tectónica, litostática o una combinación de las dos.

Pizarra para tejados: Piedra que se utiliza para tejados y revestimientos externos, que es fácilmente divisible en láminas finas a lo largo del plano de exfoliación.

Pizarra carbonatada para tejados: Piedra que se utiliza para tejados y revestimientos externos, que contiene filosilicatos y un contenido mínimo de carbonatos del 20% y que presenta una exfoliación esquistosa importante.

La pizarra de Bernardos se corresponde, en el marco de las definiciones anteriores, con la pizarra para tejados de compresión tectónica, que es la de mejor calidad y durabilidad en las cubiertas.

## **6.- Products subject to standardised European norms.**

### **6.1.- Products made of slate and natural stone for discontinuous roofs and laminates.**

Defined as per UNE EN 12326-1:2014

Slate is a rock derived from original argillaceous sedimentary rocks including sediments from volcanic ash. Its petrographic composition can be classified within a range which starts at the limits of metamorphic and sedimentary formations and ends in the epizonal-metamorphic phyllite formations.

**Note 1:** Slate is mainly composed of phyllosilicates in exfoliation planes resulting from a schistosity derived from a low to very low grade metamorphism.

**Note 2:** Slate is different from a standard sedimentary rock which inevitably foliates in a sedimentation or stratification plane.

**Note 3:** The metamorphism can be due to tectonic or a lithostatic compression, or a combination of both.

Roofing slate: rock used for external roofs and coverings which can be easily divided into thin slabs along the foliation plane.

Carbonate slate for roofing: rock used for external roofs and coverings which contains phyllosilicates and a minimum carbonate content of 20% and which presents a significant schistose foliation.

In the context of these definitions, Bernardos slate corresponds to the category of slate for roofing with tectonic compression, which has the highest quality and durability for roof construction.



La gama de fabricación en cubiertas es la siguiente:

Colores: gris.

Acabado: textura natural.

Formatos: rectangular, cuadrada, en rama, pico pala, ojiva, rombo, media luna, cuadrado bordes cortados, shuppen y hexagonal.

The range in the fabrication of coverings is as follow:

Colours: grey.

Finish: natural texture.

Shapes: rectangular, square, irregular, spade, ogive, rhombus, crescent, shuppen, squared with cut edges, hexagonal.



Imagen II-13 Alcázar de Segovia. España.

## 6.2.- Productos de piedra natural. Plaquetas.

Definición según norma UNE EN 12057.

Pieza plana cuadrada o rectangular, de piedra natural, con dimensiones estándar, generalmente  $\leq 610\text{mm}$  que se obtiene por corte o por exfoliación a un espesor nominal  $\leq 12\text{mm}$ .

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos: rectangular, cuadrada, y en rama.

## 6.2.- Natural stone products. Modular tiles.

Defined as per UNE EN 12057

Flat square or rectangular shape made of natural shape with standard dimensions, usually  $\leq 610\text{mm}$ , which is obtained after cutting or after foliation (thickness  $\leq 12\text{mm}$ )

Colours: grey.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes: rectangular, squared and irregular shape.





### 6.3.- Piedra natural. Placas para revestimientos murales.

Definición según norma UNE EN 14069.

Placa cortada para formar parte de un revestimiento de un muro y el acabado de bóvedas para uso en el exterior o en el interior, fijada a una estructura bien mecánicamente o por medio de un mortero o adhesivo.

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos: rectangular, cuadrada, y en rama.

### 6.3.- Natural stone. Slabs for wall covering.

Defined as per UNE EN 14069.

Slabs cut to become part of an internal or external wall covering and the surface finish of vaulted roofs, fixed to a structure either by mechanical means or through mortar or adhesive material.

Colours: grey.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes: rectangular, squared and irregular shape.





#### 6.4.- Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras.

Definiciones según norma UNE EN 12058.

##### Baldosas para pavimentos:

Pieza plana de piedra natural que se obtiene mediante el corte o lajado con un espesor nominal  $\geq 12$  mm.

##### Baldosa para escaleras:

Pieza plana de piedra natural que se obtiene mediante el corte o lajado con un espesor nominal  $\geq 12$  mm (excepto las contrahuella) para formar la parte horizontal del escalón (huella) y la parte vertical (contrahuella).

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos: rectangular, cuadrada, planchón.

#### 6.4.- Natural stone products. Tiles for paving and stairs.

Defined as per UNE EN 12058.

##### Tiles for paving:

Flat natural-stone cut or sliced into slabs of a thickness  $\geq 12$  mm.

##### Tiles for stairs:

Flat natural-stone cut or sliced into slabs of a thickness  $\geq 12$  mm (except for the risers) used for the horizontal part (tread) and the vertical part (riser) of a step.

Colours: grey.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes: rectangular, squared and boulder-shaped.



### 6.5.- Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos exteriores.

Definición según norma UNE EN 1341.

Unidad de piedra natural, obtenida por corte o lajado, usada como material de pavimentación, en la cual la anchura nominal excede de 120mm y también, generalmente, excede dos veces el espesor. La unidad se coloca sobre una estructura por medio de morteros, material granular, adhesivos u otros elementos de soporte.

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos: rectangular, cuadrada, planchón.

### 6.5.- Natural stone products. Tiles for external paving.

Defined as per UNE EN 1341.

Units of natural stone, cut or sliced into slabs, used as paving material, with a nominal width exceeding 120mm and usually exceeding twice this amount in thickness. The unit is placed on a structure through mortars, granular or adhesive other supporting materials.

Colours: grey.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes: rectangular, squared and boulder-shaped.



## 6.6.- Bordillos de piedra natural para uso como pavimento exterior.

Definición según norma UNE EN 1343:2013.

Unidad con una longitud mayor de 300mm, utilizado generalmente en el borde de una calzada o acera.

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos de secciones transversales.



## 6.6.- Natural stone curbs or borders used for external paving.

Defined as per UNE EN 1343:2013.

Piece with a length exceeding 300mm, usually used as curb for paths or pavements.

Colours: grey.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes for transversal pieces.





### 6.7.- Adoquines de piedra natural para uso como pavimento exterior.

Definición según norma UNE EN 1342:2012.

Unidad de piedra natural obtenida por corte o lajado, que se utiliza como material de pavimentación, en la que la anchura nominal no sobrepasa el doble de su espesor y la longitud no sobrepasa el doble de la anchura.

NOTA: El espesor nominal mínimo es de 40mm.

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos: rectangular, cuadrado.

### 6.7.- Natural stone setts for external paving.

Defined as per UNE EN 1342:2012.

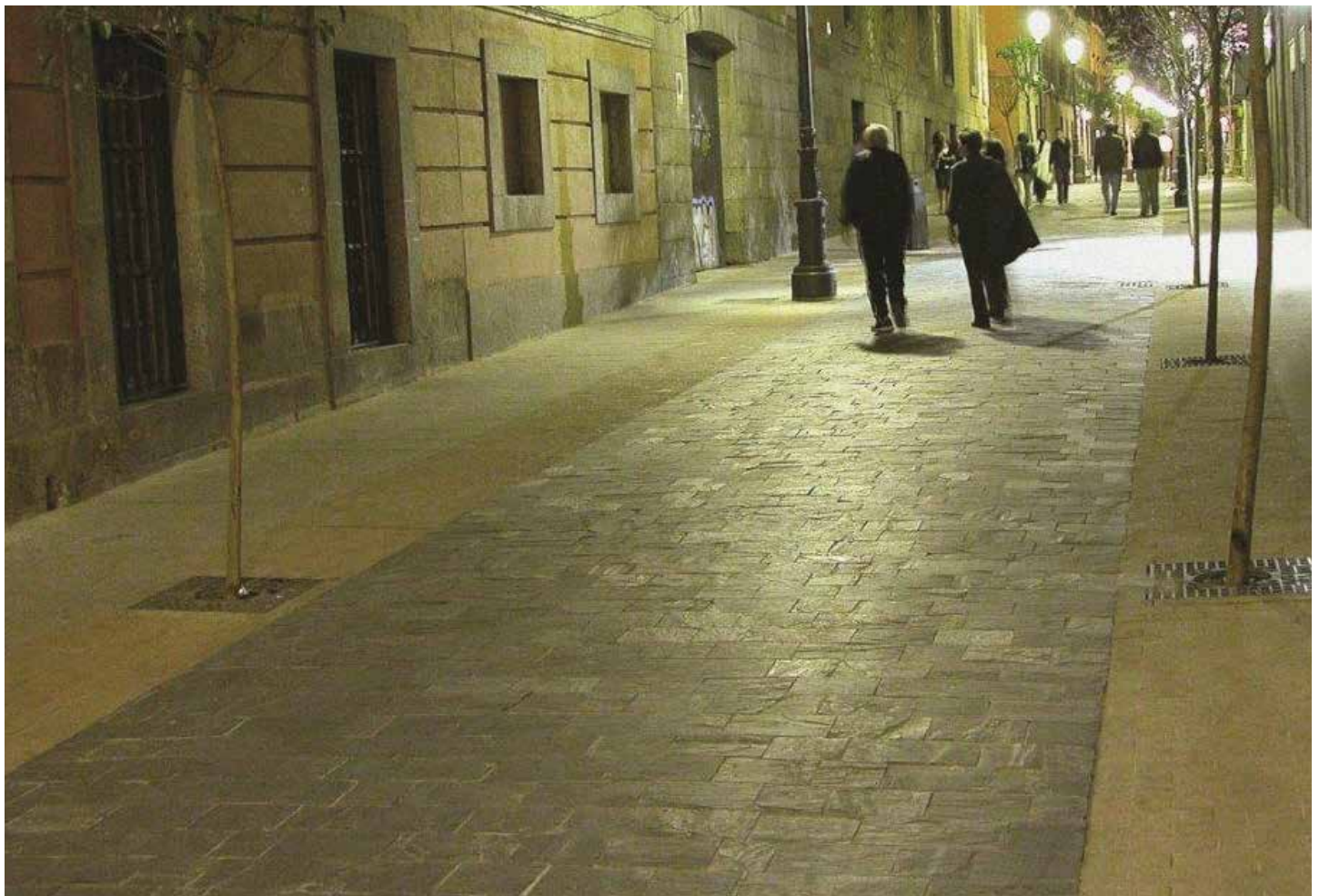
Units of natural stone, cut or sliced into slabs, used as paving material, in which the nominal width does not exceed twice the thickness, and the length does not exceed twice the width.

NOTE: The minimum thickness is 40mm.

Colours: grey.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes: rectangular, square.



## 7.- Especificaciones para unidades de albañilería.

### 7.1.- Unidades de piedra natural para fábrica de albañilería.

Definición según norma UNE EN 771-6:

Unidades de albañilería fabricadas con piedra natural, cuya anchura es igual o mayor de 80mm., para las cuales los principales usos previstos son comúnmente como revestimientos, portantes o no portantes, en aplicaciones de edificación e ingeniería civil.

Colores: gris, multicolor.

Acabados: textura natural, tronzado.

## 7.- Specifications for pieces for construction works.

### 7.1.- Natural stone pieces for masonry units.

Defined as per UNE EN 771-6:

Construction pieces made with natural stone, with a width equal or exceeding 80mm, and mainly intended for coverings - bearing or not - in construction or civil engineering works.

Colours: grey, multicolor.

Finishes: natural texture, sawn.



Imagen II-14 Palacio de Congresos y auditorio Kursaal. San Sebastián (España).



## 7.2.- Productos sometidos, únicamente, a normas UNE.

Pavimentos con piedra natural. Parte 4. Pavimentos Elevados Registrables (PER).

Definición según norma UNE 22202-4.

A los efectos de esta norma, se considera PER al conjunto constituido por baldosas de piedra natural, y baldosas bicompuestas de piedra natural, y un subsistema de apoyo fácilmente desmontable. Se caracteriza por poder ofrecer un acceso total a los servicios situados en el plenum.

Colores: gris, multicolor.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Formatos: rectangular y cuadrado.

## 7.2.- Products only subject to UNE standards.

Pavimentos con piedra natural. Parte 4. Accessible Raised Floors (ARF).

Defined as per UNE 22202-4.

For the purposes of this norm, ARFs are understood as the combination of natural stone paving tiles and bi-component natural stone tiles with an underlying supporting structure which can easily be dismantled. Its particularity is that it can offer a full access to the services situated underneath.

Colours: grey, multicolor.

Finishes: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Shapes: rectangular and square.





### 7.3.- Productos para la construcción y decoración de interiores.

Definición: Se incluyen en este apartado un conjunto de elementos complementarios para la edificación como lavabos, encimeras, platos de ducha, vasos de piscinas, así como diversos elementos de decoración interior.

Colores: gris.

Acabados: textura natural, corte disco, apomazado, flameado, envejecido.

Aspecto: Natural o rústico.



### 7.3.- Products for interior construction and design.

Definition: This section includes a variety of complementary elements of construction such as sinks, countertops, shower trays, swimming pool bottoms, as well as other elements of interior design.

Colours: grey.

Textures: natural surface, sawn, honed, flamed, brushed.

Look: natural or rustic.



#### 7.4.- Productos para jardinería y mobiliario urbano.

##### Definición:

Se incluyen en este apartado un conjunto de elementos complementarios para la edificación como lavabos, encimeras, platos de ducha, vasos de piscinas, así como diversos elementos de decoración exterior.

Colores: gris y multicolor.

Acabados: tronzado, corte disco.

Diseños:



#### 7.4.- Products for the garden and urban furniture.

##### Definition:

This section includes a variety of complementary elements of construction such as sinks, countertops, shower trays, swimming pool bottoms, as well as other elements of exterior design.

Colours: grey, multicolor.

Textures: sliced, rotary cut.

Designs:



## Referencias bibliográficas/Bibliographic references

- UNE EN 12326-1 y 2. Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimientos discontinuos.
- UNE EN 1469. Placas para revestimientos murales.
- UNE EN 120578. Plaquetas.
- UNE EN 12058. Baldosas para pavimentos y escaleras.
- UNE EN 1341. Baldosas de piedra natural para uso como pavimento exterior.
- UNE EN 1342. Adoquines de piedra Natural para uso como pavimento exterior.
- UNE EN 1343. Bordillos y de piedra natural para uso como pavimento exterior.
- UNE EN 771-6. Unidades de piedra natural para albañilería . Especificaciones para unidades para albañilería – parte 6.
- ASTM C 1549-04. Standard Test Method for determination of Solar Reflectance near ambient temperature using a portable Solar Reflectometer.
- ASTM C 1371. Standard Test Method for determination of Emittance of Materials near Room Temperature using portable Emissometers.
- ASTM E 1980-11, Standard Practice for calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Slopped Opaque Surfaces.
- Carta de Atenas. Congreso Internacional de Arquitectura Moderna (CIAM). 1933.
- Carta de Venecia (conservación y restauración de monumentos y sitios). Carta Internacional para la Conservación y Restauración de Monumentos y Sitios. ICOM - UNESCO, 1964.
- Certificado LEED (Leadership in Energy & Environmental Design). US Green Building Council (USGBC).
- Clasificación de las pizarras para cubiertas. Cárdenes Van den Eynde, Victor. Ghent University. 2016.
- Cubiertas y superficies reflectivas. Gabriel Adolfo Soto. Julio 2012.
- Ensayos normativos para la caracterización de patologías en pizarras para cubiertas V. Cardenes, F. J. Mateos, A. Rubio-Ordóñez, C. Monterroso. 2011.
- Estudio geológico-minero de la cantera “El Castillo” y otros (Segovia). (Término municipal de Bernardos). Barros Lorenzo, José Carlos. 2013.



- Influence of Chemical-Mineralogical Composition on the Color and Brightness of Iberian Roofing Slates. V. Cárdenes; B. Prieto; P. Sanmartín; P. Ferrer; A. Rubio; and C. Monterroso. 2012 American Society of Civil Engineers. 2012.

- Influencias del arte flamenco en España: El empizarrado. Las reales minas de pizarra de Bernardos y de Carbonero el Mayor, en tierras de Segovia. Ceballos Escalera y Gila, Alfonso y Luis. 2003-2004.

- Mapa Geológico de España. E:1:50000. Hoja 456. "Nava de la Asunción".

- Ordenance nº183149, Los Ángeles Municipal Code.

- Petrografía y mineralogía de las pizarras para cubiertas de la Península Ibérica en relación con su calidad. Universidad de Oviedo. V. Cardenes1, A. Rubio ordonez, A. López Munguira y C. Monterroso. Universidad de Oviedo, 2010.

- Reflectancia solar de las envolventes opacas de la ciudad y su efecto sobre las temperaturas urbanas. N. Alchapar y E Correa. Informes de la Construcción. Vol. 67(540), e112. Octubre 2015.

- EL REGLAMENTO (UE) Nº 305/2011 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Modificado por el reglamento delegado (UE) Nº 574 de 2014.

ANEXO

PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

DOC. 1 - ENSAYOS REALIZADOS EN EEUU: PIZARRAS PARA CUBIERTAS

AMBER CONSULTING COMPANY  
 P.O. Box 567  
 Pittsford, Vermont 05763  
 (802) 775-1650 tholson@sover.net

**NATURPIEDRA JBERNARDOS**  
 Camino de las Canteras s/n  
 40430 Bernardos (Segovia)  
 Spain

ASTM C406 testing of **FILITA JBERNARDOS** Roofing Slate from Segovia ( Madrid-Spain)

A summary of the results are as follows:

1. Water Absorption, C121-09.  
0.091% (ASTM max. for S1 slate is 0.25%).
2. Flexure (Breaking Load), C120-12.  
991 lbs, thickness 0.292 in. (ASTM min. for S1 slate is 575 lbs.).
3. Weather Resistance (Depth of Softening), C217-09.  
0.0002 in. (ASTM max. for S1 slate is 0.002 in.)

Tables 1,2 and 3 list the individual tests results. From the specimens tested, **JBERNARDOS** Roofing Slate qualifies as a **S1 grade** (75 + year projected life) per the requirements of ASTM C406-10 ( Specification for Roofing Slate).

Modulus of Rupture tests were conducted on a Tinius Olsen Testing Machine calibrated January 2014. The Weather Resistance tests were conducted using the hand scraping method. Thickness measurements were taken at three (3) different locations along the scrape track. The average depth of softening was recorded.

Please let us know if we can be of further assistance.

Very truly yours,  
  
 Thomas H. Olson  
 Test Engineer

Enclosure: Page 2 (Results)

AMBER CONSULTING COMPANY

TEST RESULTS

**JBERNARDOS Roofing Slate** Quarry: **JBERNARDOS** Location: **Segovia, Spain**

TABLE 1- WATER ABSORPTION

Specimen No.	Absorption %
SEC1A	0.115
SEC2A	0.075
SEC3A	0.067
SEC4A	0.104
SEC5A	0.082
SEC6A	0.102
<b>Average</b>	<b>0.091% (S1 max 0.25%)</b>


TABLE 2- FLEXURE

Specimen No.	Breaking Load lbs	Thickness in
SEC1R	1067	0.300
SEC2R	1045	0.295
SEC3R	1001	0.295
SEC4R	1239	0.317
SEC5R	1106	0.304
SEC6R	902	0.297
SEC7R	1061	0.269
SEC8R	736	0.287
SEC9R	730	0.256
SEC10R	1019	0.299
<b>Average</b>	<b>991 lbs.</b>	<b>0.292 in. (S1 min 575lbs)</b>

TABLE 3- WEATHER RESISTANCE

Specimen No.	Depth of Softening inches
SEC1W	0.0003
SEC2W	0.0001
SEC3W	0.0003
<b>Average</b>	<b>0.0002 in. (S1 max 0.002 in)</b>

DOC. 2 - ENSAYOS REALIZADOS EN EEUU: MEDIO AMBIENTE  
(Sostenibilidad)



**CONSTRUCTION MATERIALS**  
TECHNOLOGIES

**LABORATORY TEST RESULTS**

Report for: **FILITA JBERNARDOS** Attention: **David Bernardos**  
 Caretera de las carteras S/N  
 Bernardos (Segovia)

Spain

Product(s): <b>FILITA JBERNARDOS</b>	Manufacturer: <b>JBernardos</b>
Project No.: <b>NSCO-004-02-01</b>	Source: <b>NATURPIEDRA JBERNARDOS</b>

**Purpose:** The purpose of this testing was to determine the solar reflectance, thermal emittance, and solar reflectance index value of one (1) sample:

- **FILITA JBERNARDOS**

**Materials:** The samples for testing were received from Be Natural Slate. The samples were labeled as indicated in the data table in the results section of this report.

**Test Methods:** The test methods used included ASTM C 1549-09: *Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Reflectometer* and ASTM C 1371-04a(2010)<sup>1</sup>: *Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers*. Thermal emittance measurement for the "slate" sample was modified in accordance with Devices and Services Company's Tech Note 04-1. Both of these methods are Energy Star, Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), and Cool Roof Rating Council (CRRCC) approved methods for determining radiative properties.

The solar reflectance index (SRI) was calculated in compliance with ASTM E 1980-11: *Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces*.

NSCO-006-02-01 PRI-CMT Accreditations: IAS TL-189, Miami-Dade 11-0429-06, Florida TST8878, Los Angeles TA24819, CRRCC  
 The test results, opinions, or interpretations are based on the material supplied by the client. This report is for the exclusive use of stated client. No reproduction or facsimile in any form can be made without the client's permission. This report shall not be reproduced except in full without the written approval of this laboratory. PRI Construction Materials Technologies, LLC assumes no responsibility nor makes a performance or warranty statement for this material or products and processes containing this material in connection with this report.

PRI Construction Materials Technologies, LLC 6412 Balgar Drive Tampa, FL 33619 Tel: 813-421-5777 Fax: 813-421-5862 e-mail: [info@pri-cmt.com](mailto:info@pri-cmt.com) WebSite: <http://www.pri-cmt.com>

ASTM C 1549 for Reflectance, ASTM C 1371 for Emittance, and ASTM E 1980 for Solar Reflectance Index (SRI)  
 One (1) sample  
 Page 2 of 2

**Results:** All measurements were conducted at 72±3°F and 50±5%RH.

Sample ID	Solar Reflectance		Thermal Emittance		SRI		
	ASTM C 1549 <sup>1</sup>		ASTM C 1371 <sup>1</sup>		ASTM E 1980 <sup>1</sup>		
	Avg.	Std. Dev.	Avg.	Std. Dev.	Low-Wind	Medium-Wind	High-Wind
<b>FILITA JBERNARDOS</b>	<b>0.229</b>	<b>0.020</b>	<b>0.85</b>	<b>0.01</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>

Notes: 1. Reflectance measurements were conducted using a Devices and Services SDR-031 Version 6.4 Reflectometer operated in r-Configuration mode and calibrated with Devices and Services Reference Tile #D-19.  
 2. Emittance measurements were conducted using a Devices and Services Emittance Model AE calibrated with Devices and Services Reference Standards High Challenge 0.90 and Low Emittance 0.06. Thermal emittance measurement for "concrete panel" sample was modified in accordance with Devices and Services Company's Tech Note 04-1.  
 3. SRI calculations per ASTM E 1980 utilize the following assumptions: Low-Wind = 1.3 Wind<sup>2</sup>/K, Medium-Wind = 1.7 Wind<sup>2</sup>/K, and High-Wind = 3.0 Wind<sup>2</sup>/K.

**Statement of Attestation:** The Solar Reflectance Index of this slate sample was calculated in accordance with **ASTM E 1980: Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Sloped Opaque Surfaces**. The laboratory test results presented in this report are representative of the materials supplied.


Signed:   
**Christopher Fredner**  
 Client Service Manager

NSCO-006-02-01 PRI-CMT Accreditations: IAS TL-189, Miami-Dade 11-0429-06, Florida TST8878, Los Angeles TA24819, CRRCC  
 The test results, opinions, or interpretations are based on the material supplied by the client. This report is for the exclusive use of stated client. No reproduction or facsimile in any form can be made without the client's permission. This report shall not be reproduced except in full without the written approval of this laboratory. PRI Construction Materials Technologies, LLC assumes no responsibility nor makes a performance or warranty statement for this material or products and processes containing this material in connection with this report.

PRI Construction Materials Technologies, LLC 6412 Balgar Drive Tampa, FL 33619 Tel: 813-421-5777 Fax: 813-421-5862 e-mail: [info@pri-cmt.com](mailto:info@pri-cmt.com) WebSite: <http://www.pri-cmt.com>



# DOC. 3 - ENSAYOS REALIZADOS EN FRANCIA PARA PIZARRA DE CUBIERTA

  
Le progrès, une passion à partager

Dossier E101094 - Document CEMATE/2 - Page 1/7

## PROCES VERBAL

**Objet :** Contrôle de conformité à la norme française d'un échantillon d'ardoises en provenance de la carrière :  
**J BERNARDOS**

**Document de référence :** Norme Française NF P 32-302 (Avril 1999)  
\*Ardoises - Définitions - Spécifications - Méthodes d'essais - Conditions de réception\*.

La reproduction du présent document n'est autorisée que sous sa forme intégrale.  
Il comporte 7 pages.

**Laboratoire national de métrologie et d'essais**  
Établissement public à caractère industriel et commercial • Siège social : 1, rue Gaston Boissier - 75724 Paris Cedex 15 • Tél. : 01 40 43 37 00  
Fax : 01 40 43 37 17 • Email : info@lne.fr • Internet : www.lne.fr • Site : 333 320 244 00012 • NAF : 740 B • TVA : FR 92 919 320 244  
BercyParis Centre (SARL) : FR75 3058 A600 01 49 7267 4210 170 BIC : BARC3299

Dossier E101094 - Document CEMATE/2 - Page 2/7

**1. OBJET DU DOCUMENT**

Le présent document constitue un récapitulatif des résultats d'essais effectués sur des ardoises prélevées comme spécifié au chapitre 2 du procès verbal CEMATE/1. Selon les indications du fabricant, ces ardoises correspondent à un niveau de qualité **1<sup>er</sup> trf.**  
Les références sont mentionnées dans le tableau n° 1.  
Les caractéristiques générales des ardoises prélevées figurent dans le tableau n°2.

Exploitant / Producteur	Carrière	Désignation commerciale
J.BERNARDOS BERNARDOS SEGOVIA ESPAGNE		PIZARRAS J.BERNARDOS

Tableau n° 1 : Références générales

Format (mm)	Épaisseur de référence (mm)	Couleur
320 x 220	7	Griso


Tableau n° 2 : Caractéristiques générales

**2. IDENTIFICATION DES ECHANTILLONS**

Les essais réalisés et l'identification des produits prélevés figurent dans le tableau n° 3.

Référence demandeur	Nb d'ardoises	Références L.N.E.	Essais réalisés	Norme
J.BERNARDOS	7	E1A16A-24 à E1A16A-30	Aspect	NF P 32-302
	7	E1A16A-24 à E1A16A-30	Planéité	
	7	E1A16A-24 à E1A16A-30	Masse volumique Absorption d'eau Résistance à la flexion après gélivité	
	15	E1A16A-1 à E1A16A-15	Résistance à la flexion sèche	
	15	E1A16A-31 à E1A16A-45	Résistance à la flexion humide	
	6	E1A16A-19 à E1A16A-23	Immersion-séchage	
	2	E1A16A-19 à E1A16A-17	CaCO <sub>3</sub>	

Tableau n° 3 : Identification des échantillons et essais réalisés



Dossier E101094 - Document CEMATE/2 - Page 3/7

**3. ESSAIS**

**3.1. ASPECT**

Les observations ont été effectuées sur la base des exigences du § 2.1 de la norme NF P 32-302 sur 7 ardoises.  
Ces ardoises ne présentent ni nœud, ni fine, ni chauvo, ni rafle.


**3.2. PLANEITE**

L'essai a été réalisé sur 7 ardoises conformément au mode opératoire (§ 4.2.1) de la norme NF P 32-302.  
Les résultats d'essais figurent dans le tableau n° 4.

Références L.N.E.	Flèche (mm)
E1A16A-24	2,2
E1A16A-25	0,4
E1A16A-26	0,3
E1A16A-27	0,7
E1A16A-28	0,4
E1A16A-29	0,1
E1A16A-30	0,4

Tableau n° 4 : Planéité

suite du rapport page suivante



Dossier E101094 - Document CEMATE/2 - Page 4/7

**3.3. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES**

**3.3.1. Mesure de la masse volumique et de l'absorption d'eau**

**Mode opératoire**

L'essai a été réalisé sur sept ardoises conformément aux paragraphes 4.3.1 et 4.3.2 de la norme NF P 32-302.  
Les résultats d'essais figurent dans le tableau n° 5.

Référence L.N.E.	Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	Moyenne $\bar{\rho}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Absorption d'eau (%)	Moyenne $\bar{i}$ (%)
E1A16A-24	2,76	2,76	0,14	0,12
E1A16A-25	2,76		0,10	
E1A16A-26	2,76		0,12	
E1A16A-27	2,76		0,12	
E1A16A-28	2,76		0,11	
E1A16A-29	2,76		0,15	
E1A16A-30	2,76		0,10	

Tableau n° 5 : Masse volumique et absorption d'eau

**3.3.2. Essai de gélivité**


**Mode opératoire**

L'essai a été réalisé selon l'article 4.3.3. de la norme NF P 32-302.  
Les résultats d'essais figurent dans le tableau n° 6.

Référence L.N.E.	Perte de masse (%)	$\bar{p}$ (%)
E1A16A-24	0,02	0,00
E1A16A-25	0,00	
E1A16A-26	0,00	
E1A16A-27	0,00	
E1A16A-28	0,00	
E1A16A-29	0,00	
E1A16A-30	0,00	

Tableau n° 6 : Perte de masse après gélivité

Il n'a pas été constaté de dégradation apparente à l'issue de l'essai.



3.4. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES MECANIQUES

3.4.1. Essai de flexion

Mode opératoire

L'essai a été réalisé conformément au paragraphe 4.4 de la norme NF P 32-302, sur :

- 15 ardoises desséchées.
- 15 ardoises imbibées.

Les résultats d'essais des ardoises desséchées figurent dans le tableau n° 7.

Référence	E1A16A														
N° d'ordre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Contrainte de rupture (MPa)	61	65	57	75	64	78	96	89	85	81	67	90	89	63	77
$\bar{C}_r$ (MPa)	71														

Tableau n° 7 : Contrainte de rupture ardoises desséchées

Les résultats d'essais des ardoises imbibées figurent dans le tableau n° 8.

Référence	E1A16A														
N° d'ordre	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Contrainte de rupture (MPa)	62	42	53	53	53	58	54	52	56	52	40	55	51	51	56
$\bar{C}_r$ (MPa)	62														

Tableau n° 8 : Contrainte de rupture ardoises imbibées

suite du rapport page suivante



3.5. DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

3.5.1. Identification des pyrites

Mode opératoire

Les essais ont été réalisés conformément au paragraphe 4.5.1.2 de la norme NF P 32-302.  
Les observations ont été effectuées conformément au paragraphe 4.5.1.3 de la norme NF P32-302.

Résultats

Dans ces conditions, après 25 cycles d'essai, ces ardoises ne présentent pas de changement d'aspect.

3.5.2. Teneur du carbonate de calcium (article 4.5.2)

L'échantillonnage a été effectué à partir de deux ardoises, par broyage et tamisage à 100 microns.

Les carbonates ont été dosés par calcimétrie, en mesurant le volume d'anhydride carbonique dégagé à froid par action de l'acide chlorhydrique au demi, sur des prises d'essais de 500 mg homogénéisées.

Les résultats sont exprimés conventionnellement en carbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>) pour 100 grammes d'échantillon.

Les résultats d'essais figurent dans le tableau n° 9

Teneur moyenne en CaCO <sub>3</sub> (%)
2,3

Tableau n° 9 : Carbonate de calcium

suite du rapport page suivante



4. CLASSEMENT DE L'ECHANTILLON (SELON TABLEAU 1 DE LA NORME)

Conformément aux indications du tableau 1 et selon les résultats obtenus dans les différents essais, des ardoises 3<sup>er</sup> tri, provenant de la carrière J.BERNARDO (Espagne) correspondent à la classe A de la norme française NF P 32-302.

Le Chef de la Division  
ENERGIE ET PRODUITS  
POUR LA CONSTRUCTION

Gianni VENUTI



Le Responsable de l'essai

Vincent TURRADO

Les résultats mentionnés ne sont applicables qu'aux échantillons, aux produits ou aux matériels soumis au LNE et tels qu'ils sont définis dans le présent document.



DOC. 4 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA PIZARRA DE CUBIERTA

 <b>PRODUCTOS DE PIEDRA NATURAL</b> Tecnología de la Piedra Natural s.Lu.      Protocolo de ensayos	
<b>DENOMINACION COMERCIAL: FILITA GRIS JBERNARDOS</b>	
Fabricante: Naturpiedra J. Bernardos s.L.	Fecha: 09/02/2017
Procedencia: "Cantera Engorduro", Bernardos (Segovia), España	Nº de Protocolo: 01/2017
<b>RESULTADOS ENSAYOS</b> (según UNE EN 12326-1:2014 y UNE EN 12326-2:2011)	
Descripción general: Pizarra de compresión tectónica, no carbonatada, de color gris medio y textura rugosa.	
Módulo de rotura y Módulo de Rotura característico	Sentido longitudinal <i>Módulo medio:</i> 52,19± 5,30 N/mm <sup>2</sup> <i>Módulo característico:</i> 42,93 N/mm <sup>2</sup> Sentido transversal <i>Módulo medio:</i> 32,05±5,34 N/mm <sup>2</sup> <i>Módulo característico:</i> 22,81 N/mm <sup>2</sup> Orientación módulo máximo: Longitudinal
Absorción de agua	Resultado: 0,26±0,04%. Código: W1(±0,6) Espesor medio de 5 probetas: 6,5mm.
Contenido en carbonato cálcico y carbono no carbonatado por descomposición térmica catalítica	Carbonato cálcico: 0,13 % Carbono no carbonatado: 0,08%
Exposición al dióxido de azufre	Alteraciones: Sin alteraciones estructurales ni cambios de color. Código ensayo: S1
Ensayo de ciclo térmico	Alteraciones: Sin oxidaciones ni cambios de aspecto ni estructurales, significativos. Código ensayo: T1
Examen petrográfico (2014)	Denominación petrográfica: Filita (Metalimbita filítica) Tipo estructural: F/O Índice de apilamiento de las micas: Lámina A: 61,74 Lámina B: 68,04
Comportamiento frente al fuego externo	Clase B <sub>fls1</sub> (cumple sin ensayo)
Comportamiento a la reacción al fuego	Clase A1 (cumple sin ensayo)
Liberación de sustancias peligrosas: Ninguna en condiciones de uso en tejados o revestimiento exterior.	
 Director Técnico	

 <b>PRODUCTOS DE PIEDRA NATURAL</b> Tecnología de la Piedra Natural s.Lu.      Protocolo de ensayos	
<b>DENOMINACION COMERCIAL: PIZARRA GRIS JBERNARDOS</b>	
Fabricante: Pizarras J. Bernardos s.L.	Fecha: 09/02/2017
Procedencia: "Cantera Engorduro", Bernardos (Segovia), España	Nº de Protocolo: 01/2017
<b>RESULTADOS ENSAYOS</b> (según UNE EN 12326-1:2014 y UNE EN 12326-2:2011)	
Descripción general: Pizarra de compresión tectónica, no carbonatada, de color gris medio y textura rugosa.	
Módulo de rotura y Módulo de Rotura característico:	Sentido longitudinal <i>Módulo medio:</i> 52,19± 5,30 N/mm <sup>2</sup> <i>Módulo característico:</i> 42,93 N/mm <sup>2</sup> Sentido transversal <i>Módulo medio:</i> 32,05±5,34 N/mm <sup>2</sup> <i>Módulo característico:</i> 22,81 N/mm <sup>2</sup> Orientación módulo máximo: Longitudinal
Absorción de agua	Resultado: 0,26±0,04%. Código: W1(±0,6) Espesor medio de 5 probetas: 6,5mm.
Contenido en carbonato cálcico y carbono no carbonatado por descomposición térmica catalítica	Carbonato cálcico: 0,13 % Carbono no carbonatado: 0,08%
Exposición al dióxido de azufre	Alteraciones: Sin alteraciones estructurales ni cambios de color. Código ensayo: S1
Ensayo de ciclo térmico	Alteraciones: Sin oxidaciones ni cambios de aspecto ni estructurales, significativos. Código ensayo: T1
Examen petrográfico (2014)	Denominación petrográfica: FILITA con biotita y clorita Tipo estructural: F/O Índice de apilamiento de las micas: Lámina A: 61,74 Lámina B: 68,04
Comportamiento frente al fuego externo	Clase B <sub>fls1</sub> (cumple sin ensayo)
Comportamiento a la reacción al fuego	Clase A1 (cumple sin ensayo)
Liberación de sustancias peligrosas: Ninguna en condiciones de uso en tejados o revestimiento exterior.	
 Director Técnico	





Imagen II-15 Pizarra de cubierta.

DOC. 5 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA HELADICIDAD 144 CICLOS

<b>Aitemin</b> Centro Tecnológico	<b>ENAC</b> ENSAYOS Nº de informe: 13/4-0005 Nº de expediente: 13/4-0005	Centro de Toledo Laboratorio de Materiales de la Construcción C/ Río Cabriel s/n - 45007 Toledo Tel.: 913 241452 - Fax: 913 238463 e-mail: toledo@aitemin.es

Página 1 de 4

**INFORME DE ENSAYOS**

<b>PETICIONARIO</b>
<b>PEZARRAS J. Bernárdo, S.L.</b> Carretera de Carriñero s/n 40430 - Bernárdo Segovia

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>
Nombre comercial, según el cliente: Filita Gris Bernárdo Nombre petrográfico, según el cliente: Anisotropía, según el cliente: Anisotropía detectada por el laboratorio en las probetas: Si Acabado, según el cliente: Bernárdo (Segovia) Lugar de extracción, según el cliente: Muestra recibida y ensayada: 21 probetas de 300x50x50 mm

<b>MÉTODOS DE ENSAYO REALIZADOS</b>	
Ensayo y documento utilizado: CARACTERIZACIÓN Y PRODUCTOS DE LA PIEDRA NATURAL - Heladicidad - Ensayo Tecnológico (144 ciclos) + Flexión posterior. Norma: UNE-EN 12372:2007, UNE-EN 12371:2011. Procedimiento: PE-MAT-055-E_r3, PE-MAT-057-E_r8	Asesoración: ENAC

Yvgn		
Pdo: Jorge Velasco Velaz Director Técnico	Pdo: Asunción Tirado Alonso Jefe de Área	

La autenticidad del informe se comprueba en www.aitemin.es/verificador/ con los referencias: 13/4-0005 y la clave de acceso: 0277623

**NOTAS:** \* Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
\* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

<b>Aitemin</b> Centro Tecnológico	<b>ENAC</b> ENSAYOS Nº de informe: 13/4-0005 Nº de expediente: 13/4-0005	Centro de Toledo Laboratorio de Materiales de la Construcción C/ Río Cabriel s/n - 45007 Toledo Tel.: 913 241452 - Fax: 913 238463 e-mail: toledo@aitemin.es

Página 2 de 4

**RESULTADOS**

<b>CARACTERIZACIÓN Y PRODUCTOS DE LA PIEDRA NATURAL - Heladicidad - Ensayo Tecnológico (144 ciclos) + Flexión posterior</b> Norma: UNE-EN 12372:2007, UNE-EN 12371:2011	
Acabado superficial de las probetas:	Lajado con corte de piedra
Dimensiones Nominales (mm):	300x50x50
Velocidad de Aplicación de Carga (MPa/s):	0,25
Distancia entre rodillos de apoyo l (mm):	257,2

Prueba Nº	Dimensiones (mm)			Longitud Fragmento Mayor (mm)	F. Carga de Rotura (N)	Resistencia a la Flexión $R_{fj}$ (MPa) $R_{fj} = 3Fl / 2bh^2$
	Largo l	Ancho b	Espesor h			
1	303,4	51,5	50,7	No Aplica	26.540	77,3
2	301,5	51,1	49,3	No Aplica	23.630	73,4
3	303,9	51,2	54,3	No Aplica	26.750	73,5
4	303,3	51,9	52,2	No Aplica	26.950	73,5
5	299,8	50,4	49,8	No Aplica	26.240	81,0
6	306,1	50,6	49,9	No Aplica	25.560	78,3
7	303,3	50,1	51,5	No Aplica	24.860	72,2
8	306,5	51,8	51,8	No Aplica	27.970	77,6
9	303,7	50,1	54,4	No Aplica	27.620	71,9
10	300,0	51,6	50,4	No Aplica	24.140	71,0
<b>Resistencia a la Flexión Media (<math>R_{fj}</math>)</b>						75,0
<b>Desviación Estándar (S)</b>						3,3
<b>Valor Mínimo Esperado (VME)</b>						68,3

La incertidumbre expandida para el valor  $R_{fj}$  calculada a partir de la incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura  $k = 2$ , que para una distribución normal proporciona un nivel de confianza de aproximadamente el 95 %, es  $U = 8,3$  MPa

**Observaciones:**  
Ensayo realizado con carga aplicada perpendicularmente a los planos de anisotropía

Ensayo Tecnológico realizado a probetas con acabado Lajado con corte de piedra y dimensiones nominales de 300x50x50 mm

**NOTAS:** \* Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
\* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

<b>Aitemin</b> Centro Tecnológico	<b>ENAC</b> ENSAYOS Nº de informe: 13/4-0005 Nº de expediente: 13/4-0005	Centro de Toledo Laboratorio de Materiales de la Construcción C/ Río Cabriel s/n - 45007 Toledo Tel.: 913 241452 - Fax: 913 238463 e-mail: toledo@aitemin.es

Página 3 de 4

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN BAJO CARGA CONCENTRADA TRAS 144 CICLOS DE HELEO-DESHELEO**

Prueba Nº	Dimensiones (mm)			Longitud Fragmento Mayor (mm)	F. Carga de Rotura (N)	Resistencia a la Flexión $R_{fj}$ (MPa) $R_{fj} = 3Fl / 2bh^2$
	Largo l	Ancho b	Espesor h			
1	300,5	50,1	51,8	150,0	28.810	78,3
2	300,5	50,5	51,4	150,0	28.430	81,5
3	300,4	50,4	49,3	150,0	25.330	78,1
4	300,4	51,9	51,2	150,0	28.410	78,8
5	300,5	51,2	51,4	155,0	24.060	89,3
6	300,3	51,2	51,3	148,0	24.680	89,1
7	299,4	50,4	49,8	150,0	24.890	76,3
8	300,0	51,9	51,1	155,0	23.190	81,1
9	300,4	51,3	50,1	155,0	25.540	75,8
10	301,6	51,3	49,7	147,0	24.350	73,3
<b>Resistencia a la Flexión Media (<math>R_{fj}</math>)</b>						74,8
<b>Desviación Estándar (S)</b>						5,4
<b>Valor Mínimo Esperado (VME)</b>						63,8

La incertidumbre expandida para el valor  $R_{fj}$  calculada a partir de la incertidumbre típica multiplicada por un factor de cobertura  $k = 2$ , que para una distribución normal proporciona un nivel de confianza de aproximadamente el 95 %, es  $U = 9,4$  MPa

**Observaciones:**  
Ensayo realizado con carga aplicada perpendicularmente a los planos de anisotropía tras 144 ciclos de heladicidad

Ensayo de Anisotropía a Flexión Tecnológico realizado a probetas con acabado Lajado y corte con piedra y dimensiones nominales de 300x50x50 mm

**NOTAS:** \* Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
\* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

<b>Aitemin</b> Centro Tecnológico	<b>ENAC</b> ENSAYOS Nº de informe: 13/4-0005 Nº de expediente: 13/4-0005	Centro de Toledo Laboratorio de Materiales de la Construcción C/ Río Cabriel s/n - 45007 Toledo Tel.: 913 241452 - Fax: 913 238463 e-mail: toledo@aitemin.es

Página 4 de 4

**RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS TRAS 144 CICLOS**

Prueba Nº	Código Asignado	Descripción
1	0	Probeta Intacta
2	0	Probeta Intacta
3	1	Daños mínimos (redondeo mínimo de esquinas y aristas) que no comprometen la integridad de las probetas
4	1	Daños mínimos (redondeo mínimo de esquinas y aristas) que no comprometen la integridad de las probetas
5	1	Daños mínimos (redondeo mínimo de esquinas y aristas) que no comprometen la integridad de las probetas
6	0	Probeta Intacta
7	0	Probeta Intacta
8	0	Probeta Intacta
9	1	Daños mínimos (redondeo mínimo de esquinas y aristas) que no comprometen la integridad de las probetas
10	0	Probeta Intacta

<b>RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN BAJO CARGA CONCENTRADA</b>	
<b>Valor de resistencia inicial (MPa)</b>	
75,0	
<b>Valor de la resistencia tras 144 ciclos de hielo-deshielo (MPa)</b>	
74,8	
<b>VARIACIÓN (%)</b>	
0,3	



**Observaciones:**

Figura 1: Probetas antes de ciclos de heladicidad

Figura 2: probetas después de 144 ciclos heladicidad

**NOTAS:** \* Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
\* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

DOC. 7 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA DIFRACCIÓN DE RAYOS X

 <b>Aitemin</b> Centro Tecnológico	Área de: Piedra Natural Nº de informe: 1314-0049 Nº de expediente: 1314-0049	 <b>Centro de Toledo</b> Laboratorio de Materiales de la Construcción Río Cantón, s/n • 43007 Toledo Tel: 925 241 812 • Fax: 925 230 803 e-mail: laboratorio@itemin.es
	Área de: Piedra Natural Nº de informe: 1314-0049 Nº de expediente: 1314-0049	

Página 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO**

**PETICIONARIO**

**PIZARRAS J. BERNARDOS**  
 Carretera de Carbonero s7n. 40430 Bernardos (Segovia)

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Nombre Comercial	No procede
Nombre Petrográfico	No procede
Anisotropía	No procede
Acabado	No procede
Lugar de Extracción	No procede
Muestra Recibida y Ensayada:	FILITA GRIS J.BERNARDOS

**MÉTODOS DE ENSAYO REALIZADOS**

<b>Ensayo y documento utilizado</b>	
Difracción de Rayos X - Roca Total (DRX - Roca Total)	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>



**OBSERVACIONES**

**MUESTREO**

- Producto enviado e identificado por el cliente
- Producto recogido por:
  - Fecha de realización del muestreo:
  - Lugar de muestreo:
  - Condiciones ambientales, si procede:
  - Procedimiento de muestreo utilizado:
  - Identificación de la muestra:

**DOCUMENTOS PRESENTADOS POR EL PETICIONARIO**

Ninguno  Varios, véase Anexo I

Vº Bº  Fdo: Jorge Velasco Vélez Director Técnico	 Fdo: Avelino Tirado Alonso Jefe de Área
--	---

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN

 <b>Aitemin</b> Centro Tecnológico	Área de: Piedra Natural Nº de informe: 1314-0049 Nº de expediente: 1314-0049	 <b>Centro de Toledo</b> Laboratorio de Materiales de la Construcción Río Cantón, s/n • 43007 Toledo Tel: 925 241 812 • Fax: 925 230 803 e-mail: laboratorio@itemin.es
	Área de: Piedra Natural Nº de informe: 1314-0049 Nº de expediente: 1314-0049	

Página 2 de 2

**RESULTADOS**

**DIFRACCIÓN DE RAYOS X - DRX "ROCA TOTAL"**

**METODOLOGÍA DEL ENSAYO**

- 1 - Preparación: molienda manual en mortero de ágata.
  - 2 - Obtención de los difractogramas de Rayos X de roca total. Se ha utilizado un equipo con anticátodo de Cu y una velocidad de barrido de 0.05°/min.
  - 3 - Interpretación de fases cristalinas y SEMI-cuantificación según el "Metodo de los Poderes Reflectantes"
- El error analítico de este ensayo se estima en ± 5%

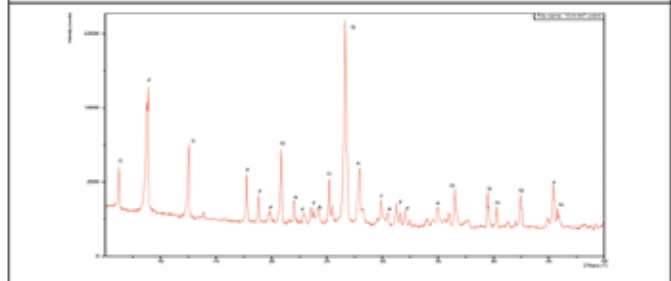
**RESULTADOS SEMICUANTITATIVOS**

**FASES MINERALES IDENTIFICADAS POR DRX**

Muestra	Fase	Fórmula Mineral	Proporción (%)	Sigla
1314-0049	Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	30	Q
	Albita	(Na)AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	15	C
	Filosilicatos	Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	F
	Clorita	(Mg,Fe) <sub>2</sub> (Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (OH) <sub>2</sub> · (Mg,Fe) <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>	20	C

Tabla 1. Composición mineralógica de la muestra mediante DRX "Roca Total"

**DIFRACTOGRAMA OBTENIDO MEDIANTE LA TÉCNICA DE ROCA TOTAL**



NOTA: Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos  
 NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN



DOC. 6 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA ABSORCION, RESISTENCIA Y DESLIZAMIENTO

Centro Tecnológico	Área de Piedra Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de expediente: LAC-08-4-130-I	Laboratorio de Materiales de la Construcción Rta. Colón, s/n - 42007 Toledo Tel: 925 241 142 - Fax: 925 241 802 e-mail: laboratorio@enac.es

Página 1 de 6

### INFORME DE ENSAYO

**PETICIONARIO**  
**PIZARRAS J BERNARDOS**  
 P. Industrial Europa s/c/p Nº 4 - 28230 - Las Rozas (Madrid)

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
 Nombre Comercial: Filita Gris de Bernardos  
 Nombre Patrográfico: Filita  
 Anisotropía: Plasmicidad paralela a la superficie de las probetas  
 Acabado: Apomazado, Cortado, y Enrejado  
 Lugar de Extracción: Bernardos (Segovia)  
 Muestra Recibida y Ensayada: Lote de 30 probetas

**MÉTODOS DE ENSAYO REALIZADOS**  
 Ensayo y documento utilizado:  
 UNE-EN 13755-02 y UNE-EN 13755AC-04 según procedimiento de ensayo PE-MAT-058-E "Determinación de la Absorción de Agua a Presión Atmosférica"   
 UNE-EN 14157-05, UNE-EN 1341-02 Anexo C, UNE-EN 1342-03 Anexo B según procedimiento de ensayo PE-MAT-060-E "Determinación de la Resistencia a la Abrasión"  
 UNE-EN 14231-2004 según procedimiento de ensayo PE-MAT-051-E Rev. 2 "Determinación de la Resistencia al Deslizamiento mediante el método de fricción"

**OBSERVACIONES**  
 Los ensayos no se encuentran acreditados por ENAC bajo la norma que se encuentra marcada con (\*)

**MUESTREO**  
 (\*) Método ensayo e identificado por el cliente  
 (\*) Método ensayo por:  
 - Fecha de realización del muestreo:  
 - Lugar de muestreo:  
 - Condiciones ambientales, si procede:  
 - Procedimiento de muestreo utilizado:  
 - Identificación de la muestra

**DOCUMENTOS PRESENTADOS POR EL PETICIONARIO**  
 (\*) Ninguno      (\*) Véase, véase Anexo I

Fdo: Jorge Velasco Vilaz  
 Director Técnico

Fdo: Israel González Benito  
 Jefe del Área de Piedra Natural

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN  
 PE-MAT-060-E-000002-1

Centro Tecnológico	Área de Piedra Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de expediente: LAC-08-4-130-I	Laboratorio de Materiales de la Construcción Rta. Colón, s/n - 42007 Toledo Tel: 925 241 142 - Fax: 925 241 802 e-mail: laboratorio@enac.es

Página 2 de 6

### RESULTADOS

UNE-EN 13755-02 y UNE-EN 13755AC-04      PE-MAT-058-E  
**DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA A PRESIÓN ATMOSFÉRICA**

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Prueba Nº	Dimensiones (mm)			Absorción de Agua	
	Largo	Ancho	Espesor		%
1	95,44	95,81	19,80		0,1
2	95,37	100,01	19,61		0,1
3	100,54	99,72	19,78		0,1
4	99,50	99,53	19,59		0,1
5	99,36	100,93	19,59		0,1
6	97,14	100,36	19,57		0,1

**Absorción de Agua Media: 0,1 %**  
 Desviación Estándar: ± 0,01 %  
 Incertidumbre (k = 2): ± 0,05 %

NOTA: Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos  
 NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN  
 PE-MAT-060-E-000002-1

Centro Tecnológico	Área de Piedra Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de expediente: LAC-08-4-130-I	Laboratorio de Materiales de la Construcción Rta. Colón, s/n - 42007 Toledo Tel: 925 241 142 - Fax: 925 241 802 e-mail: laboratorio@enac.es

Página 3 de 6

### RESULTADOS

\* UNE-EN 14157-05      UNE-EN 1341-02 Anexo C      UNE-EN 1342-03 Anexo B      PE-MAT-060-E  
**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN**  
**MÉTODO A. MÉTODO DEL DISCO DE ABRASIÓN ANCHO**



**RESULTADOS DE ENSAYO**

Prueba Nº	Dimensiones (mm)			Medición Corregida de las Huellas (mm)	
	Largo	Ancho	Espesor	Huella Menor	Huella Mayor
1	198,76	150,07	19,25	22,5	25,5
2	199,08	149,39	19,26	23,5	25,0
3	198,97	149,54	19,45	23,3	25,3
4	198,70	149,86	19,43	24,0	24,0
5	198,77	149,81	18,97	25,0	25,5
6	198,92	150,02	19,40	24,0	24,3

**Valor Medio de la Huella: 25,0 mm**  
 Desviación Estándar (s): 0,8 mm  
 Valor Máximo Espesor VME: 24,5 mm  
 Incertidumbre (k = 2): ± 0,9 mm

**Observaciones:**  
 Este ensayo se encuentra dentro del alcance de la Acreditación ENAC para la norma UNE-EN 1341-02 Anexo C y UNE-EN 1342-03 Anexo B.  
 Este ensayo se encuentra fuera del alcance de la acreditación ENAC para la norma UNE-EN 14157-05.  
 El procedimiento de ensayo es igual para las dos normas.

NOTA: Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos  
 NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN  
 PE-MAT-060-E-000002-1




					
Área de Planta Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de inspecciones: LAC-08-4-130-I		Área de Planta Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de inspecciones: LAC-08-4-130-I		Laboratorio de Referencia de la Construcción Río Tumbes s/n - 40000 Tumbes Tel. 052 281 132 - Fax: 052 202 892 Email: info@laboratorio.cl	

Página 4 de 6

RESULTADOS						
* UNE-EN 14231:05	UNE-EN 1341:02 Anexo D	UNE-EN 1342:03 Anexo C	PE-MAT-051-E			
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO						
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Acabado Superficial de las Pruebas:				Apuntado		
Prueba	Dimensiones (mm)			Resistencia al Deslizamiento		
	Nº	Largo	Ancho	Espeor	SRV - PSRV EN SECO	SRV - PSRV EN HÓMEDO
1	198,79	149,81	19,18	72	40	
2	199,29	150,66	19,38	76	38	
3	196,03	150,23	19,27	77	43	
4	199,51	149,92	19,19	77	32	
5	199,1	148,19	19,13	77	38	
6	198,05	149,66	19,29	76	45	
<b>Valor Medio del Deslizamiento / Resbaladidad:</b>					<b>76</b>	<b>40</b>
Desviación Estándar					± 1,6	± 4,8
Incertidumbre (k = 2)					± 3,3	± 5,4

**Observaciones:**  
 Los ensayos se realizaron sobre probetas de dimensiones nominales 200 x 130 x 20 mm, utilizando una espiga de 76 mm de ancho, de edad inferior a 3 años.  
 Este ensayo se encuentra dentro del alcance de la Acreditación ENAC para la norma UNE-EN 1341:02 Anexo D y UNE-EN 1342:03 Anexo C.  
 Este ensayo se encuentra fuera del alcance de la acreditación ENAC para la norma UNE-EN 14231:04.  
 El procedimiento de ensayo es igual para las dos normas.

NOTA: Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
 NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN.  
 Tel. 052 281 132 - Fax: 052 202 892 - Email: info@laboratorio.cl


					
Área de Planta Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de inspecciones: LAC-08-4-130-I		Área de Planta Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de inspecciones: LAC-08-4-130-I		Laboratorio de Referencia de la Construcción Río Tumbes s/n - 40000 Tumbes Tel. 052 281 132 - Fax: 052 202 892 Email: info@laboratorio.cl	

Página 5 de 6

RESULTADOS						
* UNE-EN 14231:05	UNE-EN 1341:02 Anexo D	UNE-EN 1342:03 Anexo C	PE-MAT-051-E			
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO						
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Acabado Superficial de las Pruebas:				Corte con Sierra de Disco		
Prueba	Dimensiones (mm)			Resistencia al Deslizamiento		
	Nº	Largo	Ancho	Espeor	SRV - PSRV EN SECO	SRV - PSRV EN HÓMEDO
1	199,36	151,41	19,34	93	76	
2	199,19	151,18	18,69	88	74	
3	199,5	151,28	19,29	90	81	
4	199,8	151,64	19,44	91	77	
5	199,21	151,21	19,31	91	77	
6	199,66	151,49	18,7	89	76	
<b>Valor Medio del Deslizamiento / Resbaladidad:</b>					<b>90</b>	<b>76</b>
Desviación Estándar					± 1,7	± 2,4
Incertidumbre (k = 2)					± 3,4	± 3,6

**Observaciones:**  
 Los ensayos se realizaron sobre probetas de dimensiones nominales 200 x 130 x 20 mm, utilizando una espiga de 76 mm de ancho, de edad inferior a 3 años.  
 Este ensayo se encuentra dentro del alcance de la Acreditación ENAC para la norma UNE-EN 1341:02 Anexo D y UNE-EN 1342:03 Anexo C.  
 Este ensayo se encuentra fuera del alcance de la acreditación ENAC para la norma UNE-EN 14231:04.  
 El procedimiento de ensayo es igual para las dos normas.

NOTA: Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
 NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN.  
 Tel. 052 281 132 - Fax: 052 202 892 - Email: info@laboratorio.cl

					
Área de Planta Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de inspecciones: LAC-08-4-130-I		Área de Planta Natural Nº de informe: LAC-08-4-130 Nº de inspecciones: LAC-08-4-130-I		Laboratorio de Referencia de la Construcción Río Tumbes s/n - 40000 Tumbes Tel. 052 281 132 - Fax: 052 202 892 Email: info@laboratorio.cl	

Página 6 de 6

RESULTADOS						
* UNE-EN 14231:05	UNE-EN 1341:02 Anexo D	UNE-EN 1342:03 Anexo C	PE-MAT-051-E			
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO						
RESULTADOS DEL ENSAYO						
Acabado Superficial de las Pruebas:				Esvajado		
Prueba	Dimensiones (mm)			Resistencia al Deslizamiento		
	Nº	Largo	Ancho	Espeor	SRV - PSRV EN SECO	SRV - PSRV EN HÓMEDO
1	199,8	150,12	8,67	73	45	
2	198,87	149,59	9,76	73	45	
3	199,05	149,67	8,21	72	43	
4	199,29	149,76	8,74	75	45	
5	19,95	149,54	8,06	75	44	
6	19,76	149,63	8,79	75	45	
<b>Valor Medio del Deslizamiento / Resbaladidad:</b>					<b>75</b>	<b>44</b>
Desviación Estándar					± 1,3	± 0,8
Incertidumbre (k = 2)					± 3,2	± 3,1

**Observaciones:**  
 Los ensayos se realizaron sobre probetas de dimensiones nominales 200 x 130 x 20 mm, utilizando una espiga de 76 mm de ancho, de edad inferior a 3 años.  
 Este ensayo se encuentra dentro del alcance de la Acreditación ENAC para la norma UNE-EN 1341:02 Anexo D y UNE-EN 1342:03 Anexo C.  
 Este ensayo se encuentra fuera del alcance de la acreditación ENAC para la norma UNE-EN 14231:04.  
 El procedimiento de ensayo es igual para las dos normas.

NOTA: Los resultados de este informe se refieren exclusivamente a la muestra sometida a ensayo, en el momento y condiciones en que se realizaron los ensayos.  
 NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN.  
 Tel. 052 281 132 - Fax: 052 202 892 - Email: info@laboratorio.cl

# **VALOR HISTÓRICO Y ARQUITECTÓNICO DE LAS PIZARRAS DE BERNARDOS**

**HISTORICAL AND  
ARCHITECTURAL  
VALUE OF THE  
SLATES OF  
BERNARDOS**