



X Congreso Ibérico de Agroingeniería X Congresso Ibérico de Agroengenharia

Huesca, 3-6 septiembre 2019



Análisis del coste constructivo de salas de crianza aéreas para vino tinto

Teresa Gómez-Villarino¹, Fernando R. Mazarrón¹, Ignacio Cañas¹

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas. Universidad Politécnica de Madrid; teresa.gomez.villarino@upm.es; f.ruiz@upm.es; ignacio.canas@upm.es

Resumen:

El sector vitivinícola español se encuentra inmerso en un importante proceso de actualización y renovación, no sólo en cuanto a superficie de viñedo, sino también en cuanto al nivel de inversión que se ha destinado a la edificación de nuevas bodegas, a la mejora de las instalaciones y equipamientos y a la utilización de técnicas de envejecimiento distintas para ofrecer una gama mucho más amplia de vinos de calidad. En este contexto se ha desarrollado el proyecto “Estrategias de diseño bioclimático en bodegas como modelo de edificios de consumo de energía casi nulo”, que planteando un ambicioso estudio global y a gran escala, ha analizado un importante número de bodegas repartidas por todo el territorio español, representativas de los principales diseños constructivos. En el presente trabajo se analiza y cuantifica el coste actualizado de naves de crianza en superficie ubicadas en regiones vitivinícolas destacadas. La documentación técnica de la ejecución de las bodegas analizadas (proyecto, planos, certificados de obra, etc.), fue revisada y complementada con inspecciones y visitas realizadas a dichas bodegas, obteniendo presupuestos actualizados con base de precios de 2018.

Palabras clave: Bodegas, Diseño, Proyectos, Presupuestos

1. Introducción

Son numerosos los trabajos que analizan la temperatura y humedad relativa existente en el interior de naves de crianza de vino [1-6]. Entre las diferentes tipologías existentes, las construcciones bajo tierra (subterráneas, sótano, etc.) han sido la más estudiada hasta ahora, ofreciendo las condiciones adecuadas para el envejecimiento del vino sin gasto energético [7-11]. Además de la tipología constructiva, estudios como el de Torreggiani et. al. [12] abordan las necesidades de técnicas arquitectónicas de diseño que deberían tener las bodegas de vino, para optimizar sus procesos y mejorar la calidad de sus productos.

Sin embargo, el número de construcciones bajo la superficie para la crianza del vino en barricas es limitado y crear nuevos implica un alto coste económico para las bodegas. Además, las bodegas para la crianza de vino subterráneas tienen el gran inconveniente de tener una estructura muy rígida por la existencia de pilares que dificultan los movimientos de barricas y jaulones de botellas con limitaciones en el espacio y, en muchos casos, problemas de humedad por la situación de la capa freática. Los sistemas de climatización hacen posible que la crianza pueda llevarse a cabo en construcciones en superficie, aunque tienen el inconveniente de la necesidad de una mayor superficie ocupada por la bodega y el costo del consumo de energía necesaria para realizar una correcta climatización [13].

Por ello, en la actualidad, para conseguir las condiciones adecuadas de crianza, las bodegas comerciales optan por diferentes soluciones de la sala de crianza [14], y una gran mayoría ha

optado por construir sus salas de crianza sobre la superficie, en las denominadas bodegas aéreas, de las que hasta ahora poco o nada se ha abordado en la literatura. En este sentido es necesario realizar un estudio pormenorizado de las diferentes soluciones constructivas de las bodegas aéreas, principalmente enfocado a conocer su coste de construcción para obtener un punto de comparativa costo-beneficio.

El trabajo ha desarrollado un estudio comparativo entre diferentes condiciones constructivas de la envolvente de la sala de crianza de bodegas aéreas con el fin último de sentar las bases para poder analizar, en una segunda fase, cómo influyen en las condiciones higrotérmicas de las zonas de crianza en barricas.

2. Materiales y métodos

El estudio se inscribe dentro del proyecto “Estrategias de diseño bioclimático en bodegas como modelo de edificios de consumo de energía casi nulo”, del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad financiado por el Ministerio español de Economía y Competitividad, que pretende promover la sostenibilidad energética y medioambiental en este sector a través del proceso de edificación de las bodegas para crianza, buscando construcciones de consumo de energía casi nulo. El proyecto ha planteado un estudio a gran escala, basado en la caracterización de decenas de bodegas repartidas por todo el territorio nacional. Para conseguir este objetivo el primer paso es realizar un análisis a detalle de las diferentes soluciones constructivas utilizadas para la construcción de naves de crianza.

La metodología seguida para abordar el estudio está basada en la investigación-acción. El proyecto proporciona un entorno para "aprender haciendo", analizando los diseños constructivos de las salas de crianza con la colaboración indispensable de los responsables de las bodegas, para cambiar el sistema en una dirección deseable de sostenibilidad energética y medioambiental. El logro de estos objetivos requiere la colaboración activa de investigadores y profesionales, y por lo tanto enfatiza la importancia del co-aprendizaje como un aspecto primario del proceso de investigación [15]. La investigación tiene lugar en situaciones del mundo real y tiene como objetivo resolver problemas reales.

Así el procedimiento establecido para abordar el caso de estudio ha necesitado de una fuerte implicación del sector empresarial vitivinícola y se ha dividido en tres fases.

En una primera fase, se identificaron las bodegas presentes en el territorio nacional e inscritas en una Denominación de Origen. Se identificando un total de 3.863 bodegas con las que se contactó telefónicamente y a las que se solicitó contestar una encuesta, accediendo a ello 389 bodegas. De entre ellas se realizó una primera preselección de 100 bodegas, teniendo en cuenta el interés de la bodega en colaborar y la información necesaria para el estudio de que disponían; así se dio prioridad a aquellas bodegas que contaban con el proyecto constructivo y datos del consumo energético. De este análisis se obtuvo una selección de 35 bodegas que incorporaban soluciones bioclimáticas y/o fuentes de energía alternativa. Finalmente se seleccionan las bodegas de vino tinto que tienen la sala de crianza por encima del nivel del suelo, obteniendo 10 bodegas.

En una segunda fase se procedió a la caracterización de las soluciones constructivas utilizadas en ellas. Esta caracterización ha incluido tanto aspectos constructivos (materiales, propiedades, espesores, sistemas constructivos, etc.) como el coste de los mismos a partir de:

- Información facilitada por las bodegas, (proyectos, certificaciones de obra, etc.).
- Información recabada, con métodos no destructivos, de las visitas realizadas a las mismas.

Para cada bodega se ha generado una ficha con datos generales de la bodega y con carácter específico para la nave de crianza. La nave de producción de vino de crianza se ha entendido como un espacio, separado del resto de edificios de la bodega total o parcialmente, donde se albergan de forma permanente barricas de madera para criar el vino joven. La ficha se completa con planos de alzado, planta y estructura que, junto con el detalle constructivo, permite la actualización de los costes constructivos de la nave de crianza.

En cada una de las fichas generadas se recoge la siguiente información:

1. Identificación de la bodega
2. Localización
3. Descripción
4. Microclima
5. Fotos de la nave de crianza
6. Fotos exteriores
7. Características constructivas
8. Instalaciones
9. Presupuesto
10. Estructura
11. Planta
12. Alzado
13. Sección
14. Detalle constructivo
15. Plano de sensores
16. Observaciones

Los seis primeros apartados se refieren a aspectos generales de la bodega. El epígrafe Identificación caracteriza el tipo de producción y localización de la bodega -que se cartografía posteriormente en el apartado específico de Localización- las condiciones microclimáticas asociadas, y las características básicas de la nave de crianza, (número de naves, forma del edificio, orientación, espesor de las paredes y superficie útil). También quedan identificados los sistemas de ventilación, iluminación, climatización y control de la humedad. Respecto a la energía se identifican fundamentalmente si existen fuentes de energía alternativa, dispositivos de ahorro de electricidad o sistemas de acumulación de energía térmica.

El epígrafe Descripción caracteriza la distribución de la bodega identificando las distintas naves existentes y usos asociados a cada una de ellas y se acompaña de un croquis representativo de la distribución.

El cuarto aspecto general que queda identificado en la ficha son las condiciones microclimáticas donde queda encuadrada la bodega y que van a ser básicas para poder determinar si la solución constructiva adoptada por la bodega va a poder asegurar un óptimo periodo de crianza, donde las condiciones de temperatura y humedad permanezcan estables durante todo el proceso [16].

Para finalizar la caracterización de la bodega se incluyen fotos representativas.



Fotos 1, 2, 3 y 4. Salas de crianza aéreas para vino tinto

El resto de los epígrafes de la ficha se dedican a un análisis en detalle de la nave de crianza, de la cual se aportan también fotos en detalle. En el epígrafe Condiciones constructivas se detalla: cimentación de la nave, solera, estructura, pavimento, cubierta, cerramiento y carpintería y, a partir de estos datos, se realiza un Detalle Constructivo. Las Instalaciones (saneamiento, fontanería, electricidad, etc.) se describen en un epígrafe propio.



Foto 5. Huevo de ventilación



Foto 6. Extractor



Foto 7. Detalle climatización



Foto 8. Comprobación in situ de espesor

Por último y en una tercera fase se actualizaron los presupuestos; el detalle constructivo, junto con los planos, permitieron obtener las partidas presupuestarias y mediciones necesarias para obtener un presupuesto actualizado de los costes constructivos de la nave de crianza. Para ello se utilizó el programa de presupuestos Presto 2017, software de referencia en materia de presupuestos, mediciones y control de costes para edificación, que permitió actualizar de forma sistematizada los costes de las diferentes unidades de obra y actualizar los presupuestos de forma estandarizada.

3. Resultados y discusión

De cada una de las bodegas analizadas se ha obtenido un detalle constructivo de la sala de crianza y se ha generado una ficha con la información correspondiente a las 16 variables presentadas anteriormente con el fin de realizar un estudio comparativo entre diferentes condiciones constructivas de la envolvente de las bodegas (cubiertas, cerramientos y soleras) con el fin de poder determinar cómo influyen en las condiciones higrotérmicas de las zonas de crianza. El fin último es el diseño óptimo de nuevas salas de crianza en superficie.

De las bodegas aéreas analizadas, mayoritariamente la nave de crianza está adosada a otros edificios en sus laterales o testeros y sólo en dos casos forma parte del edificio de la bodega. Los cerramientos a exterior tienen habitualmente dos hojas (exterior e interior) de fábrica de termoarcilla o ladrillo, y algún elemento aislante en el interior. Disponen de soleras directamente sobre el terreno, generalmente sin aislamiento. Mientras que las cubiertas son normalmente faldones de algún panel tipo sándwich, o tablero que incorpora algún aislamiento ligero, y rematadas con teja.

Para analizar las soluciones constructivas se ha considerado necesario agrupar las bodegas estudiadas en diferentes zonas climáticas. La zonificación climática empleada ha sido la proporcionada por el Código Técnico de Edificación (CTE), resultando que 9 de las 10 bodegas analizadas se localizaban en la zona D2 y una en la zona D3.

Las figuras 1, 2 y 3 muestran las soluciones constructivas tipo identificadas para la envolvente de las salas de crianza aéreas para vino tinto, cuantificando su coste actual. Para el cálculo del coste constructivo se han suprimido aquellos elementos estéticos, que no siendo relevantes al modelo afectaban al coste final. Se incluye también la zona climática a la que pertenece la bodega.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

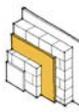
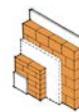
SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA FACHADAS		COSTE	ZONA CLIMÁTICA (CTE)
TIPO 1 	Muro hormigón (e = 40 cm)	40,93 €/m ²	D2
	Panel sandwich (e = 4 cm)		
TIPO 2 	Enfoscado (e = 1,5 cm)	71,90 €/m ²	D2
	Bloque de termoarcilla (e = 24 cm)		
	Mortero (e = 1,5 cm)		
TIPO 3 	Enlucido de yeso (e = 1,5 cm)	94,29 €/m ²	D2
	Ladrillo hueco doble (e = 8 cm)		
	Espuma de poliuretano (e = 4 cm)		
	Fábrica termoarcilla (e = 19 cm)		
	Enfoscado (e = 2 cm)		
TIPO 4 	Enfoscado (e = 1,5 cm)	96,90 €/m ²	D2
	1/2 Ladrillo perforado (e = 24 cm)		
	Poliuretano (e = 4 cm)		
	Fábrica termoarcilla (e = 19 cm)		
	Enfoscado (e = 2 cm)		
TIPO 5 	Enfoscado exterior (e = 2 cm)	97,15 €/m ²	D2
	Bloque termoarcilla (e = 19 cm)		
	Cámara de aire		
	Espuma de poliuretano (e = 4 cm)		
	Fábrica termoarcilla (e = 24 cm)		
TIPO 6 	Enfoscado (e = 1,5 cm)	98,21 €/m ²	D2
	Bloque termoarcilla (e = 14 cm)		
	Poliestireno extruido (e = 8 cm)		
	Bloque termoarcilla (e = 14 cm)		
	Enfoscado (e = 1,5 cm)		
TIPO 7 	Revestimiento tirolesa acrílica	109,89 €/m ²	D2
	Bloque termoarcilla (e = 14 cm)		
	Espuma poliestireno expandido (e = 8 cm)		
	Bloque termoarcilla (e = 24 cm)		
TIPO 8 	Enfoscado (e = 1,5 cm)	113,48 €/m ²	D2
	1/2 Ladrillo HD (e = 60 cm)		
	Cámara de aire		
	Poliestireno extrusionado (e = 5 cm)		
	Bloque termoarcilla (e = 14 cm)		
TIPO 9 	Enfoscado (e = 1,5 cm)	223,95 €/m ²	D3
	Fábrica ladrillo hueco (e = 14 cm)		
	Aislante poliestireno (e = 4 cm)		
	Bloque de hormigón (e = 20 cm)		
	Alicatado de Gres		

Figura 1. Soluciones constructivas tipo de la fachada de las salas de crianza aéreas para vino tinto.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
 X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA

3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

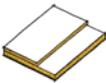
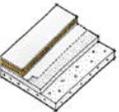
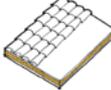
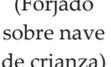
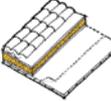
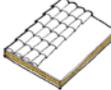
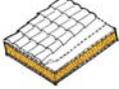
SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA CUBIERTAS		COSTE	ZONA CLIMÁTICA (CTE)
TIPO 1	 Tablero Aislamiento poliestireno expandido	30,80 €/m ²	D2
TIPO 2	 Hormigón celular de espesor medio de 5 cm Geotextil Membrana impermeabilizante de PVC	38,96 €/m ²	D2
TIPO 3	 Aislamiento poliestireno Panel chapa	52,73 €/m ²	D2
TIPO 4	 Panel sándwich + EPS (Poliestireno Expandido) + doble tapa de madera Teja cerámica	77,97€/m ²	D2
TIPO 5	(Forjado sobre nave de crianza)  Placa alveolar prefabricada de hormigón pretensada	79,51 €/m ²	D2
TIPO 6	 Aislante poliestireno (e= 4 cm) Tablero Aislante poliestireno (e= 4 cm) Capa de compresión Teja cerámica	85,01 €/m ²	D2
TIPO 7	 Tablero cubierta Aislamiento poliestireno extruido Tablero cubierta	93,32 €/m ²	D2
TIPO 8	 Panel sándwich h+corcho80+friso madera Teja cerámica	119,97 €/m ²	D2
TIPO 9	 Panel sándwich (e = 10 cm) Lámina impermeabilizante Teja mixta	129,84 €/m ²	D2
TIPO 10	 Panel sándwich h+ poliestireno extruido +friso madera Teja cerámica	152,06 €/m ²	D3

Figura 2. Soluciones constructivas tipo de la cubierta de las salas de crianza aéreas para vino tinto.

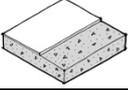
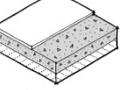
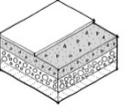
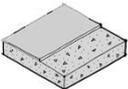
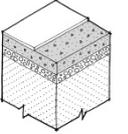
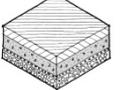
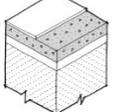
SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS PARA SOLERAS		COSTE	ZONA CLIMÁTICA (CTE)
TIPO 1		Hormigón armado (e = 15 cm) Pavimento epoxi	36,09 €/m ² D3
TIPO 2		Zahorra (e = 15 cm) Hormigón armado (e = 15 cm) Pavimento epoxi	39,39 €/m ² D2
TIPO 3		Zahorra (e = 15 cm) Encachado (e = 20 cm) Hormigón armado (e = 15 cm) Pavimento epoxi	40,74 €/m ² D2
TIPO 4		Hormigón armado (e = 15 cm) Revestimiento multicapa	48,83 €/m ² D2
TIPO 5		Zahorra (e = 1,2 m) Encachado (e = 15 cm) Hormigón armado (e = 18 cm) Pavimento epoxi	56,27 €/m ² D2
TIPO 6		Capa de grava (e = 15 cm) Capa impermeabilización (e = 0,25 cm) Hormigón armado (e = 20 cm) Sub-base de pavimento todo en 1 (e = 15 cm)	63,95 €/m ² D2
TIPO 7		Zahorra + Bolos (e = 1,5) Geotextil Hormigón armado (e = 20 cm) Pavimento epoxi	103,63 €/m ² D2

Figura 3. Soluciones constructivas tipo de la solera de las salas de crianza aéreas para vino tinto.

4. Conclusiones

El coste medio obtenido para la envolvente de las salas de crianza es de 241 €/m², conformado por un coste medio obtenido para las fachadas es de 104 €/m², de 86 €/m² para cubiertas y de 51 €/m² para la solera.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
 X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
 3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

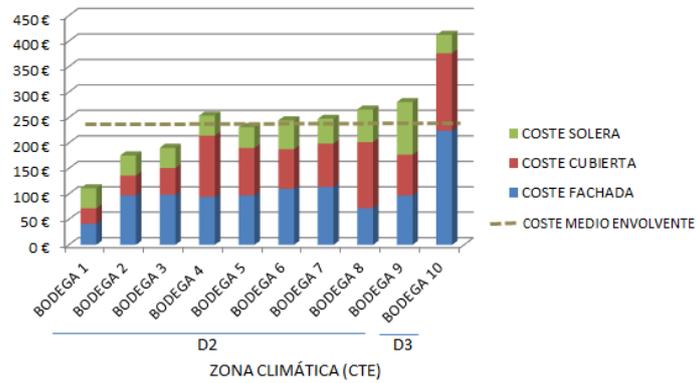


Figura 4. Coste soluciones constructivas de las bodegas aéreas estudiadas

La bodega 10, ubicada en la zona climática D3, presenta un coste constructivo mucho más alto de fachada que la media de las fachadas en la zona climática D2. Si se elimina esta bodega se obtiene, para la zona climática D2 un coste medio para la envolvente de las salas de crianza es de 222 €/m², conformado por un coste medio obtenido para las fachadas es de 91 €/m², de 78 €/m² para cubiertas y de 52 €/m² para la solera.

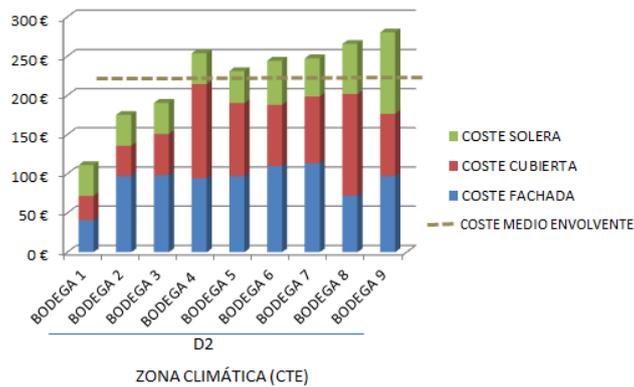


Figura 5. Coste soluciones constructivas de las bodegas aéreas estudiadas en la zona climática D2

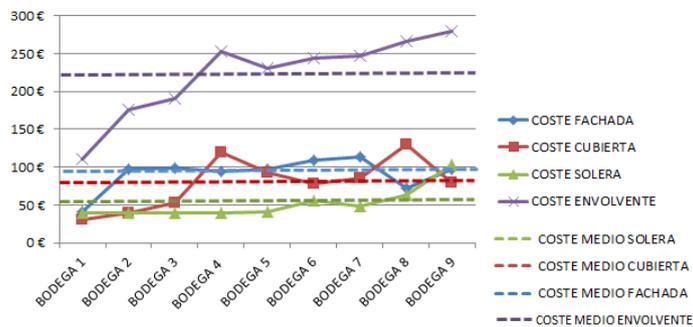


Figura 6. Coste soluciones constructivas de solera, cubierta y fachada y envolvente de bodegas aéreas en la zona climática D2

Centrándonos en la zona climática D2, de la cual es posible obtener conclusiones, el cerramiento tipo más usado es el formado por una hoja exterior y otra interior de fábrica de ladrillo o termoarcilla sobre las que va un enlucido o esfoscado y un elemento aislante de poliuretano o poliestireno entre ellas, con un coste aproximado de 95 €/m². Este precio incrementa o disminuye ligeramente en función del grosor del ladrillo y de la capa aislante.

En lo que respecta a las cubiertas el precio oscila en un amplio rango que va desde los 30 €/m² para una solución muy sencilla de tablero y aislante de poliestireno hasta la más cara y compleja formada por paneles sándwich, lámina impermeabilizante con recubrimiento de teja mixta con un coste de 129 €/m². La cubierta tipo estaría formada por panel tipo sándwich o tablero con un aislamiento ligero y rematadas con teja lo que supone un coste aproximado de unos 70 €/m².

Por último la solución más empleadas para el solado está formada por zahorra, hormigón armado y pavimento epoxi con un costo aproximado de 39 €/m². El precio se incrementa en función del tipo de capa impermeabilizante que se incluya.

Para asegurar un óptimo periodo de crianza, las condiciones de temperatura y humedad deben permanecer lo más estables posible durante todo el proceso. Actualmente las condiciones constructivas en las salas de crianza aéreas no permiten alcanzar las condiciones higrotérmicas necesarias, siendo necesario incluir la climatización en todas ellas. Un diseño más eficiente en la construcción permitiría minimizar las necesidades de climatización de las salas.

El edificio, respondiendo a las críticas condiciones espaciales y ambientales óptimas para la elaboración del vino, debe presentar soluciones que minimicen el consumo de la energía necesaria para mantener dichas condiciones. El ahorro energético es no sólo importante, sino que debe ser consustancial al diseño.

5. Agradecimientos

Este estudio se realizó como parte del proyecto de investigación BIA2014-54291-R, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad de España.

Referencias

1. S. Martin, I. Canas, A comparison between underground wine cellars and aboveground storage for the aging of Spanish wines, *Transactions of the ASABE* 49 (2006) 1471e1478.
2. S.M. Ocana, I.C. Guerrero, Comparison of analytical and on site temperature results on Spanish traditional wine cellars, *Applied Thermal Engineering* 26 (2006) 700e708.
3. O. Clarke, *New Encyclopedia of Wine*. Houghton Mifflin Harcourt, Hong Kong, 1999.
4. C. Pérez, J.L. Gervás, *Manual práctico de la vida autosuficiente. Elaboración artesanal del vino*. Blume, Barcelona, 1998.
5. Marescalchi C. *Manuale dell'enologo (Winemaking Manual)*. Fratelli Marescalchi, Casale Monferrato (1965)
6. Vogt E. *Fabricacion de vinos (Winemaking)*. Editorial Acribia, Zaragoza (1971)
7. I. Canas, F.R. Mazarron, The effect of traditional wind vents called zarceras on the hygrothermal behaviour of underground wine cellars in Spain, *Building and Environment* 44 (2009) 1818e1826.
8. F.R. Mazarron, I. Canas, Exponential sinusoidal model for predicting temperature inside underground wine cellars from a Spanish region, *Energy and Buildings* 40 (2008) 1931e1940.
9. S.M. Ocana, I.C. Guerrero, Comparison of hygro-thermal conditions in underground wine cellars from a Spanish area, *Building and Environment* 40 (2005) 1384e1394.
10. I.C. Guerrero, S.M. Ocana, Study of the thermal behaviour of traditional wine cellars: the case of the area of "Tierras Sorianas del Cid" (Spain), *Renewable Energy* 30 (2005) 43e55.
11. F.R. Mazarron, I. Canas, Seasonal analysis of the thermal behaviour of traditional underground wine cellars in Spain, *Renewable Energy* 34 (2009) 2484e2492.

X CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERÍA
X CONGRESSO IBÉRICO DE AGROENGENHARIA
3 – 6 septiembre 2019, Huesca - España

12. Torreggiani, D., Benni, S., Corzani, V., Tassinari, P., & Galassi, S. (2011). A meta-design approach to agroindustrial buildings: A case study for typical Italian wine productions. *Land Use Policy*, 28(1), 11–18. <http://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2010.04.001>
13. del Río, M. D. (2016). *La tecnología de elaboración de vino como factor determinante del diseño constructivo de las bodegas* (Doctoral dissertation, Universidad de La Rioja).
14. Porras Amores, Cesar. *Las construcciones subterráneas para bodegas, un modelo de ahorro de energía mediante los sistemas constructivos. Estudio de las condiciones higrotérmicas, ventilación y modelos de simulación*. PhD Dissertation. ETSIAAB UPM, 2014.
15. O'Brien, Rory. "An overview of the methodological approach of action research." (1998).
16. Mazarrón, F. R., López-Ocón, E., Garcimartín, M. A., & Cañas, I. (2013). Assessment of basement constructions in the winery industry. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 35, 200-206.