

Artículo
Recibido 15-10-2014
Aceptado 14-04-2015

Evaluación del desempeño ambiental de dos bodegas en Mendoza (Argentina). Propuesta de reacondicionamiento térmico y energético

Evaluation of the environmental performance of two wineries in Mendoza, Argentina: A proposal for thermal and energy refurbishment

CAROLINA GANEM KARLEN, Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA - CONICET; Proyectos de Carreras de Diseño. FAD - UNCUYO, Mendoza, Argentina \ cganem@mendoza-conicet.gov.ar

JULIETA BALTER, Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA - CONICET, Mendoza, Argentina \ jbalter@mendoza-conicet.gov.ar

GUSTAVO JAVIER BAREA PACI, Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA - CONICET, Mendoza, Argentina \ gbarea@mendoza-conicet.gov.ar

Palabras clave:

Desempeño ambiental, bodegas, reacondicionamiento térmico y energético

RESUMEN

Este trabajo presenta la evaluación del desempeño térmico y energético de dos bodegas en la provincia de Mendoza, Argentina (32°40' Latitud Sur, 68°51' Longitud Oeste, 750 metros sobre el nivel del mar). Se ha escogido la vendimia (febrero-marzo) como período a analizar debido a que la demanda de refrigeración es entonces mayor: toneladas de materia prima (a alrededor de 26-30°C) deben ser procesadas a 8°C, mientras que las temperaturas exteriores se encuentran alrededor de los 38°C. Las bodegas seleccionadas tienen la misma cantidad y calidad de producción y similar tamaño edilicio, pero diferente manejo y materialidad en la envolvente. La bodega "P" fue construida con paredes de ladrillos tradicionales, con techo metálico con aislamiento térmico y simple vidrio en ventanas; mientras que la bodega "H" se construyó parcialmente con paneles de hormigón armado con aislamiento térmico, techos metálicos con aislamiento y doble vidrio hermético en sus aberturas. Se tomaron mediciones in situ de temperatura del aire, temperatura superficial en la envolvente, humedad relativa y radiación solar, y se estudiaron en relación a los registros de consumos energéticos de cada bodega. Luego, con los datos obtenidos se ajustó un modelo generado con el software Energy Plus, el cual se utilizó para simular alternativas de mejora de la envolvente. Como resultado, ambas bodegas presentaron mejoras. Las temperaturas medidas en bodega P fueron igualadas en un promedio de 18.89°C sin el uso de energía auxiliar. En el caso de la bodega H las temperaturas medidas se optimizaron, logrando un promedio de 21.77°C, otra vez, sin el uso de energía auxiliar. Existe la posibilidad de agregar estrategias de ventilación nocturna usando las temperaturas exteriores las cuales disminuyen en 9,78°C en el período analizado. La propuesta de reacondicionamiento térmico y energético que incorpora mejoras edilicias y el manejo de la envolvente durante la operación del mismo dan como resultado temperaturas mínimas interiores, sin el uso de energía auxiliar de 15.65°C, óptimas para la elaboración vitivinícola.

ABSTRACT

This article evaluates the thermal and energy performance of two wineries in the province of Mendoza, Argentina (32° 40' S, 68° 51' W, 750m above sea level). The grape harvesting period (February–March) was selected for analysis because cooling demand at that time is higher: tons of hot raw material (at approximately 26-30°C) enter the wineries to be processed at 8°C, while outdoor temperatures are around 38°C. The selected wineries have similar-sized buildings and the same quantity and quality of production, but different management and envelope materiality. Winery P was built with walls of traditional bricks, single pane windows and a metal roof with thermal insulation; while winery H's walls were partially built of reinforced concrete panels with thermal insulation, insulated metal roofs and double pane windows. Air, envelope surface, relative humidity and solar radiation temperatures were measured in situ and studied in relation to the energy consumption records of each winery. Then, with the data obtained, a model was generated with Energy Plus software, which was used to simulate envelope improvement alternatives. As a result, both wineries showed improved performance. The temperatures measured in winery P reached an average of 18.89 °C without the use of auxiliary energy. In the case of winery H, temperatures were optimized, thereby achieving an average of 21.77 °C, once again without the use of auxiliary energy. Moreover, it is possible to integrate night ventilation strategies using outdoor temperatures that decrease 9.78 °C in the period analyzed. The thermal and energy refurbishment proposal, which integrates building and envelope improvements, results in minimum indoor temperatures of 15.65 °C without the use of auxiliary energy—optimal for wine production.

Keywords:

Environmental performance, wineries, thermal and energy refurbishment

1 INTRODUCCION

En la provincia de Mendoza, Argentina, la producción de vino es la industria regional más importante ya que corresponde a una economía emergente, y, por lo tanto, su consumo de energía no renovable se multiplica cada año. Del año 2000 al 2009, la superficie cultivada con plantas de uva pasó de 201.113 hectáreas a 228.575 hectáreas. En 2000, la cantidad de uvas de alta calidad producida fue de 1.275.772 toneladas y en 2013 esta cifra aumentó a 1.997.442 toneladas (Instituto Nacional de Vitivinicultura, 2014). Yravedra Soriano (2003) y Moreno (2008) han analizado, en este sentido, la arquitectura de bodegas desde una aproximación cultural y sustentable en las regiones españolas de Andalucía, Catalunya y La Rioja. Asimismo, Ganem y Coch (2013) lo han hecho en la provincia de Mendoza, Argentina. En todos los estudios se concluye que cada etapa de la producción requiere el logro de ciertas condiciones micro-climáticas, factibles de ser tenidas en cuenta desde el diseño arquitectónico. Una mejor envolvente ayuda a mantener temperaturas interiores más estable y frescas y, en consecuencia, a reducir el consumo de energía auxiliar. Este trabajo se centrará en dos fases principales de la producción: la fermentación y la crianza.

La fermentación se realiza, normalmente, en tanques metálicos. La temperatura de los tanques es más importante que la del espacio habitable, ya que la materia prima es la que tiene estar a temperatura controlada. Los tanques metálicos poseen una doble piel por donde circula agua caliente o fría, dependiendo de lo que se necesite en cada etapa. El CO₂ generado por las reacciones químicas, con una mayor densidad que el aire, desciende y se acumula en la parte inferior. De manera que se necesita una ventilación inferior para renovar el aire del espacio. Otro aspecto a tener en cuenta es el control de la luz natural que puede afectar la fermentación y que debe ser controlada con el fin de permitir a los trabajadores realizar las tareas que asisten al proceso de producción del vino.

La crianza se realiza en barricas de madera (roble americano o francés) y, en algunos casos, en tanques de acero inoxidable. En este proceso, mantener a los cuatro parámetros micro-climáticos controlados (temperatura, humedad, iluminación y ventilación) es esencial para obtener los resultados esperados. Es fundamental tener en cuenta las siguientes referencias:

Temperatura del aire entre 12-16 °C y humedad relativa entre 70-82%.

Movimiento de aire: elimina malos olores y otras sustancias volátiles de aire que pueden filtrarse a través de las barricas de madera.

Luz mínima. Debe usarse sólo cuando es absolutamente necesario.

En este artículo se presenta la evaluación del desempeño térmico y energético de dos bodegas que tienen similar superficie cubierta, la misma cantidad y calidad de producción, pero con diferente distribución espacial y materialidad en la envolvente. Las mismas se ubican en Mendoza, Argentina (32°40' Latitud Sur, 68°51' Longitud Oeste) y a 750 metros sobre el nivel del mar. El análisis se realizó durante la vendimia (febrero-marzo) debido a que se trata del periodo de mayor demanda de refrigeración: toneladas de materia prima (a alrededor de 26-30°C) entran en la bodega para ser procesada a 8°C, mientras que las temperaturas exteriores se hallan alrededor de 38 °C.

En concreto, el objetivo de este trabajo es identificar las ventajas y desventajas de dos bodegas (P y H), y proponer recomendaciones de diseño y de funcionamiento para mejorar el desempeño ambiental de cada caso.

Para ello se propone:

Realizar un diagnóstico mediante mediciones in situ durante los meses de consumo energético auxiliar más intensivo (febrero-marzo).

Elaboración de un modelo teórico de las bodegas mediante el software Energy Plus. Ajuste del mismo en función de los datos obtenidos de la realidad.

Simulación y evaluación de propuestas de reacondicionamiento térmico y energético de los edificios.

Evaluación de estrategias de mejora del comportamiento energético y térmico mediante estrategias pasivas de funcionamiento del edificio.

2 CASOS DE ESTUDIOS.

Envolvente vertical	Envolvente horizontal	Envolvente transparente
Paredes de ladrillo Espesor 0.40m U= 1.67 W/m ² K	Techo galvanizado con lana de vidrio compacta de 0.05m U= 0.69 W/m ² K	Simple vidrio con marcos metálicos U= 5.8 W/m ² K

Tabla.1 Propiedades termofísicas de la bodega P.

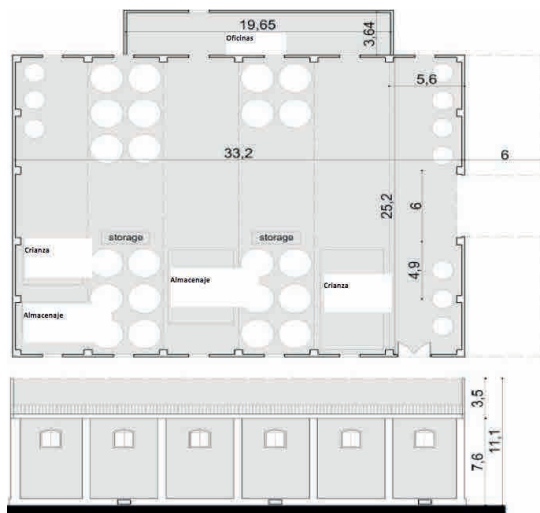


Figura 1. Bodega P. Planta y vista Norte.



Figura 2. Bodega P. Fotografías.

Bodega P.

En la bodega "P" se encuentran, en el mismo espacio unificado, las etapas de producción, fermentación y crianza. Dicho espacio posee 25,60m de longitud, 33,6m de ancho y una altura de 7,40m. Una parte del almacenamiento se realiza dentro de la bodega y otra gran parte en el exterior, debajo de la galería del sur, junto con el embotellado. Los techos son inclinados 30° hacia el Norte y el Sur, con eje central Este-Oeste, y con una altura máxima de 10,50m. La superficie total es de 860m² y el volumen de 7697m³. Véase Figura 1.

La envolvente vertical de la bodega P fue elaborada con técnicas constructivas tradicionales locales: paredes de ladrillos de 0.40m de espesor sin aislación térmica. La conductividad térmica es de U=1.67 W/m²K. Las aberturas se distribuyen en la parte superior a lo largo de toda la envolvente (a 1,80m de altura desde el suelo con una longitud de 1m de ancho). En la parte inferior de la envolvente (a 0,40m del piso) también existen pequeñas ventanas horizontales que pueden abrirse y contribuyen a ventilar el CO₂ que se acumula durante el proceso de fermentación. Todas las ventanas son de simple vidrio con marcos metálicos y sin protección solar. Su conductividad térmica es de U=5.8 W/m²K. Las ventanas representan el 4.4% del área del piso. Los techos son metálicos de acero galvanizado con lana de vidrio compacta de 0,05 m de espesor. Su conductividad térmica es de U=0.69 W/m²K. Véase Figura 2 y Tabla 1.

Envolvente vertical 1	Envolvente vertical 2	Envolvente horizontal	Envolvente transparente
Hormigón prefabricado 0.20m de espesor, con poliestileno expandido interior de 0.05m de espesor U= 0.34 W/m2K	Hormigón prefabricado 0.20m de espesor U= 2.4 W/m2K	Techo de chapa galvanizada con lana de vidrio compacta de 0.05m de espesor U= 0.69 W/m2K	Doble vidrio con marcos de aluminio U= 3.6 W/m2K

Tabla.2 Propiedades termofísicas de la bodega H (existente).

Bodega H.

En la bodega H se divide cada proceso de producción del vino, la fermentación, crianza y embotellado/almacenamiento. Cada espacio tiene 19,8m de ancho, 19,5m de largo y 9m de altura. En total, suman una longitud total de 59,4m. La superficie cubierta total es de 1.158m² y el volumen, de 10.422m³.

Con el fin de comparar las mismas etapas de producción en ambas bodegas, en este trabajo se consideran dos de los tres espacios interiores (fermentación y crianza). Por lo tanto, para el análisis se toma una superficie construida de 772m² y un volumen de 6948m³, siendo estas cifras similares al caso de la bodega P. Véase Figura 3.

La envolvente vertical Oeste fue construida con innovadoras técnicas constructivas para la región, que consisten en paneles modulados de hormigón armado prefabricado, los cuales poseen 0.20m de espesor, con 0,05 m de poliestireno expandido en su interior. Los muros Norte, Este y Sur no tienen aislamiento térmico. La estructura del edificio se pensó con columnas y vigas transversales metálicas y de hormigón. Las ventanas horizontales se distribuyen uniformemente a lo largo de la envolvente vertical, en la parte superior de la misma (0,50m de altura). Todas las ventanas son de doble vidrio hermético con marcos de aluminio y sin protección solar. Su conductividad térmica es de U=3,6W/m²K. Estas ventanas representan el 4,6% del área del piso. Los techos son metálicos de acero galvanizado, con aislamiento de lana de vidrio compacta de 0,05m de espesor. Además, la bodega presenta cielorraso interior. Su conductividad térmica es de U = 0,69 W / m²K. Véase Figura 4 y Tabla 2.

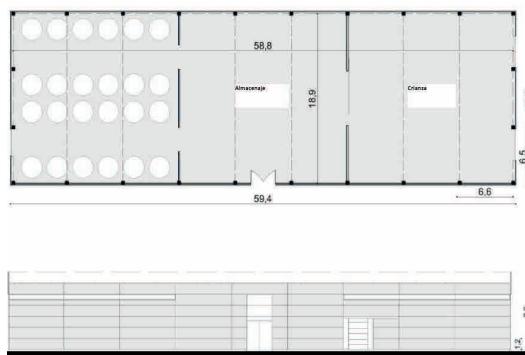


Figura 3. Bodega H. Planta y vista Este.



Figuras 4. Bodega H. Fotografías.

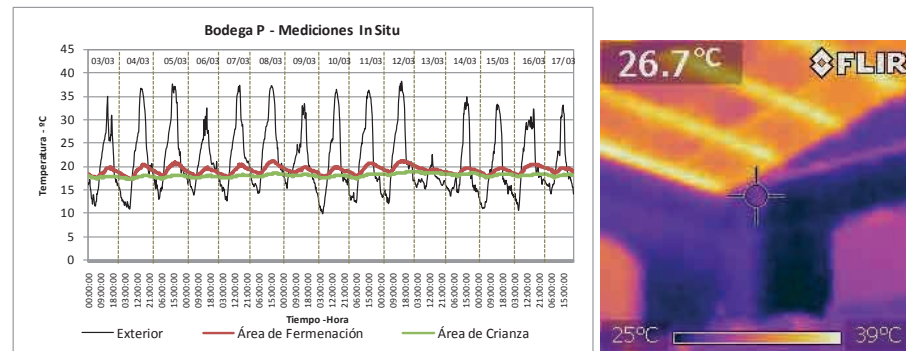


Figura 5. Bodega P. Izquierda: temperaturas medidas *in situ* del 3 al 17 de marzo, 2014. Derecha: imagen termográfica (paredes, ventanas y techo desde el interior).

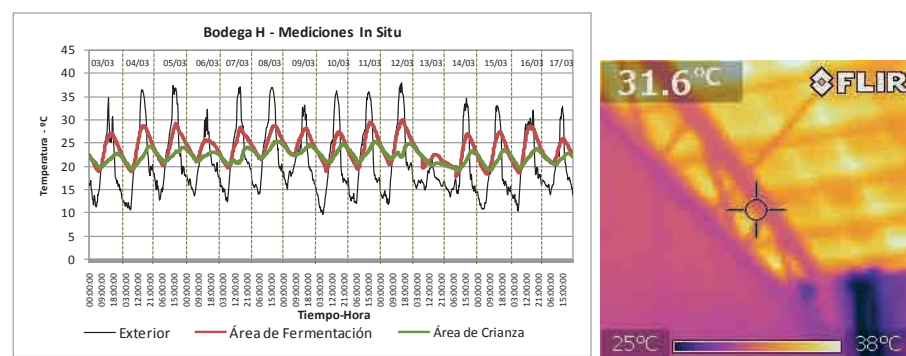


Figura 6. Bodega H. Izquierda: temperaturas medidas *in situ* del 3 al 17 de Marzo, 2014. Derecha: imagen termográfica (paredes, estructura metálica y techo desde el interior).

3 COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y CONSUMO ENERGÉTICO.

Las mediciones in situ, fueron tomadas al mismo tiempo en ambas bodegas durante los meses de febrero y marzo de 2014 (correspondientes al período de cosecha) y fueron estudiados en relación con los registros de consumo de energía proporcionados por los propietarios. Se seleccionó un período de quince días representativos desde el 3 al 17 de marzo del 2014. Las temperaturas y humedad relativa fueron tomadas con dataloggers HOBO U12, con registros cada 15 minutos, ubicados en el centro de las áreas de fermentación y crianza, a una altura media de 2 metros, y siguiendo las recomendaciones de Kohler y Hassler (2002) y Oke (2004). Asimismo, se tomaron datos de temperatura y humedad exterior que se protegieron de la radiación solar. Esta última se auditó con un sensor Lutron SPM-116SD y las temperaturas superficiales de la envolvente fueron tomadas con una cámara termográfica FLIR i3 en días y horarios seleccionados, durante toda la fase de medición.

En el período analizado, la bodega P registra un consumo energético de 2.3kW.día (2.6W.m2.día) más 31,6kg.día de GLP propano (0,037kg.m2.día de GLP propano), mientras que la bodega H consumió 1,5kW.día (1,9W.m2.día). Las diferencias de energía auxiliares responden no solamente a la resolución de la envolvente, sino también a la temperatura interior resultante del uso de energía auxiliar para la refrigeración. Las temperaturas exteriores medias

fueron de 20.56°C, con variaciones diarias de 9.78°C (de 38.14°C a 28.36°C).

En la bodega P, el área de crianza presenta una temperatura interior casi constante con un valor medio de 17.97°C y variaciones diarias de 1.57°C (de 17.20°C a 18.77°C); en el área de fermentación, la temperatura interior media es de 18.95°C con variaciones diarias de 4.35°C (de 16.68°C a 21.03°C). En ambas se utiliza energía auxiliar para refrigeración. Es significativo observar que las temperaturas medias son ligeramente inferiores a los exteriores, no obstante la variación diaria se reduce de 28.36°C a 1.57°C en el área de crianza. Véase Figura 5.

En la bodega H, los procesos de producción y de crianza se separan en dos zonas, que también usan energía auxiliar para refrigeración. La temperatura interior media medida fue de 22.09°C, con variaciones diarias de 6.51°C (de 18.82°C a 25.33°C), dejando a los otros espacios interiores, como la fermentación, para funcionar casi con total independencia, con temperaturas medias de 23.61°C y variaciones diarias de 12.30°C (desde 17.87°C a 30.17°C). En el área de fermentación, la variación diaria se ha reducido de 28.36°C a 12.37°C. Véase Figura 6.

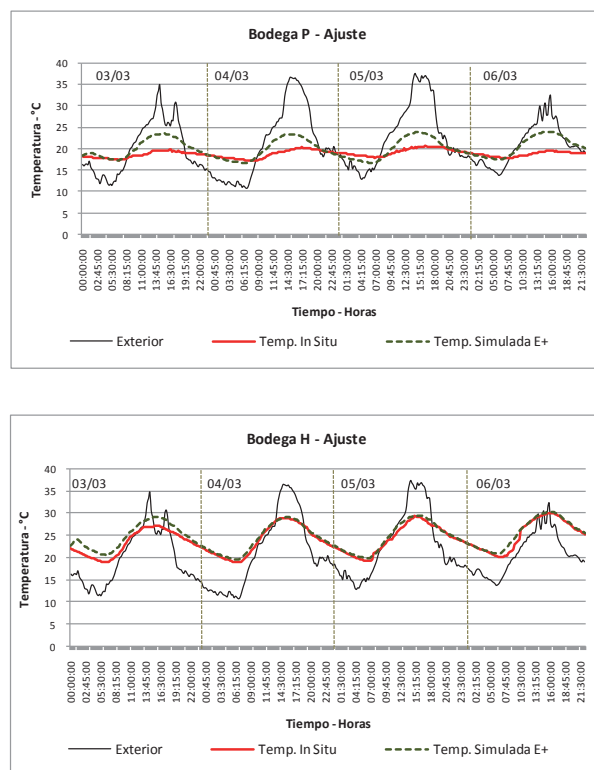


Figura 7. Bodega P: temperatura medida *in situ* y simulada.
 Bodega H: temperatura medida *in situ* y simulada.

4 DISCUSIÓN.

La bodega P alberga la fermentación y la crianza en el mismo espacio interior, por lo tanto, en ambos procesos la temperatura del aire es controlada. A pesar de que los refrigeradores están situados al lado de las barricas de roble (crianza) y los tanques de acero inoxidable (fermentación) se enfrían con serpentines interiores, comparten el ambiente interior. Este tipo de refrigeración en el interior de los tanques también afecta al aire interior. Las diferencias en el consumo de energía, a partir de los datos obtenidos, son consistentes con aspectos de funcionamiento de la bodega P, donde se consume 37% más electricidad que en la bodega H, además de gas propano GLP.

En el caso de la bodega H se ha pensado en dos estrategias de refrigeración para la producción de vino. Tal como se explicó anteriormente, las zonas de fermentación y de crianza se encuentran en espacios diferenciados. En la zona de crianza, donde se hallan las barricas de roble, la temperatura se controla por medio de equipos de aire acondicionado. En cambio, en la zona de fermentación se acepta que la temperatura del aire del espacio se encuentre más cerca de las temperaturas exteriores, y la energía auxiliar se usa para refrigerar los tanques de acero que contienen el producto a temperatura deseada.

Con el fin de proponer recomendaciones para mejorar

el desempeño térmico y energético de las bodegas, se realizaron dos modelos con Energy Plus 8.1, software de simulación térmica-energética desarrollado por DOE (U.S. National Department of Energy) (2014).

En la Figura 7 se muestran las temperaturas simuladas y las efectivamente medidas de cada caso. En la bodega P, como en el interior se usa energía auxiliar para enfriar durante el día, las temperaturas medidas y simuladas (sin la energía auxiliar en el modelo de simulación) difieren en 4°C. Por la tarde y por la noche las temperaturas simuladas y medidas presentan una diferencia media de 0,5 grados centígrados. Se decidió trabajar con el modelo simulado sin el aporte de enfriamiento de aire en el espacio de la fermentación. En este hipotético escenario descrito, la temperatura media interior es de 20.27°C, con variaciones diarias de 7.25°C (de 16.81°C a 24.06°C). Véase Figura 7.

En el caso de la bodega H, las temperaturas obtenidas a partir de la simulación, utilizando datos microclimáticos locales, se ajustan muy bien a las temperaturas medidas en el área de la fermentación (la variación entre las temperaturas reales y simuladas es de 0.9°C), ya que el espacio no presenta energía auxiliar que afecte a la temperatura del aire. Véase Figura 7.

5 PROPUESTAS DE MEJORAS EN LA ENVOLVENTE.

Ninguna de las dos bodegas, P y H, alcanzan la temperatura interior deseada con la resolución técnica de la envolvente actual. Para proponer mejoras se tiene en cuenta que hay algunos aspectos constructivos, como la forma, la orientación y la ubicación, que no pueden ser cambiados. Se ha diferenciado tres variables que pueden estar sujetas a cambios en los modelos simulados: propiedades termofísicas de la envolvente, intercambios de aire interior-exterior e incorporación de protección solar.

Las recomendaciones propuestas se orientan a reducir la temperatura interior, con el fin de aproximarse lo más posible a los 16°C, con variaciones mínimas diarias. Cabe indicar que temperaturas como aquella se consiguen de forma natural en la región, mediante bodegas subterráneas (Ganem y Coch, 2010; 2012).

Envolvente vertical	Envolvente horizontal	Envolvente transparente
Paredes de ladrillo de 0,40m de espesor con 0,05m con poliuretano con terminación plástica. U= 0,31 W/m ² K	Chapa galvanizada con 0,10m de aislamiento térmico, lana de vidrio compacta. U= 0,34 W/m ² K	Doble vidrio hermético, marcos de aluminio con RPT y Low-e. U= 1,2 W/m ² K

Tabla.3 Propiedades termofísicas de bodega P (propuestas).

Bodega P.

La bodega P no tiene aislación térmica en la envolvente vertical y exhibe una conductancia de $U=1,67 \text{ W/m}^2\text{K}$. La propuesta de mejora radica en incorporar 0,05m de poliuretano expandido con un acabado de yeso de terminación, de modo de disminuir el U a $0,31\text{W/m}^2\text{K}$. También se ha duplicado la aislación en techos, a través de lana de vidrio compacta, ya que es la superficie arquitectónica que recibe más radiación solar: el 30% del total distribuido durante el día, lo que representa $25.700\text{kJ/m}^2\text{.día}$ (Ganem, 2006). Los valores de conductancia del techo (U) cambian, entonces, de $0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $0,34\text{W/m}^2\text{K}$. Las ventanas representan sólo el 4,4% de la superficie cubierta, sin embargo, se propone mejorar con marcos de aluminio con ruptura de puente térmico y un recubrimiento de baja emisividad. La conductancia lograda es de $U=1,2\text{W/m}^2\text{K}$. Ver Tabla 3.

El intercambio de energía exterior-interior, por medio de infiltraciones y aberturas, se ha controlado y reducido durante las horas diurnas, a 1.2 r/h (sobre todo, entre la 1pm y las 6pm, hora solar, cuando las temperaturas exteriores son mayores a los 30°C). Es importante tener en cuenta que debido a la producción de CO₂, a partir de procesos de fermentación, es clave mantener el movimiento del aire dentro de los espacios de la bodega.

Bodega H.

La bodega H presenta diferentes tipos de envolvente vertical (ver Tabla 2). Sólo la pared Oeste posee aislación térmica y un $U=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$. Se propone incorporar 0,05m de poliuretano expandido, con un acabado de yeso en el interior, en muros Norte, Sur y Este. Esta mejora disminuye los valores U, de $2,4\text{W/m}^2\text{K}$ a $0,34\text{W/m}^2\text{K}$. También se duplica la aislación térmica en techo, disminuyendo las conductividades, de $0,69\text{W/m}^2\text{K}$ a $0,34\text{W/m}^2\text{K}$.

Las ventanas representan sólo el 4,6% de la superficie del edificio, sin embargo, también se mejoran con marcos RPT (ruptura de puente térmico) y lámina de baja emisividad (Low-e), logrando un $U=1,2\text{W/m}^2\text{K}$. Ver Tabla 4.

Envolvente vertical 1	Envolvente vertical 2	Envolvente horizontal	Envolvente transparente
Hormigón prefabricado 0.20m de espesor, con poliestileno expandido interior de 0.05m de espesor. U= 0.34 W/m2K	Hormigón prefabricado 0.20m de espesor, con poliestileno expandido interior de 0.05m de espesor. U= 0.34 W/m2K	Techo de Chapa Galvanizada con lana de vidrio compacta de 0.10m de espesor U= 0.34 W/m2K	Doble vidrio hermético, marcos de aluminio con RPT y Low-e. U= 1.2 W/m2K

Tabla.4 Propiedades termofísicas de bodega H (propuestas).

6 RESULTADOS

Gracias a las propuestas de optimización, ambas bodegas presentan mejoras, principalmente en dos aspectos: la amplitud o rango térmico y su estabilidad térmica interior. En el período analizado, la bodega P alcanza una temperatura interior media de 20.46°C con variaciones diarias de 2.88°C (de 19.22°C a 22.11°C). A pesar de que estas temperaturas son un poco más altas que las no simuladas, el edificio con mejoras no necesita aquí energía auxiliar para enfriar el espacio, lo que representa una inmensa ventaja.

Nótese que las temperaturas mínimas medidas son más bajas que las simuladas: 16.68°C (medida) a 19.22°C (simulada). Diferencia que se produce al reducir el intercambio de aire exterior-interior. Si añadimos estrategias de ventilación nocturna a la reforma planteada, con temperaturas exteriores de 9.78°C, las temperaturas interiores mínimas se registran en 13.50°C, sin energía auxiliar. Esta combinación de estrategia de ventilación con el aumento de aislación en la envolvente existente, hace que las temperaturas medias interiores sean inferiores a 18.89°C. Véase Figura 8.

Con respecto a la bodega H, el edificio simulado con mejoras alcanza una temperatura interior media de 23.83°C, con variaciones diarias de 3.45°C (de 22.09°C a 25.75°C). Estas temperaturas son inferiores a las medidas efectivamente, y se logran sin utilizar energía auxiliar. En la Figura 9, se puede observar que las temperaturas mínimas son más altas que las medidas: 18.82°C (medida) a 22.09°C (simulada), debido a la reducción del intercambio de aire exterior-interior.

Existe la posibilidad de añadir, a las reformas de la envolvente propuestas, estrategias de ventilación nocturna, usando las temperaturas exteriores, las cuales disminuyen en 9,78°C en el período analizado. Con esta estrategia, se puede observar temperaturas mínimas interiores de 15.65°C. La combinación de refuncionalización de la envolvente existente y el correcto manejo de la misma permite que las temperaturas medias sean inferiores a 21.77°C. Véase Figura 9.

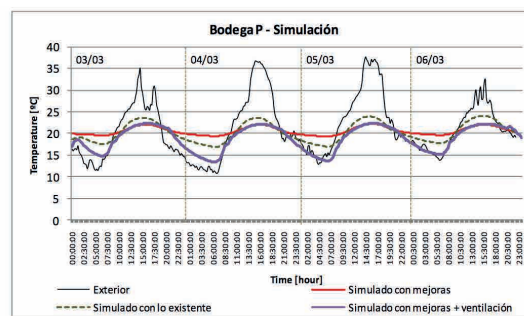


Figura 8. Bodega P: Resultados de la simulación.

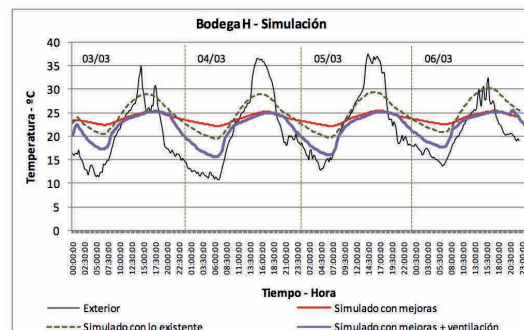


Figura 9. Bodega H: Resultados de la simulación.

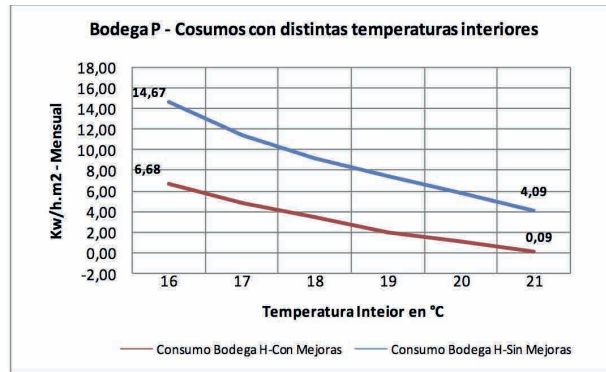


Figura 10. Bodega P: Consumos energéticos mensuales para temperaturas interiores entre 16°C y 21°C para el caso de la bodega sin mejoras y para la bodega con mejoras.

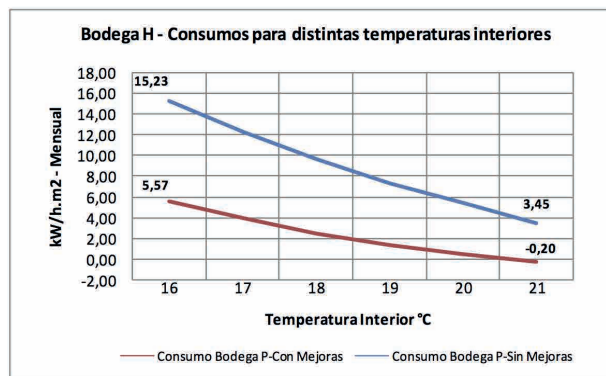


Figura 11. Bodega H: Consumos energéticos mensuales para temperaturas interiores entre 16°C y 21°C para el caso de la bodega sin mejoras y para la bodega con mejoras.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Ante todo, podemos concluir que es necesario evaluar las bodegas caso por caso. Sin embargo, este estudio hace posible plantear algunas recomendaciones interesantes:

La primera interrogante que debemos dilucidar, que afecta al rendimiento de la bodega y, por lo tanto, el consumo de energía auxiliar, es si conviene refrigerar el espacio de fermentación para bajar la temperatura del aire interior, o si es mejor controlar la temperatura dentro del proceso de producción de vino, con tanques refrigerados.

El segundo aspecto a tener en cuenta es el lugar sobre el que está construida la bodega: sobre o bajo el suelo. En el último caso, es necesario tener una buena envolvente con resistencia térmica adecuada, protección solar e infiltraciones controladas. También es importante que la envolvente tenga masa térmica para reducir las variaciones diarias de temperatura interna, en un clima con casi 30°C de variaciones diarias exteriores.

La tercera consideración está relacionada con el manejo de la envolvente. Las Figuras 8 y 9 muestran las posibilidades de mejora en un edificio pasivo, sin el manejo del usuario, y las posibilidades de mejora si

añadimos, a las estrategias de diseño de envolvente, la acción activa de las personas: abrir ventanas sólo de noche.

A continuación, se trabajan estos conceptos y se aplican en forma específica para los casos de estudio. Así, se presentan en las Figuras 10 y 11 los consumos estimados en kW/h.m2, con distintas opciones de temperatura interior para las bodegas P y H, respectivamente.

A partir de la propuesta de reacondicionamiento, la envolvente se optimiza para tener una adecuada resistencia térmica al clima del lugar. Como ya se ha demostrado, se logran temperaturas interiores en el orden de los 21°C, para el caso de la bodega P, y de 20.5°C, para el caso de la bodega H; equivalentes a las que hoy presentan esos establecimientos vitivinícolas, sin el uso de energía auxiliar. A igualdad de condiciones térmicas interiores, se logra un ahorro energético de 4 kW/h.m2, en el caso de la bodega P, y de 3.65 kW/h.m2, para el caso de la bodega H. Estos consumos equivalen a 120 kW/h.m2 por mes para el caso de la bodega P y 109.5 kW/h.m2 por mes para el caso de la bodega H. Al tratarse de establecimientos de aproximadamente 900m2, los consumos implican cifras de más de 100.000kW/h por mes.

Este punto base en el que el consumo es igual a cero para la bodega reacondicionada térmicamente puede ser incluso mejorado, utilizando la estrategia de ventilación nocturna en las noches en las que sea posible aplicarla. Se debe tener en cuenta que la provincia de Mendoza presenta un 30% de días en calma, durante los cuales esta estrategia presenta dificultades en su aplicación. No obstante, para el 70% restante de los días, con la utilización de la ventilación nocturna cruzada como estrategia pasiva de acondicionamiento térmico, las temperaturas interiores pueden disminuir hasta 16°C. Esta es la temperatura ideal para el funcionamiento de una bodega ya que es equivalente a la condición térmica interior de una bodega enterrada. Para el caso del inicio del proceso de fermentación el ΔT se disminuye a 8°C, diferencia que se propone manejar a través de las serpentinas en el interior de los tanques.

Si se aplica la estrategia de ventilación cruzada nocturna, se pueden obtener valores máximos de ahorro adicional en la bodega P de 6.68 kW/h.m², para el caso de la bodega reacondicionada, y de 14.67 kW/h.m², para el caso de la bodega existente. Estos valores equivalen a 200 kW/h.m² por mes y 440 kW/h.m² por mes, respectivamente. Se trata de consumos para 900 m² en el orden de 180000 kW/h por mes y 396000 kW/h por mes, respectivamente.

En la bodega H la aplicación de la estrategia de ventilación cruzada permite reducciones en el consumo energético en el caso mejorado de 5.57 kW/h.m² (equivalentes a 150000 kW/h mes para 900m²). En el caso de la bodega existente dichas reducciones en el consumo energético son de 15.23 kW/h.m² (equivalentes a 411000 kW/h mes para 900m²).

8 AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a los propietarios de bodega P y bodega H por darnos la posibilidad llevar a cabo el estudio en sus instalaciones industriales. Esta investigación ha sido financiada por FONCYT PICT 08-1894 (2010-2014), y UNCuyo SECTyP 06/1198 (2013-2015).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOE. U.S. National Department of Energy. 2014. Energy Plus Version 8.1.

GANEM, Carolina. *Rehabilitación ambiental de las envolventes de viviendas. El caso de Mendoza*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2006.

GANEM, Carolina y COCH, Helena. *Envelope characterization and self-climatic regulation assessment for a winery in the province of Mendoza, Argentina*. World Renewable Energy Congress XI, Abu Dhabi, UAE. 2010. 573 p.

GANEM, Carolina y COCH, Helena. *An environmental review of wineries over the last centuries: from vernacular to high tech*. PLEA 2012 - 28th Conference, Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture Lima, Perú. 2012.

GANEM, Carolina y COCH, Helena. *Bodegas sobre-suelo y estabilidad térmica interior. Análisis de envolventes tradicionales y contemporáneas en Mendoza, Argentina*. *Revista Hábitat Sustentable*, 2013, vol. 3, pp. 15-25.

Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV). Estadísticas [en línea]. 2014 [Consultado 26/06/2014]. Disponible en: www.inv.gov.ar.

KOHLER, Niklaus y HASSLER, Uta. *The building stock as a research object*. *Building Research & Information*, 2002, vol. 30, nº 4, pp. 226-236.

MORENO, Javier. *La bodega: modelo de arquitectura sostenible*. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2008.

OKE, Tim R. *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Cites*. Geneva: Iom Report, Td. In Press, World Meteorological Organization, 2004.

YRAVEDRA SORIANO, María José. *Arquitectura y cultura del vino*. Madrid: Ed. Munilla-Lería, 2003.