



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

INGENIERÍA DE LA EDIFICACIÓN PROYECTO FINAL DE GRADO

APLICACION DE CRITERIOS DE LA BIOCONSTRUCCION EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR ENTRE MEDIANERAS Y SUS IMPLICACIONES CONSTRUCTIVAS

Proyectista: Carlos García Rincón

Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón

Convocatoria: Octubre 2011



La obra se distribuye bajo los términos y condiciones de la presente licencia pública de **Creative Commons** (“ccpl” o “licencia”). La obra está protegida por la ley del derecho de autor y/o por cualquier otra ley que resulte aplicable. Cualquier uso distinto del autorizado por la presente licencia o por la ley del derecho de autor está prohibido.

Se entiende que por el mero ejercicio de cualquiera de los derechos aquí previstos sobre la obra, usted acepta y se obliga bajo los términos y condiciones de la presente licencia. El licenciante le otorga los derechos aquí descritos considerando la aceptación por su parte de dichos términos y condiciones.



RESUMEN

La aplicación de criterios de la Bioconstrucción en una vivienda unifamiliar entre medianeras y sus implicaciones constructivas, es un trabajo de búsqueda y recopilación de información sobre la arquitectura bioclimática, tales como sus orígenes, sus ideas, la reducción de gasto de energía, reducción de contaminación y sobre todo mezclarse con el medio ambiente.

Además se aplicará en una vivienda esos conocimientos con coherencia, es decir, no se harán cambios inadecuados si eso conlleva un gasto innecesario, ya sea económico o medioambiental.

Como parte final se hace una recopilación de materiales ecológicos donde se analizarán entre ellos para ver cuales son los más competitivos.

Cuando escogí este tema para el proyecto de final de grado, tenía la incertidumbre de cómo sería este método por no tener los conocimientos ni el convencimiento de que me gustase. Sin embargo, la conclusión a la que he alcanzado al finalizar el proyecto, es que es un tema muy necesario y fundamental para nuestra sociedad, ya sea por el respeto al medioambiente o el ahorro de dinero en las facturas.

ÍNDICE

1	PRINCIPLES OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION.....	10
1.1	THE GREAT CHALLENGE; THE GREAT OPPORTUNITY	10
1.2	THE CONCEPT OF SUSTAINABILITY, RAISING THE VOICE OF ALARM.....	11
1.3	THE HISTORY OF CONSTRUCTION, THE HISTORY OF ADAPTING TO THE ENVIRONMENT.	11
1.3.1	<i>Principles of sustainable construction.....</i>	12
1.4	AN ADAPTED CONSTRUCTION; RESPECTING ITS ENVIRONMENT.....	12
1.5	CONSTRUCTION WHICH SAVES RESOURCES.....	13
1.6	CONSTRUCTION THAT SAVES ENERGY.....	13
1.7	CONSTRUCTION THAT TAKES INTO ACCOUNT ITS USERS	14
2	A COHERENT URBANISTIC APPROACH	15
2.1	A HISTORY OF MULTIPLE CITIES.....	15
2.2	MOVING TOWARDS A SUSTAINABLE BAN APPROACH	17
2.2.1	<i>The management of the territory.....</i>	17
2.2.2	<i>The urban management.....</i>	18
2.3	A CITY THAT MOVES COLLECTIVELY	18
3	THE DESIGN OF THE BUILDINGS. BIOCLIMATIC	19
3.1	EXPOSURE TO THE SUN.....	19
3.2	ENERGY STORAGE AND THE RESTITUTION OF THE INTERIOR ENVIRONMENT.....	21
3.3	PASSIVE STRATEGIES	22
3.4	THE PASSIVE STRATEGIES: THE GREENHOUSE EFFECT	24
3.5	PASSIVE STRATEGIES OF REFRIGERATION.....	25
3.6	PASSIVE STRATEGIES OF REFRIGERATION: THE MOVEMENT OF THE AIR.	26
3.7	THE USER’S MANUAL	27
4	MATERIALES PARA LA BIOCONSTRUCCION	30
4.1	AISLANTES.....	30
4.1.1	<i>LANA.....</i>	30
4.1.1.1	Descripción y presentación	30
4.1.1.2	Civlo de vida.....	30
4.1.1.3	Puesta en obra.....	31
4.1.1.4	Recomendaciones.....	32
4.1.1.5	Propiedades	32
4.1.1.6	Características físicas y mecánicas	32
4.1.2	<i>ARCILLA.....</i>	33
4.1.2.1	Descripción y presentación.....	33
4.1.2.2	ciclo de vida.....	33
4.1.2.3	Puesta en obra.....	34
4.1.2.4	Propiedades	35
4.1.2.5	características mecánicas y físicas.....	36
4.2	AISLAMIENTOS.....	37
4.3	CERRAMIENTOS.....	40
4.3.1	<i>ADOBE</i>	40
4.3.1.1	Descripción y presentación	40
4.3.1.2	Ciclo de vida.....	40
4.3.1.3	Puesta en obra.....	41
4.3.1.4	Recomendaciones.....	42
4.3.1.5	Características mecánicas y físicas	43
4.3.1.6	Puebas selección.....	43
4.3.2	<i>ARLIBLOCK.....</i>	44
4.3.2.1	Descripción y presentación	44
4.3.2.2	Ciclo de vida	44
4.3.2.3	Puesta en obra.....	45

4.3.2.4	Recomendaciones.....	46
4.3.2.5	PROPIEDADES.....	46
4.3.2.6	Características físicas y mecánicas.....	47
5	INTRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS EN LA PRÁCTICA.....	49
5.1	DATOS DE LA EDIFICACIÓN.....	49
5.2	CAMBIOS A EFECTUAR.....	50
5.2.1	<i>Instalación solar Térmica.....</i>	<i>50</i>
5.2.2	<i>Captación y aprovechamiento del agua de lluvia.....</i>	<i>55</i>
5.2.3	<i>Instalación de canalones para la recogida de aguas.....</i>	<i>57</i>
5.2.3.1	Calculo del predimensionado.....	57
5.2.4	<i>Dipositivos ahorradores de agua.....</i>	<i>60</i>
6	CONCLUSIONES.....	62
7	BIBLIOGRAFIA.....	64
8	ANEXO 1: PLANOS.....	67

INDICE FOTOGRÁFICO

FIGURE 1.1 - GIOCLIMATIC BUILDING IN CASTILE AND LEON	13
FIGURE 2.1 AERIAL VIEW OF ALEXANDRA	16
FIGURE 3.1 A SOUTH FACING HOUSE IN THE SUN	20
FIGURE 3.2 TRAJECTORY OF THE SUN IN WINTER AND SUMMER AND ITS REPERCUSSION ON THE BUILDING	21
FIGURE 3.3. THE GREENHOUSE EFFECT	25
FIGURE 3.4 CAVES AT SACRAMONTE, GRANADA	26
FIGURE 3.5 VENTILATION BY AIR.....	27
FIGURA 4.1: OVEJA	32
FIGURA 4.2: PLACA DE LANA.....	31
FIGURA 4.3: AISLANTE DE LANA	31
FIGURA 4.4: CANTERA DE ARCILA	35
FIGURA 4.5: PROCESO DE COCCIÓN	34
FIGURA 4.6: ARCILLA	35
FIGURA 4.7: PREFABRICADO DE ARCILLA.....	34
FIGURA 4.8 : CUBIERTA AJARDINADA.....	35
FIGURA 4.9: REHABILITACIÓN DE FORJADOS	35
FIGURA 4.10: CUBIERTA CON AISLAMIENTO DE ALGAS	38
FIGURA 4.11: TIERRA DE ADOBE	42
FIGURA 4.12: MOLDEANDO EL ADOBE.....	41
FIGURA 4.13: PRINCIPALES FALLOS EN LA CONSTRUCCIÓN CON ADOBE.....	42
FIGURA 4.14: PRUEBA DE RESISTENCIA	43
FIGURA 4.15: PRUEBA DE PLASTICIDAD	44
FIGURA 4.16: PRUEBA GRANULOMÉTRICA	43
FIGURA 4.17: ARCILLA EXPANDIDA.....	46
FIGURA 4.18: DIFERENTES TIPOS DE ACABADO.....	45
FIGURA 4.19: PARED MEDIANERA	45
FIGURA 4.20: APLICACIÓN DEL ARLIBLOCK Y MURO PORTANTE CON ALTURA MAXIMA 3 M.....	46
FIGURA 5.1: CONTRIBUCIÓN SOLAR DE ESPAÑA.....	51
FIGURA 5.2: TABLA 3.1 DEL CTE HE4 , DEMANDA DE AGUA.	51
FIGURA 5.3: TABLAS 2.1 Y 2.2 DEL CTE HE4, CONTRIBUCIÓN SOLAR MINIMA.	52
FIGURA 5.4: RADIACIÓN SOLAR GLOBAL DIARIA SOBRE SANT VICENÇS DE MONTALT.....	53
FIGURA 5.5: CALCULO DEL COEFICIENTE A.....	54
FIGURA 5.6: DISEÑO RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES.....	56
FIGURA 5.7: TABLA 4.7 DEL DB_HS5.....	58
FIGURA 5.8: MAPA DE ISOYETAS Y TABLA DE ZONAS PLUVIOMÉTRICAS.....	58
FIGURA 5.9: TABLA 4.8 DIÁMETRO DEL BAJANTE	59
FIGURA 5.10: TABLA 4.9 DIÁMETRO DE LOS COLECTORES.....	59
FIGURA 5.11: PERLIZADORES.....	61
FIGURA 5.12: WC DE DOBLE DESCARGA.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

CHART 2.1 COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF THREE DIFFERENT TYPES OF HOUSING.....	17
CHART 3.1. THE RELATION BETWEEN COLOUR AND THE CAPACITY TO ABSORB OF THE MATERIALS	23
CUADRO 8.4: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS	47

1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático y el calentamiento global, cuyas causas son el aumento excesivo de gases “tipo invernadero”, son ya una realidad. Casi la mitad de estas emisiones están producidas directamente por la construcción y la utilización de los edificios, y aquí es donde entra la responsabilidad de los técnicos de la construcción para no contribuir a este desarrollo no sostenible y no seguir contaminando en nombre de la arquitectura. El ahorro y el uso sostenible de los recursos naturales son cruciales para el futuro del planeta. Las ciudades modernas están creciendo a base de criterios especulativos, con energías no-renovables y con materiales anti-ecológicos. El resultado es que en las grandes ciudades hay una masificación y una gran contaminación.

La Bioconstrucción entiende la casa como un ecosistema dinámico armónico y en equilibrio, que antiguamente y en otras culturas era el enfoque natural y lógico. No necesitaba un nombre especial porque toda la construcción era ecológica, realizada con materiales naturales y aprovechando las ventajas del lugar y del clima. Los mayores progresos de la Bioconstrucción se han hecho en los países de habla alemana, donde nació de la preocupación por la contaminación química producida por los materiales sintéticos empleados. Aquí aparece el tópico del síndrome del edificio enfermo.

Actualmente el sistema del mercado de la vivienda es justo el contrario a lo que debería ser, situando a la persona como consumidor pasivo, cuyas necesidades más auténticas no son tenidas en cuenta. La arquitectura no es una entidad autónoma sino que aparece integrada en el sistema y debe estar al servicio de las personas. Adquirir una vivienda digna es un derecho primordial de todos. La vivienda no debe ser objeto del mercado financiero desregulado, tampoco el suelo. El urbanismo debe ser más social con una concepción más integradora. Las personas no deben ser víctimas de la especulación del suelo. Se deben favorecer iniciativas sociales, solidarias y justas para facilitar viviendas para todos.

El edificio y sus habitantes, el terreno y su microclima siempre son únicos. Hay que optar por una buena ubicación, tener en cuenta la topografía del lugar, sus vistas, el paisaje, la vegetación, el tipo de tierra y el agua, las influencias de la geobiología y adaptarse con el diseño a todo ello.

1 Principles of Sustainable Construction

It is well known that construction is one of those sectors which holds more weight in any society in the first world. Interestingly, we live in an age of economic expansion and a time of recovery of construction activity. We can, therefore, with no risk of being mistaken, conclude that construction continues to be one of the most dynamic sectors of our economy. But at what cost?

In the European Union, construction consumes 40% of the materials, produces 40% of the waste and consumes 40% of the primary energy.

These statistics show us that the sector has a great impact on the environment, ecology and society, which is certainly unsustainable.

The importance of the construction sector gives us an idea of the tireless efforts that must be carried out to reach a model of construction that does not squander energy, natural resources and at the same time does not overfill our dumps with so-called waste materials from construction and demolition, which is definitively a sustainable model of construction.

1.1 *The great challenge; the great opportunity*

On the 22nd of October 2004, the Russian parliament ratified the Kyoto Protocol, in this moment, those countries whose emissions make up 55% of the total emissions given off in 1990, have already ratified it and at last the Protocol can be put in place.

The certainty of knowing that we are irreversibly affecting the atmosphere, with the human activity of emitting green house gases which seems to be leading us towards breaking the natural climatic balance with its catastrophic results, makes it seem essential that we take the adequate measures to reduce our consumption of fossil fuels. And if we remember the famous 40 %, it appears that the responsibility of the construction sector is obvious.

There is a risk that when the overwhelming presence of the media concerning global warming causes us to assign the term sustainable only with that which saves energy. As we will see, it must be much more than that.

1.2 The concept of sustainability, raising the voice of alarm.

The path of the so-called sustainable development can be traced from its minor birth in 1972, and it is "development capable of reaching a balance between economic development and the rational use of the resources" up until it is used universally.

Presently, the dream is not the green ideology but finding a political or economical discourse where we do not use and abuse such a term. The problem is posed when the use of common vocabulary does not contribute in advancing policies which are in reality sustainable.

If we have learnt anything from the past few years, it is that analyzing the behavior of the sector, as with any human activity, must reflect all and every step of the operations; the planting of the idea in the project, the execution of the works, the use of the building and finally, the expiry of its use. The so-called **Analysis of the Circle of life**.

1.3 The history of construction, the history of adapting to the environment.

If history has taught us anything about construction it is that man has always been aware of the environment that surrounds him.

While in the northern countries they looked for solar radiation, light and warmth, opening large windows to the south, in warmer zones the gaps are made smaller to protect us from the sun.

At the same times, construction at any given time responds to a particular political, social, and economical reality. The passing of time and technological advances, have diverted the paths of our societies from such praiseworthy adaptation. Societies which are strongly industrialized, where there is myth that science and engineering will solve all our problems, where the resources are believed to be limitless, has moving inescapably distancing themselves from the beneficial interaction with their environment.

At a time where the explosion of ecological thought and the unstoppable rise in the price of oil, gives the ecology an added value, we witness a powerful movement towards sustainable forms of construction. Behind this term we find diverse proposals which tell us of the strong polarization in the design of ecological buildings.

On one side, the architectural trend named eco-tech whose principal identity trait is technological advances which results in building which are highly energy efficient.

On the other side, the trend based on ecological regeneration of that which is already constructed, which puts in place a predatory model of construction of the resources and terrain.

We understand that truly sustainable construction must be a effort of convergence, of synthesis. Sustainable construction hopes to extract the positives from all of the proposals, without forgetting the necessary positioning when faced with proposals that do not always appears with sufficient clarity.

1.3.1 Principles of sustainable construction.

Even so, we can risk outlining the common areas of each sustainable building as a construction that:

- adapts and is respectful with its environment
- saves resources
- saves energy
- takes into account its user.

1.4 *An adapted construction; respecting its environment.*

The respect for the environment in which a construction is placed appears to be one of the first maxims of the ecological regeneration of the sector. With respect to the water, the earth, the vegetation, the landscape, the social, the cultural etc. (figure 1.1)

A construction that respects its environment seems also to be a construction adapted to its environment. Knowing the climate has been the principal reference for human settlements, knowledge of the sun (its trajectory, its intensity), the wind, the latitude, the rainfall, the temperature etc.



Figure 1.1 - Bioclimatic Building in Castile and Leon

1.5 Construction which saves resources

Through the use of materials which have a low social and environmental impact throughout their life.

Consequently these materials, with the systems of construction, or the way in which these materials are placed in the building, must adhere to the criteria of saving and austerity.

1.6 Construction that saves energy

The term sustainable construction has been mixed with the so called bioclimatic architecture. That which, through adequate strategies, achieves a substantial reduction in the energy consumption of the dwelling.

Sustainable construction is championed by logical action; first we minimize the energy needs through the so called passive strategies, design, orientation, use of insulation etc.

Then, we use equipment that consume less quantity of energy but offer the same service, i.e. efficient energy use. And finally, for the needs that will surely exist, we will use renewable energy. To conclude: **Saving + Efficiency + Renewable energy.**

1.7 Construction that takes into account its users

What must never be forgotten is that buildings are built for people, to be lived in, to live. We must get rid of this idea that the future inhabitant is nothing more than a clog in the works of the industry that builds houses and start to augment their participation in the circle of life of the building.

All of these concepts tell us of a new way of understanding construction. The environment, the climate, the materials, the systems of construction, the user, the society etc. They are all shown to be indispensable axes of what is called sustainable construction.

2 A coherent urbanistic approach

When we carry out the analysis of the Circle of Life of the construction sector we find that the first step, which must be kept in mind, is to start from a coherent urbanistic approach. Without an adequate organization, we will have serious difficulties adding the sustainable label to all the action done from that point.

A flagrant example can be seen in one of the buildings in Madrid which is presented with the ecological label. The south side has some green houses which help the capture of solar radiation and its interior distribution.

An inadequate urbanistic approach, never better said, a block of eight stories adjoining in this orientation. The result; the greenhouses on the two or three stories underneath receive almost next to no sun light in the whole year.

2.1 A history of multiple cities

Our ancestors discovered that if cities were built in quadratic shapes they would achieve a great number of sides facing south, which would favor the capture of solar radiation. For example, the Egyptian city of Alexandra (figure 2.1) o Mohenjo-Daro in India which dates back to the 3rd Century B.C.

The medieval city and its need for military protection eliminated its advantageous relation with the environment and its climate. The city is constructed around castles and cathedrals of circular form. The Moors adapted the medieval city to their needs of protection against the excessive sun, narrow streets, and tortuous layout.

The progressive growth of the cities has meant that the city's relation with its environment has been dramatically forgotten, turning them into islands which work independently from the environment which surrounds them.

At around 1900, 14% of the population lived in cities, at the start of the 21st century this percentage had rose to more than 50% and it is predicted to reach 80% by 2025. So being conscious of the risks of urbanism isolated from its environment, leads us to plan the enormous possibilities which are open to us so that we can move towards sustainable urbanism, towards sustainable construction.

Everyone has in their mind the image of the city, like a big monster, which, tirelessly

consumes huge quantities of resources, energy, water, terrain etc. Producing waste, occupying land, killing off vegetation. From this we find the concept of an ecological footprint, or what is the same thing, the quantity of land that a city needs to function.

- *Interestingly, it is helpful to remember that the ecological footprint of London is 125 times its surface.*

Proposals for sustainable cities have existed since the swinging sixties. The first were anti-urbanistic approaches, the retreat to nature of Rousseau. Proposals of a socialized urbanism, such as the Kibbutz, the hippy communes, the so called pedestrian pockets, then followed.

The Anglo-Saxon city model, of dispersed territory (based on low density construction: chalets and terraced houses), which consume a lot of land and energy, has been spread worldwide which has lead to the proposal of the Mediterranean sustainable model which is less destructive and favors the socialization of the population.



figure 2.1 Aerial view of Alexandria

2.2 Moving towards a sustainable ban approach

2.2.1 The management of the territory

A management of the territory looking to achieve:

- Balance between urban development and the conservation of land meant for other uses (agriculture and forestry). Like the creation of green zones for leisure. To each place a different approach. Any urban plan must be linked to its land, it must respect that parameters which condition it; the relief, the landscape, the vegetation, etc.
- The conservation of the land, its ecosystems and the natural surroundings.
Giving up an isolated settlement on the periphery of a city which has a lot of land (Diffused city) in favor of housing with a higher population density (Compact city) is the first step towards a sustainable urban model.

The compact city allows us to bring together the living space and the place of work and allow for a more efficient organization of public transport of more dispersed zones. The great challenge is making the compact city a place of socialization, making it an attractive place to live where the inhabitant does not need to look desperately for a one familiar house with a garden.

The impact of construction on the territory will depend on the density of the housing to be designed. So, as we can see in the following chart 2.1, the grouping together of many families in a building has many ecological and economical advantages.

Chart 2.1 Comparative analysis of the impact of three different types of housing

	8 houses in isolate houses	8 houses in 2 bands of 4 back-to-back ones	8 houses in multi-family building
Amount of land occupied	100%	70%	34%
Surrounding surface	100%	74%	35%
Heating energy	100%	89%	68%
Construction cost	100%	87%	58%

Within the compact city the district seems like the ideal framework for the majority of citizens, it is especially important for children, elderly people and the inactive population. One aspect to have in mind is that the high level of diversity in the districts of the compact city.

The layout of the cities: fundamental, well orientated.

One of the most interesting and effective strategies would be the correct layout of the streets so as to take advantage of the solar radiation and take advantage or protect oneself for the wind. Streets lined on a east-west axis will produce south facing sides, ideal for capturing, and facing north, behaves well in the summer.

2.2.2 The urban management

A sustainable urban approach must pay special attention to the saving of energy, water and resources, to waste management, the impact of acoustic noise and the creation of a pleasant surrounding based on green zones.

Diversity is favored, people relate with each other in the existing green zones, because of their psychological and environmental benefits, it is necessary to create meeting places.

2.3 A city that moves collectively

A city design should reduce the distance between the home and the place of work and at the same time should favor collective transport, pedestrians and cyclists.

- The district of Vauban in the German city of Freiburg gets its name from an absence of cars. By designing the city so that the home, place of work and public services are grouped together people can give up their cars. Two collective transport stations close to the parking areas do justice to the district's name.

3 The design of the buildings. Bioclimatic

Many question the improvement that a environmental architecture project could have. If it requires the learning and application of new methods, this does not necessarily entail an extra initial cost, as we simply are referring to the creation of a more sensitive architecture regarding environmental costs that could arise. which could increase energy efficiency throughout.

If it is possible to implement various systems to capture energy, the application of particular construction systems, the care with which the work is carried out, the grouping and cataloguing of the waste produced by construction and demolition or the use of less common materials require requires an additional cost above conventional construction. But is it also true that the use of solar panels, to use an example, represents a long term saving. The repayment schedule is known beforehand and in addition, there are the collective environmental benefits of reducing the consumption of new renewable forms of energy and the decrease in the emission and gases which contaminate.

It is also true that the research required for a project of these characteristics are of greater importance and the participation of the different disciplines like the those educated technicians in environmental science would be recommended.

Nevertheless, as we will see in the following pages, we can always think of the incorporating to the architectural project a series of strategies of passive refurbishment which require no more than previous knowledge of the surrounding and its application and use of the adequate parameters than determine it, such as the sun, the wind currents, rainfall and surrounding vegetation.

3.1 Exposure to the Sun

The necessity to provide natural light to those buildings with living spaces has always been known. From this premise, we can take advantage of the infrared fraction of solar radiation (that which is able to provide warm energy) and stipulate a series of strategies which allow for the capture, storage and use of it, condition therefore, our interior environment. To do this, all that is needed is to expose our interior dwellings to this radiation, adequately orientating

them and allowing for constant exposure to the sun. (figure 3.1)

The first condition, therefore, is to know the position of the sun the whole year round, a parameter which varies depending on the latitude and the day which we are at. The sun moves through, from our position, is lowest and shortest possible point during the winter solstice (22nd December) whilst the summer solstice (21 June) is when it is at its highest and longest point, where the longest day of the year occurs. (figure 3.2)

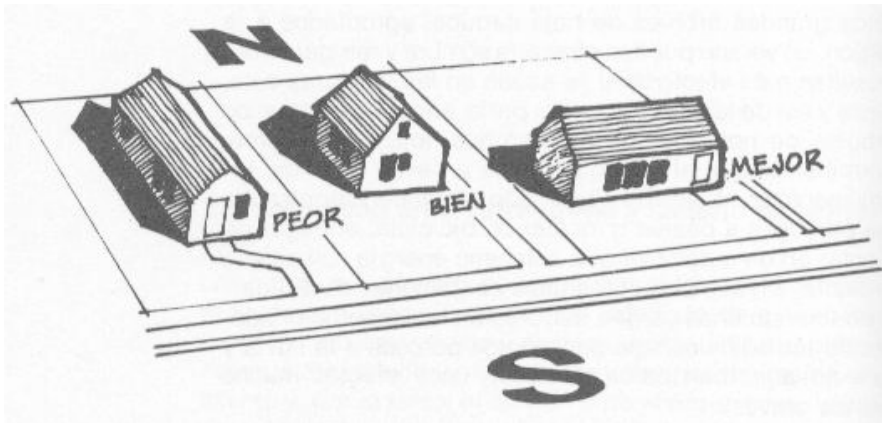


Figure 3.1 A south facing house in the sun

We can naturally and simply take advantage of the consequence without needing to rack one's brain about consuming energy; if we look at the sun, if the orientation is sought for at midday, to the south, we will achieve that during the winter the sun reaches all the rooms, given that the sun's trajectory is low and the angle of incidence with respect to the horizon is small. We will have solar radiation and therefore heat.

During the summer the angle of incidence is increased due to the higher trajectory, which will cause less sun to enter the interior and will contribute to avoiding overheating of the used areas. If we add elements of solar protection as well, like parasols, arbors, marquees etc, we will contribute to maximizing the refrigeration effect we hope to achieve.

In addition, and basing on this thesis, we know that the side which receives more sunlight during winter is the south facing, which is at the same time the side which receives less in the summer, therefore, with the adequate orientation we are immediately, and without any conventional energetic contribution, we are in a position where we can optimize the performance with conditioning systems with all buildings.

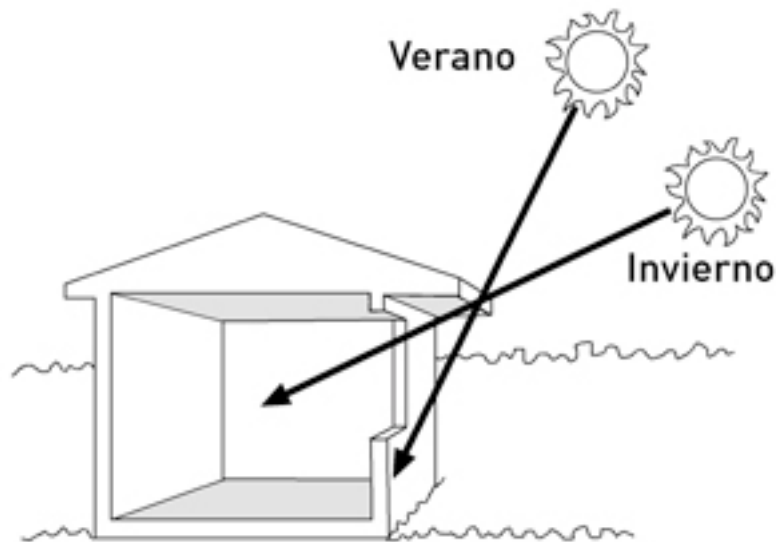


Figure 3.2 Trajectory of the sun in winter and summer and its repercussion on the building

3.2 Energy storage and the restitution of the interior environment

Once we have the solar contributions, we should be able to store this energy and use it towards our ends. To do this, we will study which parts of the interior areas (floors, ceilings, walls) the sun hits and we will have available to us the necessary materials to store this energy.

If we stop and think, we don't have to be too technical. All we need is logic and the experience gathered by each of us to explain this phenomenon.

Let us think of different basic materials, such as stones, bricks, metals or woods. We know that each one has a different technical behavior; stones under the sun heat up a lot, more so if they are dark, and less so if they are light. Something similar happens to brick depending on the mass that they have. We can extract an everyday example in soups that are served in clay pots.

Of metals we know that they heat very quickly and preserve a large amount of heat and that they cool down equally as fast.

Of wood, on the other hand, we know of their difficulty in conducting heating energy and their low energy storing capacity (depending on the type), with a slow recitation process.

If we know, therefore, how the materials behave (and we can get very precise data about this) we can use the most adequate for the receptor parameter of the solar radiation. In this

way we can control the accumulated energy and the restitution of the interior environment. This sequence of contribution, accumulation and restitution will be different in time and in quantity and will bring us more or less adequate answer regarding comfort needs.

3.3 Passive Strategies

If we improve the use of heavy materials (natural stone, artificial rocks and ceramics), we will contribute to having an abundant mass, with a good thermic accumulation capacity and slow taking restitution. Hence, we will achieve walls with considerable thermal inertia.

The functioning sequence in the case would be the following: during the day, the sun would hit surface of the parameter heating gradually the exposed thermal mass and storing itself in it. When the sun is no longer shining, the temperature of the area would decrease and the wall, which has a greater temperature, would start to give off the energy into the environment until it has no more stored up.

To obtain a wall which is has good features with regard to thermal inertia, we must optimize each one of the stages which are integrated into its functioning sequence. Firstly, we must make sure that we make the most of the what is captured, placing special importance on the conservation of heat and the texture of the recipient parameters.

- When the heat is dark one gets the maximum percentages of incidental radiation absorption. Black has 100% absorption. The lighter colours would be on the extreme opposite, with percentages under 50%. The absorption of white colour would place is very near 0%. It is not coincidence that the predominate colour of the enclosures of Andalusian towns is white of the whitewashed exterior parameters (Chart 3.1).

Chart 3.1. The relation between colour and the capacity to absorb of the materials

Colour	Absorption
Very light	0,10 – 0,20
Light	0,50
Medium	0,80
Dark	0,90
Very dark	0,92 – 0,95

Another factor to keep in mind is the texture of the walls. If it is has a speculative character, like you could find in a polished finish, the reflexive component would increase and therefore decrease the percentage of radiation absorption. In the opposite case a matted or rough surface would be put in place.

The angle of incidence of the solar radiation also turns out to be transcendent, at its maximum when it is perpendicular.

The second stage of the process would consist of the capacity of thermal storage, which basically depends on the thickness of the wall and the thermal intrinsic qualities of the material it is made of, just as we have commented on before. The third stage of the process, without it being a chain of facts, consists of the restitution of the stored energy, heating the interior area and reducing, but not excluding, the energy contributions derived from the use of conventional energy. Two factors influence this stage in particular:

The quantity of energy which will be transferred to the area and this will happen until a thermal balance is reached.

The time it will take to begin to transfer the heat, or to put it another way, the time that will exist between the start of the capture and the start of the restitution.

This time period can be correctly predicted through the correct design of the wall.

In conclusion, we can say that there is a clean, free source of energy which is available to us everyday and which we can canalize towards our home. The hard work on our part consists in preparing the receptor for the adequate use. The consideration of thermal inertia has a passive strategy demands a formal and constructive coherence just as was the case in the chapters dedicated to sustainable construction systems.

The constructions that contain heavy materials in their walls, are used, in the place, to fill its energy storage, which means that the environment will take longer to reach a comfortable situation, but once achieved, it produces a thermal stability which brings about very few variations in the interior temperature, whether it be daily and seasonally speaking, assuming roughly the oscillations which occur in the exterior environment.

It is a good solution for those climates where there is a big difference between temperatures during night and day, even between summer and winter, given that the thermal inertia corrects and eases out the extremes. It is also recommended for those with of a permanent and continued character (which is the case in a residential building), where the conditions of comfort should remain unchanged every day of the year.

To give an example which may clear things up, we have all experienced the difficulty or heating a house with no, or rarely present, inhabitants, especially if we are talking about a rural area, where they are constructed using very thick walls and they are made up of stone or crude earth, both of which have a large thermal inertia. When we try to occupy one of these constructions for a short amount of time, we either have to turn on the heating very early in advance or we have the unpleasant experience of trying to make acceptable conditions and the reason for our visit coincide. It may be considered a bit of an exaggeration but it is not untrue.

3.4 The passive strategies: the greenhouse effect

Within the global approach of analyzing that which is naturally available to us , giving it a proper use and avoiding when possible the contribution of conventional energy, we find a way of simple and effective way of generating heat through the greenhouse effect. It basically consists in the glassed in space, permeable to solar radiation, which allows the sun to shine on the thermal mass (wall, floor or ceiling) which acts as a receptor of the incidental radiation. Later, when giving back the absorbed energy, this energy is trapped by the glass meaning that it is not let out (figure 3.3). All this translates to a progressive heating of the air contained within the greenhouse which can be used to naturally heat with living space adjacent to it. However, it is paramount that we have shade providing systems for the summer months allowing ventilation to the exterior areas so as to avoid overheating and all its unpleasant consequences to the interior comfort.

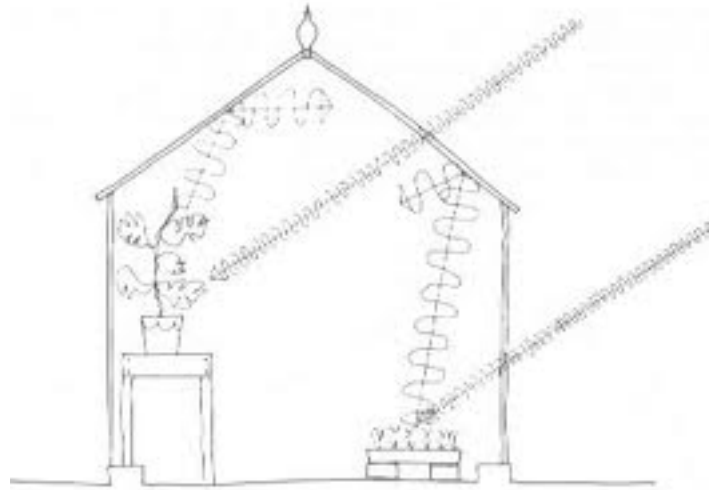


Figure 3.3. the greenhouse effect

3.5 Passive strategies of refrigeration.

Up until now we have only talked about the possibility of contributing heat, but in the same way and with the same premises we can cover the needs of refrigeration using passive conditioning techniques.

We will start by placing an emphasis of the dual role that it can play in environmental contort: the thermal inertia. We have always presented it as a receptor of heating energy, and in summer conditions it assumes the same functions, taking the heat from the warm area and in this way contributing to reducing the interior temperature.

It is vital that the sun does not get through in any way to the room and that the parameter put in charge of trapping the heat is in a position to do so, this is i.e. shaded and cold. Thinking of the wall as a energy storage unit, it's output would even be beneficial at night (opening the window allowing for air circulation) dissipating the storage heat and preparing it for the next day.

Coming back to well know examples, we can imagine a habitat, usually reviled, but which still offers good benefits: the cave or buried house (figure 3.4). We will not find another way of confining spaces which possess a greater thermal inertia, which allows for a greater and more enviable daily and seasonal thermal stability and above all, under extreme climatological oscillations.

In one way or another, the sun, in summer, should not penetrate the buildings. To do this, architecture has used a large number of different resources over the years on the gaps and parameters of the facade; parasols, shutters, lattices, blinds et; presently, the types of glass

themselves contribute greatly to control the reflective and absorbent variables.



Figure 3.4 Caves at Sacramonte, Granada

3.6 Passive strategies of refrigeration: the movement of the air.

The consequences of the movement of the air, whether it be geographical (the wind) or if it is produced inside the habitat (ventilation) are used as a passive strategy toward environmental refrigeration. (figure 3.5)

If we concentrate on the capacity for aeration in the interior space, the use of 'crossed ventilation, which is the exploitation of the difference in pressure and temperature between facing sides, the positioning of the chimneys which naturally aid the air currents (induced or not by the heating of the air in the area) or the placing of small courtyards in the interior zones of the dwelling, we achieve the healthy and hygienic renovation of the air and gives us effective systems which mitigate the effects of overheating on the rooms.



Figure 3.5 Ventilation by air

Good yield are also obtained with the installation in favorable latitudes of patios, where the microclimate which is formed, has to do with the capacity of the air to create and stratification of layers which allow the coldest (the heaviest) to be situated in the inferior part and benefit, therefore, directly all the layers which are in direct contact with it.

We can also use strategies uncommon in vernacular architecture nor in current architecture, known as latent cooling and which consists of bringing together the contributions got from air movement and the flow of water. If we make a dry air current pass through a humid zones, whether it be for the presence of vegetation or for the placement of fountains or ponds, the air will become more humid (giving it more quality) and will be cooled. Which in turn will contribute to lowering a few degrees the temperature of the environment.

3.7 The User's manual

What is left is to make sure that all that has been predicted, works as it has been predicted to do. For which we must stress the role that the user must assume in the reception of the property, turning him into a key piece in the process of installing bioclimatic techniques into buildings.

It is a controversial subject talking about strategies that need the correct manipulation by the user for the correct functioning of the apparatus. Or, on the contrary, trying to conceive architectural designs that don't need a user; i.e. the correct positioning and composition of all the elements would be enough to achieve the desired results. In principle, the second option seems more desirable, as it does not depend on anyone; its procedure has been studied and

much be adjusted to. It is not dependent on user who could be untrained, which would without a doubt, cause anomalies in the comfort of the dwelling. However, we must weigh up the fact that the parameter involved are subject a great number of variables and therefore, the behavior of the designed strategies will be different in every situation. The possibility of adjusting the variation through the manipulation of particular elements, gives flexibility to the interior environmental conditions and involves deeply in the knowledge and control of his habitat, being aware of the environment which is his. The manipulation of the mechanisms capable of controlling the correct functioning of the predicted strategies can be carried out manually or through the installation of sensors responsible for stimulating automatically their operation. (land of automation).

Attempting to conceive of the user's manual, would place us in the first of the options proposed at the start; the manual must be direct and simple, should not contain excessively technical terms and should be aimed at an ample section of the population, who don't necessary need to have architectural knowledge. In it there should be basic notions about what interior environmental control means, a basic study of the climatology of the environment, instructions about the strategies developed in the dwelling, the way it works and its correct maintenance; they could even include conditions of use and modification of the spaces, the materials and techniques needed in any situation and information about the role that control of urban solid residues can have on the environment.

4 MATERIALES PARA LA BIOCONSTRUCCION

4.1 AISLANTES

4.1.1 LANA

4.1.1.1 Descripción y presentación

La lana es la fibra tupida, suave y rizada que recubre la piel de algunos mamíferos como las ovejas. Su extracción se realiza una vez al año, entre los meses de mayo y junio, mediante una tarea denominada esquilado. La producción dependerá de la especie del animal esquilado, pero se calcula que una oveja Merina proporciona anualmente entre 3 y 5 kilos de lana. El empleo de la lana como material aislante lleva implícito unos tratamientos consistentes en un lavado mediante jabón biodegradable y un posterior tratamiento con sal bórica para fortalecer y proteger la fibra contra el ataque de xilófagos a la vez que aumenta su capacidad de resistencia contra la combustión. Tras esto se realiza el cardado.

Una vez preparada se presenta en: placas sin papel, placas con papel y suelta. Los grosores de las placas varían entre 2 y 16 cm, el ancho es de 80 cm y el largo de 725 cm. Cada rollo contiene 5,8 m².

Los sacos de lana suelta contienen 5 Kg, lo que representa unos 0,2 m³ (80x50x50cm).

4.1.1.2 Cívulo de vida

- Producción

La presencia de ovejas (figura 4.1) proporciona una fabricación in interrumpida y completamente ecológica en cuanto a: nula contaminación, materia renovable, recurso autóctono y gran ahorro energético. Una oveja Merino puede producir durante toda su vida entre 45 y 60 kg. En el pasado año la producción de lana en España fue de unos 26 millones de toneladas.

- Transformación

Tras el esquilado, la lana se lava y se realiza un tratamiento fortalecedor y protector a base de sal bórica. Seguidamente se carda y se presenta:

suelta y en placas (figura 4.2).



Figura 4.1:Oveja



Figura 4.2: Placa de lana

- Recuperación

posee una durabilidad ilimitada y, una vez tratada, no le atacan los insectos. Como residuo es totalmente biodegradable.

- Aplicación

Se utilizan como aislamiento térmico y acústico (figura 4.3) en el relleno de cámaras entre medianeras, en cubiertas, etc. También se emplean en el aislamiento de cables eléctricos en forma de cinta de algodón barnizada. Los talleres mecánicos las utilizan para limpieza.



Figura 4.3: Aislante de lana

4.1.1.3 Puesta en obra

4.1.1.3.1 Pruebas de reconocimiento

Aglomerado de fibra natural de lana en color blanco amarillento.

4.1.1.3.2 Aplicaciones

- Relleno de cámaras entre medianeras.
- Bandas aislantes en fachadas y cubiertas.
- Techos acústicos.

- Tuberías, depósitos y paneles solares.

4.1.1.4 Recomendaciones

- El uso de este material y la compra directa del producto a los propios pastores ayuda a mantener las pequeñas economías ganaderas que se encuentran prácticamente en toda la península y las islas.
- En autoconstrucción existen ejemplos de aplicación para el relleno de cámaras con lana humedecida mezclada con cal apagada. Se deja secar un tiempo para facilitar la puesta en obra. Es muy importante utilizar mascarilla durante su aplicación y protegerse de posibles quemaduras.
- En construcción utilizar la lana siempre con un tratamiento previo (sal bórax, cal, etc.) que evite el ataque de parásitos.

4.1.1.5 Propiedades

- Si miramos una fibra de lana al microscopio observamos que presenta una cutícula formada por diminutas escamas imbricadas como las tejas de un tejado y, además, están atravesadas por numerosos canalillos que son los causantes de su capacidad de absorber humedad (hasta más de un 40% de su peso). Este agua absorbida y su composición en queratina la convierten en un material poco combustible y con el punto de inflamación más elevado de todas las fibras naturales.
- Es un material muy elástico que concede a los tejidos fabricados con ella la propiedad de inarrugables.
- Teniendo en cuenta la necesidad de reducir el consumo energético y la emisión de monóxido de carbono a la atmósfera, la lana posee un balance energético muy positivo en cuanto a que su producción tiene un reducido consumo de energía, evita gastos de transporte por tratarse de un material local y su empleo reduce enormemente los gastos de energía.

4.1.1.6 Características físicas y mecánicas

- Conductividad térmica(WLG040): **0,035 W/m² K**
- Difundibilidad a vapor: **u=1,66**
- Clase de protección contra incendios: **B2/nach DIN4102**
- Temperatura máxima tolerable: **160 °C**

4.1.2 ARCILLA

4.1.2.1 Descripción y presentación

Geológicamente la arcilla es una roca sedimentaria impermeable de estructura pulverulenta. La resistencia que le confiere el proceso de secado y cocción posterior a la mezcla con agua, han hecho de ésta un material empleado en todos los tiempos para la fabricación de piezas cerámicas: tejas, ladrillos, revestimientos, vajillas, lozas, etc.

Entre los diferentes tipos de arcilla que existen encontramos una de tipo fuerte que se expande a los 800°C, contrariamente a la utilizada en cerámica, muy inerte y arenosa. De esta arcilla se elabora un material que la industria de nuestro tiempo ha transformado en un árido ligero con propiedades de aislamiento gracias a una estructura altamente porosa, se trata de la arcilla expandida. Su fabricación pasa por diversos procesos: triturado, micronizado, secado, aglomerado con agua, mezclado con carbonato cálcico y cocción en un horno de tres fases (precalentador entre 900 y 1000 °C, expansor entre 1150 y 1200 °C y enfriador con riego final). El resultado son unas bolas de barro de diferentes granulometrías y densidades dependiendo de su aplicación:

- aislamiento de cubiertas, jardinería, horticultura: granulometría 8-16 mm y densidad $325 \pm 50 \text{ kg/m}^3$.
- prefabricados, recrecidos, hormigones aislantes: 3-8 mm y $350 \pm 50 \text{ kg/m}^3$.
- capas de compresión, estructuras en edificación: 3-8 mm y $550 \pm 50 \text{ kg/m}^3$.
- morteros refractarios, hormigones superligeros: 0-4 mm y $575 \pm \text{ kg/m}^3$.
- pretensados, obra civil: 3-8 mm y $750 \pm 50 \text{ kg/m}^3$.

El suministro puede realizarse en sacos de 50 l paletizados (70 sacos por palet), en gransacos de 1,5 o 3 m³, en bombeo con cisterna o a granel en camión basculante.

4.1.2.2 ciclo de vida

- Producción

La arcilla se extrae de canteras a cielo abierto (figura 4.4) localizadas en España en las cuales se desarrollan planes de reforestación una vez finalizados los trabajos de extracción.

- Transformación

En el proceso de molturación, la arcilla se tritura hasta 5 / 15 cm. Seguidamente, en el molino se microniza al mismo tiempo que se seca inyectando aire a presión y a una temperatura de 450 °C. En la granulación de la arcilla, se mezcla con agua y por efecto de la fuerza centrífuga

se convierte en granos esféricos. En el proceso de cocción (figura 4.5) se produce la expansión de la arcilla en hornos rotatorios gracias a un choque térmico a 1200 °C.



Figura 4.4: cantera de arcila



Figura 4.5: proceso de cocción

- Recuperación

Es un producto químicamente neutro (figura 4.6) que no desprende gases ni malos olores. No se deteriora ni sufre ninguna modificación con el paso del tiempo.

- Aplicación

Como aislante en relleno de cámaras, soleras, consolidación de forjados, cubiertas, rellenos ligeros, prefabricados (figura 4.7) (bloques, bovedillas, placas de cubierta, refractarios, etc), jardinería, etc.



Figura 4.6: arcilla



Figura 4.7: prefabricado de arcilla

4.1.2.3 Puesta en obra

4.1.2.3.1 Pruebas de reconocimiento

Bolas ligeras de diferentes granulometrías y con una gama de colores dentro de los terrosos.

4.1.2.3.2 Aplicaciones

Árido ligero con propiedades de aislamiento térmico y acústico. Entre las múltiples aplicaciones que posee este material he seleccionado dos:

4.1.2.3.2.1 Cubiertas ajardinadas (figura 4.8)

Puede utilizarse en sustitución de la grava de drenaje, mezclada al 50 % con el sustrato, reduciendo a la mitad el peso de la cubierta, favoreciendo el crecimiento de las plantas y protegiéndolas de las heladas o la excesiva evaporación.



Figura 4.8 : Cubierta ajardinada

4.1.2.3.2.2 Rehabilitación de forjados (figura 4.9)

El empleo de la arcilla expandida en los rellenos de forjados ofrece una elevada resistencia a la compresión y una densidad mínima. Además proporciona aislamiento térmico y acústico entre plantas unido a una elevada protección contra incendios.

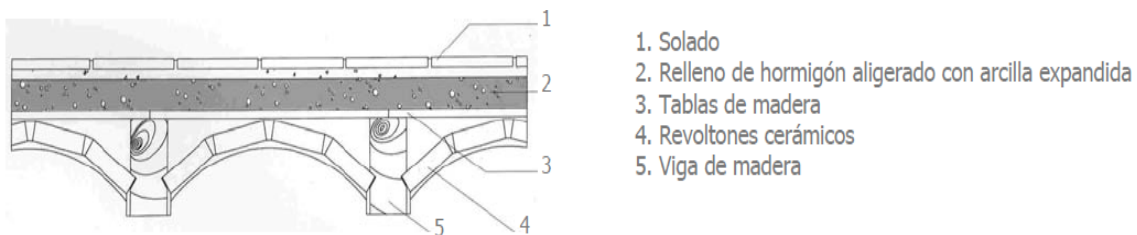


Figura 4.9: Rehabilitación de forjados

4.1.2.4 Propiedades

- Aislante térmico gracias a las innumerables burbujas de aire que quedan atrapadas en el proceso de expansión.
- Aislante acústico gracias a su estructura porosa.
- Ligereza, reduciendo en un 70 % el peso frente a otros áridos y manteniendo una estructura muy resistente.
- Alta resistencia a la compresión y otros esfuerzos mecánicos debido a su estructura clinkerizada y la corteza dura y resistente de su superficie.
- No desprende gases ni malos olores, no le afectan las sustancias químicas, resiste heladas y cambios bruscos de temperatura.

- Es incombustible y resiste temperaturas hasta 1150 °C incluso estando expuesto durante largo tiempo a las llamas o fuente de calor. Es ignífugo y reduce la transmisión del calor.

4.1.2.5 Características mecánicas y físicas

- Granulometría nominal UNE 7139 : **8-16 mm**
- Densidad real DIN 4226 : **600±50 kg/m³**
- Densidad aparente UNE-83-134-70: **325±50 kg/m**
- Conductividad térmica UNE 92 - 202 - 89 : **0,073 Kcal/h.m.°C**
- Resistencia a compresión prEN 13055 - 1 : **10 kp/cm**
- Absorción de agua en 24 horas ASTM C-127: **20 % en peso**
- Temperatura máxima de utilización PNE-61-040: **1.150 °C**
- Comportamiento al fuego UNE 23-727-80: **M-0**
- Resistencia a las heladas : **sin alteración**
- Contenido en cloruros UNE 80-217: **Aprox. 0**
- Pérdida de masa por la acción de sulfatos ASTM C-88: **Aprox. 0**
- Pérdida de masa por ignición ASTM C-114: **Aprox.0**
- Contenido en terrones de arcilla ASTM C-142: **0**
- Contenido en materia orgánica ASTM C-40: **0**
- Contenido en compuestos colorantes ASTM C-641: **0**

4.2 AISLAMIENTOS

Los aislantes ecológicos se encuentran en un momento de crecimiento y cada vez son más las empresas que comercializan diferentes materias primas naturales, en formatos aplicables a la construcción: la industria del lino ha desarrollado un panel aislante, que puede colocarse de un modo similar a la fibra mineral, la lana se transforma en esteras aislantes y el algodón se emplea en formato de mantas.

Además de los productos comercializados, existen multitud de posibilidades en el uso de materias primas vegetales para aislar nuestras casas de un modo económico y eficiente, sólo tenemos que mirar a nuestro alrededor para encontrar la mejor solución.

Los ejemplos presentados a continuación, han sido descubiertos en construcciones tradicionales y continúan empleándose en nuestros días. Algunos de ellos no cumplen los requisitos exigibles en la construcción actual, en lo referente a normas, ensayos, etc, por lo que se plantean como alternativas en autoconstrucción o edificaciones experimentales.

- PAJA ha sido un material de construcción desde hace miles de años. En Inglaterra se usaba para cubrir techos o mezclarla con barro para hacer un tipo de mortero. La paja es un conductor muy pobre del calor, por lo que la temperatura, en el interior del edificio, se mantiene estable.
Su uso exige una mineralización previa que elimine las proteínas existentes en la materia, pues podría atraer a insectos y parásitos. Esta tarea puede realizarse sumergiendo la paja en una disolución de agua con un 5 % de cal.
- FIBRA DE COCO se extrae de la cáscara de nuez del coco. Su uso se centra, sobre todo, en el aislamiento acústico de suelos ya que con tan sólo 18 mm puede conseguirse un poder fonoaislante de 26 dB. Posee una densidad de 124 kg/m³. Su clasificación al fuego es M3. No le atacan el moho ni la humedad. Su conductividad térmica es de 0,045 W/mk. Su difusión al vapor es 1. Su instalación evita la corriente electrostática y es un producto que permite ser compostado. Es importada del Extremo Oriente, lo cual puede llevar a una contradicción, ya que su transporte exige un elevado consumo de combustible frente a otros materiales, pero también es cierto que es muy abundante, que en su mayoría se quema y que su uso abriría fuentes de ingresos para las, normalmente, maltrechas economías.
- ALGAS se han utilizado durante mucho tiempo en construcciones tradicionales de Ibiza e Islas Baleares. Su colocación en cubiertas se realiza tal y como muestra la imagen (figura 4.10) :

- 1- Arcilla.
- 2- Residuos provenientes de hornos de cal (mezcla de ceniza y cal) que absorben la humedad y aseguran la evaporación.
- 3- Algas que aíslan los techos de la humedad y constituyen una barrera térmica.
- 4- Techos de sabela, o cañas, ramas o también “piedras de marès”.

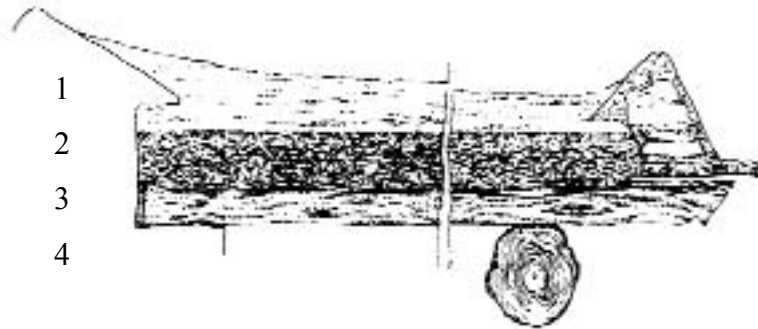


Figura 4.10: Cubierta con aislamiento de algas

- CASCARA DE ARROZ la literatura sobre distintas aplicaciones de la cáscara de arroz en construcción data de más de un siglo, llegando a clasificar 262 referencias bibliográficas sobre propiedades y empleos de éste material. Un ejemplo lo encontramos en el proyecto de investigación “*Materiales, Tecnologías y Prototipos de Viviendas de muy Bajo Coste*” realizado en el **Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja**, a través del cual se analizó la fabricación de un material de construcción para su empleo como aislante térmico, a base de cemento y cáscara de arroz tratada con cal. La propuesta es la presentación del proceso de producción de elementos ligeros a base de un subproducto agrícola (cáscara de arroz) y otro industrial (ceniza volante). Otro proyecto de investigación del **IETCC** fue “*Materiales, Tecnologías y Prototipos de Viviendas de muy Bajo Coste*”, en el cual se estudió el comportamiento puzolánico de las cenizas de cáscara de arroz en hormigones. Los resultados obtenidos en estos proyectos fueron satisfactorios y han ayudado a demostrar la eficiencia en el uso de algunos subproductos naturales.

Es de gran interés mencionar las intenciones que impulsaron estos trabajos:

- 1- Ahorro de materiales escasos (conglomerantes tipo portland) mediante su sustitución parcial por ceniza volante y ceniza de cáscara de arroz.
- 2- Puesta a punto del proceso de producción de un material de reducido peso específico, excelente comportamiento como aislante térmico, buena respuesta fónica y frente al fuego, fácil trabajabilidad, etc.

- 3- Industrialización del proceso productivo de la vivienda como vía a la solución de los problemas de alimentación, salud y vivienda.
 - 4- Posibilidad de creación de plantas productoras autóctonas, en países en desarrollo, que ayuden a reducir su dependencia con el extranjero en la importación de materiales como el cemento y que reduzcan la especulación y el mercado negro que rodea este producto.
- MAZORCAS DE MAIZ existen diversos ejemplos en el uso de este subproducto agrícola, en la mezcla de morteros, concediéndoles ligereza y poder aislante. El hecho de incluir la cal en la mezcla de mortero evita el ataque de insectos o parásitos.
 - CORTEZA DE PINO su uso en construcción exige un tratamiento previo a base de sales de bórax.
 - CORTEZA DE AVELLANAS, ALMENDRAS Y NUECES puede emplearse en el relleno de cámaras en muros y cubiertas. Para ello, es necesario realizar un tratamiento previo de pentaborato consistente en mezclar ácido bórico y bórax en proporción de 1:1 disuelto en 100 litros de agua.

4.3 Cerramientos

4.3.1 ADOBE

4.3.1.1 Descripción y presentación

EL adobe es un ladrillo de barro sin cocer secado el sol. Lo más importante en el momento de fabricar esta pieza es: la selección de la tierra que lo compone. Esta no debe contener materia orgánica ni sales solubles y su granulometría será la adecuada. El grupo CRATerre (Centro de Investigación y Aplicación del Material Tierra de Francia) en su libro “Construir en tierra”, establece unos márgenes en la proporción de los componentes de la materia tierra: 0-15 % Grava / 40-50 % Arena / 20-35 % Limos / 15-25 % Arcilla.

Pero también ofrece la mezcla ideal:

62 % Arena

18 % Limos

20 % Arcilla

Para conseguir impermeabilizar el adobe puede utilizarse como estabilizador la cal en una proporción del 15 al 20 % en volumen. Esto mejora la calidad del adobe aunque eleva su coste de 3 a 5 veces. También puede agregarse a la mezcla materias inertes compuestas de fibras de paja con una proporción del 20 % en volumen. Esto concede a las piezas resistencia y cohesión.

Existen otras propuestas en los porcentajes ideales para la mezcla de materias así como en las alternativas de secado: ¿Debe secarse al sol o a la sombra? Algunos estudiosos del tema dicen que el sol y el viento son los mayores enemigos de los nuevos bloques, pues ambos los secan rápidamente y con consecuencia las piezas se fisuran. Según esta teoría hay que proteger los adobes durante cinco días y después pueden apilarse durante un período de secado de treinta días. En cuanto al formato de la pieza se recomienda la forma cuadrada por facilidades constructivas y de comportamiento mecánico, siendo las dimensiones más adecuadas para su fabricación: 38 cm de largo x 38 cm de ancho x 8 cm de alto.

4.3.1.2 Ciclo de vida

- Materia prima

La tierra humedecida (figura 4.11) constituyen este material. Dependiendo de la zona geográfica encontramos aditivos como la cal, yeso, paja, piedras, sangre,etc.

- Transformación

Sobre una base de suelo húmedo se realiza la mezcla de tierra y agua adecuada. Puede añadirse aditivos como la paja. En este proceso se utilizan palas, rastrillos y los propios pies pisando el barro. Realizada la mezcla, se deposita en los moldes de madera que tienen el tamaño adecuado de la pieza. Se desmoldan y se dejan secar entre dos y tres días, protegidos de la lluvia (figura 1.12).



Figura 4.11: Tierra de adobe



Figura 4.12: Moldeando el adobe

- Recuperación

Los adobes permiten ser reutilizados, convirtiendo la pieza de nuevo en barro, gracias a la adición de agua, volviéndola a moldear y secar.

Es uno de los materiales más ecológicos que posiblemente presente.

- Aplicación

Una vez secos se limpian y se mojan antes del asentamiento para que no absorban el agua del mortero, el cual se prepara con barro y paja en forma similar a la mezcla de fabricación.

La proporción en volumen de los materiales es 1 de barro por 1 de paja.

4.3.1.3 Puesta en obra

4.3.1.3.1 Pruebas de reconocimiento

El barro adecuado posee una tonalidad amarillo-grisáceo claro. Su textura es irregular, sobretodo si se incluye paja en la mezcla.

4.3.1.3.2 Aplicaciones

Permite su uso en muros portantes para edificaciones hasta 2 plantas, cerramientos en estructuras de telar, entrevigados de cubiertas planas y en bóvedas o cúpulas de regiones áridas y semiáridas.

En regiones secas se utilizan los adobes estabilizados con un 10 % de cal para la fabricación de cimientos.

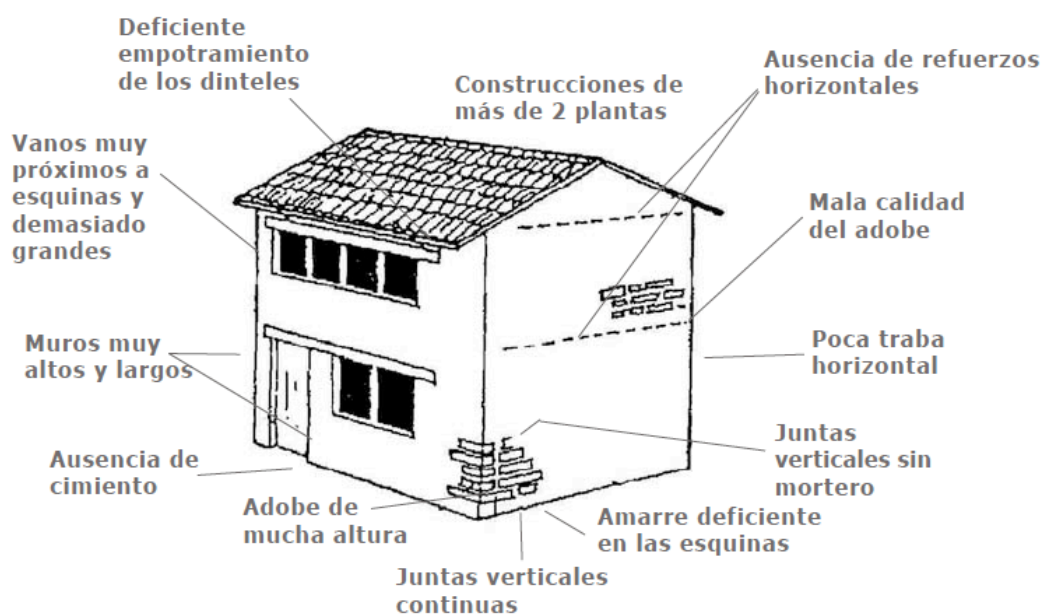


Figura 4.13: Principales fallos en la construcción con adobe

4.3.1.4 Recomendaciones

- Si pasadas 4 semanas el adobe de prueba presenta grietas o deformaciones, agregar paja al barro. Si no resiste el peso de un hombre, agregar arcilla al barro.
- Zanja para el cemento: profundidad mínima 40 cm y al menos 20 cm más ancha que el muro a construir.
- Longitud de un muro entre dos contrafuertes o dos muros perpendiculares, no debe ser mayor que 10 veces su espesor.
- La altura máxima de los muros, no debe ser mayor que 8 veces su espesor.
- El ancho de un vano no debe ser superior a 1,20 m.
- Pueden reforzarse las construcciones con caña, tanto en vertical como en horizontal.
- Los adobes deben quedar perfectamente trabados en todas las situaciones de encuentros de muros.
- Los aleros perimetrales tendrán una longitud mínima de 50 cm.
- Se recomienda el revestimiento de los muros para protegerlos de la humedad.

4.3.1.5 Características mecánicas y físicas

- Dimensión: **38 x 38 x 8 cm**
- Densidad: **1200- 1700 Kg/m³**
- Resistencia a compresión (a 28 días): **0,5 - 2 MN/m²**
- Resistencia a tracción: **Buena**
- Absorción de agua: **0 - 5 %**
- Resistencia al hielo: **Baja**
- Conductividad térmica: **0,46 - 0,81 W/m.K**
- Retracción del secado: **0,2 - 1 mm/m**
- Resistencia al fuego: **Buena**

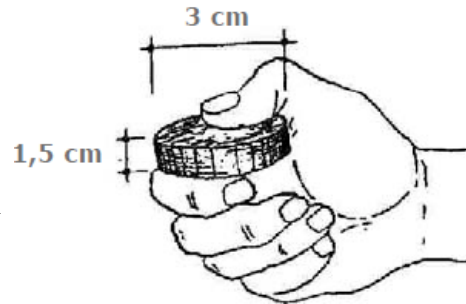


Figura 4.14: Prueba de Resistencia

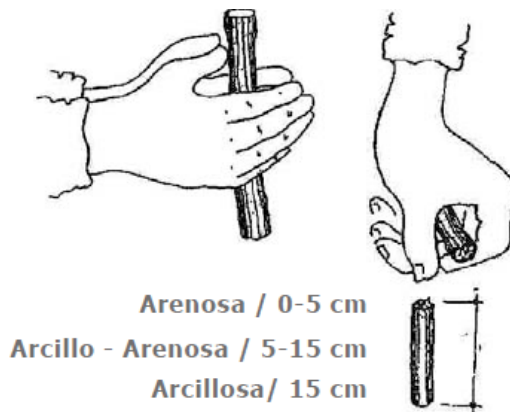


Figura 4.15: Prueba de plasticidad

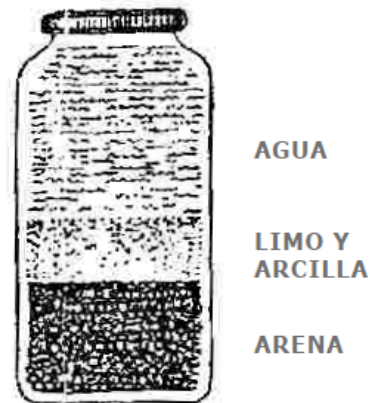


Figura 4.16: Prueba granulométrica

4.3.1.6 Puebas selección

- Granulométrica: cantidad de arena 3 veces la cantidad de limos y arcillas.
- Plasticidad: Tierra arcillo-arenosa.
- Resistencia: adecuada si el disco se aplasta con dificultad o se rompe con un sonido seco.

4.3.2 ARLIBLOCK

4.3.2.1 Descripción y presentación

El Arliblock es un bloque de hormigón ligero fabricado con arcilla expandida y cemento, con propiedades de poco peso, aislamiento acústico y resistencia al fuego, además de unas características térmicas, por su bajo coeficiente de transmisión y por su gran inercia térmica, de las que se obtienen beneficios medioambientales.

Estos bloques se fabrican mezclando uniformemente los componentes y sometiendo la mezcla a vibrocompresión. Posteriormente se comprime en el molde, y se somete a un curado con humedad controlada durante 2 o 3 días. La arcilla expandida se analizó en la ficha de materiales para aislamiento en el nº 4 de Rehabitar.

La incorporación de cementos actuales, hacen de este bloque que no sea recomendado en bioconstrucción, si lo hemos incorporado en las fichas es por la posibilidad de realizarlo con cementos ecológicos y poco contaminantes y/o con morteros de cal. Arliblock multicámaras y Arliblock caravista están indicados para realizar cerramientos, tanto en viviendas (multicámaras), como en naves industriales (caravista). Se comercializan, entre otros formatos, en los siguientes: multicámaras de 50 x 20 x 20 cm y caravista de 50 x 25 x 20 cm.

El Arliblock macizo (fabricado con mezcla de arcilla expandida de granulometría 3/8 mm y arena ligera de 0/4 mm), se utiliza para construir muros de carga de hasta 3 plantas, aislantes y resistentes. Se presenta entre otros formatos, en 50 x 20 x 30 cm. La gama Arliblock medianería (fabricado con mezcla de arcilla expandida de granulometría 3/8 mm y arena natural de 0/5 mm), se caracteriza por su elevado aislamiento acústico con relación a su poco peso, así como por sus buenas cualidades ignífugas. Entre otros, tenemos el formato 50 x 12 x 20 cm.

4.3.2.2 Ciclo de vida

- Producción

La arcilla expandida (figura 4.17) se humedece antes de que entre en contacto con el cemento, ya que así se mejora la capacidad de adherencia y mejora la cohesión de la mezcla.

- Transformación

Se somete la mezcla, de árido ligero, cemento y agua, a una vibración de alta frecuencia que permite obtener un perfecto acoplamiento entre los componentes de la misma. Una vez vibrada, la mezcla se procede a la compresión mediante la cabeza del molde, que conforma definitivamente la pieza (figura 4.18).



Figura 4.17: Arcilla expandida



Figura 4.18: Diferentes tipos de acabado

- Recuperación

Hoy en día no hay tecnología adecuada para hacer este trabajo y tampoco hay nada previsto, aunque se podría realizar un machaqueo de los bloques para producir nuevos áridos reciclados para futuros hormigones ligeros aislantes.

- Aplicación

Según el formato seleccionado, se pueden utilizar como cerramiento en viviendas o en naves industriales, para construcción de muros de carga de hasta 3 plantas o para medianerías (figura 4.19).



Figura 4.19: Pared medianera

4.3.2.3 Puesta en obra

4.3.2.3.1 Pruebas de reconocimiento

De color gris claro, presenta la textura que le proporciona las bolitas de arcilla expandida que lo componen. Es hueco y su forma es rectangular. Los huecos, en forma de cámaras, varían de tamaño y forma según el formato.

4.3.2.3.2 Aplicaciones

El espesor medio de las juntas horizontales será de 1 cm. El mortero se dispone en dos bandas para un mejor comportamiento térmico del muro. En el caso de medianerías, se dispondrá mortero abundante en toda la junta. En muros de carga, las dos bandas estarán separadas entre 2 y 4 cm (figura 4.20). En zonas sometidas a esfuerzos, como machones y pilares, el mortero cubrirá toda la superficie del bloque. En juntas verticales, si el bloque es machihembrado encajará perfectamente. Se colocará en seco, sin mortero. Si el bloque es sin machihembrar, se coloca a testa y se rellena la cavidad con mortero. En medianerías se rellenará de mortero la junta vertical para incrementar el aislamiento acústico.

Arliblock proporciona piezas especiales con remate plano, para la formación de esquinas, jambas, etc; en forma de U, para la formación de dinteles y zunchos; plaquetas, para el aplacado de pilares y forjados.

Estos bloques permiten el corte, taladro y apertura de rozas por métodos tradicionales. Para el ajuste de longitudes, estos bloques tienen un diseño especial que facilita el corte a 1/2, 1/4 y 1/8.

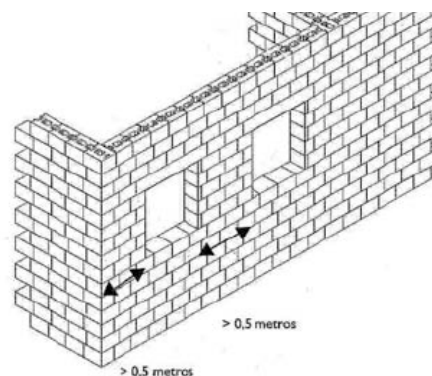


Figura 4.20: Aplicación del Arliblock y muro portante con altura máxima 3 m

4.3.2.4 Recomendaciones

Para garantizar una buena adherencia estos bloques no deben humedecerse.

Se recomienda mortero M-40.

M - 40 a (1:6) cemento : arena.

M - 40 b (1:1:7) Cemento : cal : arena.

4.3.2.5 PROPIEDADES

- Buena inercia térmica, gracias al aislante térmico que proporcionan las innumerables burbujas de aire de la arcilla expandida, lo que contribuye al ahorro energético.

- Excelente comportamiento acústico por la estructura interna de microceldillas rellenas de aire y la corteza superficial resistente.
- Propiedades altamente ignífugas, ya que la arcilla expandida, elaborada a 1200°, presenta un punto de fusión mucho más alto, con lo que logra que soporten fuegos de hasta 5 o 6 horas. No emite gases tóxicos en contacto con una llama.
- Higiene y salud medioambiental. Las paredes construidas con estos bloques son permeables, es decir, posibilitan la migración del vapor de agua desde el interior del edificio hasta el exterior. No producen condensaciones superficiales y no contienen materiales orgánicos fibrosos.
- Resistencia mecánica y estabilidad. Los edificios construidos con este tipo de muros de carga cumplen perfectamente con lo establecido por la futura normativa EN 771-3.
- Aislamiento sin puentes térmicos. Pueden limitarse utilizando piezas especiales en dinteles, jambas y aplacado de cantos de forjados.
- Rápida y sencilla colocación por sus dimensiones, forma y poco peso.
- No hace falta mano de obra especializada para su instalación.

4.3.2.6 Características físicas y mecánicas

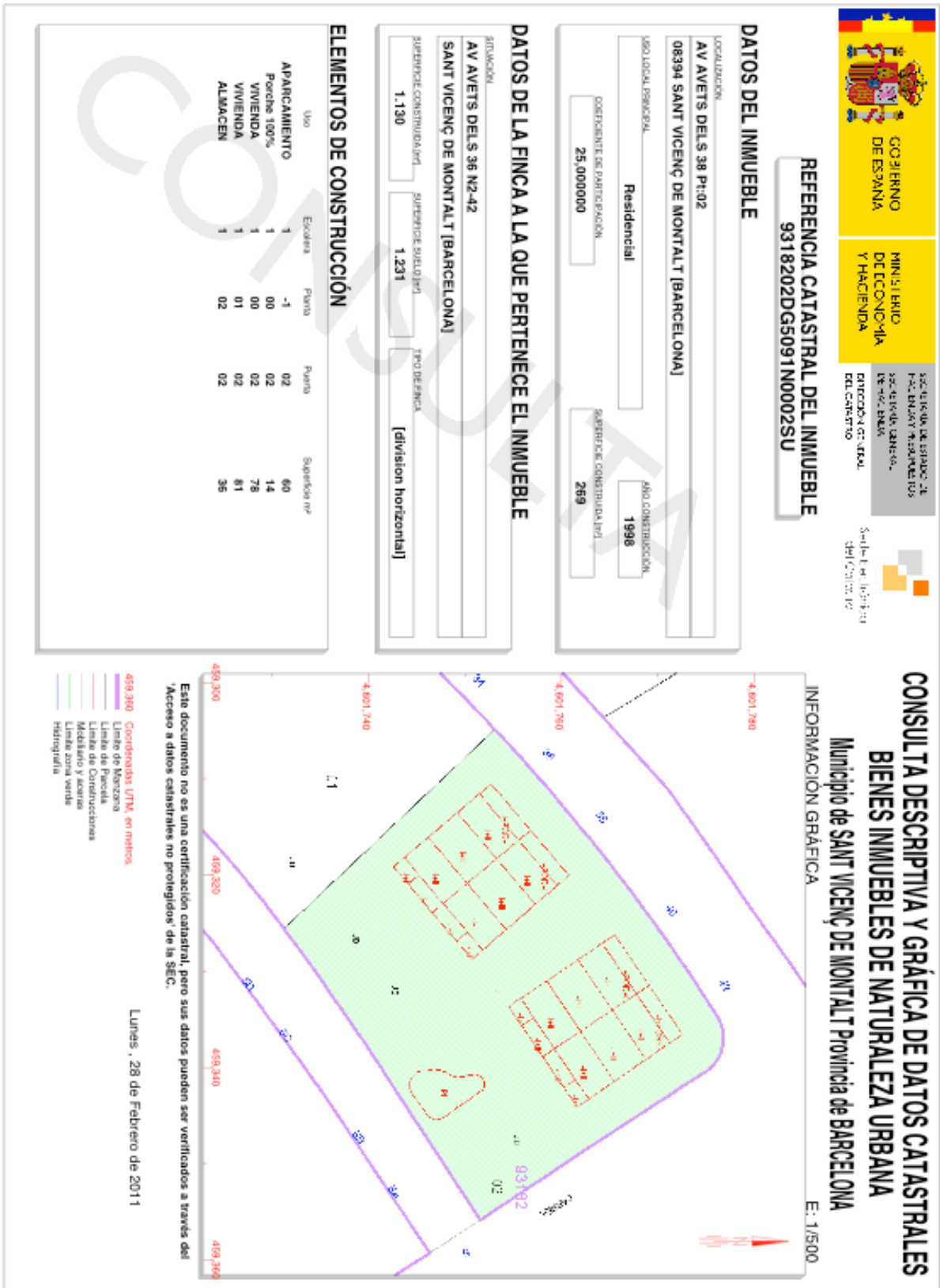
Cuadro 8.4: Características físicas y mecánicas

Arliblock	Dimensiones cm	Trasmisión térmica kcal/m ² h°C	Aislamiento acústico dB(A)	Resistencia al fuego min.	Peso kg/m ²	Resistencia compresión kp/cm ²
Macizo 30	50x30x20	0,39	52	240	250	40
Macizo 25	50x25x20	0,54	50	240	220	40
Multicámara 25	50x25x20	0,75	50	240	200	40
Medianería 12	50x12x20	0,91	45	240	140	40
Caravista 25	50x25x20	1,08	45	240	170	40

- El CLIMABLOCK tiene los inconvenientes bioconstructivos de la dificultad de controlar la procedencia de las materias primas con las que se elabora el cemento empleado y, por tanto, su contenido en elementos potencialmente nocivos, como cenizas de combustión de productos fósiles o escorias siderúrgicas. Este control es más sencillo que en el caso del hormigón celular por ser elaborado en obra con el cemento escogido.
- El CANNABRIC es el único que proporciona información completa y clara sobre densidad (ρ), calor específico (c) y conductividad térmica (k).
- El BLOQUE DE HORMIGÓN CELULAR posee el inconveniente de la incorporación, en su composición, de aluminio en una proporción de $0,5 \text{ kg/m}^3$ y la dificultad de conocer la procedencia de las materias primas con las que se elabora el cemento que incorpora.
- En la TERMOARCILLA encontramos como inconveniente la incorporación de poliestireno expandido en su composición, aunque está en estudio su sustitución por otros materiales alternativos, según fuentes del Consorcio de Termoarcilla.
- El ARLIBLOCK contiene en su composición un alto contenido de cemento, con el inconveniente ya mencionado.
- El ADOBE, en sus distintas variables, lo valoramos de un modo genérico, como el más sostenible por ser su materia prima básica, tierra. Sin embargo, en cada situación habrá que valorar la eficiencia de su uso.
- En nuestro país, también contamos con la opción de utilizar, en la fabricación de cerramientos, ladrillos cerámicos: macizos, perforados y huecos. Estos no han sido incluidos en la tabla comparativa porque las propiedades básicas que sirven para elaborar un análisis energético se encuentran únicamente para las fábricas realizadas con estos materiales, no para las propias piezas. Las especificaciones técnicas para estas se encuentran detalladas en la norma UNE 67-019-96.

5 Introducción de conocimientos en la práctica

5.1 datos de la edificación



Vivienda existente situada en Sant Vicenç de Montalt, provincia de Barcelona construida en el año 97 . Es una casa unifamiliar entre medianeras con jardín en todo su alrededor, con una superficie útil aproximada de 300 m² distribuidos en planta sótano, donde se encuentra el parking, lavadero y bodega. Planta baja, con recibidor, salón-comedor, aseo y cocina. Planta primera, con cuatro habitaciones y dos lavabos y Planta segunda, que es un único espacio abierto (altillo).

5.2 Cambios a efectuar

5.2.1 Instalación solar Térmica

1. Comentario previo:

Las instalaciones de placas solares se rigen por el Documento Básico HE Ahorro de Energía. Se encuentra en el CTE (Código Técnico de la Edificación) en la sección HE-4. Esta Sección es aplicable a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y climatización de piscina cubierta.

En nuestro caso, el proyecto a realizar es de una aportación mínima (50%) de agua caliente sanitaria. La tipología de instalación solar térmica elegida es una instalación de acumulación, para conseguir el máximo rendimiento y por tanto un mayor ahorro de energía, objetivo principal de esta instalación.

Los primeros elementos de esta instalación son los captadores solares, colocados en la parte de la cubierta reservada para instalaciones y dispuestos según el plano. La energía captada por estos calienta el fluido (agua y propilegnicol) que transcurre por un circuito cerrado de los captadores al depósito central y ésta a su vez, al agua acumulada en el depósito.

Éste está conectado a un calentador de gas natural y mediante ambos se consigue la temperatura del ACS deseada para el consumo.

2. Cálculos previos:

- Contribución solar mínima:

Primeramente tendremos que visualizar a qué zona que la normativa misma nos indica está ubicado nuestro solar. Hemos considerado que el solar está en el área del Maresme y nos da como datos que estamos en zona climática II (figura 5.1).



Figura 5.1: Contribución solar de España.

Seguidamente lo que nos concierne es calcular la posible demanda de agua caliente sanitaria que necesitará. La Normativa se rige por 30 litros por persona al día (figura 5.2).

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Figura 5.2: Tabla 3.1 del CTE HE4 , demanda de agua.

Posteriormente nos ubicamos en las tablas de contribución solar mínima y entramos los datos que hemos obtenido anteriormente.

Demanda de ACS:

$$30 \text{ litros} \times 6 \text{ habitantes} = 180 \text{ litros/día}$$

Demanda anual de ACS:

Se considera constante a lo largo de todo el año

$$\text{Demanda anual ACS} = 180 \text{ l ACS} / \text{ día} \times 365 \text{ días/año} = \underline{65700 \text{ l ACS} / \text{ año}}$$

Entrando a tablas obtenemos una contribución solar mínima del 30 % (figura 5.3).

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
> 6.000	70	70	70	70	70

Figura 5.3: Tablas 2.1 y 2.2 del CTE HE4, contribución solar mínima.

Demanda energética anual para calentar el ACS:

$$E_{ACS} = D_a \times \Delta T \times C_e \times \delta$$

E_{ACS} : Demanda energética anual de ACS de en KWh/año

D_a : Demanda anual de ACS a 60 °C de en litros/año

ΔT : Salto térmico entre la temperatura de acumulación de agua solar i la temperatura de la red de agua potable.

$$\Delta T = T_{ACS}^a - T_{red}^a = 60 \text{ °C} - 13,75 \text{ °C} = 46,25 \text{ °C}$$

$T_{ACS}^a = 60 \text{ °C}$ según CTE i Decreto de Ecoeficiencia

T_{red}^a según CTE a partir UNE 94002:2005

C_e : Calor específico del agua (0,001163 KWh/ °C kg)

δ Densidad del agua (1 Kg/litro)

E_{ACS} : 3533,9208 KWh/año

Area de captador solar:

$$A_{\text{captador solar}} = \frac{E_{\text{ACS solar}}}{I \times \alpha \times \delta \times r}$$

I : Valor de irradiación solar, en KWh/m² año, considerando una superficie de captación óptima orientada al Sur e inclinada un ángulo igual a la latitud del emplazamiento del edificio. Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m²/día). Estación: Sant Vicenç de Montalt. Tabla recogida del ICAEN (Instituto Catalán de la Energía) (figura 5.4).

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04	15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80	16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38

Figura 5.4: Radiación solar global diaria sobre Sant Vicenç de Montalt.

$$I = 17,73 \text{ MJ} / \text{m}^2 \text{ día} = 1.797,625 \text{ KWh} / \text{m}^2 \text{ año}$$

α : Coeficiente de reducción por orientación e inclinación de la irradiación recibida por el captador solar.

- Captador orientado al Sur e inclinado con un ángulo igual a la latitud del emplazamiento: $\alpha = 1$.
- En otros casos, hay que determinar el coeficiente α a partir de la figura 3.3 del apartado 3.5 del CTE HE4 que se adjunta seguido (figura 5.5).

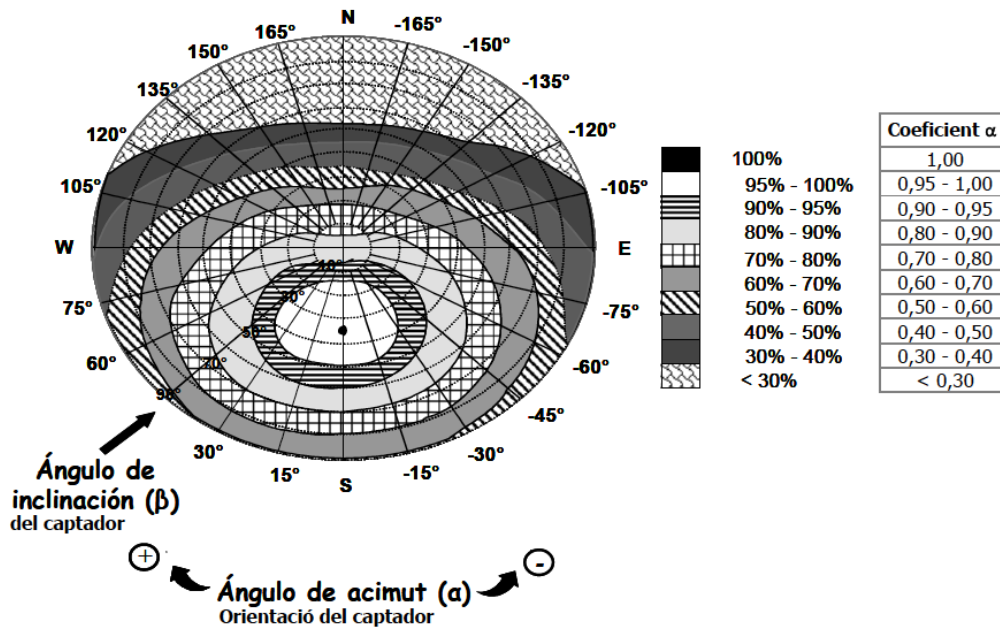


Figura 5.5: Calculo del coeficiente α

δ : Coeficiente de reducción por sombras de la irradiación recibida sobre los captadores solares.

- Si no hay sombras sobre los captadores: $\delta = 1$
- Si pueden haber sombras sobre los captadores: habrá que determinar el coeficiente δ a partir del procedimiento especificado en el apartado 3.6 del HE4 del CTE.

r (rendimiento medio anual de la instalación): Depende del rendimiento de los captadores y del resto de componentes de la instalación. En el caso de instalaciones solares unifamiliares el rendimiento estaría próximo al máximo de 0,5.

$$\mathbf{A \text{ captador solar} = 3,9 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2}$$

Para terminar y descubrir qué superficie mínima necesitaremos de colectores para que consigan captar la energía que queremos:

El sistema solar se debe concebir en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda al no ser ésta simultánea con la generación.

Para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < A/V < 180 \text{ siendo:}$$

A: la suma de las áreas de los captadores [m^2];

V: el volumen del depósito de acumulación solar [litros].

5.2.2 Captación y aprovechamiento del agua de lluvia

Aproximadamente en nuestro país la media de lluvia anual supera los 600 litros por m². Suponiendo un edificio con una cubierta de 100 m² y un aprovechamiento del 80% del agua de lluvia, tendríamos 48.000 litros de agua gratuitos cada año.

El agua de lluvia presenta una serie de características ventajosas.

- Por una parte es un agua extremadamente limpia en comparación con las otras fuentes de agua dulce disponibles.
- Por otra parte es un recurso esencialmente gratuito e independiente totalmente de las compañías suministradoras habituales.
- Precisa de una infraestructura bastante sencilla para su captación, almacenamiento y distribución.

Para muchos usos domésticos, la calidad del agua no precisa ser la de "apta para el consumo humano". Nos referimos al empleo en la lavadora, el lavavajillas, la limpieza de la casa, la cisterna del inodoro y el riego en general. En estos casos el agua de lluvia puede reemplazar perfectamente al agua potable. Además al ser un agua muy blanda nos proporciona un ahorro considerable de detergentes y jabones.

Además se deben evitar factores que pueden alterar la calidad de nuestra agua almacenada como son:

- La suciedad.
- La luz.
- El exceso de calor.

La condición previa para que una instalación funcione bien, es una buena planificación, y la selección cuidadosa de los diferentes elementos constructivos. Un punto importante que deben tener en cuenta tanto los propietarios como los técnicos de la construcción, es decidir el lugar de recogida de dicha agua pluvial:

- Techos verdes y superficies de patios no son idóneos, porque conllevan demasiada biomasa.
- Techos de tela asfáltica tiñen el agua de amarillo.
- Techos de fibrocemento (Uralita) desprenden fibras de amianto.
- Cualquier otro tipo de cubierta es apto.

El diseño básico de recogida de aguas pluviales (figura 5.6) consta de los siguientes elementos:

1. **Cubierta:** En función de los materiales empleados tendremos mayor o menor calidad del agua recogida.
2. **Canalón:** Para recoger el agua y llevarla hacia el depósito de almacenamiento. Antes de los bajantes se aconseja poner algún sistema que evite entrada de hojas y similares.
3. **Filtro:** Necesario para hacer una mínima eliminación de la suciedad y evitar que entre en el depósito o cisterna.
4. **Depósito:** Espacio donde se almacena el agua ya filtrada. Su lugar idóneo es enterrado o situado en el sótano de la casa, evitando así la luz (algas) y la temperatura (bacterias). Es fundamental que posea elementos específicos como deflector de agua de entrada, sifón rebosadero antioedores, sistema de aspiración flotante, sensores de nivel para informar al sistema de gestión, etc.
5. **Bomba:** Para distribuir el agua a los lugares previstos. Es muy importante que esté construida con materiales adecuados para el agua de lluvia, e igualmente interesante que sea de alta eficiencia energética.
6. **Sistema de gestión** agua de lluvia-agua de red: Mecanismo por el cual tenemos un control sobre la reserva de agua de lluvia y la conmutación automática con el agua de red. Este mecanismo es fundamental para aprovechar de forma confortable el agua de lluvia. Obviamente se prescinde de él si no existe otra fuente de agua.
7. **Sistema de drenaje** de las aguas excedentes, de limpieza, etc. que puede ser la red de alcantarillado, o el sistema de vertido que disponga la vivienda.

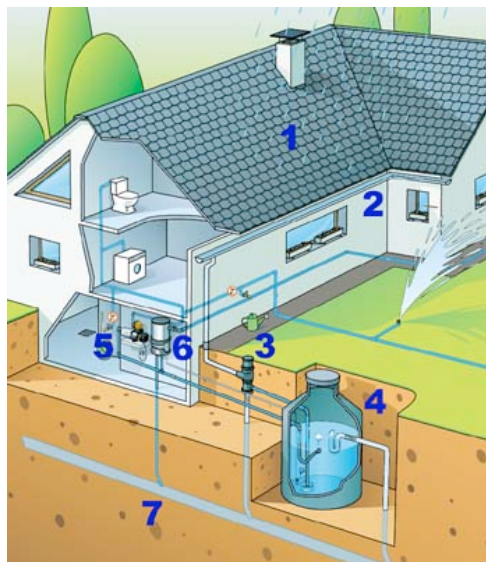


Figura 5.6: Diseño recogida de aguas pluviales.

5.2.3 Instalación de canalones para la recogida de aguas.

Un canalón de lluvia (también conocido como canaleta, canal o simplemente canalón) es una depresión estrecha o canal, que forma parte de un sistema de tejados, que recoge y conduce el agua de lluvia vertida sobre ese tejado.

Este puede ser :

1. Un canalón integrado en la cubierta, a lo largo del borde inferior de la pendiente del tejado, hecha con los mismos materiales y remates que este tejado.
2. Un canalón independiente, de metal u otro material, suspendido más allá del borde del tejado y por debajo de la pendiente proyectada por este.
3. Un canalón integrado en la pared, bajo el borde inferior del tejado, tradicionalmente de albañilería y decorado como remate de la pared.

El principal propósito de un canalón de lluvia es el de proteger los cimientos del edificio, conduciendo el agua de lluvia lejos de su base. Los canalones también ayudan a reducir la erosión, prevenir filtraciones de agua en sótanos y cavidades interiores, proteger las superficies pintadas reduciendo su exposición al agua, y proporcionar un sistema para recoger y almacenar el agua de lluvia para su uso posterior.

Los canalones pueden estar hechos de diversos materiales, incluyendo fundición, plomo, zinc, acero galvanizado, acero lacado, cobre, aluminio lacado, PVC (y otros plásticos), cemento, cerámica, piedra e incluso madera. El agua de lluvia recogida por los canalones se vierte en un tubo de bajada (comúnmente llamado "bajante" o "bajada"), desde el borde del tejado hasta la base del edificio, donde bien se vierte o se almacena.

5.2.3.1 Cálculo del predimensionado.

La normativa que debemos cumplir del CTE_DB_HS es el apartado 4.2 Dimensionado de la red de evacuación de aguas pluviales.

- Canalones
 1. El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se obtiene en la tabla 4.7 en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve (figura 5.7).

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
0.5 %	Pendiente del canalón			
	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Figura 5.7: Tabla 4.7 del DB_HS5

2. Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h (véase el Anexo B), debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que:

$$f = i / 100$$

siendo “ i ” la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

3. Si la sección adoptada para el canalón no fuese semicircular, la sección cuadrangular equivalente debe ser un 10 % superior a la obtenida como sección semicircular.

En el anexo B del documento básico HS5, nos muestra una tabla en la que obtenemos el régimen pluviométrico de la zona en la que nos encontramos, la tabla y el mapa es el siguiente: (figura 5.8)

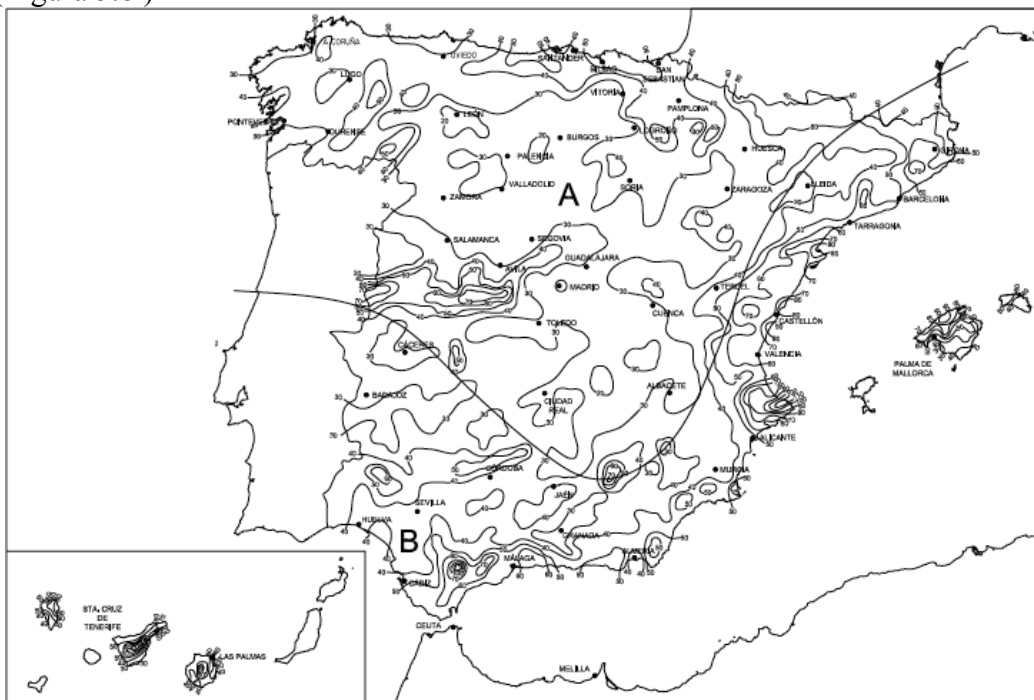


Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Tabla B.1
Intensidad Pluviométrica i (mm/h)

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Figura 5.8: Mapa de isoyetas y tabla de zonas pluviométricas

Isoyeta 50 y Zona B = 110 mm/h

$$f = 110 / 100 = 1,10$$

Maxima superficie de cubierta en proyección horizaontal: 97,68 m²

$$97,86 \text{ m}^2 \times 1,10 = 107,64 \text{ m}^2 \text{ superficie servida.}$$

Diametro canalón 125 mm.

- Bajantes

1. El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.8: (figura 5.9)

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Figura 5.9: Tabla 4.8 Diámetro del bajante

2. Análogamente al caso de los canalones, para intensidades distintas de 100 mm/h, debe aplicarse el factor f correspondiente.

Diametro de bajantes para fachada principal con una superficie de 107,64 m² = 63 mm.

Diametro de bajantes para fachada posterior con una superficie de 65 m² = 50 mm.

- Colector

1. Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente.
2. El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.9, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve (figura 5.10).

Tabla 4.9 Diámetro de los colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m ²)			Pendiente del colector	Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	2 %	4 %		
125	178	253		90
229	323	458		110
310	440	620		125
614	862	1.228		160
1.070	1.510	2.140		200
1.920	2.710	3.850		250
2.016	4.589	6.500		315

Figura 5.10: Tabla 4.9 Diámetro de los colectores

$$\text{Superficie Proyectada } 107,64 + 65 = 172,64 \text{ m}^2$$

Diametro colector = 90 mm.

5.2.4 Dispositivos ahorradores de agua

Existen varios dispositivos que permiten ahorrar agua potable doméstica que sale por los grifos sin tener que renunciar a la comodidad. Todos ellos son de fácil instalación.

Los reductores de caudal son dispositivos que se acoplan a las griferías domésticas, reducen el flujo pero mantienen la presión. Los reductores de caudal se presentan con diferentes estrategias: algunos mezclan el agua con aire reduciendo su flujo, la boquilla y el difusor consiguen un aumento de la velocidad de circulación de agua y una depresión que facilita la entrada de aire por aspiración. También hay otros que disponen una válvula de retención en su interior que salta cuando el caudal de agua es superior a un valor determinado de l/min. Otros más simples son reductores de caudal fijo mediante una junta de goma que disminuye la sección y aumenta la presión.

Por perlizadores (figura 5.11) o aireadores se conocen propiamente los dispositivos reductores de caudal que mezclan aire con el agua dándole a las gotas de agua la forma de perlas. La entrada de aire puede realizarse como hemos comentado por la propia difusión o bien por una abertura que por efecto venturi introduce el aire que se mezclará con el agua. Su instalación es igual de sencilla pues basta con quitar el difusor del grifo o bien en el caso de la ducha situarlo entre el grifo y el flexo de la alcachofa. Consiguen un ahorro de entre el 40 y el 60 % según la presión de la red.

Estos dispositivos ahorradores pueden instalarse en las duchas, entre el flexo y el grifo o entre la alcachofa y el tubo, aunque también se instalan fácilmente en cualquier grifo sustituyendo el filtro y el difusor. Los precios de estos dispositivos suelen oscilar entre los 7 y los 18 euros. En el caso de disponer de calentador eléctrico y que la ducha no disponga de grifo monomando pueden instalarse interruptores de caudal que permiten interrumpir el caudal de la ducha mientras uno se enjabona y conservando la mezcla de agua caliente conseguida. Los ahorros utilizándolos correctamente pueden ser del 10 al 30 %.

Los reductores que provocan pérdidas en la presión de la red pueden afectar al buen funcionamiento de determinados calentadores de gas ya que estos necesitan un caudal mínimo para su funcionamiento. Es importante probar previamente que no afectamos al buen servicio de agua caliente sanitaria.



Figura 5.11: Perlizadores

En España el 40 % del agua que se consume se vierte por el inodoro. Cada vez que se acciona la cisterna pueden enviarse a la alcantarilla unos 10 litros de agua que han sido previamente tratados para su potabilización.

Existen algunas formas de ahorrar este gasto, generalmente excesivo, de agua en el hogar. Actualmente las cisternas de mochila disponen de dispositivos de doble descarga para 3 y 6 litros (figura 5.12). Otros permiten la interrupción de la descarga al soltarlos con lo que podemos regular la descarga a voluntad. En algunos dispositivos de descarga total puede realizarse una sencilla operación y convertirlo en un tirador de descarga controlada.

Los dispositivos antes descritos no pueden colocarse en las cisternas elevadas. Para las cisternas WC elevadas, la introducción de un ladrillo, una piedra grande, una botella o frasco lleno de agua posibilita también la reducción del volumen de agua liberado, siendo, además, mucho más rápido el llenado del depósito.



Figura 5.12: WC de doble descarga

6 CONCLUSIONES

Llegado a este punto y después de hacer este proyecto de final de grado basado en la bioconstrucción, he llegado a la conclusión de que lo más conveniente para todo el mundo sería aplicar esta técnica en toda obra nueva o rehabilitación.

En un principio este proyecto iba más relacionado en aplicar la bioconstrucción en una vivienda existente, pero a medida que lo he desarrollado, me he inclinado más en explicar con más profundidad lo que es en sí la bioconstrucción, ya que me ha parecido un tema tan importante, que he tenido la necesidad de investigar más y poder así plasmarlo para quién esté interesado pueda leerlo.

Hoy en día existen muchísimos materiales compatibles para no dañar el medio ambiente y no tener un confort inferior en lo que se refiere a calidad de vivienda. Además tampoco hay tanta diferencia económica entre utilizar este método o el convencional, sino todo lo contrario, es verdad que es un poco más caro pero a la larga la cantidad económica que se ahorra en facturas y energía hace que la bioconstrucción sea más rentable para el usuario.

Como todo el mundo sabe, tenemos muy explotados nuestros recursos naturales y llegará un día que se acabarán. Con la bioconstrucción se respeta el medio ambiente en casi todo, por no decir todos sus aspectos, dando un futuro mejor para las siguientes generaciones.

Como conclusión personal, estoy muy satisfecho en haber escogido este tema y a su vez ampliar mis conocimientos en la construcción.

No solo es aplicar materiales ecológicos para no contaminar, sino hay que estudiar la situación, el clima, el terreno, el entorno en general ya que tiene que fusionarse la casa con el medio ambiente que le rodea, con lo que supone muchas variaciones entre proyectos a la vez que un reto.

7 BIBLIOGRAFIA

- Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. F. Javier Neila González. Editorial Munilla-Leira. 2004.
- Arquitectura ecológica. 29 ejemplos europeos. Dominique Gauzin-Müller. Editorial Gustavo Gili. 2003.
- Arquitectura solar: aspectos pasivos, bioclimatismo e iluminación natural. Guillermo Yáñez. Ed. MOPU. 1988.
- Arquitectura solar para climas cálidos. Alfonso Sevilla. Ed. Geohabitat. 2000.
- Arquitectura sostenible y aprovechamiento solar: diseño arquitectónico integral, preservación del medio ambiente y ahorro energético. M^a Jesús González Díaz. Ed. SAPT Publicaciones Técnicas. 2004.
- Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Víctor Olgyay. Ed. Gustavo Gili.
- Arquitectura y climas. Rafael Serra. Ed. Gustavo Gili.
- Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción sostenible. David Lloyd Jones. Ed. Blume. 2002.
- Ecurbanismo. Entornos urbanos sostenibles: 60 proyectos. Miguel Ruano. Ed. Gustavo Gili. 2000.
- Guía de bioconstrucción sobre materiales y técnicas constructivas saludables y de bajo impacto ambiental. Camilo Rodríguez Lledó. Ed. Mandala. 1999.
- Guía de la edificación sostenible: calidad energética y medioambiental en edificación. Joseph Lluís Rovira Fontanals et al. Ed. Institut Cerdà, Ministerio de Fomento e IDAE. 1999.
- La enseñanza de la arquitectura y del medio ambiente. Natividad Casado et al. Ed. COAC Demarcación de Barcelona. 1997.
- Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos. Michael Hough. Ed. Gustavo Gili.
- Proyectar con la naturaleza. Bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Ken Yeang. Ed. Gustavo Gili.
- Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible. Sophia Behling, Stephan Behling. Ed. Gustavo Gili.

Páginas web visitadas:

- www.csostenible.net, (Agenda de la Construcción Sostenible) Mayo de 2011.
- www.e-sostenible.com, Mayo de 2011.
- <http://habitat.ap.upm.es>, Mayo de 2011.
- www.gea-es.org, Junio 2011 (Fundación GEA).
- www.coac.net/mediambiente/Life/life.htm, Junio 2011 (Formación de técnicos en medio ambiente y edificación).
- www.iclei.org, Junio 2011 (Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales, ICLEI).
- www.energias-renovables.com, Junio 2011.
- www.idae.es, Junio 2011 (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético).
- www.ciemat.es, Junio 2011 (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT).
- www.censolar.es, Junio 2011 (Centro de Estudios de la Energía Solar , CENSOLAR).
- www.fundacion-metropoli.org, Junio 2011.
- www.iter.rcanaria.es, Junio 2011 (Instituto Tecnológico y de Energías Renovables, ITER).
- www.mtas.es/insht/osha, Junio 2011 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales).
- www.aenor.es/certifica.htm, Junio 2011 (Asociación Española de Normalización y Certificación).
- www.fscoax.org, Junio 2011 (Forest Stewardship Council, FSC).

Revistas seguidas:

- Eco Habitar, www.ecohabitar.org
- Eco Rehabitar, www.rehabitar.org
- Era Solar, www.erasolar.es
- Gea, www.gea-es.org
- Rehabitar, www.gea-es.org/rehabitar
- Energías renovables, www.energias-renovables.com

8 ANEXO 1: PLANOS

