

# VALOR HISTÓRICO Y ARQUITECTÓNICO DE LAS PIZARRAS DE BERNARDOS

VALEUR HISTORIQUE ET  
ARCHITECTONIQUE  
DES ARDOISES DE  
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**

**VALEUR HISTORIQUE ET  
ARCHITECTONIQUE  
DES ARDOISES DE  
BERNARDOS**

**José Ubaldo Bernardos Sanz**  
Profesor de historia económica. UNED.  
Professeur d'Histoire économique UNED.

**Fernando López González Mesones**  
Dr. Ingeniero de Minas. UPM.  
Dr. Ingénieur des Mines. 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 un 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.

**Título:** Valor histórico y arquitectónico de las pizarras de Bernardos.

**Edita:** Naturpiedra Jbernardos.  
c/ Camino de las canteras, s/n  
40430 Bernardos (Segovia)  
www.naturpiedra.com

**Año:** 2018

**ISBN:** 978-84-697-9858-4

**DL:** SG-21-2018

**Impreso en España**

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, reprográfico, gramofónico u otro, sin el permiso previo y por escrito de los titulares.

 **naturpiedra**  
JBERNARDOS



Deux circonstances décisives convergent à un moment important de ma vie, dans les années 70: le besoin de donner un élan à mon activité professionnelle, et le désir de lier celle-ci à mon village natal. Peut être marqué dès l'enfance par l'esprit d'entreprendre hérité de mon grand-père maternel, j'ai toujours eu l'envie de me dédier au monde de l'entreprise. Créer de la richesse, des postes de travail, le développement et le progrès furent les valeurs qui m'ont toujours poussé à me lancer à entreprendre, sans à peine la préparation ni les ressources économiques pour ce faire.

La ressource naturelle dont était doté Bernardos, l'ardoise, et son exploitation, seraient le terreau idéal pour donner corps et vie à ce souhait.

Les débuts ne furent pas faciles. On partait de rien. La première activité de la carrière consistait à extraire de façon manuelle des opus incertum qu'il fallait aller vendre. Ce qui supposait de longues journées à visiter des jardinerie, des négoce de matériaux et surtout à parcourir Madrid et sa périphérie avec mon petit véhicule utilitaire, en surveillant à l'horizon des grues qui étaient les témoins de la présence de chantiers. Ensuite vinrent le premier tractopelle, le premier camion... des machines qui avaient déjà un long vécu et qui tous les jours nous offraient leurs lots de pannes en tout genre. Mais la jeunesse, l'enthousiasme et l'effort furent les stimulants suffisants qui permirent de surmonter toutes les difficultés.

Traditionnellement l'ardoise était un matériau utilisé pour les couvertures des édifices et peu à peu, il a fallu imaginer et créer de nouveaux produits avec d'autres usages dans le domaine de la construction. Il fallut les introduire sur le marché, en les faisant connaître des architectes, promoteurs et entreprises. Ce fut une tâche de longue haleine, qui demandait de la constance. Réussir à faire de l'ardoise un matériau capable d'intégrer de grands projets innovants, non seulement de couvertures, fût l'étape suivante.

L'activité d'extraction et de transformation de l'ardoise fût complétée par celle de la pose de l'ardoise, qui grandissait au sein d'une équipe familiale, en apportant son soutien, des idées et de l'enthousiasme à cette activité que j'avais démarré. Cette nouvelle étape qui apportait des solutions globales, nous aida à faire changer des projets initialement prévu avec d'autres matériaux, pour les réaliser finalement en pierre naturelle.

Aujourd'hui le Groupe d'entreprises naturpiedra Jbernardos, qui est toujours une entreprise familiale, compte sur une importante équipe de professionnels qualifiés, qui ont implanté les Ardoises, Phyllites et Quartzites de Bernardos sur de nombreux marchés internationaux, contribuant ainsi à développer et consolider l'activité de travail de cette petite commune où je suis né et dont je suis si fier, suivant ainsi la trace de mes ancêtres qui durant des siècles transmettent leurs connaissances de génération en génération de ce métier si dur et enraciné à cette terre.

Le livre que tu as aujourd'hui entre les mains et le fruit d'un enthousiasme partagé, insufflé par mon fils David, et repris par deux professionnels de renom: le professeur et historien José Ubaldo Bernardos, et l'expert en pierre naturelle et ingénieur Fernando López Mesones, qui avec grand intérêt, rigueur et une investigation sérieuse ont donné corps à cette publication. Mes plus sincères remerciements et reconnaissance.

Jesús Bernardos Bartolomé.

## PARTE I

### Valor histórico de las pizarras de Bernardos

11

### Valeur historique des ardoises de Bernardos

1. Origen de la explotación de las canteras	13
1. Origine de l'exploitation des carrieres	
2. La búsqueda del material	16
2. La recherche de la matiere	
3. La localización y elección de los yacimientos	18
3. La localisation et le choix des gisements	
4. La organización de la explotación en las canteras. Personal ocupado, herramientas	21
4. L'organisation de l'exploitation des carrieres: Main d'oeuvre, outils	
5. Los costes y los precios de la pizarra	29
5. Les couts de revient et les prix de l'ardoise	
6. Las obras con la pizarra de Bernardos entre los siglos XVI y XVIII	33
6. Les monuments couverts d'ardoise de bernardos entre le XVI et XVIII siecle	
6.1. Obras realizadas en pizarra durante el siglo XVI	34
6.1. Monuments realises avec de l'ardoise au long du xvi siecle	
6.2. Obras realizadas en pizarra durante el siglo XVII	44
6.2. Chantiers réalisés en ardoise durant le XVII siecle	
6.3. El siglo XVIII. El período Borbónico	47
6.3. Le XVIII siecle. Le temps des Bourbons	
7. El siglo XIX. Declive de las construcciones de pizarra	49
7. Le XIX siecle. Le declin de l'utilisation de l'ardoise dans les constructions	
8. La irrupción de los ingleses en Bernardos y la recuperación en las primeras décadas del siglo XX	51
8. L'arrivee des anglais a Bernardos et la reprise de l'activite dans les premieres decennies du XX siecle	
9. Filita de Bernardos, piedra del patrimonio mundial	54
9. La phyllite de Bernardos, pierre du patrimoine mondial	
Bibliografía	58
Bibliographie	
Anexo. Obras con pizarra de Bernardos entre los siglos XVI y comienzos del siglo XIX	60
Annexes. Monuments couverts avec de l'ardoise de Bernardos depuis de XVI siecle jusqu'au debut du XIX siecle	

## PARTE II

### Valor arquitectónico de las pizarras de Bernardos

69

### La valeur architectonique des ardoises de Bernardos

1. El marco geológico	70
1. Le cadre geologique	
2. Las canteras y los materiales	75
2. Les carrieres et les materiaux	
2.1. Las Canteras de Bernardos	79
2.1. Les carrieres de Bernardos	
2.2. El valor histórico como herramienta para la restauración	81
2.2. La valeur historique comme instrument pour la restauration	
2.3. Propiedades tecnológicas de las pizarras	84
2.3. Proprietes technologiques des ardoises	



2.3.1. Ensayos de características de la pizarra utilizada para cubiertas según UNE EN 12326-2, definidos en el Subcomité CEN TC128/SC8	85
2.3.1. Tests de caractérisation de l'ardoise utilisée comme couverture selon la norme UNE EN 12326-2, définis dans le Sous-comité 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	90
2.3.2. Tests de caractérisation de l'ardoise pour d'autres usages comme le dallage, le revêtement, le plaquage, etc selon les procédures développées par le comité CEN TC 246/WG2 et CEN TC/125	
<b>3. Aspectos reglamentarios y normativos</b>	<b>91</b>
3. Aspects réglementaires et normatifs	
<b>4. Sostenibilidad y eficiencia energética</b>	<b>94</b>
4. Développement durable et efficacité énergétique	
4.1. Dap - Naturpiedra acredita su excelencia ambiental.	102
4.1. Dep - Naturpiedra certifie son excellence environnementale.	
<b>5. Productos comerciales</b>	<b>106</b>
5. Produits commercialisés	
5.1. Modalidades de acabado superficial	106
5.1. Différentes finitions	
5.2. Color y tonalidad	107
5.2. Couleur	
5.3. Aplicaciones	108
5.3. Usages	
<b>6. Productos sometidos a normas Europeas armonizadas</b>	<b>110</b>
6. Produits soumis aux normes et standards Européens	
6.1. Productos de pizarra y piedra natural para tejados y revestimientos discontinuos	110
6.1. Produits en ardoise et pierres pour toitures et bardage extérieur pour pose en discontinu	
6.2. Productos de piedra natural. Plaquetas	112
6.2. Produits en pierre naturelle. Plaquettes modulaires. Exigences	
6.3. Piedra natural. Placas para revestimientos murales	113
6.3. Pierre naturelle. Produits finis, dalles de revêtement mural. Specifications	
6.4. Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos y escaleras	114
6.4. Produits en pierre naturelle. Dalle de revêtement de sols et escaliers. Exigences	
6.5. Productos de piedra natural. Baldosas para pavimentos exteriores	115
6.5. Produits en pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthodes d'essai	
6.6. Bordillos de piedra natural para uso como pavimento exterior	116
6.6. Bordures en pierre naturelle pour extérieurs. Exigences de la norme et méthode des tests	
6.7. Adoquines de piedra natural para uso como pavimento exterior	117
6.7. Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthode d'essai	
<b>7. Especificaciones para unidades de albañilería</b>	<b>118</b>
7. Specifications pour les travaux de maçonnerie	
7.1. Unidades de piedra natural para fábrica de albañilería	118
7.1. Specifications pour éléments de maçonnerie. Partie 6. Éléments de maçonnerie en pierre naturelle	
7.2. Productos sometidos, únicamente, a normas UNE. Pavimentos con piedra natural. Parte 4: Elvados registrables	119
7.2. Produits soumis uniquement aux normes Européennes. Construction des sols avec pierre naturelle. Partie 4: Planchers surélevés	
7.3. Productos para la construcción y decoración de interiores	120
7.3. Produits pour la construction et décoration d'intérieurs	
7.4. Productos para jardinería y mobiliario urbano	121
7.4. Produits pour l'aménagement paysager et le mobilier urbain	
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>122</b>
References bibliographiques	
<b>Anexo. Protocolos de ensayos de laboratorio</b>	<b>124</b>
Annexes. Protocoles des tests de laboratoire	

# PARTE I

*Valor histórico de  
las pizarras de  
Bernardos*

*Valeur historique  
des ardoises de  
Bernardos*

**José Ubaldo Bernardos Sanz**  
Profesor de historia económica. UNED.  
Professeur d'Histoire économique 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, Ségovia 1960), Docteur en histoire moderne de l'Université de Madrid et actuellement professeur d'histoire économique à l'Université Nationale d'Enseignement à Distance (UNED). Ses investigations se sont centrées sur le transport, avec la publication du livre "Blé madrilène et approvisionnement castillan: les muletiers et négociants de Ségovie dans l'Age Moderne" (Assemblée de Castille et Léon, 2002). Il a étudié également l'approvisionnement de Madrid en produits basiques, sujet sur lequel il présenta sa thèse de Doctorat "Pas uniquement du pain, fourniture et consommation de viande à Madrid, 1450-1805" (Université de Madrid, 2008). Il est membre de l'équipe madrilène d'Etudes Historiques (Université de Madrid), avec plusieurs travaux à son actif dont un dont il est l'auteur de la partie sur la fourniture et le marché dans l'œuvre collective dirigée par S. Madrazo et V. Pinto: "Madrid, Atlas d'une ville" (Lunwberg-Caja Madrid, 1995). Il est aussi collaborateur du projet de récupération du patrimoine historique de Bernardos (Ségovia).

### **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.- Origine de l'exploitation des carrieres.**

Le Roi Felipe II accéda au trône au début de l'année 1556, suite à l'abdication de son père, l'Empereur Charles Quint, devenant ainsi le monarque le plus puissant de l'époque. Ses possessions étaient si étendues que l'on disait que "le soleil ne se couche jamais sur son Empire". Son règne s'est prolongé jusqu'à sa mort en 1598. Son éducation s'est déroulée dans une atmosphère exquise avec d'excellents maîtres, grâce auxquels il développa son goût pour les Arts. Il faut signaler qu'il eu parmi les peintres de la Cour des Maîtres de l'Art, tels que Titien ou encore El Greco. Les historiens de l'Art et de l'Architecture coïncident pour dire que l'introduction de l'ardoise dans les chantiers du royaume, menée à bien durant le règne de Felipe II, découle d'une décision strictement personnelle du monarque, qui repose sur ses connaissances et goûts architectoniques. Ceux-ci furent cultivés lors de ses voyages alors qu'il n'était encore que Prince, en Italie, en Allemagne, en Belgique ou encore en Angleterre, où il se rendit pour son mariage avec Marie Tudor, son second mariage. Toutefois, la mise en oeuvre de l'ardoise fût menée à bien par les architectes qu'il avait sous ses ordres à cette époque: Juan Bautista de Toledo, Luis de Vega, Gaspar de Vega, Francisco de Mora, Juan de Herrera... qui convertirent les rêves du monarque en réalité.

Le choix de l'ardoise était le fruit de la fascination et du goût raffiné du Roi, lorsque celui-ci contemplait les constructions couvertes avec ce matériau dans ces pays-là. C'est une période marquée par l'effervescence des constructions pour le royaume situées principalement entre Ségovie, Madrid et Tolède, et coïncide avec l'installation de la Cour à Madrid en 1561, qui deviendra la capitale permanente de la monarchie. La configuration du nouveau style architectural supposait à la fois un défi et un engagement de la part des architectes du royaume pour mettre en oeuvre les exigences de leur seigneur dans les constructions du royaume. L'un des personnages les plus impliqués dans cette tâche fût Gaspar de Vega, en charge du

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 cargaría mucho la casa; y el otro que el verano la haría 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 habéis visto son muy lucidos...”<sup>2</sup>*

chantier du Palais de Valsaín. Il réalisa lui-même plusieurs voyages en Europe, parfois accompagné de Felipe II. Gaspar de Vega prenait des notes sur les édifices qu'il contemplait lors de ces visites, et s'inspirait pour ses futurs esquisses et dessins.

Le nouveau style architectural supposait non seulement d'intégrer un nouveau matériau, mais cela impliquait également d'introduire de nouvelles techniques et de nouveaux professionnels sur les chantiers, comme des charpentiers par exemple, pour les nouvelles structures des toitures pour y installer l'ardoise. Il fallut donc importer des connaissances et de la main d'oeuvre tout comme des outils spécifiques pour transmettre ce savoir-faire aux professionnels locaux (on importa de Flandres les clous pour la pose des ardoises par exemple).

L'année 1559 a marqué le début de l'introduction de l'ardoise comme élément constructif dans les chantiers du royaume. Dans la correspondance échangée entre Felipe II et Gaspar de Vega ils pèsent les pour et les contres des matériaux à utiliser, et c'est à ce moment-là qu'ils décident de reléguer le plomb. Gaspar de Vega, bien que partisan de ce matériau, explique au Roi dans une lettre datée de janvier 1559, les problèmes que procurent les feuilles de plomb. Le roi dans sa réponse renchérit sur les inconvénients de l'utilisation du plomb:

*“le premier problème est le poids rajouté à la toiture de l'édifice et le second, et que cela apporterait de la chaleur à celui-ci, comme on a pu le constater par ici. Il me semble qu'il vaudrait mieux faire les toits comme ils les font dans ces pays, recouverts d'ardoise, dont vous avez pu observer la brillance”*

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 haréis 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-

La lumière et la brillance qui se dégagent des couvertures seront des facteurs déterminants dans le choix final du matériau, ce qui est mentionné dans les ordres transmis par lettre au Maître d'oeuvre, courrier dans lequel est exposée la planification des tâches:

*“..Et ainsi j'ai ordonné que l'on cherche huit ouvriers qualifiés, deux pour extraire l'ardoise et quatre pour la scier, et la poser, et deux autres pour préparer les charpentes. Ils partiront à temps pour être sur place au Printemps. Pendant ce temps, vous ferez préparer les bois suffisants pour ces toitures et chercherez l'ardoise le plus près possible de l'édifice, afin que ceux-ci ne perdent pas de temps...”*

Le Roi se permet même de conseiller son Maître d'oeuvre sur les zones les plus proches où il avait vu de l'ardoise:

*“..l'endroit le plus proche doit être Santa Maria de Nieva, car en passant par-là, j'ai vu en poser sur une église...”*

La référence de Santa María n'était pas fortuite, puisqu'elle se trouvait sur la route utilisée par la Cour lors de ses déplacements entre Valladolid et Ségovie. La Ville de Santa María de Nieva fut une création royale suite à la découverte de la Vierge de la Soterraña. Catherine de Lancaster, épouse d'Henri III y fonda également un monastère à la fin du XIV siècle. L'église de la Ville est celle dont fait mention Felipe II dans sa correspondance.

Les ardoisiers flamands arrivent à Valladolid en juillet de la même année et deux charpentiers qualifiés, Juan de Bruselas y Gutierre de Spina, sont envoyés à posteriori depuis Les Flandres par le Cardinal Granvela. En 1562, l'effectif des couvreurs originaires de Flandres était de 8 personnes: Regnesson de Wart, Jaequenin Hallart, Lienatt Tehoncur, Jean de la Ret et Nicolas Bonsar, tous de Liège, et Jean Bon-

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 les falta las pizarras...”).



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 Vmd que el hombre que saca la pizarra no es pizarrero sino sacador, oficio distinto y diferente”.*

## 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.

sart, Hans Bethemans, d'Anvers, et Gilles Marcq de Liquer. Ils gagnaient tous 200 maravédís par jour, que ce soit jour férié ou non. Il y avait en plus dans l'équipe un fabricant de clous, Juan Colin. Plus tard sont arrivés de France d'autres poseurs comme Jean Ru et le métier s'est transmis peu à peu aux locaux comme Gonzalo López, l'un des premiers couvreurs espagnols. Ils apprirent le savoir-faire également de Pedro Muñoz, couvreur sur de nombreux chantiers comme la Maison de la Monnaie de Ségovie, la Fuenfría, les tours de la Mairie de Ségovie ou le Palais de Lerma. Pedro Muñoz, qui fut l'Administrateur des carrières de Bernardos durant plus de trente ans. Celui-ci définissait clairement que le terme "ardoisier" devait s'appliquer uniquement à celui qui pose l'ardoise. Il le définit dans un courrier qu'il envoie en 1623 depuis le chantier de Fuenfría au Chef des chantiers du royaume:

*“je vous prévins que l'ouvrier qui extrait l'ardoise n'est pas ardoisier, il est mineur, il s'agit d'un métier distinct et différent”.*

## 2.- La recherche de la matière.

Par proximité, le Canton de Santa María de Nieva fut choisi pour les chantiers de Ségovie, et les mineurs qui arrivèrent pour extraire l'ardoise parcoururent la zone et choisirent finalement celle de Bernardos, située à 10 kms de Santa María. Pour les chantiers situés proche de Madrid, on avait opté pour chercher dans le secteur de Torrelaguna et pour les chantiers de Tolède, le secteur de Yébenes serait privilégié.

Cependant, les chantiers de Madrid ne peuvent s'effectuer avec l'ardoise à proximité car il s'avère que les sondages faits dans les alentours

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 beneician viven en dicho de Bernardos y no hay otros que la sepan 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 ...”*

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 dellas 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.

ne donnèrent pas de résultats favorables. Pour les chantiers de l'Alcazar de Madrid et du Pardo ce sera l'ardoise de Bernardos qui sera utilisée, à cause de l'échec, définitivement prouvé en 1563, des échantillons de la zone de Torrelaguna. Pour les chantiers d'Aranjuez, l'ardoise de Yébenes semblait être un bon matériel, mais rien ne nous prouve que celui-ci fût finalement utilisé. Avec le démarrage du chantier du Monastère de l'Escorial on commença à chercher des gisements alternatifs. On chercha du côté de Cebreros, où il semble que les spécialistes français trouvèrent un matériel acceptable. De fait, durant quelques mois on extraie de l'ardoise de la carrière dite de La Palomera. Mais, on ne sait pas si à cause des conditions climatiques extrêmes du lieu ou bien si finalement le matériel ne s'avéra pas suffisamment bon, l'extraction cessa rapidement.

La même circonstance se produisit lors de l'incendie de 1671, qui endommagea grande partie de la couverture. On fit des essais avec une ardoise dont la carrière se trouvait à 7 lieues (environ 40 kms) mais les responsables de l'administration de la reconstruction finirent par renoncer:

*“..Bien que ne se trouvant qu'à 7 lieues du monument royal, celle de Bernardos (qui était à 15 lieues) allait être plus rentable, car la plus proche était plus tendre et n'allait pas pouvoir être fendue si ne. De plus les ouvriers qui connaissent le métier se trouvent alors à Bernardos et personne d'autre ne sait la travailler, ce qui allait la rendre plus coûteuse que celle de Bernardos, donc il convient de continuer de l'extraire d'où on l'a toujours fait jusque maintenant..”*

### 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.

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

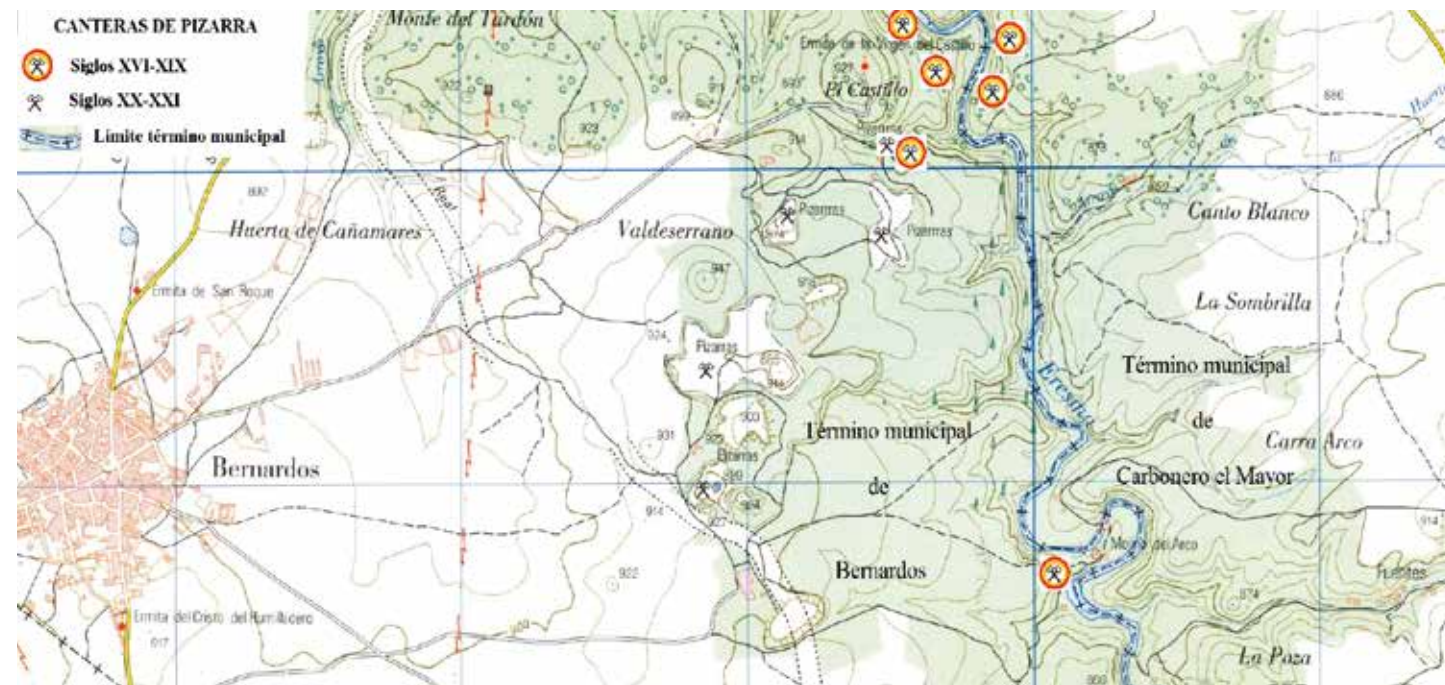


Imagen I-1. Mapa de Bernardos y canteras de pizarra.

### 3.- La localisation et le choix des gisements.

Les techniciens étrangers qui arrivèrent à Bernardos aux alentours de 1560 firent une prospection du terrain pour déterminer les endroits les plus appropriés pour extraire l'ardoise idéale pour les chantiers. Ils cherchaient dans des zones où se réunissaient deux critères principaux : la qualité de la pierre et sa facilité d'extraction. Rapidement ils choisirent la zone où le cours d'eau de la rivière Eresma est encaissé dans la vallée formée par la fracture que les mouvements tectoniques ont provoqué dans le massif ardoisier. Ces fractures ont favorisé la formation de ruisseaux secondaires qui viennent se verser dans la rivière principale, et de cette façon érodent les cours, laissant effleurer quasiment les bancs d'ardoise. Dans cette vallée, les coteaux ont une inclinaison qui favorise l'ouverture des carrières.

Le versant nord du mont où se trouve le Château, sur la rive gauche de la rivière fut l'un des premiers lieux les plus appropriés pour l'extraction. Comme on peut l'observer sur le plan, il a un fort dénivelé qui permet l'extraction sans trop



Image I-1. Plan de Bernardos et des carrières d'ardoise.

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

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

de déblaiement, et sans avoir à creuser trop en profondeur. Pour ce faire, il suffisait de nettoyer la partie superficielle du versant, retirer le matériel le plus tendre et accéder aux couches les plus compactes. En même temps, à mesure que l'on creusait, il fallait évacuer l'eau pour éviter tous risques d'inondation. Il semble que l'extraction commençait par les zones les plus basses et on agrandissait le front de taille au fur et à mesure que l'on découvrait les bancs. Ainsi ils pouvaient extraire d'abord les parties du bas où l'extraction était plus facile, en cherchant les meilleures veines, puis une fois extraite l'ardoise et les trous comblés par les gravats, cela formait une plateforme qui leur permettait d'attaquer les bancs supérieurs du versant. Plus tard on a découvert d'autres bancs dans des zones proches, comme à la fontaine de San Pedro ou dans d'autres lieux plus proches de la rivière, où semble-t-il, il y avait une ardoise de qualité.

Dès 1563, avec l'arrivée d'autres techniciens français, on ouvre d'autres carrières dans les alentours proches. On a des preuves de l'ouverture d'une carrière le long de la rivière du Moulin del Arco, d'où on extrait de l'ardoise pendant les années de croissance de l'activité. En 1567 une plainte est déposée à l'Administration de la carrière comme quoi le moulin a des problèmes générés par les gravats de la carrière, qui s'entassaient au niveau du barrage.

L'exploitation des gisements de la Vallée de l'Eresma se poursuit tout au long du XVII siècle et s'étendent jusqu'à la commune de Carbonero el Mayor sur la rive droite de la rivière. Au XVI-II siècle on se retrouve avec plusieurs carrières ouvertes de part et d'autre de la rivière. Les parages ne sont pas facilement identifiables selon les informations dont on dispose sur les documents, sauf dans quelques cas comme celui de Valdeguerrera, au milieu du siècle. La majeure partie de l'extraction a néanmoins lieu sur la



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 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>.

commune de Bernardos. L'exploitation des lieux était définie comme l'exploitation des Carrières Royales. Généralement ces terrains n'étaient pas exploités pour l'agriculture et étaient en friche. Sans propriétaire bien défini, ces terrains devenaient donc propriété de la Couronne. Par conséquent la production des carrières était réservée exclusivement aux chantiers du royaume ou à ceux qui avaient l'autorisation de l'Administration des Ouvrages et Forêts pour la fourniture d'ardoise. Ainsi l'Administrateur des carrières était responsable du contrôle des autorisations d'extraction et devait faire face à la demande d'ardoise transmise par l'Administration des Ouvrages et Forêts, jusqu'au chantier de San Lorenzo de L'Escorial où la gestion des carrières est passée aux mains des responsables de la Congrégation Hiéronymite.

Parfois les administrateurs des carrières dénonçaient le non-respect des autorisations, car certains mineurs déviaient la production sur d'autres chantiers. C'est pourquoi il était rappelé l'interdiction de dévier de l'ardoise sans l'autorisation de l'Administrateur, sous peine d'une forte amende. Il y a même eu des cas de confiscations de marchandise aux transporteurs qui n'avaient pas d'autorisation, comme cela est arrivé aux voisins de Carbonero el Mayor en 1676, à la Venta de Otero de Herreros.



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

Image I-2. Gravure d'Angers au XVIe siècle.

#### 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, 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.

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

#### 4.- L'organisation de l'exploitation des carrières: Main d'œuvre, outils.

L'exploitation des carrières exigeait de la main d'œuvre qualifiée qui connaisse le métier de la prospection et de l'extraction de la pierre, mais aussi du personnel peu qualifié pour aider dans les tâches laborieuses de défrichage, retrait des gravats, transport de l'ardoise. De plus, dans la carrière étaient menées à bien les tâches de sciage et élaboration des ardoises préalablement à leur transport vers les chantiers. Par conséquent arrivèrent à Bernardos les ouvriers qualifiés et ceux qui extrayaient l'ardoise, qui s'occupaient de l'exploitation de la carrière, ainsi que le personnel en charge de scier et élaborer les ardoises pour les couvertures. Il y avait donc deux fonctions principales dans la carrière : le travail d'extraction de la pierre et le travail de transformation de celle-ci pour qu'elle soit utilisable sur les toitures. La croissance de l'activité dans les carrières de Bernardos, la spécialisation des opérations et le besoin d'un minimum d'organisation pour assurer la gestion quotidienne de l'exploitation, mirent en évidence le besoin de nommer un responsable pour superviser le travail quotidien des carrières. C'est pourquoi on nomma un Surveillant des carrières, que l'on désigna par la suite comme Administrateur. Il était en charge de transmettre les ordres concernant les commandes de marchandise, d'élaborer les paies hebdomadaires pour le personnel et il programmait également les tâches en fonction des directives de ses supérieurs et devait surveiller l'utilisation des outils également. Certains surveillants prêtaient les outils, comme Sebastian Perez, qui dans son testament déclare avoir prêté des bûches, des barre à mines, etc, ce qui sera catégoriquement interdit par la suite. Le personnel était distribué en équipes pour travailler sur un secteur, et en fonction de la demande plusieurs équipes pouvaient travailler sur plusieurs sites.

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 Burgeos 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 moços 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 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

Les premiers spécialistes à arriver sont des mineurs bourguignons qui s’occupèrent d’extraire les premiers lots pour le Palais de Valsaín et aussi pour Madrid. La trace des premières paies date de 1561, de deux mineurs Jean Burgeos et Antonio de Hosbo venus de Fumay, ville française de la région des Ardennes. Ainsi que deux travailleurs voisins de Santa María de Nieva qui aidaient les Bourguignons. Il y avait en plus un voisin de Bernardos qui emmenait l’ardoise sur le chantier de Valsaín. Plus tard, fin 1562, Gaspar de Vega envoya à Jean Ru, l’ardoisier français et à Gonzalo López, l’espagnol, chercher d’autres ouvriers qualifiés en France. Ceux-ci arrivent en 1563, certains avec leur famille, en provenance de la région française d’Angers, concrètement de Saint Léonard, l’une des principales zones productrices d’ardoise. Gaspar de Vega annonce son arrivée pour fin mars, et communique

*“il s’agit là de bons hommes, les deux sont mariés et viennent avec leur femme, et ils sont jeunes et ils allaient être moins payés que les premiers embauchés.”*

Plus tard, ils seraient suivis par d’autres ouvriers, jusqu’à un total de 8 spécialistes étrangers.

L’organisation se faisait en équipes. S’il n’y avait pas beaucoup de travail ils étaient tous sur un même site et réalisaient différentes tâches : d’abord ils débroussaillaient avec des piques et des binettes pour faire apparaître les fronts de taille, tâches effectuées par des ouvriers. Les responsables d’extraire la pierre délimitaient les bancs pour en débiter de gros blocs. Ils utilisaient ensuite des maillets et des coins pour fendre les gros blocs en de plus petits blocs pour qu’ils soient manipulables (répartons), puis de larges ciseaux à pierre et des outils de

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; 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

coupe pour fendre l’ardoise et la dimensionner selon la demande. Les ouvriers peu qualifiés se chargeaient des tâches secondaires. Si la demande d’ardoises augmentait, les tâches se répartissaient sur plusieurs gisements et dans chaque équipe on retrouvait des spécialistes de chaque métier.

Les horaires étaient pratiquement de l’aube à l’aurore. On différenciait deux périodes : celle qui allait de la Sainte Croix de mai (le 3 mai) jusqu’à la Sainte Croix de septembre (le 14 septembre) ou ils devaient commencer à 6 heures jusqu’à l’aurore. Et le reste de l’année, ou ils commençaient une heure plus tard. Comme l’été la journée de travail était beaucoup plus longue, ils avaient une pause de 2 heures pour le déjeuner et de 1 heure pour la collation, alors qu’en hiver, ils n’avaient qu’une heure pour le déjeuner.

Les salaires perçus dépendaient de la spécialisation des ouvriers. Les ouvriers qualifiés étrangers percevaient les plus hauts salaires, puis cela était dégressif jusqu’aux ouvriers sans qualification, qui étaient les moins rétribués. Entre les ouvriers qualifiés il y avait également des différences. Les Bourguignons par exemple, qui touchaient plus que les Français.

Les travailleurs des carrières avaient de nombreux outils pour mener à bien les différentes tâches requises par l’exploitation, comme ceux repris sur l’illustration des outils utilisés dans les carrières françaises au XVIII siècle. Des pioches, des pelles, des barre à mines pour déblayer et découvrir les bancs, des masses et des coins de différentes tailles pour ouvrir les bancs, des barre à mines avec des crochets ou à bout plat pour déplacer et soulever les bancs, des maillets en chêne pour taper sur les cales qui fendaient l’ardoise. Enfin des outils de découpe pour donner la bonne dimension aux ardoises. On utilisait aussi

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.

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

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



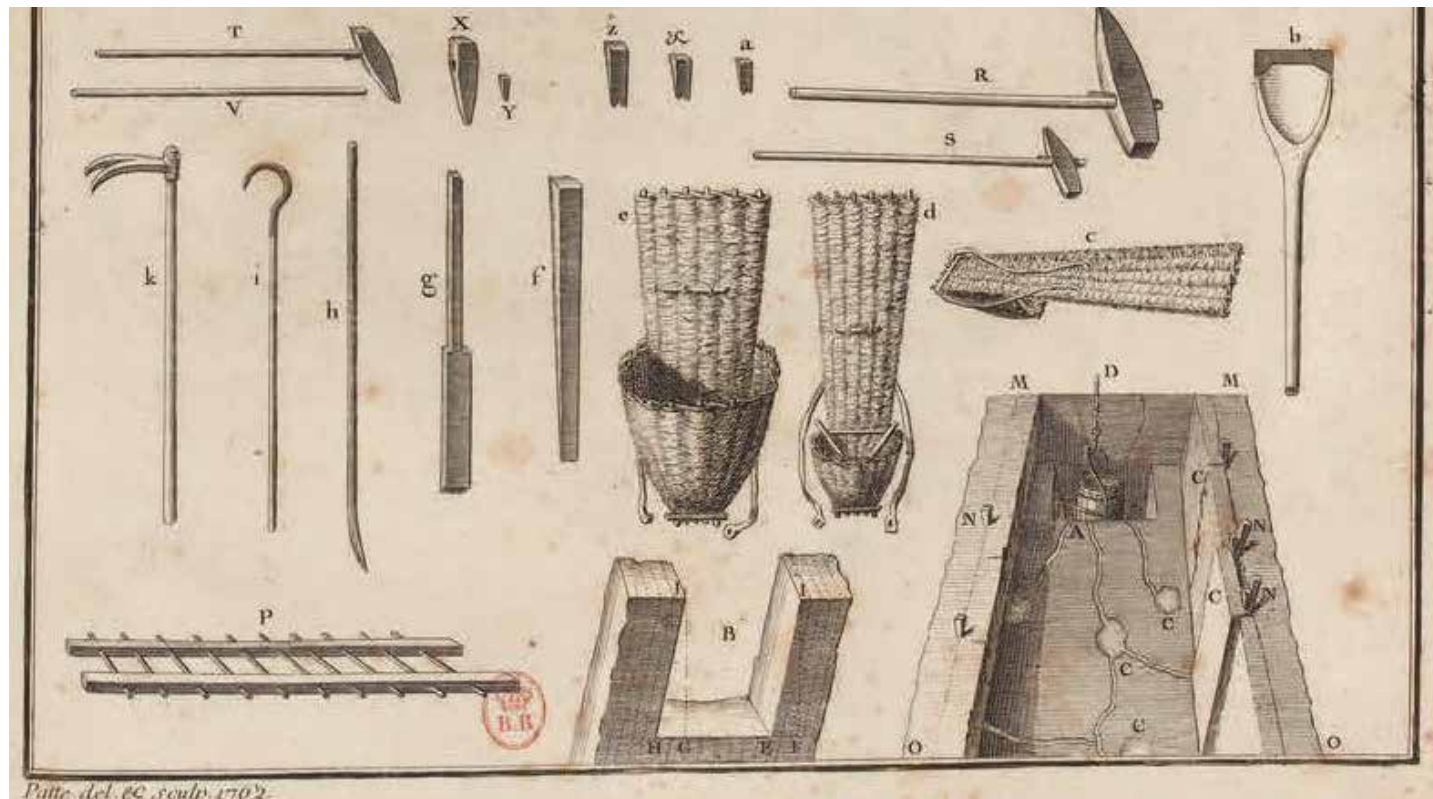


Imagen I-3. Herramientas utilizadas para la explotación de canteras francesas de pizarra en el siglo XVIII<sup>13</sup>.

Image I-3. Outils utilisés pour l'exploitation des carrières d'ardoise françaises au XVIIIe siècle.

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 hacia 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 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

des brancards pour déplacer les gravats et pour acheminer l'ardoise depuis la carrière jusque la zone d'élaboration. Les blocs d'ardoises étaient posés sur des billots et on les fendait à l'aide de burins.

L'utilisation d'une telle quantité d'outils imposait d'avoir une forge dans la carrière. Les forges de l'époque fonctionnaient au charbon végétal et étaient équipées de soufflets pour attiser la flamme et maintenir la température élevée. Il fallait également de nombreuses meules à aiguiser. C'est à la forge que l'on mettait au point les outils, que l'on aiguisait les binettes, les picos et les coins. On y fabriquait même de nouveaux outils, comme des lames ou des cales, qui étaient renforcées en y appliquant de l'acier pour les rendre plus dures et effectives pour le travail. Dans les années 1570 c'est Fran-

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>14</sup>*

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 Jua-

cisco López qui y travaillait, le fils du forgeron du village. Les arrêtés de 1575 lui octroyaient deux Réales et un Quart journalier pour son travail et le charbon utilisé, et en fonction du travail, on lui ajusterait. En 1581 son salaire atteignait 3 Réales et 14 Maravedís et quelques mois plus tard il atteignait 4 Réales, mais il était obligé de faire les mêmes horaires que le personnel de la carrière, et même, lorsque le travail l'exigeait, il devait rester jusqu'à terminer d'aiguiser tous les outils pour le lendemain. Et s'il se retrouvait sans travail, il devait aller donner un coup de main aux tâches d'extraction. Au contraire, s'il avait trop de travail, il était aidé d'un apprenti. L'exploitation disposait d'un entrepôt pour l'ardoise.

Dans les périodes de forte demande de marchandise, les ouvriers proviennent non seulement de Bernardos, mais aussi des villages alentours, et ils se déplaçaient jusqu'à la carrière à pied. Pendant la période où on a exploité la carrière de el Arco, les travailleurs venaient de Armuña, Carbonero y Mozoncillo, alors qu'à la carrière du Château, les ouvriers venaient de Miguelibáñez et même depuis Melque. Probablement au XVI siècle, au moment de ou l'activité était la plus forte, une cinquantaine d'ouvriers travaillaient dans les carrières. Mais il fallait éviter que des travailleurs trop jeunes ou trop âgés arrivent, ou d'embaucher des membres de la famille, il fallait même que leur nombre soit plutôt réduit comme il est demandé au Responsable:

*“n'emmenez pas plus de 30 personnes (plus ou moins 2), entre les ouvriers qualifiés et apprentis, faute de quoi vous devrez les payer de votre bourse, et essayez de maintenir ce nombre jusqu'à nouvel ordre”*

Les techniciens français arrivés dans les années 1560 travaillent durant le règne de Felipe II,

13- Fourgeroux, 1761, planche I, fragmento.

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

na Bancor, esposa de Arné Godre, que emigra en 1574; y por último hay quienes enraizan 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 este y recibir el dicho Juan del Castillo otro a satisfacción y contento del sobrestante...”<sup>15</sup>*

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

mais ont disparu au début du XVII. Certains sont rentrés au pays. D'autres sont morts et leur famille retourne à Angers, comme le cas de Juan Banco, épouse de Arné Godre, qui émigre en 1574, et enfin il y en a qui resteront et se marièrent avec des voisins du village comme le cas de Juan Morreo, qui se marie à Ana del Castillo, sœur de Juan del Castillo, qui travaillait à extraire l'ardoise, ou de Fabian Lambasi, qui fait de même avec Ana Sanz.

L'apprentissage des métiers liés à l'extraction et à l'exploitation des carrières est un sujet important qui préoccupait les Responsables des chantiers du royaume. Par conséquent, les instructions données révèlent l'importance de compter sur des apprentis qui puissent assimiler rapidement les connaissances. L'un des premiers espagnols à travailler dans la carrière et à acquérir le grade d'ouvrier qualifié est Juan del Castillo, en 1581,

*“Juan del Castillo devra prendre en charge et enseigner le métier et apprendre à fendre et couper à l'apprenti Alonso Garcia, qui nous a été présenté et recommandé par son père Pedro Garcia, voisin de Bernaldos. En contrepartie, Juan del Castillo recevra un Réal journalier durant l'année 81, pour qu'il veille sur lui et lui enseigne le métier. Ensuite l'année suivante, 82, il percevra 1 Réal et demi par jour et plus par la suite, s'il le mérite de par le travail fourni. Et s'il s'avère que Alonso Garcia n'est pas suffisamment habile comme on l'espère, on pourra le renvoyer et en mettre un autre à disposition qui corresponde mieux à Juan del Castillo et au Surveillant...”*

Juan del Castillo enseigne plus tard à son fils Antonio, qui grâce aux mérites obtenus par son expérience devint Surveillant, un grade qui fut

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 fallen 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 de las 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 Ildefonso, a comienzos de 1738. No expone méritos como trabajador en la cantera, sino que se dice que tiene “el conocimiento de las

transmis au sein de sa famille pendant plusieurs générations. Dans la lettre de nomination de Antonio del Castillo comme Administrateur en 1629 on lui demande de:

*“servir et travailler dans ces carrières pour en sortir l'ardoise nécessaire pour la fourniture de mes maisons et chantiers royaux (...) et vous ne pourrez donner ou vendre des ardoises à des tierces personnes sans autorisation ou ordre de ma part et vous devez enseigner le métier à vos deux fils ainsi qu'à toute autre personne que l'on vous ordonnera à n que l'on ne manque pas dans mon royaume de bons professionnels qui puissent exercer ce métier...”*

Dans la nomination de Juan del Castillo de 1663 on lui rappelait :

*“...qu'on lui avait inculqué les pratiques des carrières en aidant son père à extraire de l'ardoise pendant plus de 20 ans pour gagner sa vie...”*

Sans autorisation des Surveillants ou Administrateurs, personne ne pouvait extraire de l'ardoise. En tant qu'Officiers du roi ils avaient des privilèges, comme l'exemption des cinquièmes et l'exécution des fonctions du Conseil. Ils étaient rétribués 15.000 Maravédis par an, rétribution qui s'est vu réduite de moitié à partir du milieu du XVII siècle, car ils devaient payer un impôt, la “demie rente”, qui leur réduisait de moitié leur attribution.

En 1738 Juan del Castillo et Silvestre de Segovia se disputent le poste d'Administrateur. Tous les deux sont des parents proches. Juan del Castillo est nommé Administrateur sur demande de l'Intendant de San Ildefonso au début de l'année 1738. Il ne peut mettre en avant ses mérites comme travailleur de la carrière, mais

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

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.

on dit "qu'il a la connaissance des carrières, qu'il sait bien lire, écrire et compter, et que cela sera fort utile pour faire les comptes de ceux qui extraient l'ardoise". Cependant Silvestre de Segovia fit appel de cette décision et mit en avant ses propres mérites: 23 ans d'expérience dans l'extraction de la pierre, et plus de 70 ans d'expérience entre son père et grand-père, sans compter que son père avait ouvert une carrière importante à ses frais. Finalement Silvestre de Segovia obtint le poste, mais il ne va pas être très satisfait au niveau de la rétribution, car en 1748 il fait une réclamation concernant son salaire, impayé depuis sa nomination 10 ans auparavant, "provenant d'une famille nombreuse et pauvre". A partir de 1676 les voisins de Carbonero el Mayor ouvrent une carrière sur la rive droite de la rivière Eresma et nomment également des Administrateurs pour réguler l'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

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

### 5.- Les coûts de revient et les prix de l'ardoise.

L'ardoise extraite devait passer par plusieurs phases avant d'être installée, ces processus augmentaient le coût final de la construction. Les ardoises devaient être effeuillées et taillées pour obtenir une dimension "normalisée". On dispose d'informations du début du XVII<sup>e</sup> me qui nous indiquent qu'ils y avaient des ardoises de grandes et de petites tailles, mais on ne sait pas exactement les dimensions. Dans les années 1670 on a des informations surtout sur le poids des ardoises qui sont envoyées à El Escorial pour la réparation des toits après l'incendie de 1671. On observe que le poids moyen d'une ardoise est d'un peu plus d'un kilo.

Au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle on sait que l'ardoise standard mesurait une demie "vara" (vara = 0.83 m) donc à peu près 42 cm de long, et un "jeme" de large (entre 15-18 cm). Quant à l'épaisseur moyenne elle était d'un demi-doigt (environ 0.5 cm). Selon l'habileté du fendeur/tailleur l'ardoise est plus ou moins homogène, en fonction des caractéristiques de la pierre également. De plus, pour le calcul final du coût, il fallait prendre en compte le transport

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 pizarros, como están quebrantadas de los golpes de las carretas se quiebra mucha parte de ellas”<sup>21</sup>.*

des carrières vers les chantiers, aspect très important, puisque s’agissant d’un matériau lourd, la répercussion était conséquente plus la distance était grande. Le poids, qui pouvait dépasser un kilo par pièce, avait donc toute son importance.

Les pièces découpées étaient liées avec de la corde d’alfa en paquets. Ceux-ci étaient chargés à dos d’âne ou de mulet ou dans des carrioles. Si le transport s’effectuait sur des chariots, l’ardoise était chargée sur des espèces de quai d’où pouvaient s’approcher les chariots pour y être chargés. Dans des chariots, l’ardoise avait plutôt tendance à s’entrechoquer lors du transport, on leur préférait donc les mules pour les acheminer vers les chantiers. En plus elles étaient plus rapides. Un voyage à Madrid avec une charrette tirée par des bœufs pouvaient durer 10 jours, alors qu’à dos de mulets cela ne prenait que 4 jours. En 1674 les responsables de la restauration des toitures de L’Escorial reconnaissaient que:

*“même si le transport en charrette tirée par des bœufs pouvait revenir moins cher, l’expérience a démontré que cela revenait moins cher sur des montures, et donc que ce qui est moins cher à la base peut revenir beaucoup plus cher, car les charrettes devaient franchir les cols de de la montagne du Guadarrama, et avec les chocs beaucoup d’ardoises se cassent, pour lesquelles le transport se paie de la même façon, et il y eu beaucoup de perte également sur celles arrivées entières, car à cause des chocs, bon nombre se brisent lorsque les poseurs veulent les clouer”*

Le problème de la fragilité était repris dans les contrats comme on peut l’observer dans les envois d’ardoises à Uclés en 1604 où il est spé-

El problema de la fragilidad era reconocido en las contratas, 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 contratas 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 contratas para

cifíe que les transporteurs ne seront pas pénalisés si le taux de casse ne dépasse pas les 30 ardoises par millier, c’est-à-dire une marge de perte de 3%. Sur les chantiers du Couvent de la Visitation à Madrid, au milieu du XVIII siècle, la majeure partie est transportée à dos de mulets alors que moins de 25% se fait par charrettes. Et des plus de 255 000 ardoises reçues en 1755, la perte n’est seulement que de 1.3%.

Le coût de l’ardoise dans les premières phases des chantiers du royaume au XVI siècle, se calcule en additionnant tous les salaires et coûts d’exploitation (salaires, matériaux et outils, surveillance) auxquels il fallait rajouter le transport. De fait la commande d’ardoises pour le chantier de la demeure de Diego Vargas est honorée seulement si l’ensemble de ces coûts est inclus dans le budget global du secrétaire du roi. Durant le règne de Felipe II on met un prix à l’ardoise qui était d’un “quart” la pièce (8.5 Maravédís), d’où un coût au départ de la carrière par millier d’ardoises de 250 Réales auxquels il fallait rajouter le transport. Au début du XVII siècle des contrats sont établis avec un prix unitaire de 9 Maravédís. Ce prix d’un “quart” était en vigueur en 1673 lors de la réfection des toits de L’Escorial, comme on peut le constater sur les factures ou bon de livraison.

Cependant dans un rapport de 1711 il est mentionné que dans les années qui suivirent la réparation des toits de L’Escorial, l’offre trop importante d’ardoise fit chuter les prix jusque 140 Réales le millier. Prix qui servit de base pour la fourniture des Ecuries royales de L’Escorial. Les prix remonteront légèrement au début du XVIII siècle pour atteindre les 160 Réales par millier. Un ordre de 1711 établissait le prix des ardoises à 122 Réales, mais les Ad-

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.

22- AGP, Cª 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.

25- AGP, Patrimonio S. Ildfonso. C<sup>a</sup> 13541.

ministrateurs des carrières répondirent qu'ils ne pouvaient pas les produire pour moins de 150.

*“le coût et le travail que cela suppose mérite bénéfice pour les professionnels des carrières”*

Dans tous les cas, l'ardoise était un matériel cher pour recouvrir les toits. Sur un échantillon pris pour la réparation des toitures de l'Escorial entre 1671 et 1674 où plus de 400 000 ardoises furent utilisées, le coût à la carrière de chaque ardoise était de 8.5 Maravédís, mais en y rajoutant le prix du transport pour les acheminer sur le chantier, le prix doublait, soit un peu plus d'un demi Real. Le même prix qu'un siècle auparavant était celui appliqué durant les travaux du Monastère de L'Escorial. Pour faire une comparaison avec la tuile, le prix figurant sur les contrats de l'Escorial indique 25 Réales le millier, soit à moins d'un Maravédís la pièce. Mais le prix élevé de l'ardoise reflétait un certain statut dans une société extrêmement hiérarchisée.

L'ardoise représentait donc un reflet de la prééminence de ceux qui pouvaient se permettre de couvrir leurs demeures et édifices avec ce matériau: la Maison Royale, la noblesse et l'église, ainsi que quelques fortunés des villes. Ceci explique également le fait que sur la plupart des ouvrages qui demandait de l'ardoise, celle-ci s'utilisait plutôt comme pièces décoratives, comme les tours ou les flèches des églises. Au XVII siècle, sur les ouvrages du royaume comme le Buen Retiro, Palais à l'effigie de la monarchie, on emploie l'ardoise que sur les flèches de ses tours, le reste du bâtiment étant construit avec des matériaux moins coûteux.

## 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

26- AGP, San Ildfonso, 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.

## 6.- Les monuments couverts d'ardoise de Bernardos entre le XVI et XVIII siècle.

Faire une liste des monuments couverts avec l'ardoise des carrières de Bernardos n'est pas tâche aisée, non par un manque d'information, mais par risque d'en oublier. Mais le plus compliqué est de déterminer le type de monument, savoir s'il s'agit d'une construction neuve ou d'une restauration. Car bien que l'usage de l'ardoise comme couverture soit une solution durable, elle n'est pas à l'abri de problèmes dus au passage du temps ou à des accidents, comme les incendies ou les tempêtes, qui pouvaient détruire les toitures, parties les plus exposées des édifices. Il y a des monuments, comme le monastère de l'Escorial, qui durent être réparés en plusieurs occasions suite à des incendies, comme l'épouvantable incendie de 1671 et de 1732. Sans parler d'édifices qui terminèrent en état de ruine totale ou disparurent complètement. Parfois la demande d'ardoise concerne la réparation des flèches d'édifices complètement en ruine, comme par exemple en 1716 au Palais Espinosa de Martín Muñoz de las Posadas.

Une lecture attentive permet de déterminer le type de chantier dont il s'agissait, car normalement l'ardoise était utilisée comme élément décoratif, pour couvrir les tours ou les flèches, car son coût était prohibitif pour un usage extensif à toute la couverture. Il est vrai aussi que certains édifices furent transformés et on remplaça la couverture en ardoise des flèches par de la tuile (cas du Palais du Duc de Lerma) ou l'inverse, comme dans le cas de la Casa del Pardo dans les années 1560. Par autant, une étude détaillée des différents monuments doit prendre en compte ces caractéristiques pour déterminer s'il s'agissait d'un chantier d'entretien, de répara-

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

tion, d'une toiture neuve ou reconstruite suite à un événement.

Il ne faut pas oublier de mentionner les taches menées à bien par les nouveaux spécialistes qui s'incorporent au secteur du bâtiment où prévaut ce nouveau style de construction, que ce soit les charpentiers, qui élaboraient les armatures en bois, ou les ardoisiers qui posaient l'ardoise sur celles-ci, ou les spécialistes de matériaux complémentaires, comme le plomb. Au départ on a fait mention d'un effectif en 1562 de huit ardoisiers arrivés de Flandres, principalement de Bruxelles et de Liège. Ensuite on a pu constater dans les documents l'arrivée des Français et des premiers ardoisiers espagnols, comme le furent Gonzalo López et Pedro Muñoz. Au début des années 1570 il y a aussi Anton de Barruelos qui s'occupe des toitures de L'Escorial, et par la suite, dans les premières décades du XVII siècle on retrouve plusieurs ardoisiers espagnols, tels que Juan Garcia de Barruelos, qui participe à la construction d'importants édifices comme le Collège Impérial de la Compañia de Jesús, ou le Palais du Duc de Uceda à Madrid. Mais encore Pedro de Segovia, ou Pedro Martín de Monesterio.

En annexe nous avons élaboré une liste des monuments couverts en ardoise de Bernardos entre le XVI et XIX siècle. Dans les pages qui suivent nous allons nous arrêter plus particulièrement sur les monuments les plus emblématiques en revenant sur le contexte de leur réalisation.

### 6.1.- Monuments réalisés avec de l'ardoise au long du XVI siècle.

Comme expliqué antérieurement, l'ouverture des carrières de Bernardos coincide avec la période de restauration d'une bonne partie des chantiers du Royaume, situés aux alentours de



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

29- Llaguno, II, 48.

Image I-5. Palais de Valsaín. Anton van de Wyngaerde, 1562.

Madrid, qui plus est sera convertie en 1561 en la Capitale du Royaume. C'est pourquoi l'inventaire des monuments coïncide en partie avec cette période. On peut dire qu'il y a trois chantiers qui reçoivent simultanément des ardoises de Bernardos : le Palais del Bosque de Valsaín (Ségovie), le Palais del Pardo et le Palais Royal Alcazar de Madrid et ses dépendances (Ecuries royales, Armurerie). On considère que le premier élément totalement construit en ardoise de Bernardos est la Tour Dorada sur le flanc de l'angle sud-ouest de la façade de l'Alcazar royal de Madrid. Sur ce dernier monument, il semble que la rénovation n'a pas affecté les zones où il y avait de l'ardoise, comme ce fût le cas à Aranjuez où l'on mis du plomb ou encore à Aceca, où l'on mis

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





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

Image I-6. Vue du Palais Royal de El Pardo, année 1630, attribuée à Jusepe Leonardo.



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

Image I-7. Vue actuelle du Palais Royal de EL Pardo. Résidence des Chefs d'Etats étrangers lors de leurs visites en Espagne.



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

de la tuile. De même, il semble que l'Alcazar de Ségovie avait une couverture en plomb, surtout dans la première phase de sa rénovation.

En la Casa del Bosque ou Palais de Valsaín, dont l'architecte Gaspar de Vega est responsable de la construction, les couvertures du Palais et des tours se fait en ardoise dès le début des années 1560. Une bonne illustration en est faite en 1562 par le dessinateur et peintre flamand d'Anvers Anton Van de Wyngaerde, qui à la demande de Felipe II, parcourt l'Espagne pour peindre les vues de nombreuses villes. Sur l'illustration on observe le magnifique dessin et les différentes couleurs du remplacement de la tuile par l'ardoise. Un autre témoignage nous est donné en 1562 par le prêtre Juan Rodriguez, cité par Llaguno, concernant la pose d'ardoises sur les tours du Palais de Valsaín, comme celles posées sur la cathédrale de Ségovie.

Simultanément on envoya des ardoises pour les chantiers de Madrid, aux écuries royales près de l'Alcazar de Madrid, ainsi que pour la couverture de la Tour Dorada. Un des autres chantiers qui reçurent les premiers l'ardoise de Bernardos est le Pardo, aux alentours de Madrid, maison de campagne utilisée depuis le Moyen âge comme Domaine de chasse royal dans la forêt du même nom. Ici toute la toiture existante fût démontée pour la remplacer par de l'ardoise.

Un autre chantier qui démarra à la fin de la décennie de 1560 est la Maison Eraso, aujourd'hui en ruines, située dans le col de la Fuenfría dans la sierra de Guadarrama, entre Ségovie et Madrid, bien que l'on ne dispose pas de témoignages directs de la pose d'ardoise sur ce monument, mais en 1607, l'ardoisier Pedro Muñoz y effectue une réparation des toitures.

Il est difficile de connaître la quantité exacte d'ardoise nécessaire pour ces chantiers, mais il existe quelques données qui nous permettent de quantifier le tonnage et ainsi déterminer le rythme d'exploitation de la carrière. Par



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

Image I-8. Maison Eraso, Col de Fuenfría.

exemple pour les écuries royales, on transporta entre 1563 et 1566 plus de 11 mille arrobes. La conversion en kilogrammes pour un format standard d'une ardoise pesant environ 1 kilo, donnerait 126.5 tonnes, soit environ 126 000 ardoises.

Sans nul conteste, le chantier par excellence de cette période, où l'ardoise prend toute sa prépondérance distinctive et absorbe la majeure partie de la production des carrières est le Monastère de L'Escorial. On avait construit préalablement aux alentours deux bâtiments de maisons de campagne avec des toitures en ardoise. La Herrería et La Fresneda. Mais le monument le plus impressionnant est le Monastère de L'Escorial et il devient la référence identitaire du nouveau style de construction impulsé par le monarque. Les termes d'un des plus prestigieux historiens de l'Art, Jonathan Brown, qui résumait ce qu'a signifié la définition d'un style personnel impulsé par le Roi:

“Le Style de El Escorial, le Style Herrérien, fût une création de Felipe lui-même, exprimé par l'intermédiaire de ses architectes. Le style se basait en partie sur le refus des modèles castillans existants en faveur des modèles italiens. Cependant le style Renaissance italien fût révisé drastiquement pour en éliminer tout ce qui était

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 erigir sus palacios copiar las nuevas modas y en este sen-

ornamental, capricieux, sensuel. On en a conservé uniquement les effets d'échelles, de masses et de proportions pour ensuite les manipuler à souhait pour produire un effet de grandeur austère, souhaité par le Roi. L'insolite combinaison de ces traits caractéristiques et des couvertures en ardoises “à la flamande” est le résultat inimitable du goût personnel de Felipe”

L'artificier du style de L'Escorial en ce qui concerne les toitures et les finitions des tours est sans aucun doute Juan de Herrera, architecte qui dirigera le chantier de l'Escorial après la mort de Juan Bautista de Toledo en y apportant une vision personnelle différente de ce qui était proposé jusqu'alors, avec un style de flèches en ardoise qui serviront de modèle ultérieurement pour l'architecture menée à bien dans la première moitié du XVII siècle par Francisco de Mora et Juan Gómez de Mora.

La quantité d'ardoise extraite pour ce chantier dépasse considérablement celle extraite pour tous les autres chantiers et c'est pour cela que les carrières de Bernardos se mirent à disposition de la demande et de l'organisation administrative des travaux du monastère avec la nomination des superviseurs pour l'exploitation au quotidien, comme le montrent diverses instructions envoyées entre 1570 et 1590 pour réguler le bon fonctionnement et la fourniture du chantier. Ce lien entre le Monastère de L'Escorial et les carrières de Bernardos perdure de façon ininterrompue depuis le XVI siècle jusqu'à nos jours, pour les chantiers successifs de restauration ou d'entretien des toitures.

L'expansion du style “Austria” avec des couvertures et des flèches en ardoise ne s'est pas cantonnée aux chantiers du royaume. Les personnalités du royaume décidèrent de copier la mode des couvertures en ardoise pour édifier leurs Palais et l'utilisation de l'ardoise de Bernardos s'étend ainsi à d'autres lieux. Le Roi concéda l'usage de l'ardoise pour la construction

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

31- Llaguno, II, 229.

32- L. Cervera Vera, 1977.

33- Marías, 1986: 223-4.

34- Llaguno II, 230.

des Palais de ses proches collaborateurs. En 1570 le Cardinal Diego De Espinosa, Président du Conseil de Castille, demanda de l'ardoise pour la couverture du Palais qu'il se construisait à Martín Muñoz de las Posadas et il obtint une Autorisation royale tant pour l'ardoise que pour les clous. La livraison de l'ardoise eu lieu durant l'année 1571, et début 1572 il obtint des pièces spéciales en ardoise qui serviraient de base à la fontaine du Patio.

Un autre chantier réalisé avec l'ardoise de Bernardos fut la Maison Palais de Diego Vargas, Secrétaire de Felipe II, dans la commune de La Torre de Esteban Hambrán, qui débute en 1569 et pour lequel en 1576 on travaillait encore sur les toitures. En 1574 Diego Vargas demanda au Roi 50 fardeaux d'ardoises, qui lui furent autorisés par cellule royale le 28 juin. Depuis 1575 les ardoises pour la finalisation de ce chantier proviennent de la carrière de Bernardos. 3 fardeaux avaient déjà été envoyés et au début 1576, le superviseur Juan Sanchez de Talavera reçoit des instructions sur cette commande pour prendre en compte les paiements qui devaient être effectués pour le règlement des salaires, l'utilisation des outils, ainsi qu'en fonction des caractéristiques de l'ardoise demandée.

Un chantier très significatif de par son usage industriel, est celui de la Maison de la Monnaie de Ségovie, l'un des centres où étaient frappées les monnaies de la monarchie espagnole, dotait d'une technologie innovatrice en provenance du centre de l'Europe, qui consistait en une infrastructure alimentée par l'énergie hydraulique. Le projet fut édifié sur la base du projet de Juan de Herrera dans les années 1580 et où Pedro Muñoz intervint pour la pose des ardoises.



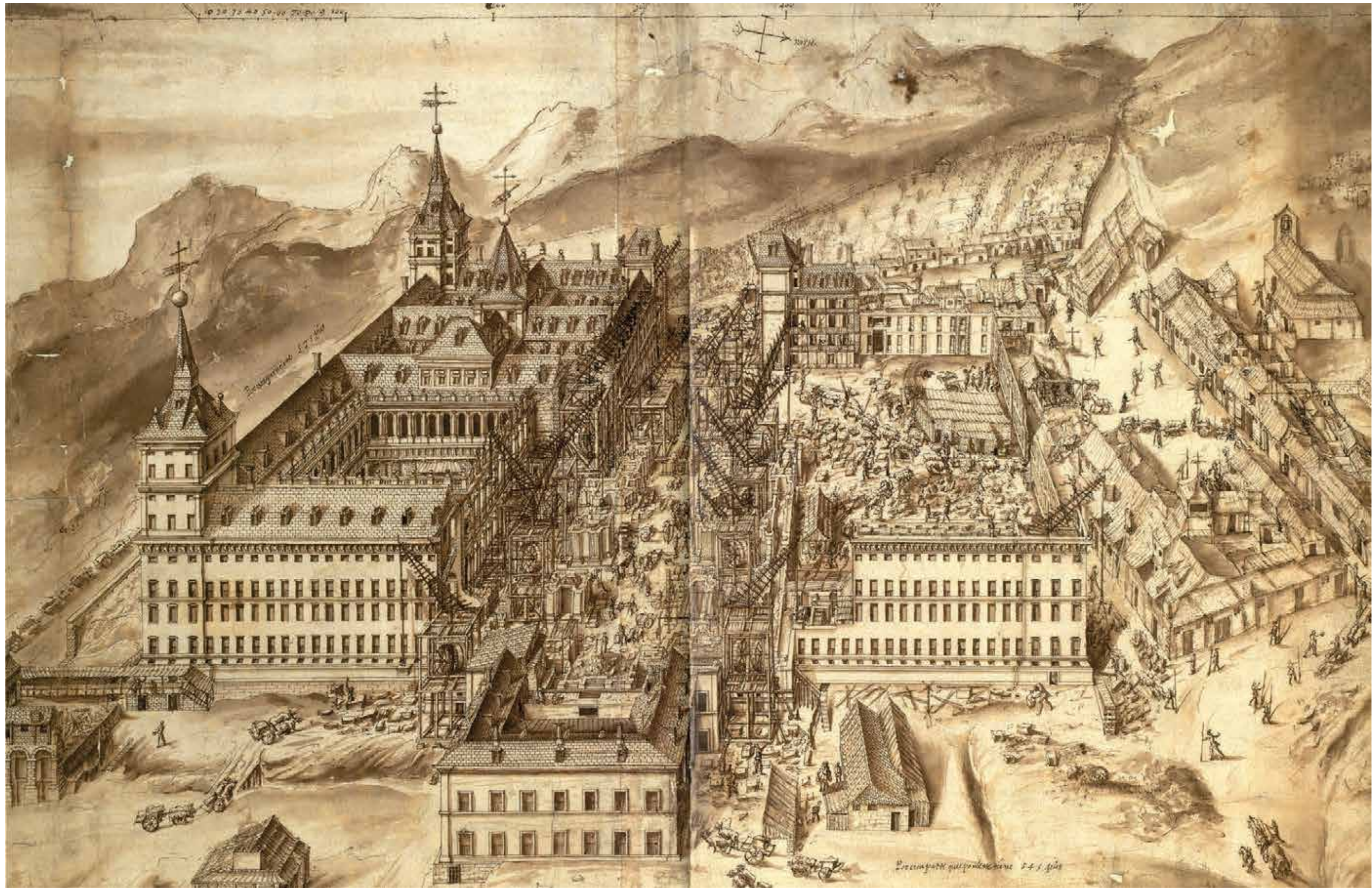


Imagen I-9.  
Grabado de F. Castelo  
sobre la construcción  
del Monasterio de San  
Lorenzo de El Escorial.

Image I-9.  
Gravure de F. Castelo  
représentant la cons-  
truction du Monastère  
de San Lorenzo de  
l'Escorial.



## 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, con la participación de Juan García de Barruecos, de ahí que se vaya imponiendo como motivo distintivo durante este periodo en muchos lugares.

## 6.2.- Chantiers réalisés en ardoise durant le XVIIe siècle.

Durant le règne de Felipe III, au début du XVII<sup>e</sup> siècle, il y eut peu de chantiers importants dans le royaume. Le contexte de crise et le fort développement de la construction sous le règne de son père fit qu'il y avait plus de Palais que l'on en avait réellement besoin. Felipe II avait relégué au second plan toutes possibilités de nouvelles constructions, vu les difficiles circonstances que traversait la monarchie. Néanmoins le style et modèle de construction ne disparaît pas, et il est diffusé dans les différentes constructions qui auront lieu autour de la Cour. Le personnage le plus important de ce règne est Diego de Sandoval, Duc de Lerma, très estimé par le Roi. Il édifie un ensemble Palais et Couvent dans la Ville de Lerma (Burgos), où le Palais est dans la lignée de ceux réalisés par les personnages influents du règne précédent, comme celui du Cardinal Espinosa à Martín Muñoz. Selon les informations dont on dispose, le toit fut réalisé en tuile et les flèches couvertes d'ardoises, posées par Pedro Muñoz, l'administrateur des carrières de Bernardos.

Néanmoins on continue d'extraire de l'ardoise pour l'entretien des chantiers du royaume, ou pour quelques chantiers importants comme par exemple les tours du Monastère de Uclés, de la Province de Cuenca, chantier démarré sous le règne précédent. L'usage décoratif de l'ardoise pour la couverture des flèches des églises est de plus en plus fréquent, on la retrouvera aussi sur les couvertures de résidences nobiliaires comme celle du duc de Uceda de Madrid, posée par Juan de Barruecos. Durant cette période l'ardoise s'impose comme un élément distinctif dans de nombreux lieux.

Avec Felipe IV au pouvoir et son favori le Comte Duque de Olivares, la construction la

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.

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

plus représentative du règne est le Palais du Buen Retiro, dessiné pour être un grand espace de récréation pour la Cour avec un grand parc arboré, des étangs, etc. Configuré comme le théâtre de la grandeur de la monarchie, même si les circonstances de la guerre en Europe et les besoins constants de trésorerie feront que celui-ci sera édifié finalement avec des matériaux moins onéreux, où les briques sont utilisées pour les murs et la tuile en terre cuite pour les couvertures. L'ardoise restait donc réservée pour les tours et les flèches ainsi que pour les toitures de quelques ermitages à l'intérieur de l'enceinte, ou bien pour couvrir la voûte principale où circulait l'eau qui alimentait le complexe.

Un autre chantier contemporain du Palais du Buen Retiro est le Palais de la Zarzuela, un autre lieu des alentours de la Capitale qui sera aussi utilisé comme domaine de récréation tout près de la forêt del Pardo. C'est actuellement

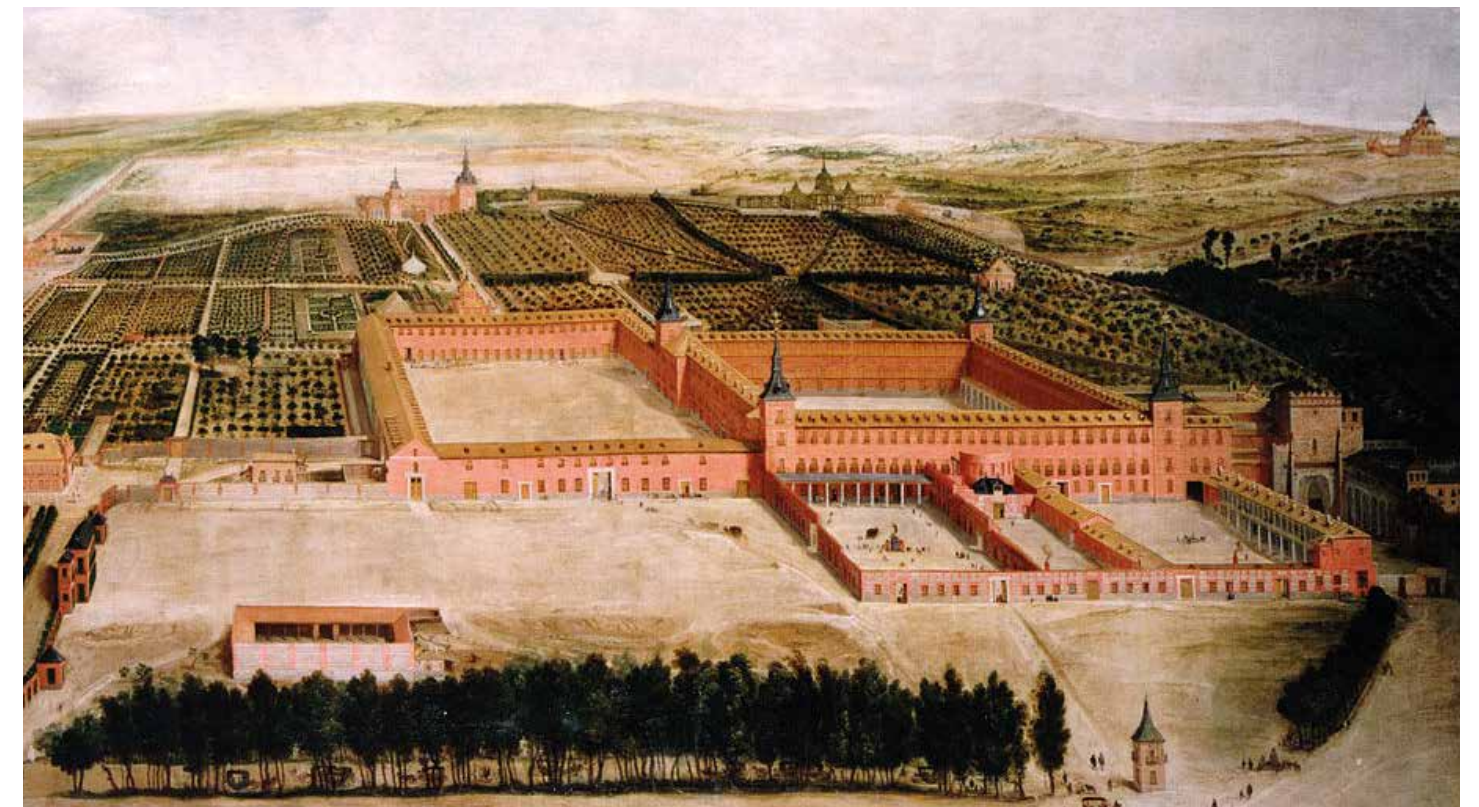


Imagen I-10. Atribuida a Jusepe Leonardo, Vista de los jardines y Palacio del Buen Retiro. Decada de 1630.  
Image I-10. Vue des jardins et du Palais du Buen Retiro, dans les années 1630, attribuée à Jusepe Leonardo.

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



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 destruyó 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 arrobas, 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

la residencia de la familia real española. L'ardoise intègre même des constructions civiles telles que la Mairie de Madrid et Ségovie, et des décennies plus tard, celle de Valladolid, la Maison de la Boulangerie sur la Plaza Mayor de Madrid, ou la Prison Royale de la Cour, actuel siège du Ministère des Affaires Etrangères. Juan de Mora, neveu de Francisco de Mora, intervient en tant que Maître d'œuvre des chantiers royaux et architecte de la Mairie de Madrid, et devient une figure indispensable pour l'expansion de l'ardoise sur les toitures des édifices de la capitale d'Espagne durant cette période. Son usage s'étend aussi à des constructions à usage religieux, comme le Couvent des Sœurs Dominicaines de Loeches parrainé par le comte Duque de Olivares, main droite de Felipe IV, ou encore la collégiale de Saint Just et Pasteur à Alcalá de Henares.

La réparation qui eut lieu suite au terrible incendie de 1671 au Monastère de L'Escorial peut être considérée comme le chantier le plus important du règne de Carlos II. Le 7 juin une cheminée prit feu dans une aile du monastère et le vent attisa les flammes de sorte qu'elles s'étendirent sur une grande partie de la toiture, affectant la charpente en bois et les ardoises. Quatre flèches furent détruites, ainsi que tous les toits, sauf ceux de l'église, les dépendances du Roi et la Bibliothèque principale. Une grande partie des couvertures en ardoise furent détruites et durent être reconstruites. Le chantier débuta en 1671 et jusqu'au 23 février 1673, 152 204 ardoises furent envoyées, le tout pesant 15 776 arrobes, environ 181 424 kgs. Le transport coûta 45 283 Réales.

Dans tous les cas, à cette époque les constructions avec de l'ardoise continuaient de se répandre sur des monuments importants,



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

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 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

Image I-11. Incendie du Monastère de L'Escorial, année 1671.

como lo muestran los planos para cubrir los chapiteles de la plaza mayor de Salamanca o los de las iglesias segovianas de San Millán y San Esteban, o también obras de enlosado en la catedral de Segovia.

### 6.3.- Le XVIIIe siècle. La période bourbonique.

Avec l'arrivée de la dynastie des Bourbons au début du XVIII siècle, de la main de Felipe V qui était le petit fils du roi de France Henri IV, on prend un nouveau chemin pour ce qui est du style architectonique, qui est celui du modèle français, et concrètement du Palais de Versailles. En ce sens, l'ouvrage le plus significatif sera le Palais de la Granja de San Ildefonso, réalisé durant la décennie de 1720. Un édifice de construction nouvelle dans les parages de

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].



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

la forêt de Valsaín, près de l'ancien Palais qui était dans un état lamentable après un autre gros incendie en 1695. Le Palais de La Granja sera utilisé comme résidence d'été de la Cour. Il fut dessiné avec de grands espaces verts avec de nombreuses fontaines. On édifie dans ses alentours des bâtiments notables dont la Fábrica de Cristales. Le Palais de La Granja et Annexes seront couvertes par des centaines de mille d'ardoises de Bernardos. Un autre monument significatif durant le XVIII siècle est la fondation du Couvent Des Salesas Reales de Madrid sur ordre de Bárbara de Braganza, épouse de Fernando VI, fils de Felipe V, à l'emplacement où l'on trouve aujourd'hui la Cour Suprême. Ces travaux supposent un nouvel élan pour l'exploitation avec une augmentation significative des travailleurs dans les carrières et une production massifiée tant dans la commune de Bernardos qu'à Carbonero el Mayor. Cependant à cette époque on va perdre des monuments importants du style architectural de Felipe II, comme le Palais de Valsaín dont nous avons parlé et qui ne sera pas reconstruit après l'incendie de 1695. Et le Royal Alcazar de Madrid, victime d'un effroyable incendie qui eut lieu à Noël de 1734 et le détruisit en grande partie. Au même endroit fut érigé l'actuel Palais Royal de l'architecte Giovanni Batista Sacchetti.

Nonobstant on observe que la diffusion de l'ardoise est de plus en plus importante sur les édifices religieux, où elle est utilisée bien souvent pour réhausser les parties les plus hautes, les flèches, les tours, comme on l'observe sur les nombreuses églises paroissiales de la Province de Tolède, Madrid et Ségovie. On l'observe également sur des Couvents, comme la Cartuja del Paular, sur des Ermitages, comme celui de la Virgen del Puerto à Madrid, dessiné par Pedro de Ribera. Bien qu'en des quantités bien moins importantes, des ardoises sont expédiées pour des travaux bien plus loin : en Navarre (Viana) et au Pays Basque (Asteguieta).



Imagen I-12. Palacio de la Granja.

Image I-12. Palais 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, sustituyendo 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

### 7.- Le XIX siècle. Le déclin de l'utilisation de l'ardoise dans les constructions.

L'instabilité politique, les tensions de trésorerie de la Couronne, et les expropriations relèguent à l'oubli et à la négligence de nombreux bâtiments. Parfois par abandon, d'autres fois à cause des incendies qui n'ont pas donné lieu à des restaurations, les chantiers avec de l'ardoise des siècles précédents vont tomber en désuétude. Il n'y avait pas une inquiétude pour redonner aux bâtiments leur aspect selon le projet original. On remédiait à la dégradation des couvertures parfois en changeant de type de toiture et on remplaçait l'ardoise par la tuile, comme sur les flèches du Palais de Lerma comme on peut le voir sur les photographies incluses dans le livre de Luis Cervera. Dans d'autres cas, comme



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 remitirte el presupuesto de las reparaciones más indispensables en la Caseta de la Fuente del Berro. Ascende 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 caso del 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 pizarras nuevas<sup>39</sup>. No obstante, a finales del siglo XIX se carecía de una estructura empresarial sólida y

au Monastère de Uclés, les tours se retrouvent sans leurs flèches. La solution est le recyclage des ardoises d’autres chantiers, comme le Palais du Buen Retiro, qui démantèle ses installations et envoie les matériaux sur d’autres chantiers.

Une des explications du remplacement des couvertures en ardoise par de la tuile nous est donnée dans un rapport de l’architecte principal à l’Intendant général de la Maison Royale le 13 novembre 1894, au sujet de certaines réparations qui avaient lieu à Madrid :

*“conformément au souhait de votre Excellence j’ai l’honneur de vous faire parvenir le devis des réparations les plus nécessaires à la petite maison de Fuente del Berro. Son montant atteint la quantité de 1212 pesetas et 35 centimes, et suppose le retrait de la couverture en ardoise, dont la réparation serait très onéreuse, et son remplacement par une tuile arabe, posée avec du plâtre et du plomb, ce qui reviendra moins cher”*

Cependant cette explication n’est pas la seule à justifier la décadence de l’usage de l’ardoise sur les bâtiments. Dans de nombreux cas on avait perdu la sensibilité pour récupérer le profil original et le style qui avaient donné son identité à l’édifice lors de sa construction. Il n’y avait pas non plus d’organismes pour réguler la protection et la restauration des bâtiments. Tout ceci allait à l’encontre d’une activité qui avait enrichi l’histoire de l’architecture espagnole. Il y avait heureusement des exceptions dans le soin et l’entretien des monuments les plus importants, qui perdurent jusqu’à nos jours. Comme par exemple les tentatives d’entretenir résolument le Monastère de L’Escorial, où sont entrepris d’importants travaux de protection et de restauration, comme celle qui eu lieu en 1842 ou l’on posa plus de 50.000 ardoises neuves. Malheureusement à la fin du XIX siècle, on ne disposait pas d’une

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.

Image I-13. Encart publicitaire dans la Revue La Ciudad Lineal, nº 688, année XXIV, 1919, IV.

structure d’entreprise solide, et on trouvait seulement quelques personnes qui extrayaient de l’ardoise avec des méthodes artisanales, probablement pour réaliser des chantiers d’entretien essentiels dans certains monuments. En 1901, à la Foire Provinciale de Ségovie, deux voisins de Bernardos présentent un échantillonnage d’ardoise de différentes dimensions. L’un d’eux, Mariano Ramos, présentait quatre douzaines de pièces de plusieurs tailles.

### 8.- L’arrivée des anglais a Bernardos et la reprise de l’activité dans les premières décennies du XX siècle.

En 1908 se repand la nouvelle à Bernardos comme quoi un Agent britannique, Mr Ernest John Catlin, aurait demandé un terrain pour l’ouverture d’une exploitation minière, pour laquelle il obtient les permis nécessaires de la part du gouvernement Civil de Ségovie. Suite à l’obtention des Licences, est constituée à Londres en 1909 The Bernardos Slate Quarries Ltd, une société Limitée par Actions au Capital 10 000 Livres Sterling et dont les directeurs et principaux actionnaires sont Constantine Honeywill et William Ross Honeywill.



Imagen I-14. Logotipo de la compañía inglesa.

Image I-14. Logo de la Société anglaise.

38- AGP, Administrativa, leg. 21.

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.

La Compagnie anglaise commence à travailler dès l'année 1909 et Mr Edward Thomas Price arrive comme Responsable. En 1914, le rapport de l'ingénieur en chef de la Province publié par les Statistiques minières, signale que:

“La Compagnie exploite la carrière à ciel ouvert, avec 25 ouvriers qui travaillent 10 heures en été, 8 heures en hiver, pour lesquelles ils perçoivent un salaire de 2.5 et 2 pesetas respectivement. Le système d'exploitation employé est à découvert, sur les couches superficielles, sur des bancs en pans inclinés et une profondeur maximum de 20 mètres. Les blocs sont déplacés à l'aide de 3 grues manuelles, L'entame des nouveaux bancs se fait à l'aide de foreuses et avec l'utilisation d'explosifs. En surface il y a un atelier d'élaboration des ardoises avec 3 tables à scier à moteur électrique. L'énergie électrique provient d'une usine installée dans un village voisin et est produite à l'aide de turbines installées dans la rivière Eresma. Le volume de production annuelle est estimé à environ 200 tonnes”.

De l'activité et des chantiers de la Compagnie anglaise on n'a que peu d'informations. Ils participèrent à la rénovation de l'auberge de la Fuenfría et on sait également que de l'ardoise de Bernardos fut utilisée par plusieurs céramistes de la famille Zuloaga pour créer des émaux. Pour promouvoir la diffusion de ses produits, la Compagnie anglaise faisait de la propagande dans une publication madrilène, la Ciudad Lineal, qui promouvait l'urbanisation du quartier de Ciudad Lineal, selon le projet de l'urbaniste Arturo Soria.

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

Finalment l'activité de la compagnie est interrompue en 1928, l'entreprise, en liquidation, passe aux mains de propriétaires espagnols.



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

Image I-15. La carrière des anglais dans son état actuel de conservation.

40- Rubio Celada, 2004, p. 229.



## 9.- Filita de Bernardos, piedra del patrimonio mundial.

Naturpiedra celebra el nombramiento a finales del 2022 de la Filita Gris de Bernardos, entre el selecto grupo de Piedras del Patrimonio Mundial.

Un trabajo llevado a cabo por Naturpiedra junto con el profesor de la Universidad de Oviedo, especialista en pizarra, Víctor Cárdenes Van den Eynde. Como también se colaboró anteriormente; en aras del estudio, conocimiento e historia de este material, con profesionales como José Ubaldo Bernardos Sanz o Fernando López-Mesones.

Gracias a este empeño y estudio, la institución internacional IUGS (Unión Internacional de Ciencias Geológicas), ha concedido a la Filita Gris de Bernardos, el prestigioso reconocimiento como Piedra del Patrimonio Mundial; haciéndose hueco entre las 32 piedras repartidas en 17 países, distinguidos materiales como puede ser el mármol de Carrara (Torre de Pisa, David de Miguel Ángel), el mármol Makrana (Taj Mahal), caliza Portland (Buckingham Palace) o el mármol de Tennessee (Capitolio de Washington DC).

La Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, por sus siglas en inglés) es un órgano permanente internacional, compuesto por los más importantes doctores en geología de 120 naciones, creado con el objetivo de establecer y velar por el mantenimiento de unos estándares en relación con el patrimonio geológico, para cual establecen y coordinan programas internacionales de cooperación.

Los 3 principales programas de coordinación internacional y relacionados con el patrimonio geológico son:



## 9.- La phyllite de Bernardos, pierre du patrimoine mondial.

Naturpiedra célèbre la nomination fin 2022 de la Phyllite grise de Bernardos parmi le groupe restreint des Pierres du Patrimoine Mondial. Un travail réalisé par Naturpiedra en collaboration avec le professeur de l'Université d'Oviedo, spécialiste de l'ardoise, Víctor Cárdenes Van den Eynde. La collaboration précédente avec des professionnels tels que José Ubaldo Bernardos Sanz ou Fernando López-Mesones visait également l'étude, la connaissance et l'histoire de ce matériau.

Grâce à cet engagement et à cette étude, l'institution internationale IUGS (Union Internationale des Sciences Géologiques) a accordé à la Phyllite grise de Bernardos la prestigieuse reconnaissance en tant que Pierre du Patrimoine Mondial. Elle rejoint ainsi les 32 pierres réparties dans 17 pays, aux côtés de matériaux distingués tels que le marbre de Carrare (Tour de Pise, David de Michel-Ange), le marbre Makrana (Taj Mahal), la calcaire de Portland (Buckingham Palace) ou le marbre du Tennessee (Capitole de Washington DC).

L'Union Internationale des Sciences Géologiques (IUGS) est un organe permanent international composé des plus éminents docteurs en géologie de 120 nations. Elle a été créée dans le but d'établir et de veiller au respect de normes liées au patrimoine géologique, en coordonnant des programmes internationaux de coopération.

Les trois principaux programmes de coordination internationale liés au patrimoine géologique sont:

1. Les IUGS Geological Heritage Sites (GHS) ou Sites du Patrimoine Géologique Mondial.



Capitolio. USA.  
Mármol de Tennessee.



Taj Mahal. India.  
Mármol Makrana.



Torre de Pisa.  
Italia.  
Mármol de Carrara.



David. Miguel Ángel.  
Mármol de Carrara.

1. Los IUGS Geological Heritage Sites (GHS) o Lugares del Patrimonio Geológico Mundial.
2. Los IUGS Heritage Geocollections (GC) o Patrimonio mueble de interés Mundial.
3. Los IUGS Heritage Stones (HS) o Piedras del Patrimonio Mundial.

Las piedras empleadas en la construcción del patrimonio cultural de la humanidad durante siglos han desempeñado un papel crucial en el estudio y la comprensión de civilizaciones antiguas. Estas piedras de construcción siguen siendo esenciales en la actualidad para la preservación de monumentos que representan el rico legado cultural de la humanidad. Para alcanzar este objetivo, es imperativo examinar estas piedras naturales desde una perspectiva geocientífica y rastrear las canteras de las cuales fueron extraídas. Este es el cometido central de la subcomisión IUGS Heritage Stones (HS) o Piedras del Patrimonio Mundial, que se enfoca en las piedras de mayor relevancia a nivel mundial.

Para esta nominación como piedra del patrimonio mundial de la Filita gris de Bernardos, dicha subcomisión valoró criterios como la utilización de esta piedra natural desde hace casi 500 años, el estar presente en algunos de los monumentos icónicos del patrimonio arquitectónico español y ser utilizada aún en nuestra época contemporánea por arquitectos ilustres como Rafael Moneo, Dominique Perrault o Sáenz de Oiza entre otros muchos. Esta declaración sirve para reconocer rocas únicas que son una parte esencial de nuestra historia y del patrimonio arquitectónico lo que obliga a una adecuada gestión y protección del recurso minero para asegurar su disponibilidad a generaciones futuras. Además, impulsa el prestigio de un material haciendo que arquitectos de patrimonio lo elijan en sus restauraciones como ha sucedido en el año 2023 con el suministro de Filita de Bernardos para las cubiertas del Mont Saint Michel en Francia, que acaba de cumplir 1.000 años de historia y es el segundo monumento más visitado de Francia.

Este reconocimiento del material, avalado por sus características naturales y el buen trabajo llevado a cabo; auguran un prometedor futuro para la Filita Gris de Bernardos, que redundará en un positivo impacto social y económico en la zona de Bernardos, lugar necesitado de este tejido económico que da valor y fija población en un entorno, que a su vez tiene una fuerte conexión cultural con esta industria.

2. Les IUGS Heritage Geocollections (GC) ou Collections géologiques du patrimoine mondial.
3. Les IUGS Heritage Stones (HS) ou Pierres du Patrimoine Mondial.

Les pierres utilisées dans la construction du patrimoine culturel de l'humanité ont joué un rôle crucial dans l'étude et la compréhension des civilisations anciennes. Ces pierres de construction restent essentielles aujourd'hui pour la préservation des monuments représentant le riche patrimoine culturel de l'humanité. Pour atteindre cet objectif, il est impératif d'examiner ces pierres naturelles d'un point de vue géoscientifique et de retracer les carrières d'où elles ont été extraites. C'est là le rôle central de la sous-commission IUGS Heritage Stones (HS) ou Pierres du Patrimoine Mondial, qui se concentre sur les pierres d'une importance majeure à l'échelle mondiale.

Pour la nomination de la Phyllite grise de Bernardos en tant que pierre du patrimoine mondial, cette sous-commission a pris en compte des critères tels que l'utilisation de cette pierre naturelle depuis près de 500 ans, sa présence dans certains des monuments emblématiques du patrimoine architectural espagnol, et son utilisation continue à notre époque contemporaine par des architectes illustres tels que Rafael Moneo, Dominique Perrault ou Sáenz de Oiza, entre autres. Cette déclaration vise à reconnaître des roches uniques qui sont une partie essentielle de notre histoire et du patrimoine architectural, ce qui nécessite une gestion et une protection adéquates des ressources minérales pour assurer leur disponibilité aux générations futures. De plus, elle renforce le prestige d'un matériau, incitant les architectes du patrimoine à le choisir pour leurs restaurations, comme cela s'est produit en 2023 avec la fourniture de la Phyllite grise de Bernardos pour les toitures de la Merveille du Mont Saint Michel en France, qui vient de célébrer ses 1000 ans d'histoire et est le deuxième monument le plus visité de France.

Cette reconnaissance du matériau, soutenue par ses caractéristiques naturelles et le travail accompli, présage un avenir prometteur pour la Phyllite grise de Bernardos, qui aura un impact social et économique positif dans la région de Bernardos, un lieu ayant besoin de cette activité économique qui apporte de la valeur et fixe la population dans un environnement ayant une forte connexion culturelle avec cette industrie.





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.

Image I-16. Ardoise récupérée au Monastère de l'Escorial, datant d'environ 300 ans. Dimensions de la fameuse mesure royale 40x15.

Imagen I-17 de izquierda a derecha:

Image I-17 gauche à droite:

- 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:

Image I-18 gauche à droite:

- 1- Luis Calvo Ferrero (fotógrafo)
- 2- Jacinto Román
- 3- Ismael Gaitero
- 4- Modesto Aragonese
- 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
- 11- (abuelo de José Antonio Román Herranz)



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

Image I-17. Travailleurs de la carrière de Bernardos dans les années 1950.



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

Image I-18. Images cédées par José Antonio Román Herranz, employé de Naturpiedra Jbernardos et troisième génération liée à l'ardoise de Bernardos.



## Bibliografía/ Bibliographie

- 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 empizarrado. 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, N° 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.

-Tojas 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>**

**Annexes. Monuments couverts avec de l'ardoise de Bernardos depuis de XVI siecle jusqu'au debut du XIX siecle**

Año	Lugar	Denominación	Tipo de obra	Cantidad
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	baldosas para enlosado	



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

Image I-19. Autel majeur de la Cathédrale de Ségovie, carrelée d'ardoise et de marbre.



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 Tomás	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	Martin Muñoz de las Posadas	Palacio del Cardenal Espinosa	tejados y torres	16.000
1716	Madrid	Lavaderos de ropa		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	chapitel	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	chapitel	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	chapitel	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. Restauración de la cubierta de una vivienda tradicional del norte de la provincia de Aveyron en Francia con Filita naturpiedra gris tipo ojiva. En la región del Macizo Central francés Naturpiedra lleva más de 30 años exportando este tipo de pizarra idóneo para las zonas de montaña, tanto para la restauración del patrimonio como para la construcción tradicional.

Image I-20 Restauration de la couverture d'une habitation traditionnelle dans le nord de l'Aveyron en France avec la Phyllite naturpiedra de couverture en forme d'ogives. Naturpiedra exporte depuis plus de 30 ans ce type d'ardoises ideales pour les zones de montagne du Massif Central, tant pour la restauration du patrimoine que pour la construction traditionnelle.



## PARTE II

### Valor arquitectónico de las pizarras de Bernardos

### La valeur architectonique des ardoises de Bernardos

#### 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) Il est Docteur, Ingénieur des Mines de l'Université Polytechnique de Madrid. Il débute son activité professionnelle en tant que consultant dans des entreprises d'ingénierie et ultérieurement en tant que professeur titulaire du Département d'Ingénierie des Matériaux de l'Ecole Technique Supérieure des Ingénieurs des Mines de Madrid. Dans le domaine normatif il est le représentant espagnol dans les comités européens de normalisation (CEN) pour le développement de la norme européenne sur la pierre naturelle, et il est rapporteur des normes UNE pour la mise en œuvre de la pierre naturelle. Il a été membre du Réseau CYTED (Science et Technologie pour le Développement) Groupe XIII-C (pierre ornamentale). Il est l'auteur de dix livres en relation avec la pierre naturelle et il a publié de nombreux articles dans des revues spécialisées. Il a également donné des cours et des conférences tant au niveau national qu'international.

**Fernando López González Mesones**  
**Dr. Ingeniero de Minas. UPM.**  
**Dr. Ingénieur des Mines. 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, matagrauvascas o metasamitas. (Ba-

## 1.- Le cadre géologique.

Le cadre géologique des carrières de Bernardos se situe dans les couches de la formation de Sant María de Nieva appartenant au complexe Schiste Grauwacke, défini sur le plan géologique national à l'échelle 1 :50000 (IGME) comme "Nava de la Asunción". Ces couches sont une succession d'ardoises sablonneuses, de couleur vert-grisâtre avec de fréquentes intercalations de grès et de quartz, de l'ère infra-Cambrien inférieur, ce qui suppose une ancienneté de plus de 550 millions d'années.. Au microscope on peut observer des différences de granulométrie ainsi que des différences de contenu en Quartz et Plagioclases détritiques, et en fonction de la prédominance des Microclastes, on peut dénommer les roches Phyllites, Quartzo-phyllites, Plagioclassiques, Métagrauwaques ou Métasé-

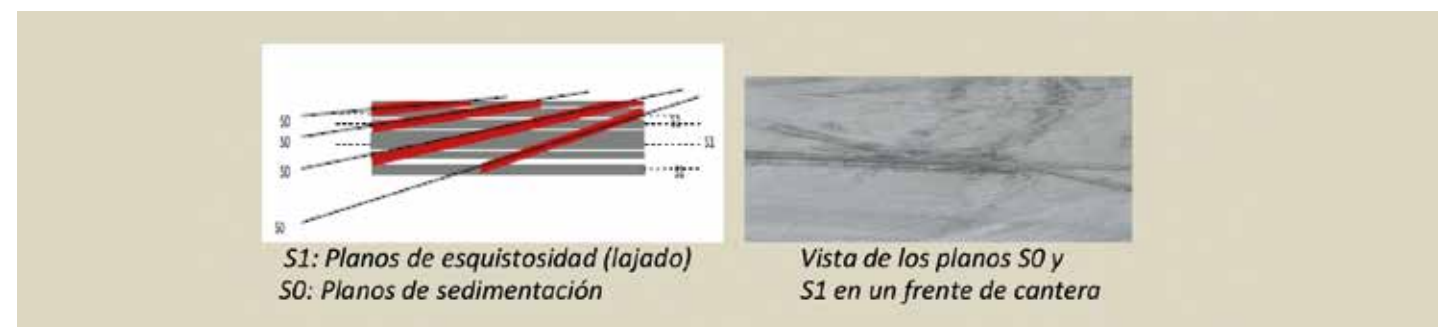


Imagen II-1. Intersección de los planos S0 y S1.

ros 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-grauváquico.

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 veteado muy sugerente que se magnifica aplicando los tratamientos de pulido, apomazado, envejecido por cepillado; pudiendo disponer así los prescriptores de más elementos,

mitiques. (Barros Lorenzo, José Carlos 2013). La schistosité du matériel présente une inclinaison de 20° vers N avec un feuilletage avec des plans axiaux S1 dispersés, dus probablement à une étape antérieure de la formation qui affecta le complexe schiste-grauwacque.

Une particularité de l'ardoise de Bernardos réside dans le fait qu'occasionnellement, le plan de schistosité S1 et celui de la sédimentation S0 sont sous-parallèles (image II-1), ce qui donne lieu en surface, à une veinure très caractéristique qui est magnifiée dès lors qu'on lui applique une finition superficielle telle qu'un polissage, ou un vieillissement mécanique par brossage, offrant ainsi

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 veteado 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.

aux prescripteurs d'autres facettes à prendre en compte dans le design architectural. De même, comme les deux plans présentent une inclinaison relativement faible ceci évite la casse due à des flexions imprévues à leur intersection (image II-1)

Dans certaines zones des carrières on a pu apprécier des couches de carbonates sur les plans de sédimentation S0 ainsi comme des phénomènes de déformation en des microplis rapprochés (crenulation) qui confèrent à ces ardoises un aspect veiné très apprécié par les architectes pour les rénovations ou chantiers de nouvelles constructions quand ce type d'effet est recherché. Les études pétrographiques des ardoises de Bernardos indiquent qu'elles semblent provenir de sédiments très fins, similaires au limon, de composition quartzo-argileuse, soumis à un métamorphisme régional de faible à très faible niveau, dû à la compression tectonique et que l'on peut qualifier comme des Phyllites (cf Etude pétrographique en annexe)

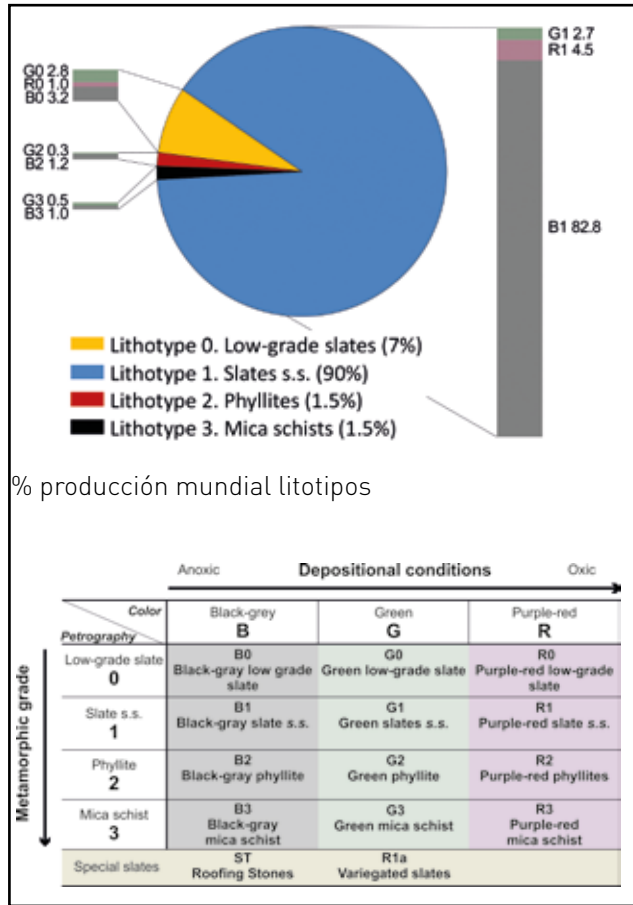
A ce stade, on considère intéressant d'inclure les dernières études menées à bien en ce sens, à l'Université de Gand (Belgique) par le Dr.Cárdenes Van Den Eynde, Victor.

Selon ce chercheur il est important de faire la différenciation entre les termes Ardoise pour couverture et Ardoise stricto sensu. L'ardoise de couverture est un terme commercial qui s'applique à tous types de roches pouvant s'effeuiller en de fines plaques régulières qui sont utilisées pour couvrir les toitures. Le terme Ardoise de couverture englobe quatre types de roches:

- Ardoise de niveau inférieur
- Ardoise stricto sensu
- Phyllite
- Mica-schiste

Cette classification d'ardoises de couverture se base sur trois caractéristiques principales: la couleur, la composition minéralogique et la pétrologie.





% producción mundial litotipos

Imagen II-2. Litotipos de pizarra para cubiertas.

Image II-2. Lithotypes des ardoises de couverture.

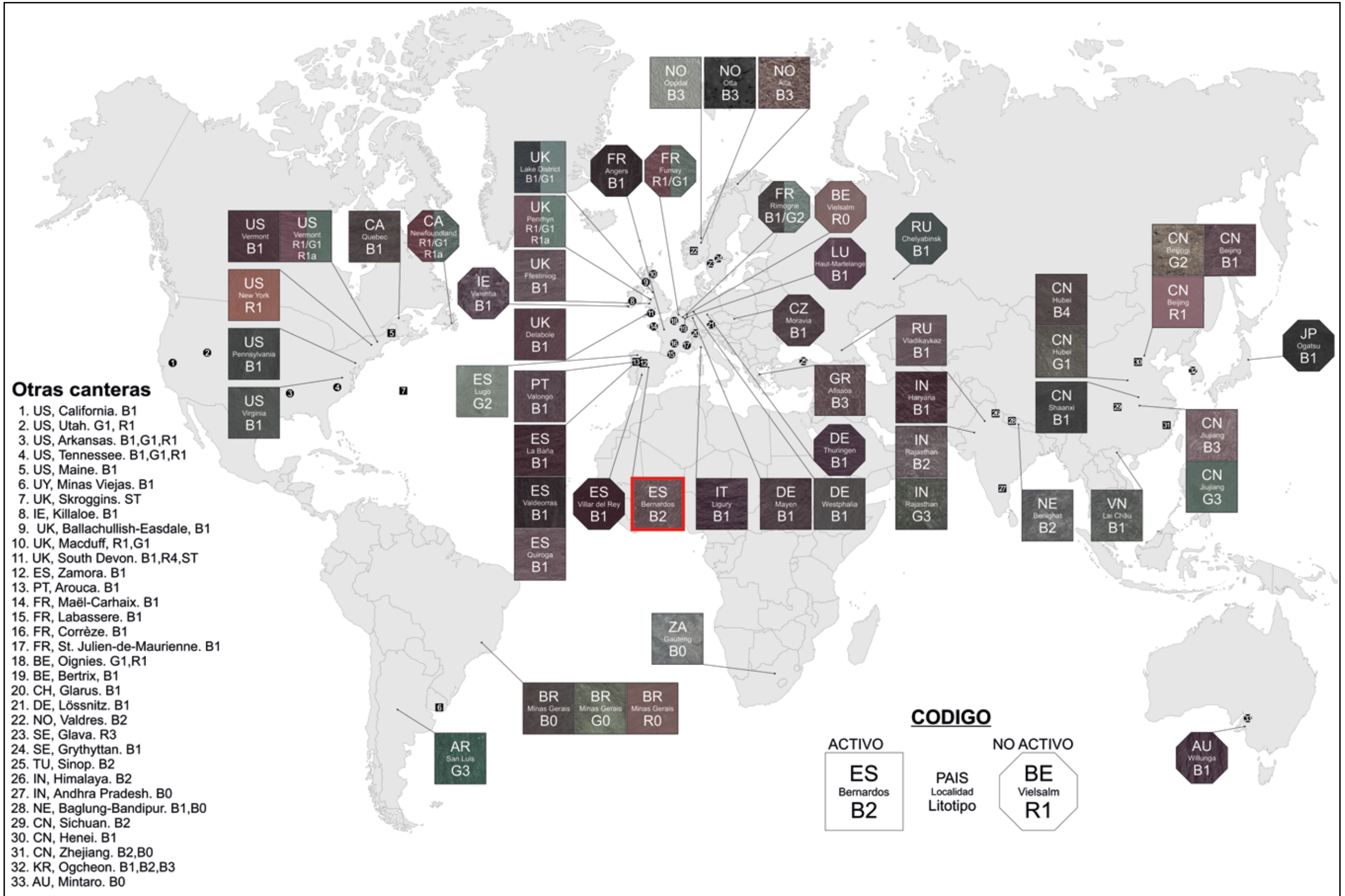


Imagen II-3. Variedades de pizarra existentes en el mercado mundial.

Image II-3. Variétés d'ardoises existantes sur le marché mondial.

El color esta 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 esta 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 en

La couleur est définie par la proportion des minéraux secondaires et accessoires et dépend de la composition minérale, qui à son tour a un lien avec les processus de formation de la roche. Dans les ardoises de couvertures on distingue principalement trois couleurs : noires/grises (Lithotype B), vertes (Lithotype G) et rouges/pourpres (lithotype R). Les Lithotypes B et G sont le fruit de conditions de formation réductrices et elles contiennent généralement du sulfure de fer. La couleur noire du Lithotype B est due à une petite quantité de matière organique, qui n'est pas présente dans le Lithotype G. En revanche, le Lithotype R provient de conditions de formation oxydantes, et ont ainsi dans leur composition des oxydes de fer plutôt que des sulfures de fer.

Les minéraux principaux qui composent l'ardoise sont le Mica, Quartz, Chlorites et Feldspath. Les minéraux secondaires et accessoires sont les sulfures de fer et carbonates, dont la quantité contenue est un facteur à prendre en compte pour déterminer la qualité de l'ardoise de couverture.

Enfin la pétrologie nous donne des informations sur le degré de métamorphisme qu'a connu la roche. Comme indiqué auparavant, il existe quatre types de roches utilisées comme ardoises pour couvertures : l'Ardoise de niveau inférieur, l'Ardoise stricto sensu, la Phyllite, le Mica-schiste. L'accroissement du métamorphisme entraîne une re-cristallisation de la roche qui ferme l'espace poreux réduisant ainsi l'absorption d'eau tout en améliorant le comportement mécanique.

Cette classification trie les ardoises de couverture en 12 Lithotypes chacun avec des caractéristiques générales qui permettent d'inférer dans les grandes lignes les propriétés constructives. Image II-2.

L'analyse du tableau précédent nous indique que la Phyllite présente un état de métamorphisme plus avancé que l'ardoise au stricto sensu, et

tre una pizarra y un esquisto, lo que se traduce en que el tamaño de micas es algo superior en 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:

est intermédiaire entre une ardoise et un schiste, car la taille des micas est un peu plus grande chez la Phyllite. Ceci rend les plans d'effeuillage un peu plus brillants, et en plus, en règle générale, elle présente une superficie un peu plus rugueuse et ondulée (Philpotts 1989) ce qui lui procure un aspect veiné très apprécié par les prescripteurs recherchant cet effet de vagues.

Dans tous les cas et pour des raisons pratiques, le terme "ardoise" employé dans cette publication ne doit pas être considéré comme un terme pétrographique comme tel, mais plus comme une acception générique.

Dans l'image II-3 publiée récemment par l'Université de Gand en Belgique, sont reprises les différentes variétés d'ardoises les plus importantes présentes actuellement sur le marché mondial. Sur cette carte on retrouve l'ardoise de Bernardos avec la dénomination pétrographique "Phyllite de Bernardos" et le Lithotype B2.

## 2.- Les carrieres et les matériaux.

A environ trois kilomètres de la commune de Bernardos (Ségovie) se trouvent les deux carrières d'ardoise, propriétés de l'entreprise Naturpiedra Jbernardos, qui exploite, transforme, contrôle et commercialise la pierre extraite de ces gisements historiques. Dans cette commune l'entreprise dispose de grandes infrastructures, un outil de production adapté ainsi que du personnel très expérimenté pour pouvoir répondre ainsi aux exigences de qualité et durabilité qui de nos jours, sont requises pour les matériaux en pierre naturelle sur les marchés internationaux. Image II-4 Machines- outils pour la transformation de la pierre.

La conjonction de tous ces attributs a permis à l'entreprise d'obtenir les plus hautes qualifications des marchés les plus exigeants, qualifications établies sur la base d'essais en laboratoire comme:



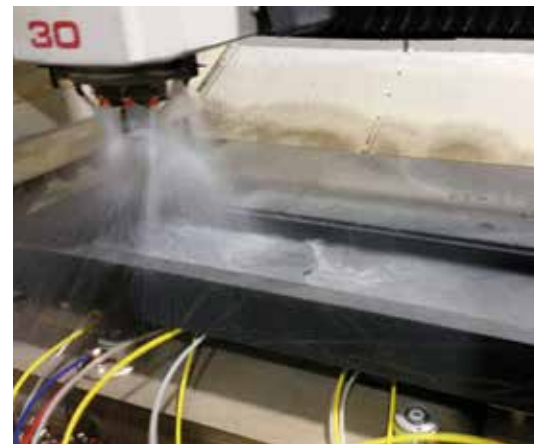


Imagen II-4. Instalaciones y maquinaria para la elaboración de la piedra.

Image II-4. Installations et Machines-outils pour l'élaboration de la pierre.



## 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 SO2
- 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

## La norme européenne UNE EN:

L'ardoise de Bernardos obtient les meilleurs résultats selon les normes de qualité en vigueur, dont les classifications W1/T1/S1/A1 qui se définissent par les critères suivants:

- W1 absorption d'eau très réduite, <0.6% qui est un gage d'une excellente résistance au gel et la garantie d'un très faible risque de dégradation,
- T1 sans oxydation ni changement d'aspect structurel après les tests de chocs thermiques
- S1 sans altérations structurelles ni changement de couleur à l'exposition au SO2 (Dioxyde de soufre)
- A1 très bon comportement au feu

## La norme américaine ASTM:

L'ardoise Bernardos obtient la classification maximale de qualité S1 selon la norme ASTM C-406. Cette norme qui s'applique à toutes les ardoises de couverture, se compose de 3 types d'essais:

Test ASTM – C121 Water Absorption: qui calcule l'absorption d'eau (classification S1 si le taux maximum ne dépasse pas 0.25%), l'ardoise de Bernardos a obtenu 0.091%.

Test ASTM – C120 Flexure (Breaking Load): qui calcule la résistance à la flexion (classification S1 si la résistance est supérieure à 575 lbs), l'ardoise de Bernardos a obtenu 991 lbs.

Test ASTM – C217 Weather Resistance (Depth of Softening): qui calcule la résistance à l'intempérie (classification S1 si le maximum ne dépasse pas 0.002 in), l'ardoise de Bernardos a obtenu 0.0002 in.

Par autant, selon les critères de la norme américaine ASTM C406, l'ardoise de Bernardos

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

a obtenu la plus haute classification, équivalente à une vie utile de 75 ans minimum.

La norme ASTM C-406 comporte 3 classifications: S1/S2/S3, S1 étant la plus haute classification, avec une vie utile de 75 ans minimum. S2 correspond à une vie utile de 40 à 75 ans, et S3, de 20 à 40 ans.

La combinaison d'un produit naturel exceptionnel et de l'expérience et professionnalisme de l'équipe naturpiedra Jbernardos rendent possible l'exportation de 80 % de la production dans plus de 25 pays sur les 5 continents.

## 2.1.- Les carrieres de Bernardos.

A Bernardos, en plus des carrières actuellement actives, il existe de nombreux vestiges d'anciennes exploitations répandues sur les versants de la rivière Eresma et sont la trace d'une activité minière initiée au milieu du XVI siècle et qui a été presque toujours en fonctionnement jusque nos jours.

Parmi ces vestiges on peut souligner pour son importance, l'exploitation démarrée au début du XX siècle par la Compagnie créée à Londres en 1909, "The Bernardos Slate Quarries Ltd", ce qui démontre la projection internationale qu'avait déjà à l'époque, l'ardoise de Bernardos. Sur la photo on peut apprécier le puis minier de cette exploitation dans son état actuel de conservation.

Actuellement, naturpiedra Jbernardos jouit de la propriété de plusieurs carrières dans ce secteur, avec plusieurs types de matériaux. Deux d'entre elles sont celles d'où est extraite la Phyllite, et ont pour dénominations:

- Carrière El Castillo
- Carrière 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.

Cantera Engorduro: Es de las explotaciones mineras más antiguas de Segovia. La superficie disponible es de más de 90 hectáreas en-

Carrière el Castillo: La première est composée d'un ensemble de parcelles d'une superficie totale de 10 hectares. Suite à une étude géologique récente les réserves confirmées s'élèvent à 500 000 tonnes de Phyllite d'une qualité optimale pour son utilisation comme ardoise de toiture.

Carrière Engorduro: La seconde fait partie des plus anciennes exploitations minières de Ségovie. La surface disponible est de plus de

tre explotación, escombreras, usos auxiliares y fábrica. Las reservas seguras superan los 2.000.000 de Tm.

90 hectares entre l'exploitation, les terrils, et l'usine. Les réserves confirmées dépassent les 2 000 000 de tonnes.



Imagen II-5. Cantera El Castillo.



Imagen II-6. Cantera Engorduro.

Image II-6. Carrière Engorduro.

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

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

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.

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

NOTE.- les réserves probables du Massif ardoisier de Bernardos peuvent multiplier par dix ces chiffres.

## 2.2.- La valeur historique comme instrument pour la restauration

Si l'on devait souligner une propriété significative de l'ardoise de Bernardos, en plus de ses propriétés techniques, il faudrait mettre en avant qu'il s'agit sans aucun doute d'un matériau idéal pour les bâtiments historiques, et par autant, tout à fait adapté pour des travaux de restauration.

En effet, en retraçant le parcours historique dans la première partie de cette publication, on a cité de nombreuses et emblématiques références



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 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.

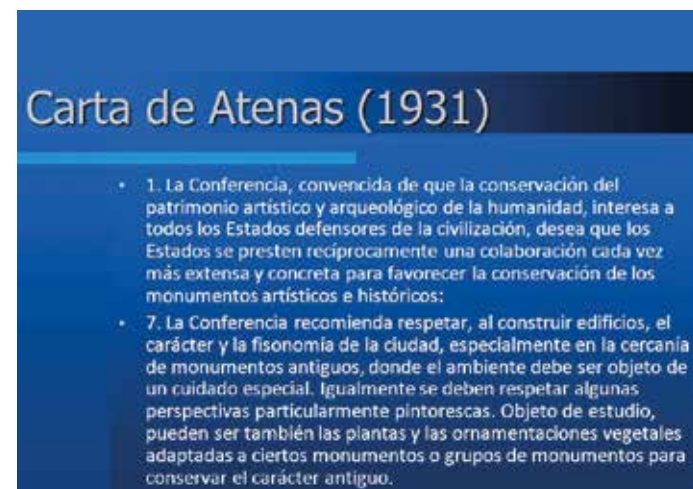


Imagen II-7. Carta de Atenas.

réalisées avec l'ardoise de Bernardos. Cela remonte au XVI siècle, ou Felipe II choisit ce matériau pour couvrir de nombreux monuments du royaume dont les premiers, Palais de la Forêt de Valsaín et Palais de la Granja de San Ildefonso; jusqu'à ce qu'il culmine son œuvre la plus emblématique avec le Monastère de l'Escorial. Et cette tradition sera perpétuée au cours des siècles suivants.

La qualité, la résistance et la valeur esthétique de l'ardoise ont conduit les Institutions royales à déclarer les gisements de Bernardos comme les Carrières du Royaume, ce qui favorisa l'utilisation de celle-ci dans de nombreuses constructions.

De plus, ce fait historique important est renforcé par la suite par les recommandations de grands experts des organismes internationaux, en charge de la conservation du patrimoine historique et culturel de l'humanité. Dans ce domaine on peut souligner deux documents importants comme la Charte d'Athènes de 1933 et celle de Venise en 1964, qui vient en continuité de la première.

La Charte d'Athènes est le premier document qui donne des recommandations et les principes généraux de la conservation des monuments artistiques et historiques, et fut menée à bien par des experts réunis au sein du Congrès International de la Coopération Intellectuelle sous les auspices de la Société des Nations.

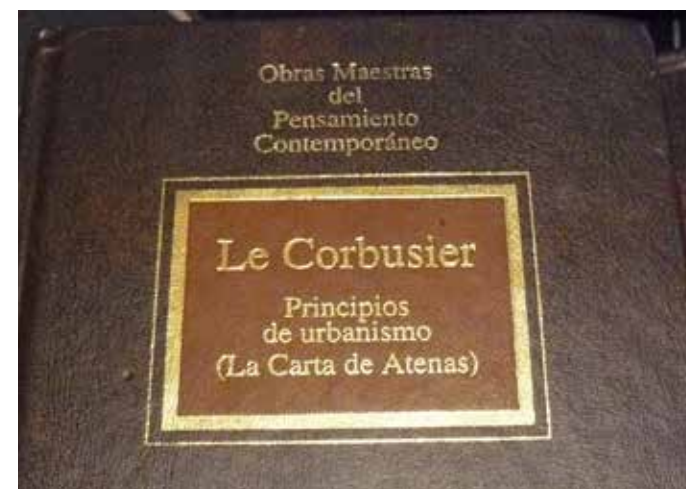


Image II-7. Charte d'Athènes.

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.

Les principes pour la conservation des monuments repris dans cette Charte sont toujours d'actualité et ont servi de base à tous les documents édités à posteriori qui sont venus développer le champ des recommandations. Comme celle de respecter l'œuvre historique et artistique du passé sans proscrire le style d'aucune époque ou celle de pouvoir identifier les matériaux modernes qu'il serait nécessaire d'utiliser.

La Charte de Venise est mise en place dans le cadre de l'ICOMOS (Conseil International des Monuments et des Sites) de l'UNESCO en 1964. La conférence contient une série d'articles parmi lesquels il convient de signaler les suivants, pour leur relation avec la restauration de monuments:

ART 1. La notion de monument historique comprend la création architecturale isolée aussi bien que le site urbain ou rural qui porte témoignage d'une civilisation particulière, d'une évolution significative ou d'un événement historique. Elle s'étend non seulement aux grandes créations mais aussi aux œuvres modestes qui ont acquis avec le temps une signification culturelle.

ART 2. La conservation et la restauration des monuments constituent une discipline qui fait appel à toutes les sciences et à toutes les techniques qui peuvent contribuer à l'étude et à la sauvegarde du patrimoine monumental.

ART 3. La conservation et la restauration des monuments visent à sauvegarder tout autant l'œuvre d'art que le témoin d'histoire.

ART 7. Le monument est inséparable de l'histoire dont il est le témoin et du milieu où il se situe. En conséquence le déplacement de tout ou partie d'un monument ne peut être toléré que lorsque la sauvegarde du monument l'exige ou que des raisons d'un grand intérêt national ou international le justifient.



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. La restauration est une opération qui doit garder un caractère exceptionnel. Elle a pour but de conserver et de révéler les valeurs esthétiques et historiques du monument et se fonde sur le respect de la substance ancienne et de documents authentiques. Elle s'arrête là où commence l'hypothèse, sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour raisons esthétiques ou techniques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps. La restauration sera toujours précédée et accompagnée d'une étude archéologique et historique du monument.

ART 16. Les travaux de conservation, de restauration et de fouilles seront toujours accompagnés de la constitution d'une documentation précise sous forme de rapports analytiques et critiques illustrés de dessins et de photographies. Toutes les phases de travaux de dégagement, de consolidation, de recomposition et d'intégration, ainsi que les éléments techniques et formels identifiés au cours des travaux y seront consignés. Cette documentation sera déposée dans les archives d'un organisme public et mise à la disposition des chercheurs.

En ce sens l'ardoise de Bernardos est un produit dont l'origine est parfaitement identifiable car elle est utilisée depuis près de 500 ans et représente une partie essentielle de nombreux monuments emblématiques du patrimoine architectonique espagnol, c'est pourquoi il est fondamental de la protéger pour pouvoir continuer à mener à bien les démarches de restauration conformément aux recommandations faites au niveau international.

Pour preuve de l'importance des ardoises de Bernardos comme matériau historique, se reflète dans la vaste et bien documentée liste des ouvrages cités en première partie de ce-

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.

tte publicación, qui couvre depuis le milieu du XVI jusqu'au début du XIX.

### 2.3.- Propriétés technologiques des ardoises.

Les propriétés de l'ardoise sont en fonction de l'usage qui va en être fait comme matériel de construction en accord avec la structure normative mise en place par les Comités Européens de Normalisation.

Suivant ce critère, les tests de caractérisation peuvent se diviser en deux groupes. Il convient de signaler que les résultats indiqués dans cette publication sont supposés être les plus représentatifs et sont basés sur les tests que Naturpiedra Jbernardos a sollicité à différents laboratoires nationaux et internationaux ces dernières années:

#### 2.3.1.- Tests de caractérisation de l'ardoise utilisée comme couverture selon la norme une en 12326-2, définis dans le sous-comité CEN TC128/SC8.

- Description macroscopique:

Couleur: gris moyen, N5 selon Rock Color Chart, Munsell 2009.

Roche à schistosité marquée au grain très fin, l'échantillon est compact bien qu'il tend à se séparer en des lamelles sous-parallèles sous l'effet de la pression. On ne constate pas d'effervescence lorsqu'elle est soumise à l'acide chlorhydrique dilué à 10%. Les minéraux micacés abondants lui confèrent une brillance satinée caractéristique qui permet d'apprécier des bandes perpendiculaires à la schistosité lorsque l'on balance légèrement l'échantillon. On a établi deux schémas:

Selon un plan perpendiculaire à la face vue et parallèle à la longueur

- Selon un plan perpendiculaire à la face vue et perpendiculaire à la longueur



#### 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.

- Etude microscopique.

#### Composition minérale.

- Composants principaux: Quartz, minéraux séricitique-argileux (Séricite - Phengite), Muscovite et opaques.

#### Composants accessoires: Biotite et Tourmaline

Texture: méta limolitique avec sporadiquement des bandes méta psammites, grain de sable très fin.

#### Observations:

Roche métamorphique de type régional, de degré inférieur du faciès Schiste vert. La présence du minéral Biotite est une preuve du métamorphisme.

L'échantillon contient beaucoup de quartz de formes sous-arrondies (avec un indice d'arrondi IR entre 0.3 et 0.5) et les cristaux apparaissent avec leurs axes principaux orientés dans la même direction qui correspond à la schistosité principale S1.

Les Quartzs apparaissent de façon irrégulière sur le plan et montrent généralement des extinctions ondulantes, preuve qu'il y a eu des processus de déformation.

Les tailles des grains caractéristiques de la Phyllite sont comprises entre la fraction granulométrique limon et en moindre mesure, sable très fin.

Les composants les plus importants de l'échantillon sont des microlithes de minéraux séricitique-argileux, orientés sous-paralèlement et qui définissent la schistosité principale S1. En toute probabilité il s'agit de Séricite-glaucosite.

La composition est complétée par des Opacos granulaires dispersés, probablement des oxydes et/ou hydroxydes de fer qui peuvent for-

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 of 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: (0) transversal (f)

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

CLASIFICACIÓN: Filita (Metalimolita filítica)

mer des veinules. Et en faible quantité des Biotites de faible degré de cristallinité, et peut être de la Tourmaline, difficile à déterminer de par sa petite taille.

Par la taille de son grain et degré de métamorphisme c'est une roche intermédiaire entre les ardoises et les schistes et peut être définie comme PHYLLITE, terme utilisé commercialement pour les roches ornamentales.

Toutefois, selon les critères actuels de classification pétrographique des roches métamorphiques (British geological Survey report 1999 no RR 99-02 Clasificación of metamorphic rocks Chapter 9.5 Slate and Phyllite) il est conseillé de ne pas employer ce terme car il englobe tant les roches méta-sédimentaires, comme dans notre cas, que les roches au métamorphisme dynamique telles que les Phylonites et on préfère lui attribuer le nom du sédiment qui l'a engendré, elle correspondrait donc à une Métalimonite.

Selon ce même critère de classification, il conviendrait d'employer l'adjectif de Phyllitique aux roches avec cette caractéristique de brillance où les microlites argileux peuvent être identifiés au microscope.

Proportions des minéraux (contenu minéral en %) et taille moyenne du grain (diamètre des particules en mm) :

Quartz 37 % Entre 0,015 et 0,12 mm  
Minéraux argileux 58 % 0,01 mm  
Opacos 5 % Entre 0,03 et 0,08 mm

Type structurel longitudinal: (0) transversal (f)

Taux d'empilage longitudinal des micas: 65 et transversal: 69

CLASSIFICACION: Phyllite (Métalimonite phyllitique)



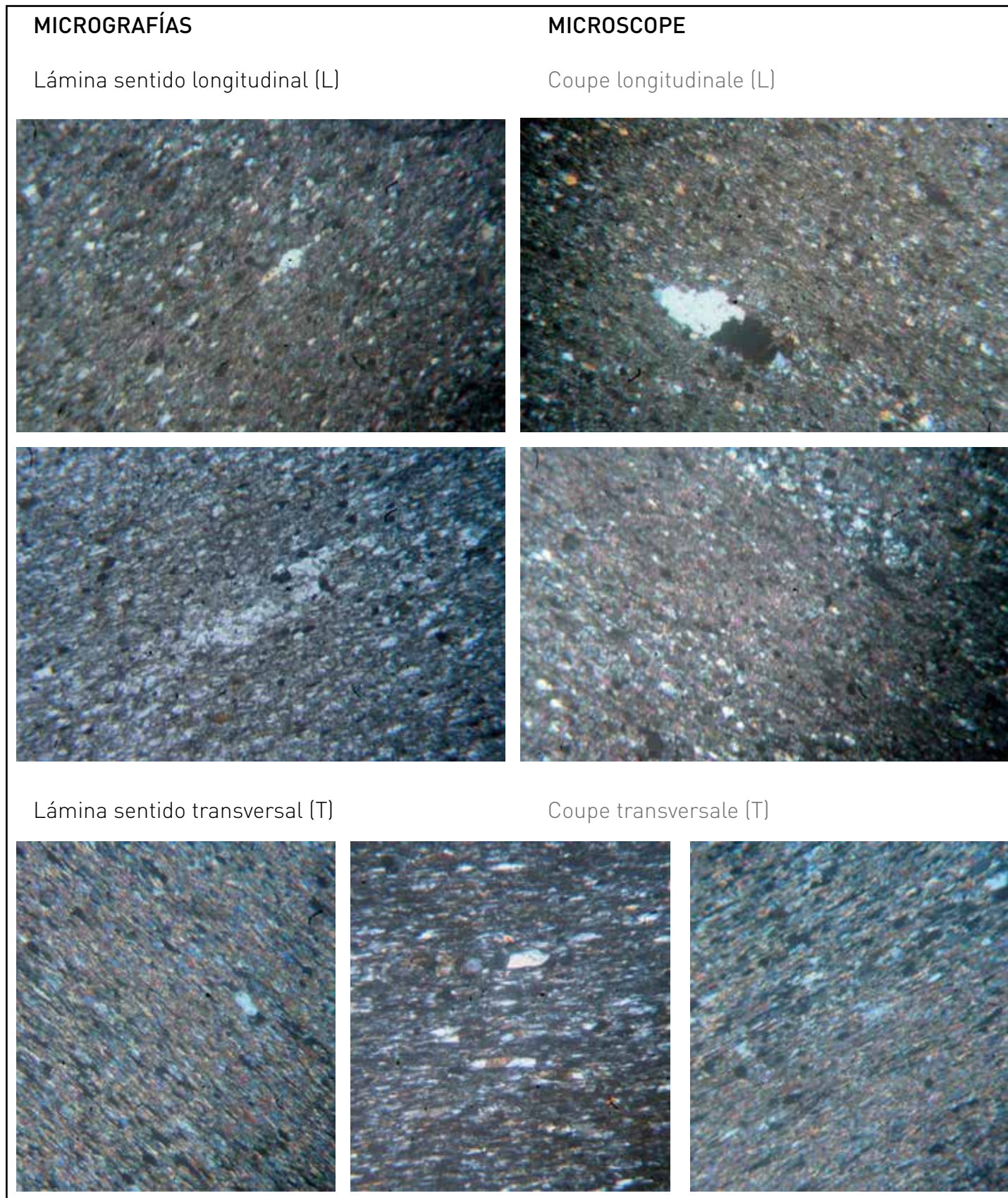


Imagen II-8. Micrografías.

Image II-8. Vue au microscope.

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.

Détermination du module de rupture et module de rupture caractéristique.

Module de rupture moyenne et déviation standard:

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

Module de rupture caractéristique:

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

Orientation du module de rupture maximum:  
 LONGITUDINAL.

Absorption d'eau:

Valeur moyenne 0.2%.

Code de classification A1. Non gélive.

Résistance au gel:

Test non nécessaire s'agissant d'une ardoise classée A1 en absorption.

Détermination de la teneur en carbonate de calcium apparent et en carbone non carbonaté par décomposition thermique par catalyse:

Contenu en Carbonate de Calcium: 0.2%

(pas nécessaire d'augmenter l'épaisseur car <5%)

Contenu en Carbonate non carbonaté: 0.08% (<2% donc conforme à la norme)

Exposition au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Pas de changement d'aspect ni changement de couleur. Code de classification: S1 (résiste au SO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, pas besoin d'augmenter l'épaisseur).

Cycle thermique:

Pas de changement d'aspect ni oxydation. Code de classification T1 (bon comportement aux changements de températures).

Résistant aux changements thermiques.



**2.3.2.- Ensayos de características para otros usos como pavimentos, aplacados, mam-postería, 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 Clivée		Corte disco Brute de sciage		Apomazado Adoucie		Flameado Flammée		Envejecido Essai	
	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.- Tests de caractérisation de l'ardoise pour d'autres usages comme le dallage, le revêtement, le plaquage, etc selon les procédures développées par le comité CEN TC 246/WG2 et CEN TC/125.**

Etude pétrographique: voir l'étude pétrographique antérieure. Image II-8 (12).

Classification pétrographique (selon UNE EN 12670:2003): PHYLLITE

Absorption d'eau à la pression atmosphérique (UNE EN 13755).

Valeur moyenne: 0,1%

Résistance à la flexion (UNE EN 12372).

Valeur moyenne: 65 N/mm<sup>2</sup>

Valeur minimale attendue: 60 N/mm<sup>2</sup>

Résistance au gel (UNE EN 12371).

Résistance à la flexion après 144 cycles de gel/dégel

Valeur moyenne: 65 N/mm<sup>2</sup>

Valeur minimale attendue: 63 N/mm<sup>2</sup>

Sans changement d'aspect.

Densité apparente et porosité ouverte (UNE EN 1936)

Valeur moyenne de la densité apparente: 2750 kg/m<sup>3</sup>.

Valeur moyenne de porosité ouverte: 0.3%

Effort de rupture au niveau du goujon de l'agrafe (UNE EN 13364)

Valeur moyenne de l'effort de rupture: 3550, ±600 N. Valeur minimale attendue: 2700 N

Résistance à la glissance (UNE EN 12633)

Tableau des résultats

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) N° 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) N° 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.

Résistance au vieillissement accéléré par chocs thermiques (UNE EN 14066).

Variation de la masse: 0,03%. Non significatif.

Valeur moyenne de la variation du module d'élasticité: -0,3%. Non significatif.

Résistance aux attaches (UNE EN 13364) 3550N

**3.- Aspects réglementaires et normatifs.**

On aborde dans ce chapitre quelques aspects réglementaires et normatifs qui s'appliquent à notre ardoise de Bernardos comme matériau de construction.

- Règlement européen des produits de construction
- Les normes européennes harmonisées

Le règlement européen 305/2011 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2011 par lequel sont établies les conditions harmonisées pour la commercialisation des matériaux de construction. Modifié par le règlement européen 574 de 2014.

Le document établi les conditions obligatoires que doit mettre en œuvre un fabricant pour la commercialisation de l'ardoise en Europe. Celles-ci consistent en :

- Déclaration de Performances DoP
- Marquage CE
- Contrôle de production en usine (CPU)

Toute cette documentation doit s'appuyer sur un contrôle de production en usine efficace qui garantisse statistiquement ces contenus.





Imagen II-9. Mont Saint Michel. Francia.

Image II-9. Mont Saint Michel. 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.

### Les normes européennes harmonisées.

Les exigences de base des chantiers de construction exigent que les produits qui y sont intégrés présentent des caractéristiques, nommées caractéristiques essentielles et définies par des normes harmonisées.

Par autant, le respect des normes harmonisées de la part des ardoises de Bernardos supposent le respect des six conditions de base telles que définies dans l'annexe 1 du Règlement 305/2011 pour la commercialisation des produits de construction.

Ces conditions de base sont:

- 1 Résistance mécanique et stabilité.
- 2 Sécurité en cas d'incendie.
- 3 Santé, Hygiène et environnement.
- 4 Sécurité et facilité d'utilisation.
- 5 Protection contre le bruit.
- 6 Economie d'énergie et isolation thermique.
- 7 Utilisation durable des ressources naturelles.

Les “Normes harmonisées” élaborées par le Comité européen de Normalisation (CEN) applicables aux ardoises de Bernardos pour les différents usages pour lesquels elle est commercialisée, sont:

- UNE EN 12326 1 et 2: Ardoises et éléments en pierre pour toiture et bardage pour pose en discontinu
- UNE EN 1469: Pierre naturelle - Produits finis, dalles de revêtement mural – Spécifications
- UNE EN 12057: Produits en pierre naturelle - Plaquettes modulaires – Exigences
- UNE EN 12058: Produits en pierre naturelle - Dalles de revêtement de sols et d'escaliers
- UNE EN 1341: Dalles de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthodes d'essai.
- UNE EN 1342: Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthodes d'essai.



- 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

- UNE EN 1343 : Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur - Exigences et méthodes d’essai
- UNE EN 771 : Spécification pour éléments de maçonnerie

#### 4.- Développement durable et efficacité énergétique.

Dans cette partie on analyse les 3 aspects importants de l’architecture durable, auxquels l’ardoise de Bernardos contribue:

- Développement durable.
- Efficacité énergétique.
- Certification LEED.

DEVELOPPEMENT DURABLE: le Rapport Bruntland le définit: “Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité, pour les générations à venir, de pouvoir répondre à leur propres besoins”.

Cette définition sous-entend au moins deux conditions:

- La croissance économique pour pouvoir satisfaire les besoins des générations présentes.
- Conserver des dotations minimums de nos facteurs de production qui permettent d’assurer la continuité de la croissance dans le futur.

En complément, le rapport souligne les 3 éléments suivants à prendre en compte dans la définition du développement durable:

- Aspect social.
- Aspect économique.
- Aspect environnemental.

Ce qui signifie qu’un modèle de développement pourra être considéré comme durable s’il est viable économiquement, juste, socialement,

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.

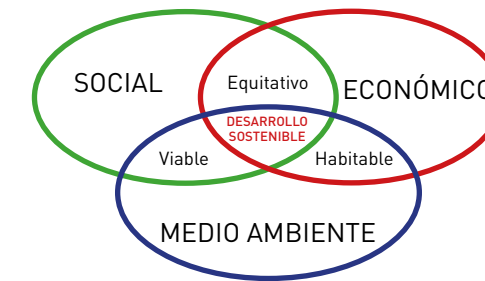


Imagen II-10. Modelo de desarrollo sostenible. Image II-10. Modèle de développement durable (Social/Economique/Environnement-Equitable/Viable/Habitable).

- 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

et perdurable dans le temps d’un point de vue environnemental, de telle façon que l’on puisse maintenir un équilibre raisonnable entre les trois types de développement.

Une fois les concepts de durabilité définis, il nous est possible maintenant d’analyser le positionnement et de valoriser l’implication de Naturpiedra Jbernardos dans ces concepts.

- Pour ce qui est de l’aspect économique, l’activité de l’entreprise engendre une augmentation des revenus directs sur la petite commune de Bernardos mais aussi aux alentours, fruit du prestige acquis par cette ardoise tant pour sa valeur historique et culturelle que pour sa durabilité.

- Pour l’aspect social, la création de postes de travail, tant directs qu’indirects, augmente au fil des ans. L’entreprise a aussi mis en place des moyens de production plus modernes et efficaces qui facilitent considérablement les tâches d’extraction et d’élaboration. Actuellement Naturpiedra Jbernardos emploie plus d’une centaine de personnes et la tendance est à la hausse.

- Enfin pour l’aspect environnemental, Naturpiedra Jbernardos satisfait aux exigences légales des instances environnementales européennes, en tant qu’entreprise exploitant et transformant une ressource



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.

naturelle. Ainsi les gravats de carrières sont entreposés dans des terrils contrôlés, les boues de sciage sont traitées dans des installations spécifiques, l'eau utilisée pour la production, qui provient du drainage des carrières, est recyclée, les huiles des machines ou des véhicules sont déposées dans des points de recyclage, etc. Pour garantir le respect de cette législation, Naturpiedra Jbernardos doit tenir à jour les plans de restauration des carrières et les avals correspondants.

### 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 las 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 temperatura de la envolvente, son la Reflectividad

### Efficacite energetique

L'utilisation de matériaux énergétiquement efficients dans la construction des bâtiments demande un choix minutieux de ceux-ci afin d'optimiser le coût que suppose maintenir une température suffisamment agréable pour les habitants des grandes villes notamment, qui peuvent atteindre des températures élevées.

Il est démontré que la température des zones urbaines est toujours plus élevée que celle(s) des périphéries ou des zones rurales. C'est ce que l'on appelle des îlots de chaleur urbain, où la température des revêtements des immeubles augmente et qui peut supposer, selon certains chercheurs, une différence de 3°C par rapport aux périphéries urbaines ou aux zones rurales.

Dans ces circonstances il est évident que la demande d'énergie pour refroidir les édifices et rendre leur température confortable est croissante. D'où la nécessité de trouver des matériaux dont les propriétés physiques, qui déterminent sa capacité à transférer la chaleur, soient les plus adéquats en chaque circonstance.

Les propriétés physiques que doit avoir une couverture en ardoise pour contrôler la température de celle-ci, qui se répercutera sur le reste de l'enveloppe de l'immeuble sont: la Réflectivité

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.

Solaire et l'Emission d'Infrarouges, dont les définitions scientifiques sont:

- Réflectivité solaire ou Réflectance : est la capacité d'un matériau pour refléter l'énergie solaire depuis sa superficie vers l'atmosphère.
- L'Emission d'Infrarouges, aussi appelée Emission thermique est le flux radiatif émis par un élément de surface à température donnée, rapporté à la température de référence qu'est le flux émis par un corps noir, à cette même température.

Ces deux paramètres sont exprimés en des valeurs entre 0 et 1. Plus la valeur est proche du 1, plus la superficie exposée au soleil restera

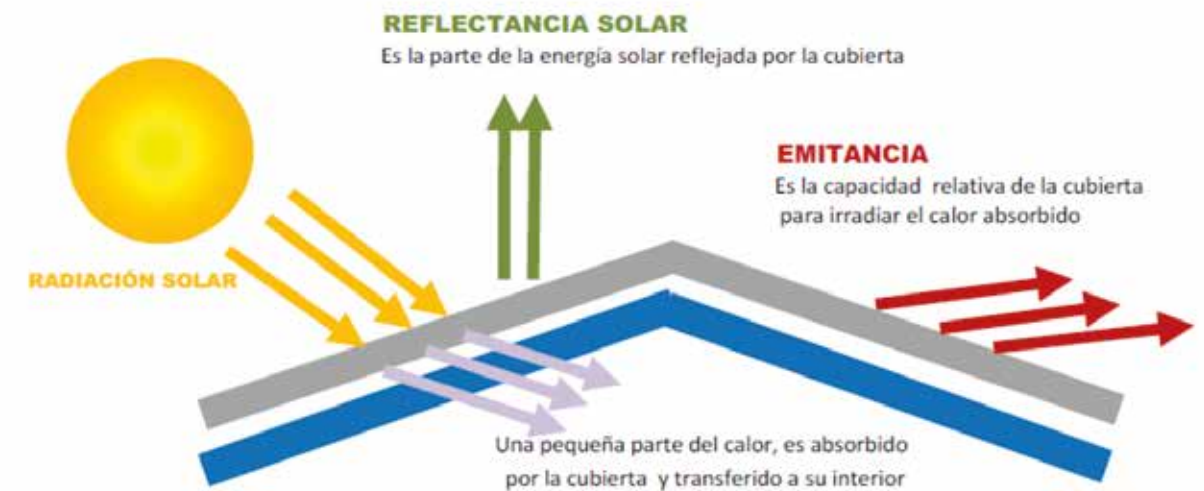


Imagen II-11. Esquema de distribución de la radiación solar en una cubierta fría.

Image II-11. Schéma de la distribution de la radiation solaire sur une couverture froide.

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:

froide. S'en suit le calcul d'un indice qui tient compte des valeurs mesurées, qui s'appelle SRI, Indice de Réflectance Solaire. On le calcule en comparant les augmentations de température qui se produisent sur deux surfaces de référence, une blanche et une noire, et celle de l'échantillon analysé, selon la formule:



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

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-

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

être:

- $T_n$  étant la température de la référence noire.
- $T_b$  la température de la référence blanche.
- $T_s$  la température de l'échantillon analysé.

Plus le SRI sera élevé, meilleur sera le comportement de la couverture.

Les avantages que représentent les couvertures "froides" d'un point de vue environnemental et économique sont.

- Réduction de la chaleur dans les édifices.
- Réduction importante de la consommation d'énergie due à l'usage des appareils de climatisation.
- Amélioration des conditions de confort thermique dans les édifices sans air conditionné.
- Réduction du pic de consommation d'électricité.
- Utilisation d'appareils de refroidissement de l'air moins énergivores.
- La vie utile de la couverture est prolongée, tout en réduisant les coûts d'entretien.
- Atténuation de l'effet "îlot de chaleur" entre 1°C et 2°C due à une moindre émission de chaleur dans l'atmosphère.
- Réduction de la pollution et de l'émission de CO<sub>2</sub>.
- L'indice de SRI apporte des points pour la Certification des édifices selon le système LEED.

Les exigences réglementaires concernant l'utilisation de matériaux pour la construction de couvertures dites "froides" sont normalement déterminées par des arrêtés pris par les instances locales. Tel est le cas pour la ville de Los Angeles dans l'Etat de Californie, avec l'arrêté n°183149, auquel sont soumis les projets d'architecture, qui établit entre autres, les exigences

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-

que doivent respecter les matériaux de couvertures pour atténuer les effets de la radiation solaire dans les espaces urbains.

Les conditions demandées aux ardoises de couvertures sont:

#### Reflectance solaire (R).

Valeur obtenue selon la norme ASTM C 1549-04. Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using A Portable Solar Reflectometer.

Résultat entre 0 a 1

Pour des inclinaisons habituelles de couvertures en ardoise, la valeur minimum à atteindre est 0.20.

#### Emission thermique ( $\epsilon$ ).

Valeur obtenue selon la norme ASTM C 1371. Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials near room temperature using portable emissometers.

Résultat entre 0 et 1

Pour des inclinaisons habituelles de couvertures en ardoise, la valeur minimum à atteindre est 0.75.

#### Indice de reflectance solaire (SRI):

Valeur obtenue selon la norme ASTM E 1980-11, Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and Low-Slopped Opaque Surfaces.

La valeur minimum à atteindre est 16.

Pour pouvoir répondre aux exigences de cet arrêté de Los Angeles, Naturpiedra Jbernardos a demandé que soient réalisés ces trois tests par



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 (ε)		Índice de Reflectancia solar (SRI) %		
	Medio	$O_{n-1}$	Medio	$O_{n-1}$	Viento flojo	Viento medio	Viento fuerte
Filita JBernardos	ASTM C 1549-04		ASTM C 1371		ASTM E 1980		
	0,229	0,020	0,85	0,01	18	20	22

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

Note: Essais réalisés par le Laboratoire "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 pun-

le Laboratoire compétent, sur l'ardoise qu'elle commercialise.

Les résultats obtenus sont les suivants:

Ces résultats confirment que l'ardoise de Naturpiedra Jbernardos répond aux critères exigés aux matériaux de couvertures par l'arrêté n°183149 de la ville de Los Angeles pour la réduction des effets de la radiation solaire en milieux urbains.

#### La certification LEED.

La CERTIFICATION LEED®, acronyme de Leadership in Energy & Environmental Design, est un système nord-américain de standardisation des édifices à haute qualité environnementale créée par le US Green Building Council (USGBC) en 1998.

En Espagne, le Green Building Council Espagne (GBCe) est l'organisme officiel reconnu par le USGBC, qui fournit toutes les informations pour la Certification LEED des bâtiments.

Le système évalue la durabilité des bâtiments, prenant en compte moyennant un système de points, son impact dans les sept domaines suivants:

1.- L'emplacement des maisons dans un contexte socialement et écologiquement viable.

tos, su impacto en las SIETE áreas principales siguientes:

- 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

- 2.- Mesures de conservation d'eau, à l'intérieur et à l'extérieur.
- 3.- Haute performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment et des équipements.
- 4.- L'utilisation efficace des matériaux, la sélection de matériaux écologiques et la réduction des déchets.
- 5.- Amélioration de la qualité de l'air par la réduction et l'élimination des polluants.
- 6.- Méthodes et équipes de design, des crédits régionaux, des crédits pour l'innovation et pour la performance exemplaire.
- 7.- L'utilisation du terrain qui minimise l'impact sur le site et qui dirige les eaux de pluie.

Selon l'usage que l'on en fait, l'Ardoise de Bernardos apporte des points dans les domaines suivants: Efficacité énergétique, matériaux et ressources naturelles, qualité de l'air et l'utilisation du terrain. Selon les points obtenus on reçoit l'une des quatre certifications possibles:

- Certifié LEED (Basique)
- Certifié LEED Argent
- Certifié LEED Or
- Certifié LEED Platine



**CERTIFICADO**  
40 - 49 puntos



**PLATA**  
50 - 59 puntos



**ORO**  
60 - 79 puntos



**PLATINO**  
80 - 110 puntos

Imagen II-12. Sellos certificados LEED.

Image II-12. Cachets des Certificats LEED.

#### 4.1.- DAP - Naturpiedra acredita su excelencia ambiental.

El perfil ambiental se ha vuelto un criterio cada vez más influyente en la elección de materiales de construcción, tanto para consumidores públicos como privados. La demanda de este tipo de información ambiental por parte de constructores, promotores y prescriptores está creciendo año tras año. En su búsqueda por consolidarse como una empresa ecológica y sostenible, Naturpiedra ha obtenido a finales del 2022 la Declaración Ambiental de Producto (DAP) para la Filita extraída de sus canteras de Bernardos, confirmando los excelentes resultados medioambientales en el análisis de su ciclo de vida en comparación con otros materiales como la cerámica o productos sintéticos de imitación.

Esta certificación abarca todos los formatos y acabados comercializados por Naturpiedra: textura natural, corte de disco y texturas elaboradas, productos de cantera (mampostería, lajas y planchones). Este reconocimiento no solo refuerza la posición de Naturpiedra en el mercado, sino que también brinda a los consumidores la confianza de optar por un material de construcción que cumple con rigurosos estándares ambientales y que facilita la certificación am-

#### 4.1.- DEP - Naturpiedra certifie son excellence environnementale.

Les considérations environnementales sont devenues un critère de plus en plus influent dans le choix des matériaux de construction, tant pour les consommateurs publics que privés. La demande de ce type d'informations environnementales de la part des constructeurs, des promoteurs et des prescripteurs ne cesse de croître d'année en année. Dans sa volonté de se positionner comme une entreprise écologique et durable, Naturpiedra a obtenu fin 2022 la Déclaration Environnementale Produit (DEP) pour la Phyllite extraite de ses carrières de Bernardos, confirmant d'excellents résultats environnementaux dans l'analyse de son cycle de vie par rapport à d'autres matériaux tels que le carrelage ou les produits synthétiques d'imitation.

Cette certification couvre tous les formats et finitions commercialisés par Naturpiedra : texture naturelle, découpe au disque et textures élaborées, produits de carrière (maçonnerie, dalles et pavés). Cette reconnaissance renforce non seulement la position de Naturpiedra sur le marché, mais offre également aux consommateurs la confiance d'opter pour un matériau de construction qui répond à des normes environnementales rigoureuses et facilite la certification



biental de los edificios en sellos como BREAM, LEED, VERDE, etc, como lo hemos visto anteriormente con el caso del sello LEED.

Una Declaración Ambiental de Producto, DAP (del inglés, Environmental Product Declaration, EPD), es un informe normalizado que proporciona información cuantificada y verificable sobre el desempeño ambiental de un material. Se valora el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida del producto conforme a las normas internacionales ISO 14025, que establece los principios y requisitos para la elaboración de DAP y su verificación, y de la Norma Europea EN 15804 Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción.

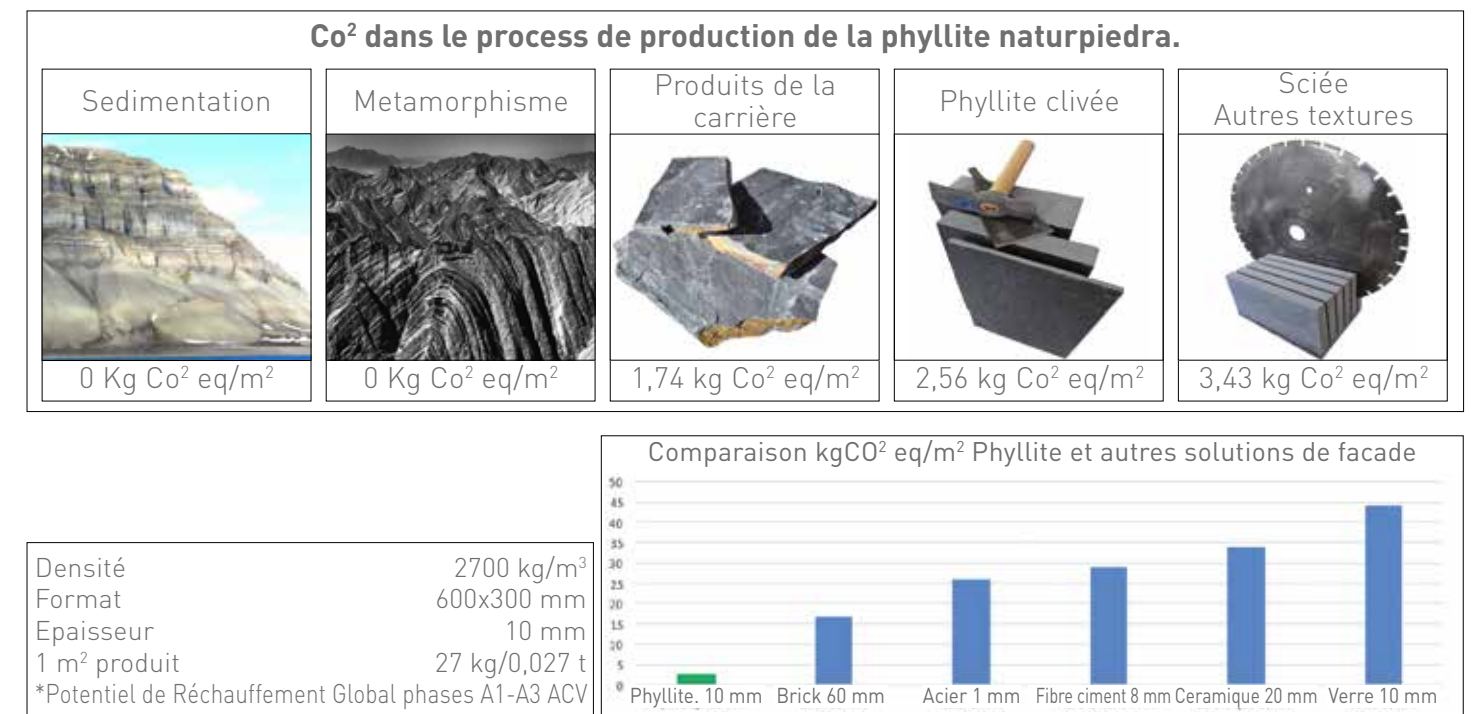
Para conseguir la DAP, intervinieron tanto Naturpiedra como otros dos actores externos e independientes como son el centro tecnológico NOTIO y la empresa estatal de normalización AENOR.

NATURPIEDRA, una vez identificado su producto e informado sobre sus características, usos, composición y prestaciones (corroborados por ensayos técnicos), analizó los datos reales obtenidos en el proceso de fabricación a lo largo del ejercicio 2020. Detallando los trabajos y consumo energético, desde la extrac-

environnementale des bâtiments avec des labels tels que BREEAM, LEED, VERDE, etc., comme nous l'avons déjà vu auparavant avec le cas de la certification LEED.

Une Déclaration Environnementale Produit, DEP, est un rapport normalisé fournissant des informations quantifiées et vérifiables sur la performance environnementale d'un matériau. L'impact environnemental tout au long du cycle de vie du produit est évalué conformément aux normes internationales ISO 14025, qui établissent les principes et les exigences pour la préparation et la vérification des DEP, et à la Norme Européenne EN 15804 sur la durabilité dans la construction. Déclarations environnementales de produit. Règles de catégorie de produit de base pour les produits de construction.

Pour obtenir la DEP, Naturpiedra et deux autres acteurs externes et indépendants, le centre technologique NOTIO et l'Agence Espagnole de Normalisation et Certification AENOR, ont été impliqués. NATURPIEDRA, une fois son produit identifié et après avoir informé de ses caractéristiques, utilisations, composition et performances (corroborées par des tests techniques), a analysé les données réelles obtenues dans le processus de fabrication tout au long de l'exercice 2020. Détail des travaux et de la consommation énergétique, de l'extraction en carrière à la sortie du matériau éla-





ción en cantera hasta la salida del material elaborado, embalado y preparado para el consumo. Datos que día a día procuramos mejorar gracias a la optimización de nuestra fábrica con nueva maquinaria, reducción de consumo de hidrocarburos o explosivos, reutilización y depuración en ciclo cerrado del agua; y sobre todo la reciente instalación de paneles fotovoltaicos para el autoconsumo de energía eléctrica.

NOTIO, analizó y certificó el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de la Filita Naturpiedra, siguiendo las especificaciones de las normas UNE-EN ISO 14044, UNE-EN 15804 y UNE-EN ISO 14025, que definen los requisitos y directrices que deben cumplir este tipo de estudios. En ellas se mide la Huella de Carbono o incidencia ambiental del material en todo su ciclo de uso:

- Etapa de producto analizada por Naturpiedra.
- Fase de construcción e instalación en obra.
- Etapa de uso, donde se analizan factores como el mínimo mantenimiento, la larga vida útil (cifrada en 75 o más años) o las grandes capacidades de la piedra natural como aislante térmico y acústico, que aporta gran eficiencia energética.
- Fin de vida, en que se muestra que un material inerte, inofensivo para el medio, además de reutilizable y reciclable.

boré, emballé et prêt à être installé. Des résultats que nous nous efforçons d'améliorer chaque jour grâce à l'optimisation de notre usine avec de nouvelles machines, la réduction de la consommation d'hydrocarbures ou d'explosifs, la réutilisation et la purification en circuit fermé de l'eau ; et surtout, l'installation récente de panneaux photovoltaïques pour l'autoconsommation d'énergie électrique.

NOTIO a mené à bien et certifié l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) de la Phyllite Naturpiedra, suivant les spécifications des normes UNE-EN ISO 14044, UNE-EN 15804 et UNE-EN ISO 14025, qui définissent les exigences et les directives pour de telles études. Elles mesurent l'empreinte carbone ou l'impact environnemental du matériau tout au long de son cycle d'utilisation:

- Phase du produit en lui même, analysée par Naturpiedra.
- Phase de construction et d'installation sur site.
- Étape d'utilisation, où des facteurs tels que la maintenance minimale, la longue durée de vie utile (estimée à 75 ans ou plus) ou les grandes capacités de la pierre naturelle en tant qu'isolant thermique et acoustique, contribuant à une haute efficacité énergétique, sont analysés.



AENOR, La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) desempeña un papel importante en la certificación y verificación de Declaraciones Ambientales de Producto. Es la entidad encargada de llevar a cabo auditorías y evaluaciones para garantizar que las DAP cumplen con los requisitos establecidos en normas internacionales, como la norma ISO 14025.

En el contexto de las Declaraciones Ambientales de Producto, AENOR trabaja para verificar la precisión, coherencia y fiabilidad de la información proporcionada por el fabricante del producto. Su función incluye:

**Auditoría y Evaluación:** AENOR realiza auditorías y evaluaciones exhaustivas del proceso de elaboración de la DAP. Verifica que la información proporcionada cumple con los estándares establecidos y refleja adecuadamente el impacto ambiental del producto.

**Cumplimiento de Normas:** AENOR se asegura de que la DAP cumpla con las normas internacionales, como la norma ISO 14025, que establece los principios y procedimientos para la elaboración de DAP y la verificación de su contenido.

**Transparencia y Credibilidad:** Al certificar y verificar DAP, AENOR contribuye a la transparencia y credibilidad de la información ambiental proporcionada por el fabricante. Esto permite que los consumidores, empresas y profesionales confíen en la información presentada.

- Fin de vie, démontrant qu'il s'agit d'un matériau inerte, inoffensif pour l'environnement, en plus d'être réutilisable et recyclable.

AENOR, l'Association Espagnole de Normalisation et de Certification, joue un rôle crucial dans la certification et la vérification des Déclarations Environnementales de Produit. Elle est chargée de réaliser des audits et des évaluations pour garantir que les DEP respectent les exigences établies dans les normes internationales, telles que la norme ISO 14025.

Dans le contexte des Déclarations Environnementales de Produit, AENOR travaille pour vérifier l'exactitude, la cohérence et la fiabilité des informations fournies par le fabricant du produit. Son rôle comprend:

**Audit et Évaluation :** AENOR réalise des audits et des évaluations approfondis du processus de préparation de la DEP. Elle vérifie que les informations fournies respectent les normes établies et reflètent correctement l'impact environnemental du produit.

**Conformité aux Normes :** AENOR s'assure que la DEP respecte les normes internationales, telles que la norme ISO 14025, qui établit les principes et les procédures de préparation et de vérification des DEP.

**Transparence et Crédibilité :** En certifiant et en vérifiant les DEP, AENOR contribue à la transparence et à la crédibilité des informations environnementales fournies par le fabricant. Cela permet aux consommateurs, aux entreprises et aux professionnels de faire confiance aux informations présentées.





## 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.



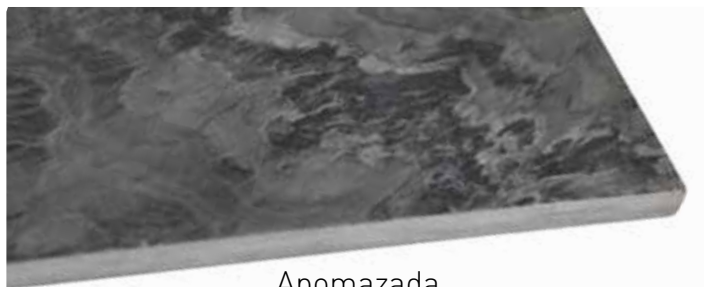
Textura natural  
Clivée



Envejecida  
Brossée



Flameada  
Flammée



Apomazada  
Adoucie

## 5.- Produits commercialisés.

D'un point de vue architectonique, les produits en ardoise peuvent être classés en fonction de leur finition en surface, de leur tonalité, ou encore en fonction de leur usage:

### 5.1.- Differentes finitions.



Al corte de disco  
Brute de sciage



Tambor  
Tambourinée



Abujardada  
Bouchardée



Arenada  
Sablée

## 5.2.- Color y tonalidad.

Dos son las tonalidades que presentan las pizarras de Bernardos:

- Tonalidad Gris medio.
- Multicolor.



Gris  
Gris moyen

## 5.2.- La couleur.

Deux tonalités principales:

- Gris moyen.
- Multicolore.



Multicolor  
Multicolore

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.



L'ardoise grise représente la grande majorité de la production, et la multicolore, qui est obtenu en travaillant sur le plan de rupture sous forme de moellons épais, parfaits pour la construction de murs en pierres sèches, type moellons de parement.



### 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 mas 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.- Usages.

L'ardoise de Bernardos peut être transformée pour répondre aux différentes solutions de construction utilisées de nos jours dans l'architecture moderne ou traditionnelle, en des produits tels que, pavés, dallage, escalier, placage mural, barettes et moellons de parement, ardoise de couverture, etc.,

Il faut souligner que l'ardoise de Bernardos présente des avantages compétitifs, tels que:

- Bon comportement mécanique.
- Métamorphisme et compression tectonique plus intenses.
- Très faible risque de dégradation.
- Excellent comportement face au gel.
- Pas de risque de changement de couleur ou d'oxydation.

En plus des caractéristiques intrinsèques de cette pierre naturelle il faudrait ajouter un supplément de singularité dérivé d'une mentalité très enracinée, propre des fabricants de la zone, dont l'expérience et connaissances des matériaux se transmettent de génération en génération.

Les produits élaborés actuellement avec cette ardoise peuvent être classés en 3 catégories:

- Produits en ardoise soumis au règlement européen sur les produits de construction.
- Produits en ardoise soumis aux normes européennes UNE.
- Autres produits sans réglementation.





## 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.- Produits soumis aux normes Europeennes harmonisées.

### 6.1.- Produits en ardoise et pierres pour toitures et bardage extérieur pour pose en discontinu.

Définition selon la norme UNE EN 12326-1:2014

Ardoise: Il s'agit d'une roche qui prend naissance à partir des roches sédimentaires argileuses, en incluant des sédiments d'origine volcanoclastique et qui appartient pétrographiquement à un intervalle qui commence dans la limite entre les formations métamorphiques et sédimentaires et finit dans les formations phyllitiques épizonal-métamorphiques.

**Note 1:** Les ardoises sont principalement composées par des Phyllosilicates et présentent un plan d'effeuillage résultant d'un flux de schistosité engendré par un degré de métamorphisme bas ou très bas.

**Note 2:** L'ardoise se distingue d'une roche sédimentaire, qui invariablement s'effeuille le long d'un plan de sédimentation ou de stratification.

**Note 3:** L'origine du métamorphisme peut être une compression tectonique, lithostatique ou une combinaison des deux.

Ardoise de couverture: Pierre utilisée pour les toitures et revêtements extérieurs, facilement divisible en de fines plaques le long du plan de fissibilité.

Ardoise carbonatée pour couverture: Pierre utilisée pour les couvertures et les revêtements extérieurs qui contient des Phyllosilicates et un minimum de 20% de Carbonates et qui présente une fissibilité importante.

L'ardoise de Bernardos correspond à l'ardoise pour toitures de compression tectonique qui est celle de meilleure qualité et durabilité pour les couvertures.

La gama de fabricación en cubiertas es la siguiente:

Color: gris.

Acabado: textura natural.

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

La gamme fabriquée est la suivante:

Couleur: gris.

Finition: clivée.

Formats: rectangulaire, carrée, en lauze, ogive, rombo, arrondie, schuppen, hexagonale, chants épaufrés ou sciés.



Imagen II-13. Iglesia de Jäder, Suecia.

Image II-13. Eglise de Jäder en Suède.



### 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  $\leq 610$ mm que se obtiene por corte o por exfoliación a un espesor nominal  $\leq 12$ mm.

Color: gris.

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

Formatos: rectangular, cuadrada, y en rama.

### 6.2.- Produits en pierre naturelle. Plaquettes modulaires. Exigences.

Définition selon la norme UNE EN 12057

Pierre naturelle plane, carrée ou rectangulaire, aux dimensions standards,  $\leq 610$  mm qui s'obtient en la sciant ou en l'effeuillant et d'une épaisseur nominale  $\leq 12$  mm.

Couleur: gris.

Finitions: clivée, sciée, broyée adoucie, flammée, bouchardée, tambourinée.

Formats: rectangulaire, carré ou en lauze.



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

Definición según norma UNE EN 1469.

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.

Color: gris.

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

Formatos: rectangular, cuadrada, y en rama.

### 6.3.- Pierre naturelle. Produits finis, dalles de revêtement mural. Spécifications.

Définition selon la norme UNE EN 1469.

Plaques découpées pour former le revêtement d'un mur ou de voûtes, pour un usage intérieur ou extérieur, fixées mécaniquement à une structure ou bien collées au mortier colle ou avec un adhésif.

Couleur: gris.

Finitions: clivée, sciée, broyée adoucie, flammée, bouchardée, tambourinée.

Formats: rectangulaire, carré ou en lauze.





#### 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).

Color: gris.

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

Formatos: rectangular, cuadrada, planchón.



#### 6.4.- Produits en pierre naturelle. Dalle de revêtement de sols et escaliers. Exigences.

Définition selon la norme UNE EN 12058.

##### Dallage pour le sol:

Pierre naturelle plane qui s'obtient par découpe ou par fendage et d'une épaisseur nominale  $\geq 12$  mm.

##### Dalles pour escaliers:

Pierre naturelle plane qui s'obtient par découpe ou par fendage et d'une épaisseur nominale  $\geq 12$  mm pour les marches, partie horizontale de l'escalier et peut être  $\leq 12$  mm pour la contremarche, partie verticale de l'escalier.

Couleur: gris.

Finitions: clivée, sciée, brossée adoucie, flammée, bouchardée, tambourinée.

Formats: rectangulaire, carré ou irrégulière type opus.

#### 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.

Color: gris.

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

Formatos: rectangular, cuadrada, planchón.



#### 6.5.- Produits en pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthodes d'essai.

Définition selon la norme UNE EN 1341.

Élément en pierre naturelle obtenu par sciage ou fendage utilisé comme dallage et dont la largeur nominale dépasse les 120 mm, ou aussi, généralement, est le double de l'épaisseur. Le pavé est scellé ou collé.

Couleur: gris.

Finitions: clivée, sciée, brossée adoucie, flammée, bouchardée, tambourinée.

Formats: rectangulaire, carré ou irrégulière type opus.



### 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.

Color: gris.

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

Formatos de secciones transversales.



### 6.6.- Bordures de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthode d'essai.

Définition selon la norme 1343:2013.

Élément en pierre naturelle d'une longueur supérieure à 300 mm utilisé généralement en bordure de chaussée ou pour les trottoirs.

Couleur: gris.

Finitions: clivée, sciée, adoucie, flammée, brossée.

Format: allongé.



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

Definición según norma UNE EN 1342:2012.

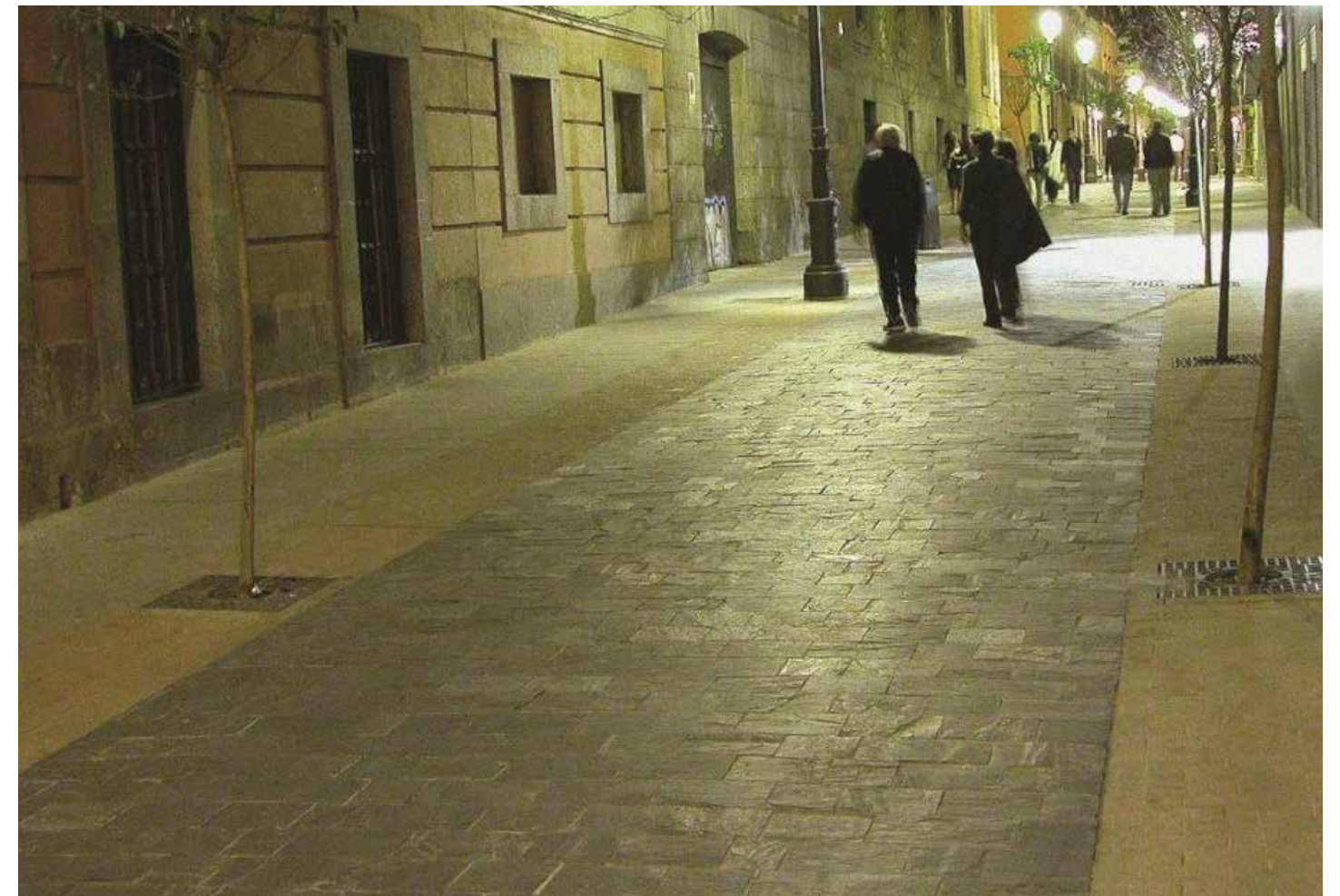
Unidad de piedra natural obtenida por corte o lajado, que se utiliza como material de pavimentación, en la que la anchura nominal no sobrepasa el doble de su espesor y la longitud no sobrepasa el doble de la anchura.

NOTA: El espesor nominal mínimo es de 40mm.

Color: gris.

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

Formatos: rectangular, cuadrado.



### 6.7.- Pavés de pierre naturelle pour le pavage extérieur. Exigences et méthode d'essai.

Définition selon la norme 1342:2012.

Élément en pierre naturelle obtenu par sciage ou fendage utilisé comme dallage et dont la largeur nominale ne dépasse le double de son épaisseur et la longueur ne dépasse pas le double de la largeur.

Note: l'épaisseur nominale minimum est de 40 mm.

Couleur: gris.

Finitions: clivée, sciée, adoucie, flammée, brossée.

Formats: rectangulaire et carré



## 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, corte de disco, flameado.



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

Image II-14. Palais des Congrès et Auditorium Kursaal, Saint Sébastien, (Espagne).

## 7.- Specifications pour les travaux de maçonnerie.

### 7.1.- Specifications pour éléments de maçonnerie. Partie 6: Éléments de maçonnerie en pierre naturelle.

Définition selon la norme UNE EN 771-6.

Élément de maçonnerie en pierre naturelle dont la largeur est supérieure ou égale à 80 mm principalement utilisé comme revêtement, auto-portant ou non.

Couleur: gris ou multicolore

Finitions: clivée, éclatée, sciée, et flammée.

## 7.2.- Productos sometidos, únicamente, a normas UNE. Pavimentos con piedra natural. Parte 4. Pavimentos Elevados Registrables (PER).

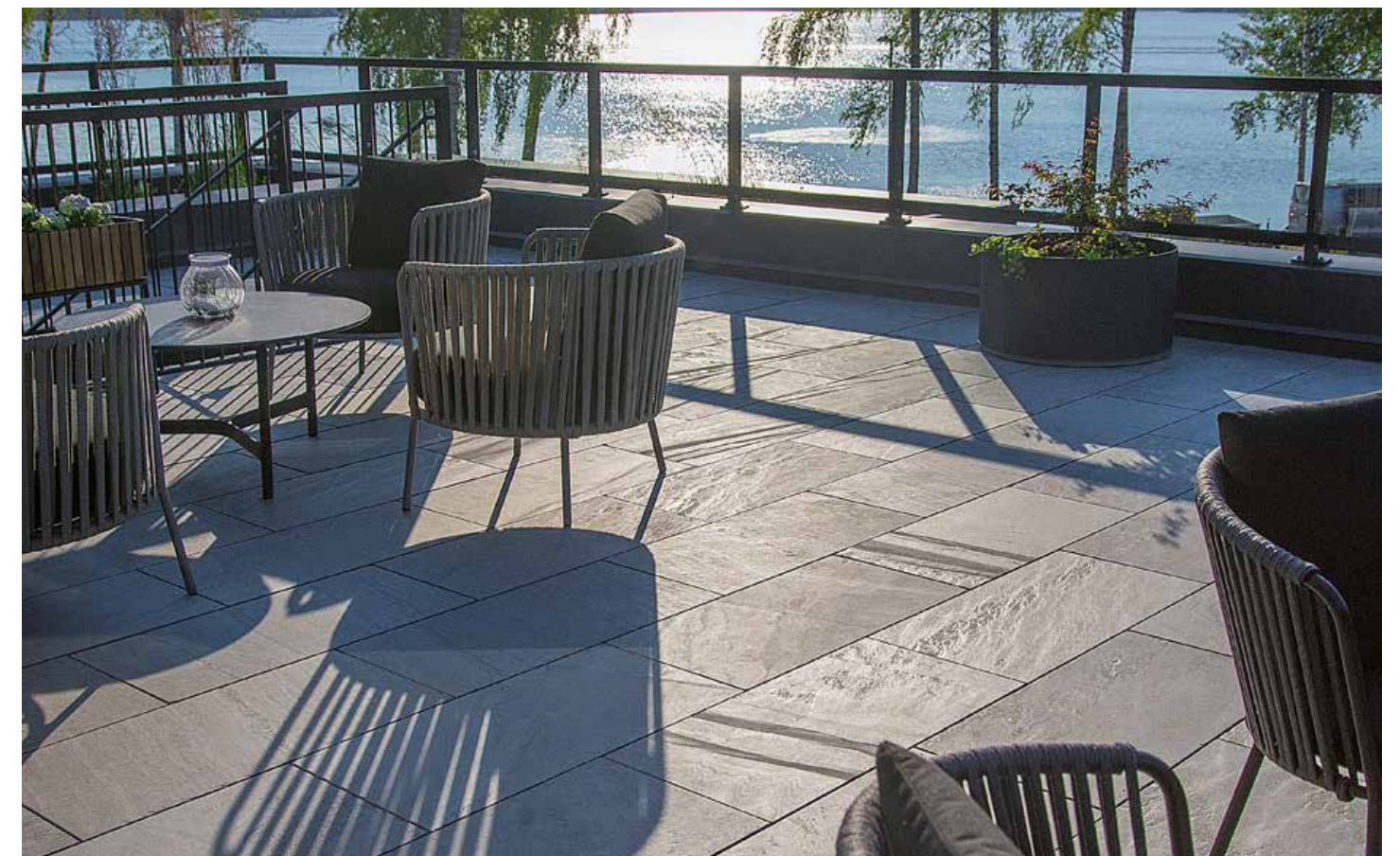
Definición según norma UNE 22202-4.

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.

Color: gris.

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

Formatos: rectangular y cuadrado.



## 7.2.- Produits soumis uniquement aux normes Européennes. Construction des sols avec pierre naturelle. Partie 4: Planchers surélevés.

Définition selon la norme UNE 22202-4.

Selon cette norme, on considère comme plancher surélevé l'ensemble constitué par des dalles en pierre naturelle ou des dalles bi-composant en pierre naturelle, et d'un sous-système d'appui facilement démontable. Il permet un accès au plénum, vide situé entre le plancher surélevé et le sol de base.

Couleur: gris.

Finitions: surfaces naturelles ou travaillées mécaniquement.

Formats: rectangulaire ou carré.



### 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.

Color: gris.

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

Aspecto: Natural o rústico.



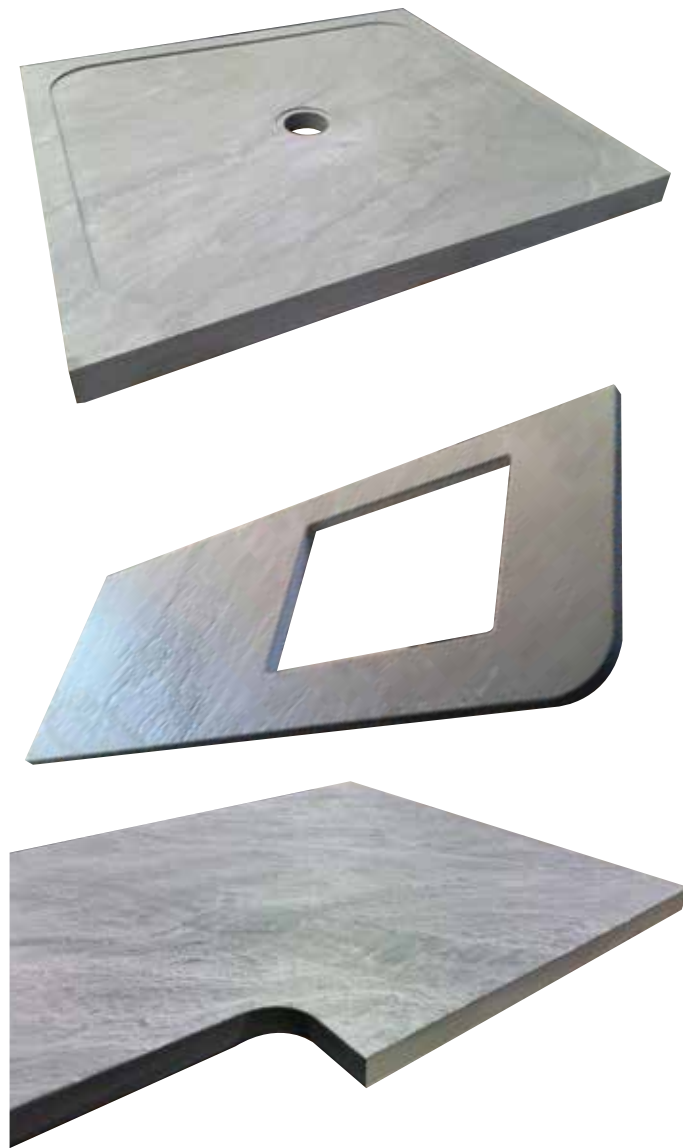
### 7.3.- Produits pour la construction et décoration d'intérieurs.

Définition: sont compris dans ce segment un ensemble de pièces accessoires tels que lavabos, plans de cuisine et de salle de bains, receveur de douche, revêtement de piscines ainsi que tout autre élément de décoration intérieure.

Couleur: gris.

Textures: clivée, éclatée, chants brossés.

Aspect: naturel ou rustique.



### 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.- Produits pour l'aménagement paysager le mobilier urbain.

Définition:

Sont compris dans ce segment un ensemble de pièces accessoires tels que lavabos, plans de cuisine et de salle de bains, receveur de douche, revêtement de piscines ainsi que tout autre élément de décoration intérieure.

Couleur: gris ou multicolore.

Textures: éclatée ou brute de sciage.

Exemples:





## Referencias bibliográficas/References bibliographiques

- 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-Sloped 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 ordóñez, 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.



PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO  
 PROTOCOLES DES TESTS DE LABORATOIRES

DOC. 1 - ENSAYOS REALIZADOS EN EEUU: PIZARRAS PARA CUBIERTAS  
 DOC 1 - TESTS REALISES AUX USA : ARDOISE DE COUVERTURE

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>

**PRI**  
**CONSTRUCTION MATERIALS**  
 TECHNOLOGIES

**LABORATORY TEST RESULTS**

Report for: **FILITA JBERNARDOS** Attention: **David Bernardos**  
 Caretera de las canteras 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): Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emisometers. 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 (CRRC) 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 Accreditation: IAS TL 189 Miami-Dade 11-0429-06 Florida T315878 Los Angeles TAZ4819 CRRC  
 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.


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 C 1371 <sup>1</sup>	ASTM C 1371 <sup>1</sup>	ASTM E 1980 <sup>2</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-22 (Version 6.4) Reflectometer operated in C-emittance mode and addressed with Devices and Services Reference Tar #11-19.  
 2. Emittance measurements were conducted using a Devices and Services 3-Component Model AII calibrated with Devices and Services Reference Standards High Emittance 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/4, Medium-Wind = 1.12 Wind/4, and High-Wind = 1.36 Wind/4.

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 Freshour  
 Client Service Manager

NSCO-006-02-01 - PRI-CMT Accreditation: IAS TL 189 Miami-Dade 11-0429-06 Florida T315878 Los Angeles TAZ4819 CRRC  
 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.



DOC. 3 - ENSAYOS REALIZADOS EN FRANCIA PARA PIZARRA DE CUBIERTA  
 DOC 3 - TESTS REALISES EN FRANCE SUR L'ARDOISE DE COUVERTURE

**LNE**  
Le progrès, une passion à partager

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - 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 1989) "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 Rabouin - 75734 Paris Cedex 15 - Tél. : 01 40 43 31 00  
 Fax : 01 40 43 31 17 - E-mail : info@lne.fr - Internet : www.lne.fr - Site : 133 320 244 03012 - NAM : 343 B - TVA : FR 92 913 332 244  
 BercyParis Cedex 15AN - FICP: 9058 A690 01 49 7567 4010 170 MC - SANC9999

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - 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 CEMATE2/1. Selon les indications du fabricant, ces ardoises correspondent à un niveau de qualité 1<sup>er</sup> stf. 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	Grise

Tableau n° 2 : Caractéristiques générales

**2. IDENTIFICATION DES ÉCHANTILLONS**

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	
	5	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

**LNE**

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - Page 5/7

**3.4. DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES**

**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	66	67	75	64	78	96	89	85	81	87	90	89	83	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	59	54	52	56	52	40	56	51	51	56	
$\bar{C}_r$ (MPa)	52														

Tableau n° 8 : Contrainte de rupture ardoises imbibées

suite du rapport page suivante

**LNE**

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - Page 6/7

**3.5. DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES 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 P 32-302.

**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

**LNE**

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - 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 fêlé, ni chaux, ni rafle.

**3.2. PLANÉITÉ**

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.	Fêlé (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

**LNE**

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - Page 4/7

**3.3. DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES 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 $\bar{A}$ (%)
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.


**LNE**

Dossier E101094 - Document CEMATE2 - Page 7/7


**4. CLASSEMENT DE L'ÉCHANTILLON (SELON TABLEAU 1 DE LA NORME)**

Conformément aux indications du tableau 1 et selon les résultats obtenus dans les différents essais, ces ardoises 1<sup>er</sup> stf, provenant de la carrière J.BERNARDOS (Espagne) correspondent à la classe A de la norme française NF P 32-302.


Le Chef de la Division  
ÉNERGIE 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 matériaux soumis au LNE et tels qu'ils sont définis dans le présent document.

**LNE**



DOC. 4 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA PIZARRA DE CUBIERTA  
 DOC 4 - TESTS REALISES EN ESPAGNE SUR L'ARDOISE DE COUVERTURE

 <b>PRODUCTOS DE PIEDRA NATURAL</b> Tecnología de la Piedra Natural s.La.      Protocolo de ensayos	
<b>DENOMINACION COMERCIAL: FILITA GRIS JBERNARDOS</b>	
Fabricante: Natarpiedra J. Bernardos s.l. Procedencia: "Cantera Engordano", Bernardos (Segovia), España	Fecha: 09/02/2017 Nº de Protocolo: 01/2017
<b>RESULTADOS ENSAYOS</b> (según UNE EN 12326-1:2014 y UNE EN 12326-2:2011)	
<b>Descripción general:</b> Pizarra de compresión tectónica, no carbonatada, de color gris medio y textura rugosa.	
<b>Módulo de rotura y Módulo de Rotura característico</b>	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> <i>Orientación módulo máximo:</i> Longitudinal
<b>Absorción de agua</b>	<i>Resultado:</i> 0,26±0,04%. Código: W1(±0,6) <i>Espesor medio de 5 probetas:</i> 6,5mm.
<b>Contenido en carbonato cálcico y carbono no carbonatado por descomposición térmica catalítica</b>	<i>Carbonato cálcico:</i> 0,13 % <i>Carbono no carbonatado:</i> 0,08%
<b>Exposición al dióxido de azufre</b>	<i>Aalteraciones:</i> Sin alteraciones estructurales ni cambios de color. <i>Código ensayo:</i> S1
<b>Ensayo de ciclo térmico</b>	<i>Aalteraciones:</i> Sin oxidaciones ni cambios de aspecto ni estructurales, significativos. <i>Código ensayo:</i> T1
<b>Examen petrográfico (2014)</b>	<i>Denominación petrográfica:</i> Filita (Metalofilita fibrosa) <i>Tipo estructural:</i> F/O <i>Índice de apilamiento de las micas:</i> Lámina A: 61,74 Lámina B: 68,04
<b>Comportamiento frente al fuego externo</b>	<i>Clase B<sub>2s1</sub></i> (cumple sin ensayo)
<b>Comportamiento a la reacción al fuego</b>	<i>Clase A1</i> (cumple sin ensayo)
<b>Liberación de sustancias peligrosas:</b> Ninguna en condiciones de uso en tejados o revestimiento exterior.	
 Director Técnico	


 <b>PRODUCTOS DE PIEDRA NATURAL</b> Tecnología de la Piedra Natural s.La.      Protocolo de ensayos	
<b>DENOMINACION COMERCIAL: PIZARRA GRIS JBERNARDOS</b>	
Fabricante: Pizarras J. Bernardos s.l. Procedencia: "Cantera Engordano", Bernardos (Segovia), España	Fecha: 09/02/2017 Nº de Protocolo: 01/2017
<b>RESULTADOS ENSAYOS</b> (según UNE EN 12326-2:2011)	
<b>Descripción general:</b> Pizarra de compresión tectónica, no carbonatada, de color gris medio y textura rugosa.	
<b>Módulo de rotura y Módulo de Rotura característico:</b>	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> <i>Orientación módulo máximo:</i> Longitudinal
<b>Absorción de agua</b>	<i>Resultado:</i> 0,26±0,04%. Código: W1(±0,6) <i>Espesor medio de 5 probetas:</i> 6,5mm.
<b>Contenido en carbonato cálcico y carbono no carbonatado por descomposición térmica catalítica</b>	<i>Carbonato cálcico:</i> 0,13 % <i>Carbono no carbonatado:</i> 0,08%
<b>Exposición al dióxido de azufre</b>	<i>Aalteraciones:</i> Sin alteraciones estructurales ni cambios de color. <i>Código ensayo:</i> S1
<b>Ensayo de ciclo térmico</b>	<i>Aalteraciones:</i> Sin oxidaciones ni cambios de aspecto ni estructurales, significativos. <i>Código ensayo:</i> T1
<b>Examen petrográfico (2014)</b>	<i>Denominación petrográfica:</i> FILITA con biotita y clorita <i>Tipo estructural:</i> F/O <i>Índice de apilamiento de las micas:</i> Lámina A: 61,74 Lámina B: 68,04
<b>Comportamiento frente al fuego externo</b>	<i>Clase B<sub>2s1</sub></i> (cumple sin ensayo)
<b>Comportamiento a la reacción al fuego</b>	<i>Clase A1</i> (cumple sin ensayo)
<b>Liberación de sustancias peligrosas:</b> Ninguna en condiciones de uso en tejados o revestimiento exterior.	
 Director Técnico	



Imagen II-15. Pizarra de cubierta.  
 Image II-15. Ardoise de couverture.



DOC. 5 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA HELADICIDAD 144 CICLOS  
 DOC 5 - TESTS REALISES EN ESPANE POUR LA RESISTANCE AU GEL / 144 CYCLES

**Aitemin** Centro Tecnológico

**ENAC** E N S A Y O S Nº 11128 206

Centro de Toledo

Área de PIEDRA NATURAL  
 Nº de informe: 13/4-0049  
 Nº de expediente: 13/4-0005

Laboratorio de Materiales de la Construcción  
 C/El Carbonero s/n - 40007 Segovia  
 Tel: 923 241162 - Fax: 923 236403  
 e-mail: laboratorio@aitemin.es

Página 1 de 4

**INFORME DE ENSAYOS**

**PETICIONARIO**

**PEZARRAS J. BERNARDOS, S.L.**  
 Carretera de Carbonero s/n  
 40430 - Bernardos  
 Segovia

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**

Nombre comercial, según el cliente: Filita Gris Bernardos  
 Nombre petrográfico, según el cliente:  
 Anisotropía detectada por el laboratorio en las probetas: Si  
 Acabado, según el cliente:  
 Lugar de extracción, según el cliente: Bernardos (Segovia)  
 Muestra recibida y ensayada: 21 probetas de 300x50x50 mm

**MÉTODOS DE ENSAYO REALIZADOS**

Ensayo y documento utilizado	Acreditación ENAC
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_7, PE-MAT-057-E_6	SI

Fdo: Jorge Velasco Vélez  
 Director Técnico

Fdo: Avelino Trado Alonso  
 Jefe de Área

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.  
 \* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico

**ENAC** E N S A Y O S Nº 11128 206

Centro de Toledo

Área de PIEDRA NATURAL  
 Nº de informe: 13/4-0005  
 Nº de expediente: 13/4-0005

Laboratorio de Materiales de la Construcción  
 C/El Carbonero s/n - 40007 Segovia  
 Tel: 923 241162 - Fax: 923 236403  
 e-mail: laboratorio@aitemin.es

Página 2 de 4

**RESULTADOS**

**CARACTERIZACIÓN Y PRODUCTOS DE LA PIEDRA NATURAL - Heladicidad - Ensayo Tecnológico (144 ciclos) - Flexión posterior**  
 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 <sub>fl</sub> (MPa)
	Largo L, Ancho b, Espesor h			R <sub>fl</sub> = 3Fl / 2bh <sup>2</sup>
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	28.750	79,5
4	303,3 51,9 52,2	No Aplica	26.950	75,5
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	24.890	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	306,0 51,0 50,4	No Aplica	24.140	71,0

Resistencia a la Flexión Media (R<sub>fl</sub>) 75,0  
 Desviación Estándar (S) 5,3  
 Valor Mínimo Esperado (VME) 63,3

La incertidumbre expandida para el valor R<sub>fl</sub> 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 = ± 3,8 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

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.  
 \* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico

**ENAC** E N S A Y O S Nº 11128 206

Centro de Toledo

Área de PIEDRA NATURAL  
 Nº de informe: 13/4-0005  
 Nº de expediente: 13/4-0005

Laboratorio de Materiales de la Construcción  
 C/El Carbonero s/n - 40007 Segovia  
 Tel: 923 241162 - Fax: 923 236403  
 e-mail: laboratorio@aitemin.es

Página 3 de 4

**DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN BAJO CARGA CONCENTRADA TRAS 144 CICLOS DE HELADO-DEHELADO**

Prueba Nº	Dimensiones (mm)	Longitud Fragmento Mayor (mm)	F. Carga de Rotura (N)	Resistencia a la Flexión R <sub>fl</sub> (MPa)
	Largo L, Ancho b, Espesor h			R <sub>fl</sub> = 3Fl / 2bh <sup>2</sup>
1	300,5 50,1 51,8	150,0	28.020	79,3
2	300,5 50,1 51,4	150,0	28.430	81,0
3	300,4 50,4 49,1	150,0	25.330	76,1
4	300,4 51,9 51,2	150,0	28.420	78,9
5	300,5 51,2 51,4	150,0	24.000	69,7
6	300,3 51,2 51,5	148,0	24.000	68,1
7	299,4 50,4 49,8	150,0	24.890	76,3
8	300,8 51,9 51,1	150,0	23.190	65,1
9	300,4 51,1 50,1	150,0	25.540	75,8
10	301,8 51,1 49,7	147,0	24.130	71,3

Resistencia a la Flexión Media (R<sub>fl</sub>) 74,8  
 Desviación Estándar (S) 5,0  
 Valor Mínimo Esperado (VME) 63,3

La incertidumbre expandida para el valor R<sub>fl</sub> 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 = ± 4,9 MPa

**Observaciones:**  
 Ensayo realizado con carga aplicada perpendicularmente a los planos de anisotropía tras 144 ciclos de heladicidad

Ensayo de Resistencia a Flexión Tecnológico realizado a probetas con acabado Lajado y corte con serra y dimensiones nominales de 300x50x50 mm

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.  
 \* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico

**ENAC** E N S A Y O S Nº 11128 206

Centro de Toledo

Área de PIEDRA NATURAL  
 Nº de informe: 13/4-0005  
 Nº de expediente: 13/4-0005

Laboratorio de Materiales de la Construcción  
 C/El Carbonero s/n - 40007 Segovia  
 Tel: 923 241162 - Fax: 923 236403  
 e-mail: laboratorio@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

**RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN BAJO CARGA CONCENTRADA**

Valor de resistencia inicial (MPa)	75,0
Valor de la resistencia tras 144 ciclos de hielo-deshielo (MPa)	74,8
VARIACIÓN (%)	0,3

**Observaciones:**

Figura 1: Probetas antes de ciclos de heladicidad  
 Figura 2: probetas después de 144 ciclos heladicidad

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.  
 \* 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  
 DOC 7 - TESTS REALISES EN ESPAGNE POUR L'ANALYSE AUX RAYONS X

**Aitemin** Centro Tecnológico

**ENAC** E N S A Y O S Nº 11128 206

Centro de Toledo

Área de Piedra Natural  
 Nº de informe: 13/4-0049  
 Nº de expediente: 13/4-0049

Laboratorio de Materiales de la Construcción  
 C/El Carbonero s/n - 40007 Segovia  
 Tel: 923 241 162 - Fax: 923 236 403  
 e-mail: laboratorio@aitemin.es

Página 1 de 2

**INFORME DE ENSAYO**

**PETICIONARIO**

**PIZARRAS J. BERNARDOS**  
 Carretera de Carbonero s/n. 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**

Ensayo y documento utilizado

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  
 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

Fdo: Jorge Velasco Vélez  
 Director Técnico

Fdo: Avelino Trado Alonso  
 Jefe de Área

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico

**ENAC** E N S A Y O S Nº 11128 206

Centro de Toledo

Área de Piedra Natural  
 Nº de informe: 13/4-0049  
 Nº de expediente: 13/4-0049

Laboratorio de Materiales de la Construcción  
 C/El Carbonero s/n - 40007 Segovia  
 Tel: 923 241 162 - Fax: 923 236 403  
 e-mail: laboratorio@aitemin.es

Página 2 de 2

**RESULTADOS**

**DIFRACCIÓN DE RAYOS X - DRX "ROCA TOTAL"**

**METODOLOGÍA DEL ENSAYO**

- Preparación: molienda manual en mortero de ágata.
- 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.
- Interpretación de fases cristalinas y SEMI-cuantificación según el "Método 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
13/4-0049	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>1/2</sub> ,Al)O <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> (Mg,Fe <sub>1/2</sub> )OH	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.  
 \* Este informe no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita de AITEMIN.



DOC. 6 - ENSAYOS REALIZADOS EN ESPAÑA PARA ABSORCION, RESISTENCIA Y DESLIZAMIENTO  
 DOC 6 - TESTS REALISES EN ESPAGNE POUR L'ABSORPTION, LA RESISTANCE ET L'ANTI DERAPANCE

**Aitemin** Centro Tecnológico | **ENAC** ENAC | Centro de Toledo

Área de Piedra Natural | LAC-08-4-130 | Laboratorio de Materiales de la Construcción

Nº de informe: LAC-08-4-1304 | Nº de expediente: LAC-08-4-1304

Página 1 de 6

**INFORME DE ENSAYO**

**PETICIONARIO**  
**PZARRAS J BERNARDO**  
 P. Industrial Eurospols s/p nº 4 - 28230 - Las Rozas (Madrid)

**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA**  
 Nombre Comercial: Fila Gris de Bernaridos  
 Nombre Petrográfico: Fila  
 Anticlopedia: Plasmicidad parala a la superficie de las probetas  
 Acabado: Apomado, Cortado, y Envejecido  
 Lugar de Extracción: Bernaridos (Segovia)  
 Muestra Recibida y Ensayada: Lote de 30 probetas

**MÉTODOS DE ENSAYO REALIZADOS**  
 Ensayo y documento utilizado:  
 UNE-EN 13755-02 y UNE-EN 13755-04 según procedimiento de ensayo PE-MAT-058-E   
 "Determinación de la Absorción de Agua a Presión Atmosférica"  
 UNE-EN 14231-05, UNE-EN 1341-02 Anexo C, UNE-EN 1342-03 Anexo D según procedimiento de ensayo PE-MAT-060-E "Determinación de la Resistencia a la Abrasión"  
 UNE-EN 14231-05 según procedimiento de ensayo PE-MAT-051-E Rev. 2 "Determinación de la Resistencia al Deslizamiento mediante el método de Resbalado"

**OBSERVACIONES**  
 Los ensayos no se encuentran acreditados por ENAC bajo la norma que se encuentra marcada con (\*)

**MUESTREO**  
 Producto enviado e identificado por el cliente  
 Producto recogido por:  
 Fecha de recepción del material:  
 Lugar de muestreo:  
 Condiciones ambientales, si procede:  
 Procedimiento de muestreo utilizado:  
 Identificación de la muestra:

**DOCUMENTOS PRESENTADOS POR EL PETICIONARIO**  
 Ninguno  Otros, véase Anexo 1

Fdo: Jorge Velasco Vilas | Fdo: Israel González Benito  
 Director Técnico | Jefe del Área de Piedra Natural

NOTA: Este informe no puede ser reproducido parcialmente ni la totalidad ni parte de él sin el consentimiento escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico | **ENAC** ENAC | Centro de Toledo

Área de Piedra Natural | LAC-08-4-130 | Laboratorio de Materiales de la Construcción

Nº de informe: LAC-08-4-1304 | Nº de expediente: LAC-08-4-1304

Página 2 de 6

**RESULTADOS**

UNE-EN 13755-02 y UNE-EN 13755-04 | 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	99,44	99,61	19,80	0,1	
2	99,97	100,01	19,61	0,1	
3	100,54	99,72	19,76	0,1	
4	99,50	99,53	19,59	0,1	
5	99,96	100,83	19,59	0,1	
6	97,14	100,96	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 ni la totalidad ni parte de él sin el consentimiento escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico | **ENAC** ENAC | Centro de Toledo

Área de Piedra Natural | LAC-08-4-130 | Laboratorio de Materiales de la Construcción

Nº de informe: LAC-08-4-1304 | Nº de expediente: LAC-08-4-1304

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**

Prueba Nº	Acabado Superficial de las Probetas			Resistencia al Deslizamiento	
	Largo	Ancho	Espesor	SRV - PSRV EN SECO	SRV - PSRV EN HÓMEDO
1	198,79	149,81	19,18	72	40
2	199,29	150,44	19,38	76	36
3	196,80	150,23	19,27	73	43
4	199,51	149,92	19,18	77	32
5	199,1	148,19	19,13	77	38
6	198,05	149,66	19,29	76	45

**Valor Medio del Deslizamiento / Resbalabilidad:** 76 | 40  
 Desviación Estándar: ± 1,6 | ± 4,8  
 Incertidumbre (k = 2): ± 3,3 | ± 5,8

**Observaciones:**  
 Los ensayos se realizaron sobre probetas de dimensiones nominales 200 x 100 x 20 mm, utilizando una sigleta de 75 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 14231-05.  
 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 ni la totalidad ni parte de él sin el consentimiento escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico | **ENAC** ENAC | Centro de Toledo

Área de Piedra Natural | LAC-08-4-130 | Laboratorio de Materiales de la Construcción

Nº de informe: LAC-08-4-1304 | Nº de expediente: LAC-08-4-1304

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**

Prueba Nº	Acabado Superficial de las Probetas			Resistencia al Deslizamiento	
	Largo	Ancho	Espesor	SRV - PSRV EN SECO	SRV - PSRV EN HÓMEDO
1	199,36	151,41	19,34	93	76
2	199,78	151,18	19,69	86	74
3	199,5	151,28	19,29	90	81
4	199,8	151,64	19,44	91	77
5	199,71	151,21	19,31	91	77
6	199,66	151,49	18,7	89	76

**Valor Medio del Deslizamiento / Resbalabilidad:** 90 | 76  
 Desviación Estándar: ± 1,7 | ± 2,8  
 Incertidumbre (k = 2): ± 3,4 | ± 3,6

**Observaciones:**  
 Los ensayos se realizaron sobre probetas de dimensiones nominales 200 x 100 x 20 mm, utilizando una sigleta de 75 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 14231-05.  
 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 ni la totalidad ni parte de él sin el consentimiento escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico | **ENAC** ENAC | Centro de Toledo

Área de Piedra Natural | LAC-08-4-130 | Laboratorio de Materiales de la Construcción

Nº de informe: LAC-08-4-1304 | Nº de expediente: LAC-08-4-1304

Página 1 de 6

**RESULTADOS**

\* UNE-EN 14187-05 | 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 DEL ENSAYO**

Prueba Nº	Dimensiones (mm)			Medición Corregida de las Huellas (mm)	
	Largo	Ancho	Espesor	Huella Menor	Huella Mayor
1	198,74	150,07	19,25	22,5	25,3
2	199,05	149,74	19,26	23,5	25,0
3	198,97	149,94	19,65	23,5	25,0
4	198,70	149,86	19,63	24,0	24,0
5	198,77	149,85	18,97	25,0	25,3
6	198,92	150,00	19,60	24,0	24,5

**Valor Medio de la Huella:** 25,0 mm  
 Desviación Estándar (s): 0,4 mm  
 Valor Máximo Esperado (VME): 31,5 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 14187-05.  
 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 ni la totalidad ni parte de él sin el consentimiento escrito de AITEMIN.

**Aitemin** Centro Tecnológico | **ENAC** ENAC | Centro de Toledo

Área de Piedra Natural | LAC-08-4-130 | Laboratorio de Materiales de la Construcción

Nº de informe: LAC-08-4-1304 | Nº de expediente: LAC-08-4-1304

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**

Prueba Nº	Acabado Superficial de las Probetas			Resistencia al Deslizamiento	
	Largo	Ancho	Espesor	SRV - PSRV EN SECO	SRV - PSRV EN HÓMEDO
1	199,8	150,72	18,7	73	45
2	198,87	149,39	19,78	73	45
3	199,05	149,67	19,21	73	43
4	199,29	149,74	18,74	75	45
5	19,95	149,54	18,64	75	44
6	19,76	149,63	18,79	75	45

**Valor Medio del Deslizamiento / Resbalabilidad:** 75 | 44  
 Desviación Estándar: ± 1,5 | ± 0,8  
 Incertidumbre (k = 2): ± 3,2 | ± 3,1

**Observaciones:**  
 Los ensayos se realizaron sobre probetas de dimensiones nominales 200 x 100 x 20 mm, utilizando una sigleta de 75 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 14231-05.  
 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 ni la totalidad ni parte de él sin el consentimiento escrito de AITEMIN.



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

**VALEUR HISTORIQUE ET  
ARCHITECTONIQUE  
DES ARDOISES DE  
BERNARDOS**