Campamentos mineros en el Perú: Análisis bioclimático y recomendaciones de diseño para mejorar el confort interior

Mining camps in Peru: Bioclimatic analysis and design recommendations to improve interior comfort

DOI: 10.17981/mod.arq.cuc.26.1.2021.03

Artículo. Fecha de Recepción: 07/10/2020. Fecha de Aceptación: 01/11/2020.

Fiorella Silvana Arispe Sevilla
Universida de Lima. Lima (Perú)
farispe@ulima.edu.pe

Ofelia Giannina Vera Piazzini
Universidad de Lima. Lima (Perú)
overap@ulima.edu.pe

Para citar este artículo:
Arispe, F. y Vera, O. (2021). Campamentos mineros en el Perú: Análisis bioclimático y recomendaciones de diseño para mejorar el confort interior. *MODULO ARQUITECTURA CUC*, 26, pp. 47–82, 2021. DOI: http://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.26.1.2021.03

Resumen

El presente estudio analiza el comportamiento de tres campamentos mineros peruanos en respuesta a variables climáticas y geográficas específicas con el objetivo de determinar pautas y criterios de diseño arquitectónico bioclimático, que busquen mejorar la calidad de vida, confort y seguridad del trabajador minero. Se estudiaron tres casos de estudio ubicados en dos zonas climáticas del Perú: Desértica (BW) y Mesoandina (Dwb). Los campamentos estudiados pertenecen a proyectos de Gran Minería y se encuentran ubicados dentro del área de influencia de la operación minera. Se emplearon evaluaciones objetivas y subjetivas: recojo de data in situ, simulaciones digitales, encuestas y entrevistas a los usuarios. La investigación ha permitido identificar las principales variables que influyen en el comportamiento térmico, acústico y lumínico interior y proponer recomendaciones de diseño que puedan implementarse para mejorar el confort de los casos estudiados, así como de futuros proyectos con condiciones climáticas similares.

Palabras clave: Arquitectura; bioclimático; campamentos mineros; clima; confort; estrategias proyectuales.

Abstract

The study analyzes the behavior of three Peruvian mining camps in response to specific climatic and geographic variables with the objective of determining guidelines and criteria for bioclimatic architectural design, which seek to improve the quality of life, comfort and safety of the mining worker. The analysis was carried out through three study cases located in two climatic zones of Peru: Desert (BW) and Mesoandina (Dwb). The studied camps belong to large mining projects and are located within the area of influence of the mining operation. Objective and subjective evaluations were used: data collection in situ, digital simulations, surveys and user interviews. The research has made it possible to identify the main variables that influence the thermal, acoustic and lighting behavior and to propose design recommendations that can be implemented to improve the comfort of the studied cases, as well as future projects with similar climatic conditions.

Keywords: Architecture; bioclimatic; climate; comfort; mining camps; project strategies

© The author; licensee Universidad de la Costa - CUC.

Introducción

Los campamentos mineros son asentamientos ubicados en zonas con escasa población rural, destinados a albergar personas en tránsito para una actividad de carácter provisional; grupos humanos conformados por profesionales, funcionarios y trabajadores mineros, que no solo se encuentran aislados geográficamente, sino que viven en ámbitos sociales segregados conviviendo en espacios que muchas veces solo cumplen con los aspectos funcionales de las empresas mineras pero que no necesariamente toman en cuenta consideraciones ambientales, socio-culturales, fisiológicas y psicológicas en su diseño y construcción.

La globalización ha traído consigo una práctica arquitectónica carente de identidad que se refleja en construcciones que no corresponden a las condiciones climáticas, sociales y culturales en las que vivimos. La arquitectura debe priorizar el confort de sus usuarios adaptándose y aprovechando eficientemente las condiciones ambientales definidas por su ubicación y los recursos disponibles inmediatos, intentando minimizar los consumos energéticos y con ello la contaminación ambiental. Esto significa que la arquitectura debe responder a las necesidades y condiciones particulares de cada localidad y no ser replicada indistintamente como modelos o prototipos estándar. Debido a su ubicación geográfica y a sus diversos pisos altitudinales, el Perú cuenta con una gran variedad de climas; sin embargo, se observan características arquitectónicas similares alrededor del país (Figura 1).

Figura 1. Fotografias correspondientes a 2 campamentos mineros en el Perú donde se pueden observar similitudes en el diseño y construcción, a pesar de encontrarse en dos zonas climáticas diversas. (a) Módulo de Viviendas Campamento Tunshuruco (Dwb) (b) Módulo de Viviendas Campamento Las Lomas (BW).

Fuente: Elaboración propia.

Las investigaciones sobre campamentos mineros a nivel internacional tienen como objetivo principal estudiar la historia y evolución de las mismas, así como ahondar en las consecuencias urbanas de los asentamientos (Barría, 2001; Alonso, 2012; Arellano, 2011; Gutiérrez, 2013).

El presente trabajo parte de un enfoque bioclimático, en donde la relación usuario-arquitectura-entorno es el eje central del estudio.

Se identifican las problemáticas y aspectos de diseño arquitectónico que influyen en el bienestar, salud y rendimiento de los trabajadores en el sector minero con el objetivo de determinar pautas y criterios generales de diseño bioclimático que mejoren la calidad de vida, confort y seguridad del trabajador. Se analiza el comportamiento ambiental interior de tres campamentos ubicados en dos zonas climáticas en donde se encuentran la mayor cantidad de industrias mineras en el Perú (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico-INGEMMET, 2020; Ministerio de Energía y Minas-MINEM, 2020; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento-MVCS, 2014). Para un diseño con prestaciones bioclimáticas adecuadas y eficiencia en el consumo energético, se hace necesario priorizar el control del envolvente térmico (Sancho, 2017), por lo que el presente estudio presta especial atención a esta variable en relación al clima de la localidad.

Desarrollo

La arquitectura bioclimática

La arquitectura del estilo internacional en la posguerra se impuso sobre la arquitectura local, desvinculando la identidad de las construcciones y su relación con el entorno para aplicarlas de forma indiscriminada a nivel mundial (Wassouf, 2014). La preocupación por los aspectos medioambientales en la edificación resurgió con la crisis del petróleo de la década del '70, que impulsó a los gobiernos a buscar fuentes de energía seguras y reducir la dependencia de combustibles fósiles. En este contexto, la arquitectura bioclimática busca la relación entre arquitectura y ambiente, estudiando la interacción del hombre con su medio, determinante que influye significativamente en el proyecto arquitectónico, creando edificios que respeten el hábitat y a la vez resulten confortables para sus habitantes (Edwards, 2004; Serra, 2004; Ruano, 2007; Guerra, 2012; Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado-ASHRAE, 2013, Parera, 2017). El quehacer arquitectónico, por lo tanto, debe ser el resultado de un enfoque holístico, en el cual cada elemento del sistema aporta para el desarrollo y correcto funcionamiento del proyecto sostenible (Rosales, Rincón y Millán, 2016).

Las condiciones ambientales que se generan en el interior de una edificación no solo afectan el confort de sus ocupantes y usuarios, sino que también su salud. Las variables globales a tener en consideración para el diseño bioclimático de una edificación son: ubicación y localización, análisis higrotérmico, lumínico y acústico (Evans, 1980; Lacomba, 1991; Olgyay, 1998; Gonzalo, 2004; Wieser, 2008; De Garrido, 2013; Villanueva y Vera, 2017). Consideramos que este tema es fundamental para el presente estudio ya que la mala calidad del aire interior, los materiales tóxicos, la falta de luz natural o el ruido excesivo pueden tener consecuencias perjudiciales en los usuarios de dichas instalaciones (Redlich, Sparer & Cullen, 1997; Norback, Michel y Widstromm, 1990; Miranda, 2008)

Las zonas climáticas para el diseño en el Perú

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2014) publicó, en la norma EM 110 del Reglamento Nacional de Construcción, el Mapa de Clasificación Climática para el Diseño en el Perú. El mapa se encuentra dividido en 9 zonas que se encuentran caracterizadas climáticamente; cada una de ellas cuenta con recomendaciones generales para un diseño bioclimático con eficiencia energética (Figura 2). Se precisa que, al tratarse de recomendaciones generales que agrupan diversos microclimas y geografías del Perú, la información proporcionada por la norma EM 110 (MVCS, 2014) se ha considerado como "dato base" que ha sido utilizado a criterio de las investigadoras para la propuesta de recomendaciones de diseño específicas para el confort interno de los campamentos mineros estudiados.

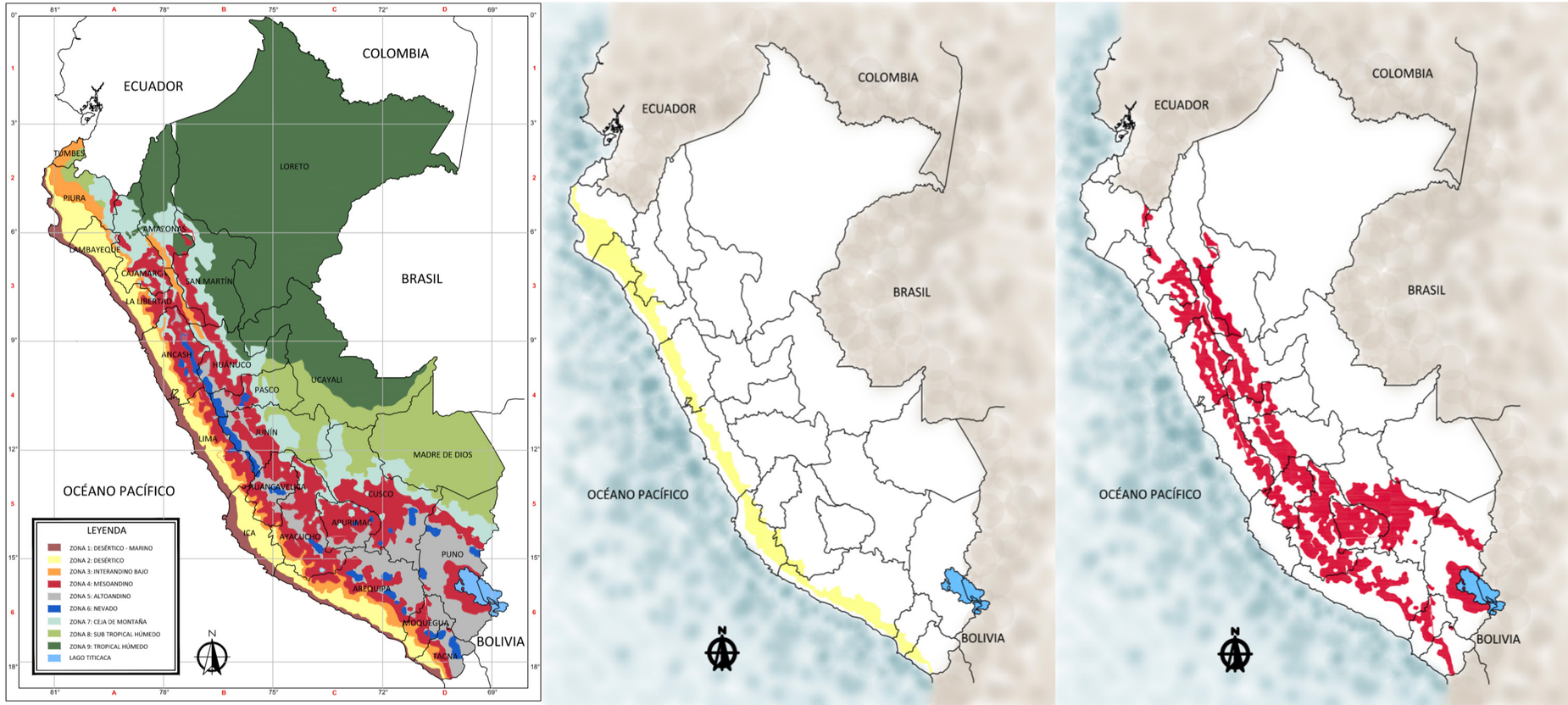


Figura 2. Imágenes correspondientes a las 9 zonas climáticas para el diseño en el Perú y las 2 zonas elegidas para el presente estudio. (a) Mapa de zonas climáticas para el diseño en el Perú, (b) Zona 2: Desértica (BW), (c) Zona 4: Mesoandino (Dwb)

Fuente: Elaboración propia en base a publicaciones del MVCS.

Los Módulos de Vivienda de los Campamentos Mineros

La minería es una actividad extractiva y descentralizada que se realiza en zonas inhóspitas, por lo general de mucha altura y en condiciones climáticas muy extremas en el Perú. Las empresas que sostienen operaciones formales, principalmente las de mediana y gran minería ubicadas en zonas despobladas, deben de implementar campamentos mineros para sus trabajadores, los cuales deben de cumplir con las condiciones de seguridad, higiene y saneamiento normadas, así como establecer programas de bienestar bajo el Dec. Leg. Nº 109 (1992, Art. 328).

El modelo de "Campamentos exclusivos para trabajadores en zonas alejadas" surge a partir de la década de los 90', con la promulgación de la Ley General de minería (Decreto Supremo Nº 014-92-EM, 1992). Esto propició un cambio en la generación de viviendas para los trabajadores y la reformulación del concepto de campamentos mineros, de acuerdo a nuevos sistemas de subcontratación y regímenes excepcionales de trabajo. Ésta política intenta erradicar directamente la acostumbrada dependencia social entre la empresa y la sociedad civil.

El campamento se ha transformado en un gran conjunto de edificios que incorporan todos los programas en una o varias estructuras continuas con sistemas constructivos prefabricados, modulares o mixtos. La solución habitacional para los trabajadores mineros puede tener más de una tipología de vivienda, en el presente trabajo se analizan específicamente los campamentos exclusivos para los trabajadores en zonas alejadas, por ser el tipo de vivienda que más demandan las empresas mineras en la actualidad y que menor regulación tienen en cuanto a su diseño arquitectónico por carecer de revisiones técnicas del Colegio de Arquitectos del Perú (CAP) debido a que no están insertos en una zona urbanizada.

La gran mayoría de empresas mineras construyen los campamentos para sus trabajadores bajo las indicaciones del plan maestro general de la operación minera[1], contratando empresas locales para su construcción; que no necesariamente cuentan con arquitectos que propongan mejoras en sus diseños.

Cuando las empresas se encuentran en la etapa de extracción, recibiendo retornos económicos de lo invertido es cuando generalmente realizan proyectos de mejora de sus instalaciones y se dan cuenta de que una adecuada planificación inicial pudo ahorrar costos en mantenimiento, mayor aprovechamiento de la energía y control de impactos atmosféricos en el interior; valorando en mayor medida el aporte inicial de un arquitecto desde la etapa de concepto, planificación arquitectónica, logística, de interiorismo y equipamiento a detalle de sus instalaciones.

[1] Generalmente el layout del Master Plan de la Operación minera solo ubica con bloques de módulos la zona de campamentos sin un análisis detallado que justifique la ubicación.

En el Perú no existe una reglamentación específica para el diseño de campamentos mineros que tenga en consideración el confort del trabajador. En el Decreto Supremo N°055-2010-EM (2010), Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, así como en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2020), no se precisan a detalle las consideraciones necesarias que garanticen un diseño adecuado de este tipo de infraestructuras.

Metodología

Para entender el comportamiento de una edificación se emplea el modelo metodológico propuesto por Ramos (2012), que cuenta con variables específicas para el análisis de bienestar y calidad de vida. Asimismo, para poder identificar las potenciales mejoras y optimizar el confort interno del espacio, se realizan simulaciones ambientales digitales empleando el software Ecotect (versión 2019).

Se ilustran las etapas metodológicas empleadas incluyendo las actividades y herramientas utilizadas (Figura 3). Asimismo, se tomarán como referencia imágenes aleatorias de los tres campamentos analizados a modo de ejemplo aplicativo.

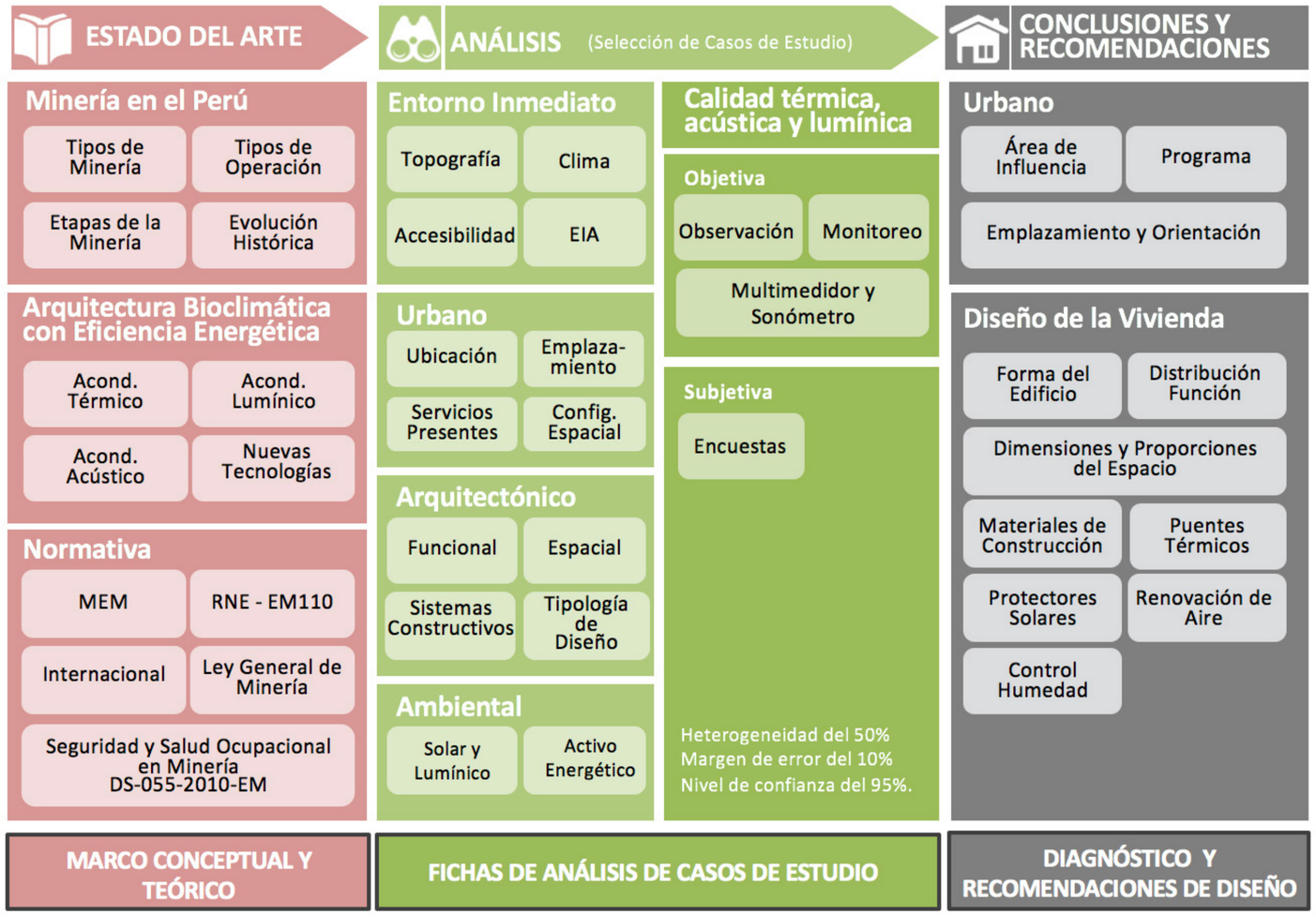


Figura 3. Etapas metodológicas propuestas para el presente estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Para la elección de los casos de estudio, se priorizaron los campamentos que cumplieran con ciertos criterios: ubicación en zonas climáticas representativas en donde se localizan la mayor cantidad de industrias mineras en el Perú (clima desértico y mesoandino)[2], campamentos de viviendas en proyectos de gran y mediana minería con buena política ambiental, capacidad mayor a 700 personas y ubicados dentro del área de influencia de la operación minera, asimismo, aceptación por parte de la empresa minera a divulgar la información recopilada (Figura 4).

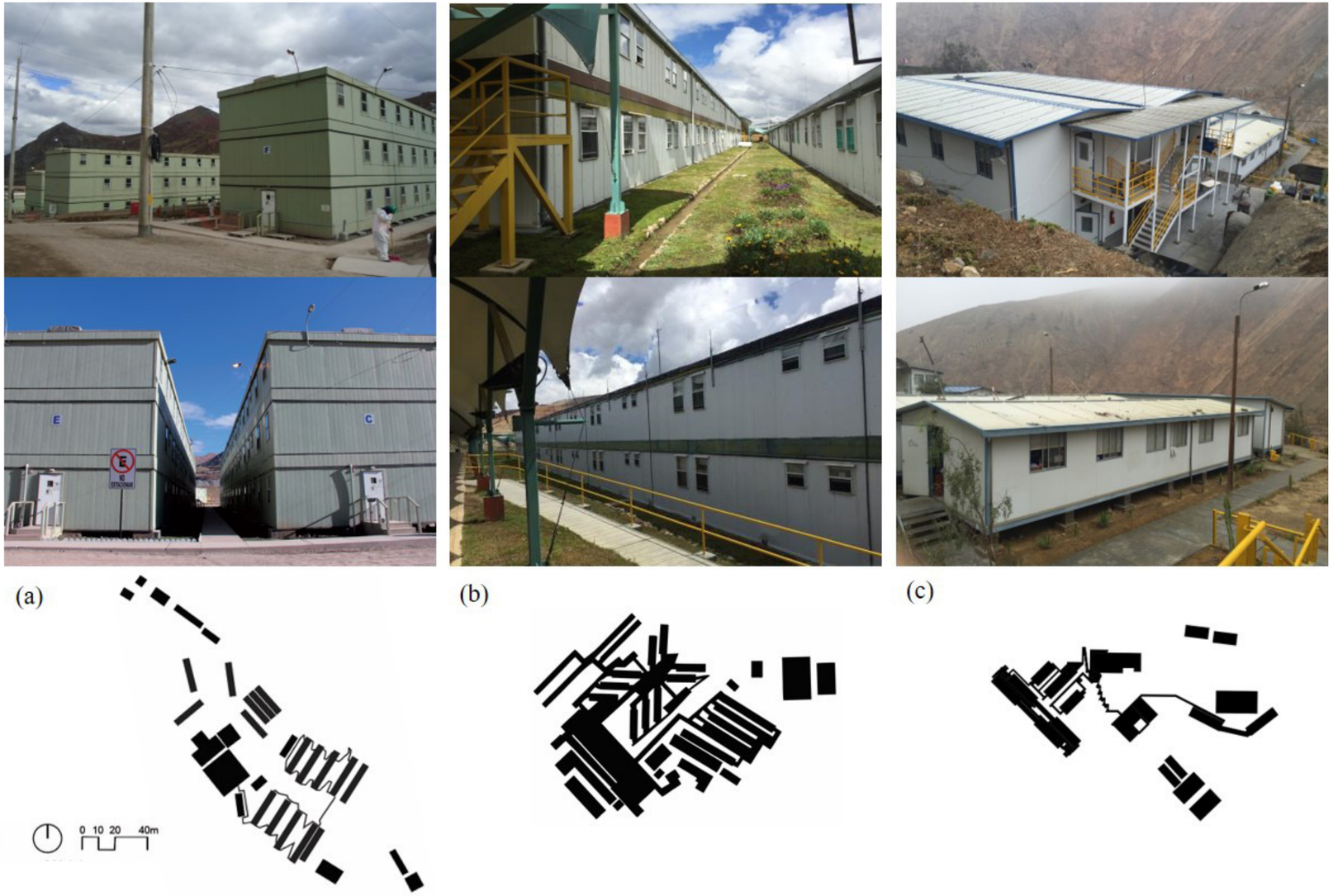


Figura 4. Campamentos mineros analizados. (a) Campamento Tunshuruco, zona climática 4 Mesoandino (Dwb), (b) Campamento Km37, zona climática 4 Mesoandino (Dwb), (c) Campamento Las Lomas, zona climática 2 Desértico (BW).

Fuente: Elaboración propia.

[2] De los 570 proyectos mineros que se encuentran en etapa de producción, el 52.45% se encuentra ubicado en la sierra del Perú, mientras que el 28.60% y 18.95% se encuentran en la costa y selva respectivamente (MINEM, 2015).

Se analizaron cuatro aspectos fundamentales del diseño de un campamento minero: plan maestro, funcionalidad, estructura y confort ambiental (térmico, acústico y lumínico). A nivel de plan maestro, para entender las variables que se tomaron en cuenta en su planeamiento, se recogió información mediante imágenes satelitales, planos proporcionados por las empresas mineras, así como entrevistas con los arquitectos y equipo de diseñadores del proyecto (Figura 5). A nivel funcional, con el objetivo de entender las dinámicas funcionales más comunes del modelo y determinar los criterios y pautas de diseño, se levantó información mediante visitas al lugar, captura de imágenes fotográficas de las instalaciones, entrevistas y encuestas a trabajadores, así como un análisis antropométrico de los módulos de vivienda (Figura 6). A nivel estructural, el estudio se limitó a describir las propiedades estructurales del sistema empleado, complementándolo con información pertinente al confort higrotérmico. A nivel confort, se emplearon evaluaciones cuantitativas por medio de mediciones en distintas horas del día (in situ) y periodos del año (simulaciones), así como cualitativas, por medio de encuestas, para recabar la información sobre la satisfacción de los usuarios.

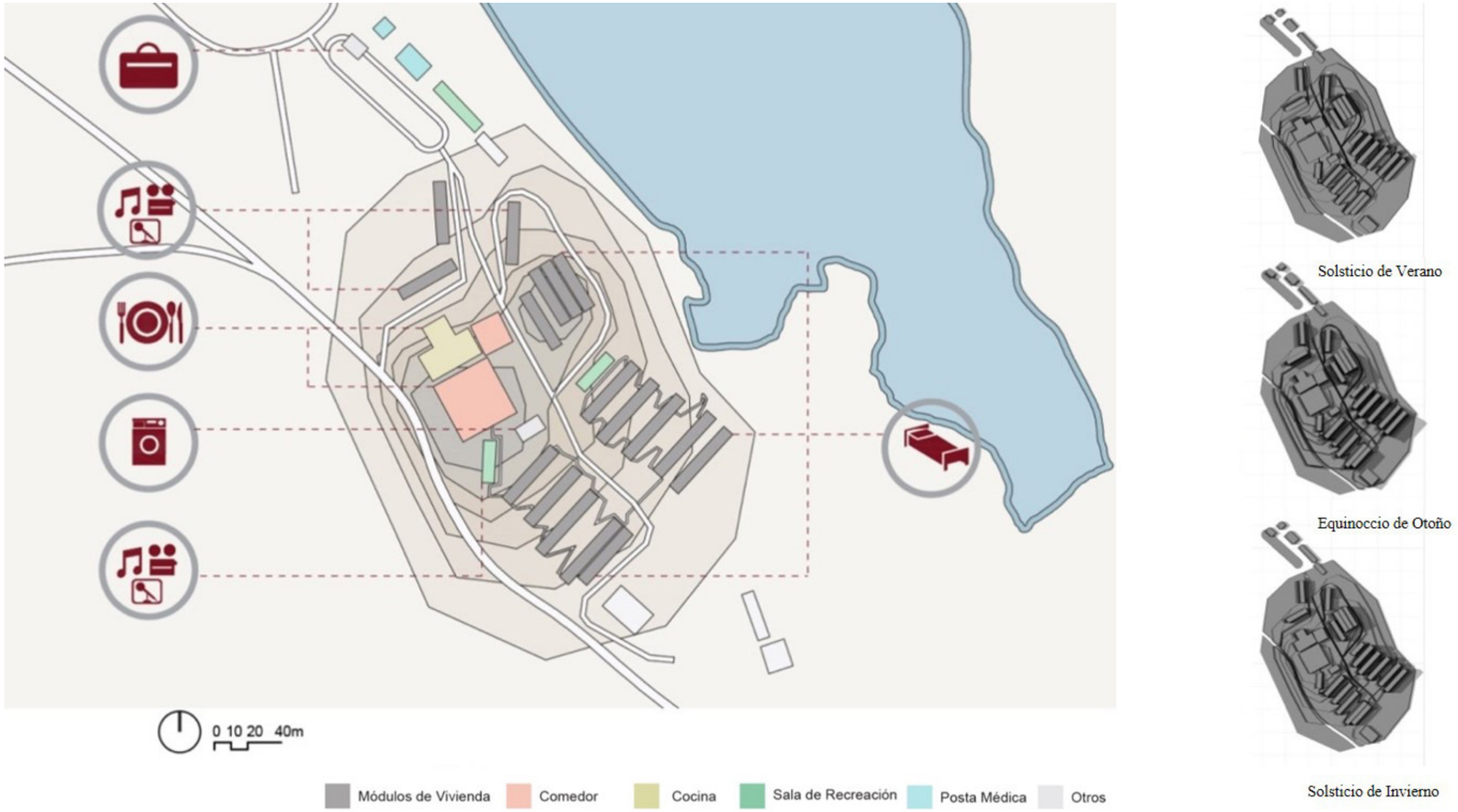


Figura 5. Plan maestro del campamento minero Tunshuruco y arrojo de sombras en solsticios y equinoccios.

Fuente: Elaboración propia.

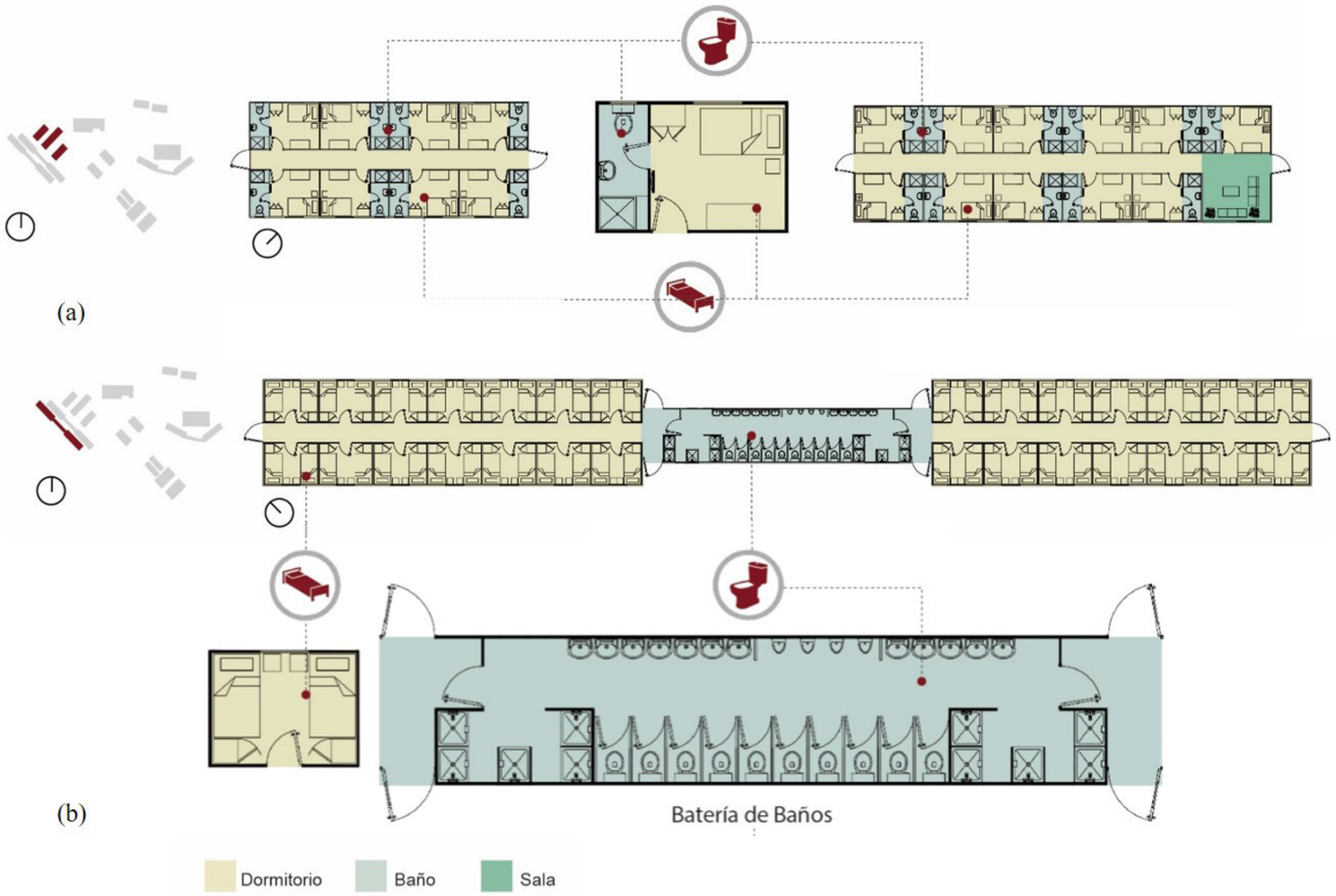


Figura 6. Planta típica de pabellones para (a) ingenieros y (b) técnicos del campamento minero Las Lomas.

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener un comportamiento climático real de las zonas de estudio y poder elaborar la base de datos climática a ser utilizada en las simulaciones digitales, se realizó un análisis basado en el promedio históricos de los datos de los últimos 5 años de las estaciones meteorológicas más cercanas a la zona de análisis proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2019), así como, se utilizaron estaciones validadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Para interpolar la data obtenida se emplea el software Meteornorm (v. 7).

Para determinar la eficiencia ambiental dentro de los campamentos mineros, se recurrió al análisis de las habitaciones de cada caso de estudio. Se realizaron mediciones dentro y fuera de los ambientes utilizando como instrumento un multi-medidor electrónico de luz, velocidad de aire, humedad y temperatura, así como un medidor de decibeles. Para cada uno de los casos se realizaron análisis solares (radiación y luminosidad) y de obstrucciones para evaluar el acondicionamiento ambiental de las habitaciones del campamento (Figura 7, Figura 8 y Figura 9).

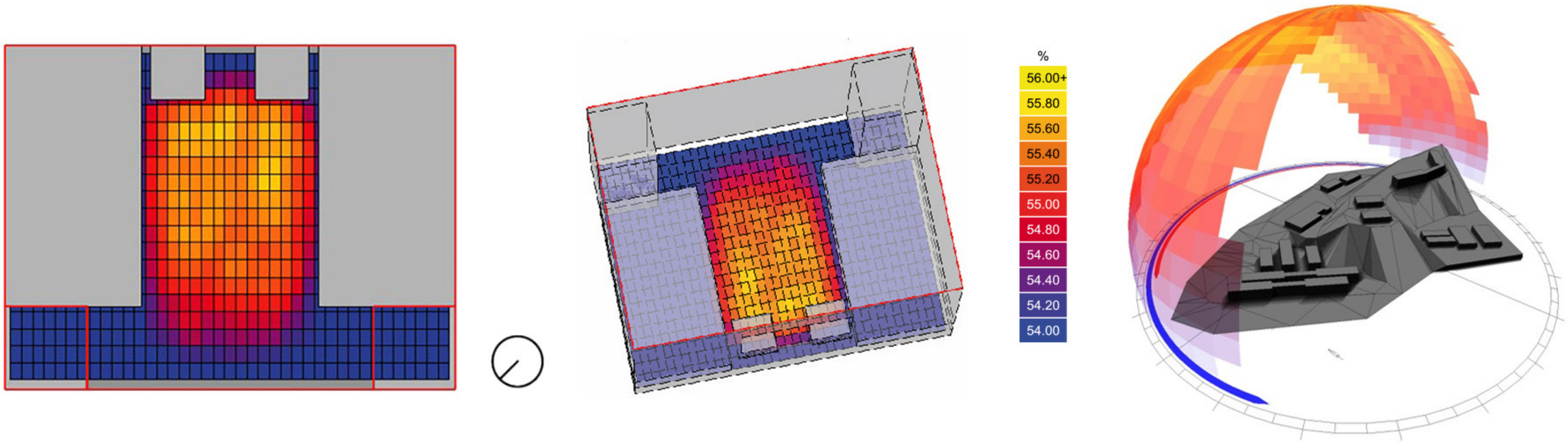
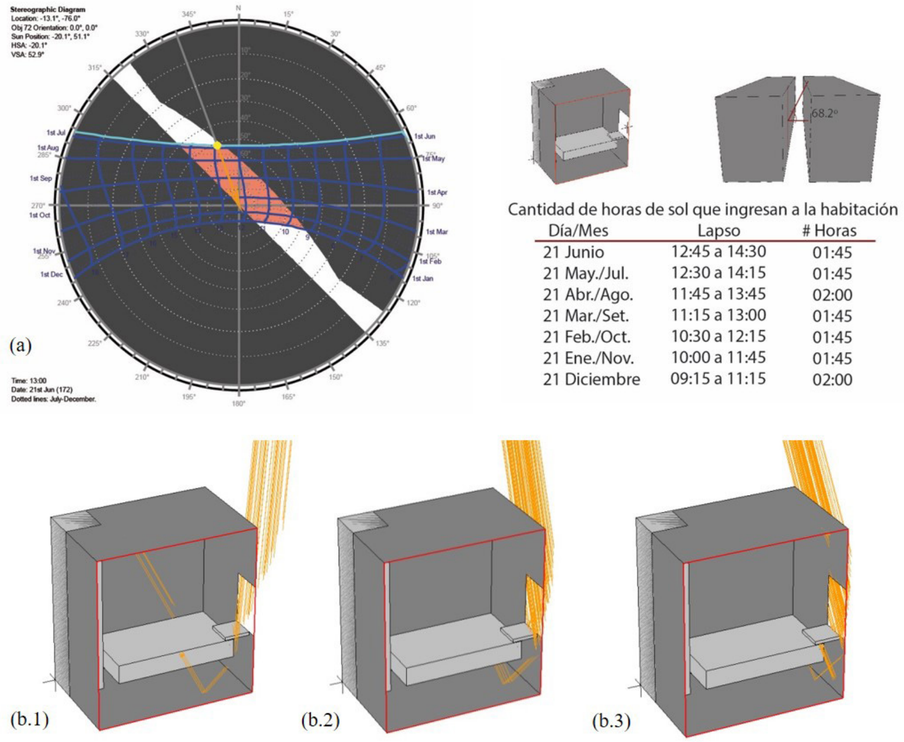


Figura 7. Análisis lumínico FLD(%) de habitación para obreros y arrojo de sombras de todo el campamento minero Las Lomas.

Fuente: Elaboración propia (Ecotect, v. 2019).

Se realizaron análisis que pretenden dar un diagnóstico general de los campamentos mineros en cuatro periodos del año mediante simulación digital: solsticios de verano e invierno y equinoccios de otoño y primavera. Finalmente, se evalúan las obstrucciones que podrían presentar los espacios analizados en los diferentes meses y horas del día. Como complemento del análisis bioclimático, se evidencian los sistemas de acondicionamiento activo que utilizan los establecimientos (aire acondicionado y calefacción), así como las soluciones técnicas empleadas para el ahorro de energía.

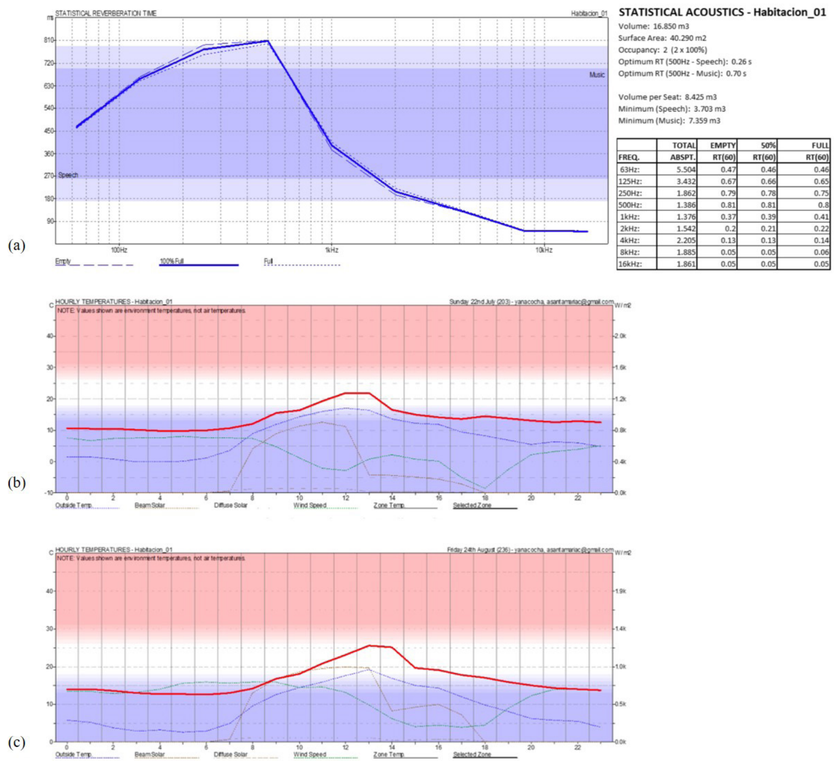


Cantidad de horas de sol que ingresan a la habitación

Día/Mes	Lapso	# Horas
21 Junio	12:45 a 14:30	01:45
21 May./Jul.	12:30 a 14:15	01:45
21 Abr./Ago.	11:45 a 13:45	02:00
21 Mar./Set.	11:15 a 13:00	01:45
21 Feb./Oct.	10:30 a 12:15	01:45
21 Ene./Nov.	10:00 a 11:45	01:45
21 Diciembre	09:15 a 11:15	02:00

Figura 8. (a) Obstrucción solar de 68.2° y achurado de porción de recorrido solar visible desde el plano de la ventana de la habitación del campamento Las Lomas. Las primeras reflexiones solares en la habitación, con orientación NE, en los meses de invierno se generan a partir de las 12:30 aproximadamente, mientras que en verano la incidencia solar se da a partir de las 9:15 am. (b) Análisis de Reflexión lumínica en julio (mes más frío del año) a las 12:30 pm (1), 1:30 pm (2) y 2:30 pm (3).

Fuente: Elaboración propia (Ecotect, v. 2019).



STATISTICAL ACOUSTICS - Habitacion_01

Volume: 16.850 m3
Surface Area: 40.290 m2
Occupancy: 2 (2 x 100%)
Optimum RT (500Hz - Speech): 0.26 s
Optimum RT (500Hz - Music): 0.70 s

Volume per Seat: 8.425 m3
Minimum (Speech): 3.703 m3
Minimum (Music): 7.359 m3

	TOTAL	EMPTY	50%	FULL
FREQ.	ABSPT.	RT(60)	RT(60)	RT(60)
63Hz:	5.504	0.47	0.46	0.46
125Hz:	3.432	0.67	0.66	0.65
250Hz:	1.862	0.79	0.78	0.75
500Hz:	1.386	0.81	0.81	0.8
1kHz:	1.376	0.37	0.39	0.41
2kHz:	1.542	0.2	0.21	0.22
4kHz:	2.205	0.13	0.13	0.14
8kHz:	1.885	0.05	0.05	0.06
16kHz:	1.861	0.05	0.05	0.05

Figura 9. Comportamiento acústico y térmico de las habitaciones del campamento minero Km37. (a) Tiempo de reverberación, (b)Balance térmico del día más frío (22 de julio) (c) Balance térmico del día más caluroso (24 de agosto).

Fuente: Elaboración propia (Ecotect, v. 2019).

Para el estudio bioclimático se recurrió a simulaciones digitales elaboradas con el programa Ecotect (v. 2019). Se elaboraron modelos tridimensionales de los 3 casos de estudio considerando los materiales empleados, las orientaciones, ubicación y localización, así como el arropamiento y tasa metabólica de los usuarios. Se introdujeron los datos climáticos tomados *in situ* y se compararon y procesaron con los obtenidos de las estaciones meteorológicas para poder calibrar el modelo y homogenizar las curvas. Una vez realizada la calibración, se analizaron los casos de estudio respecto a sus zonas climáticas, identificando el índice de confort interior y pudiendo determinar los elementos que podrían modificarse para mejorar las prestaciones ambientales y generar recomendaciones de diseño futuro.

Por medio de encuestas y entrevistas, se analizaron las sensaciones y opiniones de los usuarios de dichos espacios, donde se excluyeron a los trabajadores de oficina que no pernoctan en las instalaciones. Cabe resaltar que las encuestas se realizaron de manera presencial en el lugar de análisis[3], se aprovecharon las horas libres de los trabajadores, la mayor parte de ellas fue completada en el comedor del campamento en los horarios de almuerzo y cena. No se tuvieron en cuenta encuestas realizadas virtualmente. Para calcular el tamaño de muestra mínima que se necesitó encuestar en relación a la capacidad máxima de usuarios de los alojamientos mineros, se tuvo en consideración una heterogeneidad del 50%, un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 95%.

[3] En el caso específico del campamento Km 37 y Las Lomas, no se pudieron realizar mediciones por normativa general de la empresa. Se visitaron y recabaron datos *in situ* pero todo el análisis de confort se desarrollaron con simulaciones energéticas digitales. En el caso de Las Lomas, no se pudieron realizar encuestas por políticas de la empresa.

Resultados-Discusión

Luego de haber estudiado cada campamento de manera aislada, se realizó un diagnóstico comparativo, identificando los diversos comportamientos de las habitaciones por cada una de las variables bioclimáticas analizadas, determinando así los elementos a modificar para mejorar las prestaciones de confort, según el resultado obtenido.

El campamento Tunshuruco se encuentra localizado a 5,81 km de la población más cercana (Yauli) y a 6,72 km de la operación minera a 4,700 msnm en el departamento de Junín. El proyecto se encuentra ubicado en la zona climática 4 denominada “Mesoandino”, equivalente en la clasificación köppen a Dwb. El campamento tiene la capacidad de albergar a 3864 personas en módulos prefabricados de hasta tres niveles. El clima de la zona analizada es frío con otoño, invierno y primavera secos. Cuenta con un alto grado de radiación, de 4,5 kW/m^2 a 6,5 kWh/m^2, e intensidades de viento variables, así como sus direcciones. La orientación más frecuente es la noreste (90%) con una velocidad promedio de 6.72 m/s mientras por el norte (10%) con 2.19 m/s. En ningún periodo del año el clima se encuentra dentro de la zona de confort (ábaco psicrométrico), las temperaturas tienen una alta oscilación térmica entre el día y la noche de más 15 °C, llegando hasta -2.3 °C en las madrugadas.

La temperatura máxima media reportada es de 16.7 °C, con una humedad relativa de 65.9%. Se observa también una variación en la humedad, pero en este caso solo de un 10% a 20%. La diferencia de temperatura y humedad entre estaciones no es tan marcada, se observa un clima de constante frío en la zona (Figura 10).

El campamento minero Km 37 se encuentra localizado a 37 km de la población más cercana (Cajamarca) y a 571 m de la mina en operación sobre los 4,000 msnm. Tiene la capacidad de albergar a 900 personas en módulos prefabricados de hasta dos niveles. A diferencia del campamento Tunshuruco, ubicado en la misma zona climática, en el área se observan intensidades de viento más bajas, teniendo como promedio vientos de 1.32 m/s provenientes del noroeste (58.73%), mientras por el sureste (22.2%) con velocidades de 1.83 m/s. El viento con mayor velocidad, 2.54 m/s en promedio, proviene del noreste, pero se reporta con una frecuencia del 9.52%. Esta localidad tampoco se encuentra dentro de la zona de confort en todo el año (ábaco psicrométrico). Al igual de Tunshuruco, las temperaturas tienen una oscilación térmica entre el día y la noche de 15 °C, pero en este caso el rango de mínima y máxima es de 1.6 °C y 17.5 °C respectivamente.

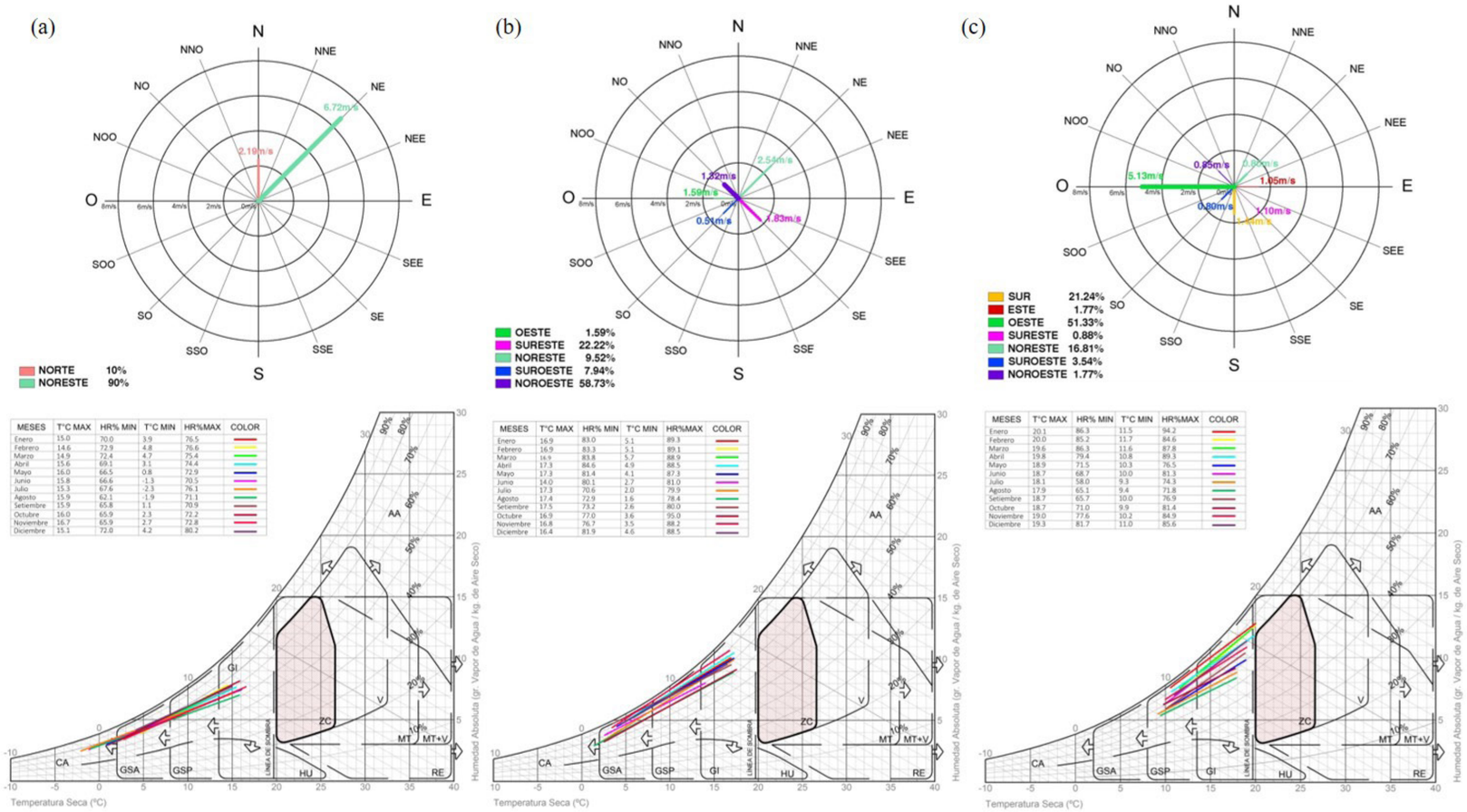


Figura 10. Comportamiento higrotérmico y de vientos. (a) Campamento minero Tunshuruco (b) Campamento minero Km37 (c) Campamento minero Las Lomas.

Fuente: Elaboración propia.

La variación diaria de humedad es de 10%, y de entre 10% y 20% entre las estaciones del año (Figura 10).

El campamento Las Lomas se encuentra localizado a 34 km de la población más cercana (Chincha) y a 0.55 km de la operación minera, a 2,272.60 msnm en el departamento de Ica. Tiene la capacidad de albergar a 745 personas en módulos prefabricados de hasta dos niveles[4]. El proyecto se encuentra ubicado en la zona climática 2, "Desértico" equivalente en la clasificación köppen a BW. El clima de la zona analizada es semicálido muy seco, al igual que los otros dos campamentos, tienen un promedio aproximado de radiación solar de 4,5 kW/m^2 a 6,5 kWh/m^2 e intensidades de viento variables, así como sus direcciones. La orientación más frecuente es la oeste (51.33%) con una velocidad promedio de 5.13 m/s mientras por el sur (21.24%) con 1.44 m/s. En ningún periodo del año el clima se encuentra dentro de la zona de confort (ábaco psicrométrico), las oscilaciones térmicas entre el día y la noche son de aproximadamente 10°C, llegando hasta 9.3 °C en las madrugadas de invierno. La temperatura máxima media reportada es de 20.1 °C, con una humedad relativa de 86.3%. La diferencia más drástica es la oscilación de la humedad en todo el año que va de 55% a más de 90%. La diferencia de temperatura y humedad entre estaciones no es tan marcada, se observa un clima más benigno, con temperaturas más controlables y cercanas a la zona de confort (Figura 10). A diferencia de los otros campamentos analizados, el campamento Las Lomas tiene una ubicación particular. Se encuentra a más de 2,000 msnm, pero en una zona climática caracterizada como desértica. Asimismo, se encuentra en una cuenca, un emplazamiento semienterrado que no tiene mucha corriente de aire, originando una sensación de "bochorno", como fue descrita por los habitantes, en horas de la tarde y noche.

Para cada uno de los casos la arquitectura debe aprovechar los elementos y factores específicos de cada microclima, así como protegerse de los elementos que comprometen las prestaciones térmicas. En líneas generales las edificaciones ubicadas en la zona climática 4 "Mesonadina", deben proteger los ambientes internos controlando la transmitancia térmica de su envolvente térmico (techos, pisos y paredes), las aberturas deben de ser pre-dimensionadas, priorizando la orientación este y oeste para obtener la mayor cantidad ganancias térmicas y evitar ingresos de corrientes de aire, generar sólo renovaciones de aire. Se debe controlar el drenaje por las altas precipitaciones. Los dos campamentos ubicados en esta zona climática comparten las mismas recomendaciones generales de diseño, pero se hace hincapié que el Campamento Minero Km37 goza de un clima más húmedo y con temperaturas más altas y menos fuerza de viento.

[4] El proyecto minero está conformado por 5 campamentos de vivienda, éstos tienen la capacidad de albergar a 1,300 personas aproximadamente.

Las edificaciones ubicadas en la zona climática 2 "Desértico", requiere de ganancias térmicas pasivas. Es recomendable mantener los ambientes internos protegidos mediante una masa térmica media y alta, con aislamiento para todo el envolvente enfatizando la cobertura debido a la perpendicularidad de la radiación. A diferencia de los casos anteriores, se debe priorizar la colocación de ventanas con orientación norte y sur con un correcto pre dimensionamiento. Evitar calentamiento de paredes por efecto de la radiación solar directa en el día, pero tratar de mantener el calor de la tarde para el transcurso de la noche. Tener en cuenta la adecuada protección solar y renovación de aire. En periodos de lluvia se registran deslizamientos debido a las fuertes precipitaciones. En periodos de lluvia se registran deslizamientos debido a las fuertes precipitaciones. El campamento tiene en cuenta dicho problema y ha generado caminos y puentes alternos, así como canales de drenaje y canalización de agua contra posibles "huaicos".

Análisis ambiental

Para el estudio del confort térmico, lumínico y acústico interior de una habitación tipo, se eligió la orientación de vano menos favorecida para analizar la incidencia solar en la estación más fría del año. Asimismo, se eligieron los módulos que se encuentran más próximos el uno al otro para evaluar la cantidad de horas de sol que recibe el ambiente de manera directa.

Térmico

Los módulos que albergan a las habitaciones cuentan con esclusas que protegen de los cambios de temperatura producidos por la apertura de la puerta externa y por el contacto directo con el exterior.

Los ambientes cuentan en su mayoría con camarotes, armarios y una mesa apoyada en el alféizar de la ventana. La superficie metálica de las paredes y el recubrimiento del piso pueden ayudar a reflejar e iluminar de manera directa y difusa la habitación. Se observa el uso de alfombras oscuras que muchas veces ayudan a aislar y mantener una inercia térmica adecuada, pero pueden comprometer la reflexión de la luz. De manera general se observa que la disposición de los bloques prefabricados no tiene el distanciamiento necesario para facilitar la incidencia solar en las superficies verticales, impidiendo la correcta captación térmica y mejorando los valores lumínicos en las habitaciones. En zonas semicálidas como la del campamento Las Lomas, se debe garantizar la protección solar en las horas de radiación solar más perpendiculares, desde las 11 hasta la 1pm. Asimismo, generar una iluminación uniforme y difusa al interior de las viviendas.

El uso de baños compartidos en los pabellones genera incomodidad en los usuarios. La falta de renovación de aire en la zona genera condensaciones en el techo que produce hongos y corrosión en el material de construcción comprometiendo las prestaciones técnicas de los cerramientos.

Cabe precisar que los trabajadores utilizan sistemas de calefacción portable en las noches, éstos pueden ser utilizados de forma independiente en casa establecimiento y se observa un uso generalizado del mismo en todas las habitaciones de los campamentos. El uso del calefactor mejora indudablemente el confort térmico del ambiente, pero al mismo tiempo disminuye la cantidad de oxígeno en la habitación, generando problemas respiratorios, taquicardia, dolor de cabeza, entre otros. Los trabajadores perciben como problemática principal en sus habitaciones la sensación de frío (Tunshuruco 75.8% y Km37 80%).

No se han individuado sistemas de ahorro de energía ni empleo de energías renovables que aprovechen la radiación solar gracias a su latitud y altitud.

Lumínico

En los tres casos, se cuenta con índices de Factor de Luz Diurna (FLD) requeridos para realizar actividades de reposo (habitaciones), pero carecen de espacio y requerimientos lumínicos necesarios para leer y/o estudiar debido a sus orientaciones y separación entre módulos. Esta información se refuerza con las opiniones de los trabajadores en las encuestas, donde un buen porcentaje (Tunshuruco, 59.1% y Km37, 86%) estudia/lee en sus tiempos libres y va a clases los días de descanso. Señalan que realizan dichas actividades en sus tiempos libres, pero se ven en la necesidad de encender la luz en las horas del día y consideran que la intensidad de luz artificial en las noches no es suficiente. Al realizar las mediciones técnicas se constató dicho problema, dado que los luxes y el aspecto cromático en la habitación son los necesarios para realizar actividades de reposo, no de estudio/lectura, se recomienda aumentar la temperatura del color para cumplir con los niveles de rendimiento óptimos.

Los tres ambientes cuentan con alfombras oscuras que ayudan a aislar y mantener una inercia térmica adecuada al interior de la habitación. En el caso específico de Tunshuruco, el color del material no influye en el porcentaje de FLD debido a que el problema principal es la orientación de todo el volumen y no las reflexiones que se logran en horas de la tarde de los meses de verano. En los meses de invierno cuenta con un promedio de 2 a 4 horas de radiación directa en la mañana.

Acústico

Las mediciones realizadas al interior de los ambientes confirman que los módulos han sido concebidos como estructuras correctamente aisladas y protegidas contra cualquier tipo de infiltración externa. Los ruidos identificados en el exterior no ocasionan molestias al interior de las habitaciones, considerando “molestias” niveles de más de 60 dB. Los problemas acústicos son, en su mayoría, generados al interior del mismo módulo. Las fuentes de ruido son los mismos trabajadores que circulan por el pasadizo o los

vecinos de habitación que conversan en diversas horas del día.

El confort acústico es un factor muy sensible de medición debido a las faenas de trabajo que se realizan en la mina. El trabajo de extracción se realiza 24 horas al día, por lo tanto, mientras que un grupo de trabajadores termina su jornada de trabajo otro grupo está por iniciar el suyo, mientras que un grupo puede prepararse para regresar a sus hogares (teniendo en consideración el transporte de maletas generalmente con ruedas por el pasadizo), otros intentan descansar para iniciar una nueva jornada. El uso de alfombra, en el caso de Tunshuruco, ayuda a controlar la reflexión de las ondas sonoras gracias a la absorción del mismo material. En el caso de Las Lomas, los pisos del pasadizo don en algunos casos de material cerámico y/o vinílico, por motivo de practicidad en el mantenimiento y limpieza. Se debe controlar el nivel de ruido generado sobre todo en el caso del piso cerámico. Para los tres casos, los muros permiten escuchar las conversaciones de los vecinos y muchas veces se han reportado quejas por ronquido, tránsito de trabajadores o personal de limpieza (Tunshuruco, 68.2% y Km37, 76%)

Recomendaciones de Diseño

Es importante tener en cuenta el emplazamiento del proyecto. Con respecto a la geografía y topografía, en climas fríos, tendrá que evitarse el arrojo de sombras debido a colinas o montículos de tierra, a vegetación existente en el entorno y a los mismos módulos de vivienda del proyecto. Se priorizará la captación solar y se deberá evitar colocar aberturas o fachadas perpendiculares a la dirección del viento. En el caso de climas semicálidos será necesaria la protección solar mediante superficies horizontales y verticales dependiendo la orientación del volumen. Se deberá realizar un análisis solar y evaluar las horas de sol que son necesarias para el correcto desempeño al interior del ambiente y proteger las horas de sol con radiación casi perpendicular, desde las 10.30 hasta las 14.30 aproximadamente.

Cuando una mina deba colocar su proyecto de viviendas en una pendiente, se deberá tener en consideración la orientación y la cantidad de horas de sol que se logrará recibir en cada una de las fachadas, sobre todo las que cuentan con ventanas. A mayor superficie expuesta, mayor ganancia térmica. La tierra tiene la propiedad de ser un material con baja transmitancia térmica pero no es necesario enterrar el proyecto para contar con sus beneficios, como se comentaba, la prioridad en el emplazamiento tendrá que ser la captación de horas de sol y protegerse de los posibles deslizamientos productos de precipitaciones intensas, características de las zonas climáticas mesoandinas.

Las grandes masas de agua, como la tierra, son un gran regulador térmico y permiten mantener temperaturas estables. A mayor cercanía a fuentes de agua, como lagunas y ríos, mayor estabilidad térmica, mayor humedad y al mismo tiempo mayor exposición a vientos.

En ambos casos, clima frío y semicálido seco, es recomendable tener una cierta cercanía a dichas fuentes, pero tendrá que evaluarse la orientación y distanciamiento. En el caso de climas semicálidos se aprovechará de la refrigeración evaporativa, mientras que en los climas fríos se obtendrá una mejor estabilidad térmica.

La distribución del proyecto también debería ser diseñada con coherencia con el clima de la zona, como antiguamente se realizaba y en algunas zonas se continúa haciendo en la cultura vernácula peruana. En climas fríos lo módulos de viviendas deberán protegerse entre ellos de los vientos, pero tendrán que tener una distancia controlada para no generarse sombras. En climas semicálidos convendrá generar sombras para impedir una sobre ganancia térmica, pero al mismo tiempo no deberán obstruir la ventilación (Figura 11).

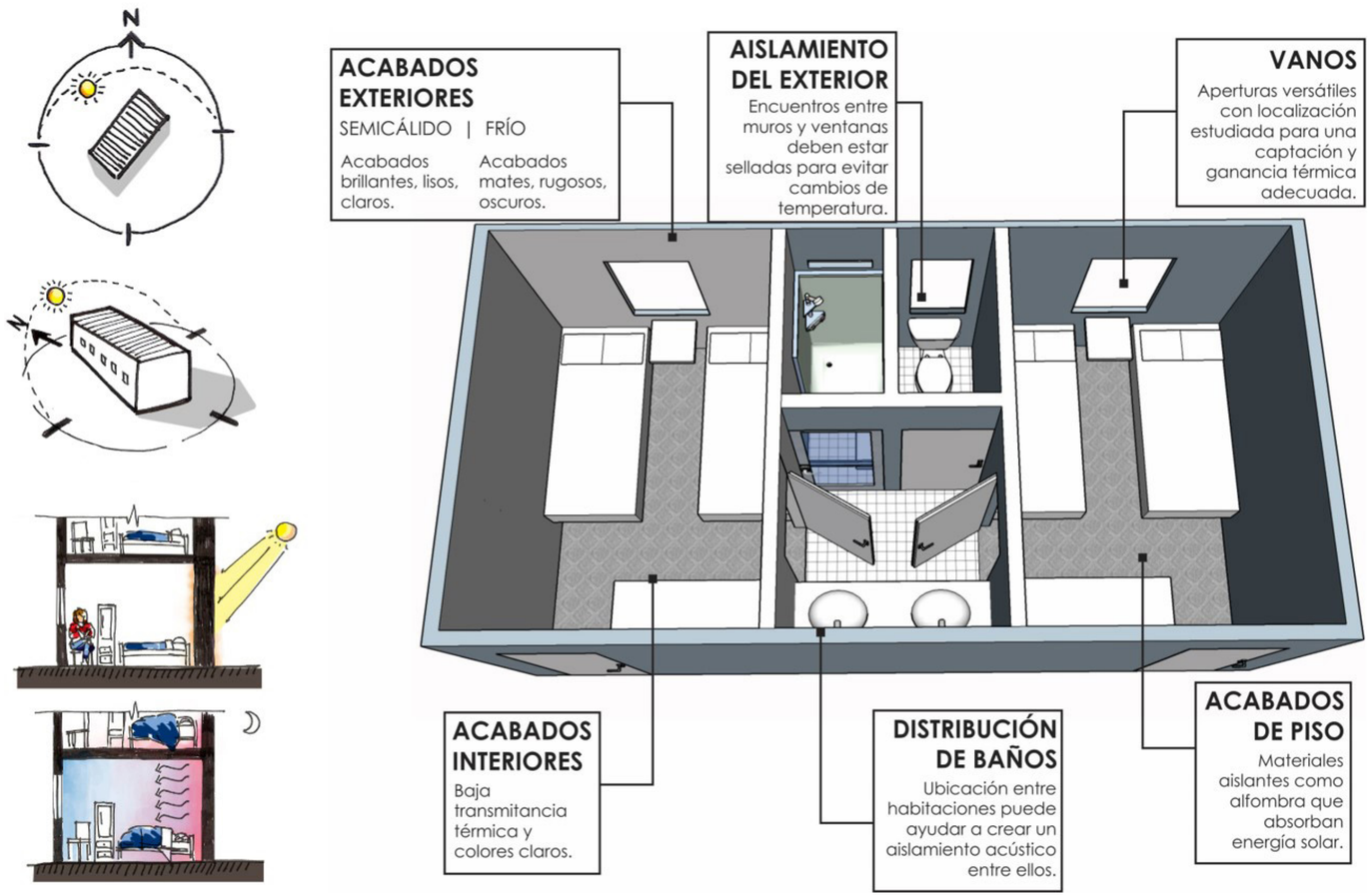


Figura 11. Recomendaciones generales de diseño para la mejora en las prestaciones ambientales de las habitaciones de vivienda temporal.

Fuente: Elaboración propia.

Orientación

La orientación de los módulos y por consecuencia de las habitaciones, es otro criterio de gran importancia. Se pueden mejorar las prestaciones energéticas si tenemos en cuenta la cantidad de horas de sol que reciben los ambientes a través de materiales opacos o translúcidos; además si se aíslan correctamente las habitaciones se evitan las pérdidas de calor, evitando utilizar sistemas mecánicos. La radiación solar diurna que incide en los ambientes, puede ser acumulada en los materiales y ser liberado con cierto retardo en horas de la noche, dependiendo de las propiedades térmicas de sus componentes y aportar energía que disminuirá la necesidad de utilizar calefacción activa.

Para que el diseño pueda dar una óptima respuesta a cada localidad, es importante entender que el sol tiene una trayectoria establecida en la bóveda celeste, que en el Perú, los meses de verano tienen una inclinación sur y los meses de invierno los encontramos hacia el norte, que debido a nuestra latitud, zona tropical, las radiación en todo el Perú tiende a ser perpendicular, teniendo mayor incidencia solar en el plano horizontal.

Forma de la edificación

Además de las consideraciones de viento y radiación inherentes al desplazamiento y orientación de los volúmenes, la forma del edificio, en este caso del módulo de vivienda, tiene una repercusión importante con respecto a la ganancia, pérdida y conservación del calor en los ambientes. La elección de la forma adecuada depende del clima en donde se encuentre localizado el proyecto, pero en líneas generales para climas fríos se priorizarán las formas compactas y con menos superficie expuesta para conservar el calor y evitar pérdidas térmicas, para el caso específico de los módulos de vivienda, los edificios de una planta cuentan con más superficie expuesta que los de dos plantas con el mismo volumen; para climas desérticos, desértico marinos, como es el caso de la costa del Perú, la forma compacta podrá ser menos estricta debido a las temperaturas moderadas, pero se tendrá que tener mayor atención a los protectores solares.

De todos los diseños analizados se ha comprobado que la mejor forma para las viviendas en climas fríos es la rectangular, con la fachada más larga en dirección al este-oeste. La forma rectangular alargada que prioriza la salida o puesta de sol obtiene mayor cantidad de horas de sol. Asimismo, se deberá tener en consideración la orientación norte (noreste/noroeste) debido a la inclinación del recorrido solar en los meses de invierno. La fachada sur, por otro lado, tendrá que considerar protecciones solares en los vanos en las horas de mayor intensidad para no generar sobrecalentamiento y efecto invernadero no deseado. Es importante precisar que, así se cuente con una orientación de vanos favorable, la ganancia térmica originada por la captación solar directa se verá perjudicada debido a obstrucciones que no se han tomado en cuenta como montículos de tierra, arbustos y otros módulos

que no tengan el correcto distanciamiento. Se recomienda hacer el cálculo de obstrucciones al momento de diseñar el "Plan Maestro" para saber la separación necesaria entre módulos y no perjudicar la visibilidad e incidencias solares en el ambiente. En todos los casos los muros deberán tener aislamiento térmico.

Distribución/Función

Es aconsejable distribuir los ambientes interiores de tal forma que las áreas que no necesiten de calefacción o refrigeración específicas sirvan de amortiguadores o espacios intermediarios, creando cámaras de contención que impidan pérdidas de calor. Pueden ser depósitos, baños, cuartos de limpieza, conexiones verticales, entre otros. La zonificación de áreas húmedas, como los baños, respecto a las áreas de reposo dentro de los módulos habitacionales, se deberá estudiar y evaluar teniendo en cuenta consideraciones acústicas, térmicas y lumínicas, de modo que el confort general del ambiente no dependa de decisiones netamente funcionales.

Se han observado diversas configuraciones espaciales en los módulos de vivienda. Los tipos de módulos más utilizados son las habitaciones dobles con baño compartido o batería de baños donde generalmente pernoctan los obreros. Estas distribuciones tienen diversas configuraciones, se encontró que en algunos casos las baterías de baño se encuentran en el medio de los módulos, abasteciendo a 40 habitaciones aproximadamente; en otros casos los servicios higiénicos se encuentran en uno de los extremos del módulo y en otros cada habitación de entre 2 y 4 personas tiene un baño compartido.

Es importante hacer un análisis previo de la temperatura y humedad que genera cada ambiente antes de ser ubicados y distribuidos en los módulos. Las paredes húmedas de los baños, al contar con tuberías de agua y desagüe, generan mayor humedad en el ambiente y logran bajar la temperatura superficial de los materiales. Colocado en ubicaciones estratégicas podrían funcionar como ambientes protectores de las áreas de reposo al mismo tiempo que se acorta la distancia entre la habitación más alejada, disminuyendo el recorrido que debe hacer el usuario, evitando ruidos molestos en los pasadizos y posibles enfermedades por cambios bruscos de temperaturas en los pasadizos, sobre todo en las noches.

Con respecto a las dimensiones horizontales y verticales de los cerramientos y su consecuente exposición climática, es necesario considerar la esbeltez del edificio. El módulo de vivienda al tener más pisos tiene más contacto con los vientos y menor superficie horizontal irradiada, teniendo en consideración el volumen total del módulo. Cuanto menos esbelta es la forma, se tiene mayor protección contra los vientos y mayor porcentaje de superficie irradiada. Estas consideraciones se deberán tomar en cuenta simultáneamente con el emplazamiento y orientación, para que el distanciamiento entre módulos no sea perjudicial para la captación solar.

En el caso específico de los campamentos mineros no se propone un equilibrio térmico debido al contacto con la tierra por las precipitaciones que se reportan en dichas zonas climáticas. Es conveniente tener una cierta separación entre el módulo y el nivel de terreno para evitar inundaciones y filtraciones.

Materiales/acabados

Es importante elegir materiales con una adecuada transmitancia térmica y que se encuentren correctamente aislados. Actualmente los materiales con propiedades de aislamiento térmico más utilizados en los módulos prefabricados son las espumas plásticas que derivan del petróleo, entre ellas el poliestireno y el poliuretano. Sería recomendable utilizar lanas minerales para este fin, como la lana de roca, derivada de la roca volcánica, y la fibra de vidrio, como su nombre lo indica derivada de filamentos de vidrio. Estos materiales son más respetuosos con el medio ambiente por su naturaleza: 100% reciclables, buenas prestaciones térmicas 0.033 W/m2 °C, acústicas e ignífugas.

En el estudio se observaron problemas de este tipo debido a la reutilización de módulos entre proyectos mineros. Ciertos módulos estandarizados no cuentan con la inclinación necesaria para el correcto funcionamiento del mismo y se ven en la necesidad de realizar modificaciones temporales (colocar plásticos en los techos y generar pendientes "artificiales") en periodos de lluvia. Se enfatiza la necesidad de realizar proyectos personalizados y específicos para los diversos climas y geografías

Con respecto a los acabados interiores del piso se recomiendan materiales aislantes como la alfombra que tiene la capacidad de absorber la energía solar que ingresa por la ventana para poder así ceder el calor ganado en la noche, y permite a los trabajadores poder caminar libremente por sus dormitorios sin zapatos. El uso de la alfombra permite también transitar libremente por los pasadizos sin generar ruidos molestos a los trabajadores que se encuentran descansando. Otro material recomendado es el piso de PVC o suelo vinílico al interior de las habitaciones. Este material tiene como características la impermeabilidad, abrasión y fácil limpieza.

Vanos

Las ventanas permiten tener un contacto visual con el exterior e ingreso de luz natural para poder realizar tareas concretas, pero al mismo tiempo es el componente translúcido del envolvente que mayor conductividad posee, por lo que es el elemento que pierde más carga térmica en invierno y donde mayor ganancia se obtiene en verano. Es importante estudiar cuidadosamente la superficie, forma y ubicación de las ventanas, así como los elementos de protección y control de infiltraciones.

Otra consideración a tener en cuenta es asegurar la cantidad necesaria de renovaciones de aire en el ambiente, incluyendo el ingreso

del aire y extracción del mismo. En el caso específico de los servicios higiénicos y cocinas, se deberá evacuar el vapor a fin de controlar la humedad relativa del aire. En climas semicálidos los sistemas fácilmente pueden ser pasivos, mientras que en climas fríos se tenderá a utilizar sistemas activos para no comprometer la temperatura del ambiente debido a infiltraciones no deseadas.

Conclusiones

El Perú cuenta con una variedad climática indiscutible, así como un gran número de clasificaciones que tratan de agrupar variables climáticas similares en todo el territorio nacional. La importancia de la clasificación presentada por el MVCS (2014), en donde se presenta al Perú dividido en 9 zonas climáticas, radica en que se ha convertido en normativa (Norma EM110), dando pautas y estrategias para el diseño en cada una de las condiciones medioambientales propuestas. Dichas zonas permiten entender de manera global una condición climática, permitiendo identificar características generales de comportamiento ambiental y entender de qué manera afrontar un desarrollo arquitectónico en relación a su entorno. Este fue el motivo por el cual, esta información fue utilizada como fuente primaria en el presente estudio. Asimismo, se evidencia la necesidad de complementar esta información con mediciones específicas de la zona, puesto que cada localidad cuenta con un microclima particular, con elementos y factores climáticos que modifican las variables de cada zona presentada, haciendo necesaria una investigación enfocada en el terreno a intervenir. Por este motivo, se emplearon mediciones adicionales para ayudar a entender mejor el clima de cada localidad.

Cada módulo de vivienda de campamento minero fue analizado a nivel ambiental, entendiendo de manera específica el confort térmico, acústico y lumínico, consideradas variables base de la arquitectura bioclimática. El método empleado no cuenta con un orden lineal establecido puesto que la retroalimentación de la información obtenida en cada etapa permite generar nuevas conclusiones e identificar problemáticas y oportunidades adicionales. De esta manera, se obtuvieron recomendaciones de diseño para estos casos de estudio, pero que pueden ser adaptados a otras situaciones teniendo en cuenta variables y datos climáticos de la zona.

El haber estudiado dos campamentos que se encuentran en la misma zona climática, ha permitido comprobar la necesidad de diferenciar dentro de una misma clasificación, microclimas y variables que condicionan las prestaciones de una edificación. El estudio de la latitud y el recorrido solar es fundamental para entender el comportamiento térmico y lumínico, siendo necesario su estudio para proponer la orientación, forma y composición del edificio, la altitud y topografía modifican el movimiento del aire, su velocidad, dirección y frecuencia. Los materiales de construcción y su relación con la forma, aberturas y cerramientos, influye en

la transmitancia térmica del envolvente y su eficiencia energética, dando la posibilidad de almacenar calor o enfriarse. En los módulos de vivienda de los campamentos estudiados se ha observado una estandarización en las medidas internas de las habitaciones debido a la relación costo/capacidad. Asimismo, se constató que los módulos tienen las mismas características formales, dimensionales y constructivas independientemente de la zona geográfica y climática en donde se encuentran. Esta particularidad influye en las prestaciones de confort y calidad de vida de los trabajadores que se refleja en el rendimiento laboral.

El diseño de alojamientos mineros en zonas alejadas demanda una especialización muy particular enfocada en el bienestar y salud del trabajador minero ya que es un usuario atípico, expuesto a faenas de trabajo intensas y al alejamiento de su núcleo familiar. El Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú no incluye un capítulo específico que norme la calidad de las instalaciones de campamentos temporales, sin embargo, cuenta con la norma EM110 para el confort térmico y lumínico que podría revertir la situación de los actuales campamentos en todo el país al regular criterios de acondicionamiento enfocados en el confort de sus habitantes para los distintos climas en el país. Es responsabilidad de los profesionales dedicados a la construcción de este tipo de infraestructuras poder informar y educar a las empresas mineras en los beneficios del diseño bioclimático para el ahorro energético.

En ese sentido, la contribución de este estudio es el de ampliar el conocimiento que se tiene sobre las variables que influyen en la percepción de la calidad de vida y de establecer criterios básicos para el diseño y construcción de campamentos mineros, constituyéndose como una herramienta profesional eficaz, para todos los arquitectos y profesionales del sector de la construcción que deseen enfrentarse al proyecto de campamentos mineros bioclimáticos en busca de la eficiencia energética.

Referencias

Alonso, P. (2012). Deserta. Ecología e industria en el desierto de Atacama. [Colección La Gran Escala, Vol. 2]. Santiago de Chile: Ediciones ARQ.

Arellano, J. (2011). ¿Minería sin fronteras? Conflicto y desarrollo en regiones mineras del Perú. Lima: IEP; PUCP; Universidad Antonio Ruiz de Montoya.

ASHRAE. (2013). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. [Standard 55]. Available: http://arco-hvac.ir/wp-content/uploads/2015/11/ASHRAE_Thermal_Comfort_Standard.pdf

Barría, J. R. (2001). Erradicación de Campamentos Mineros en Chile: el caso del Campamento Minero de Potrerillos hacia la comuna de Diego de Almagro, III Región de Atacama, Chile. Barcelona: Editorial Académica Española.

De Garrido, L. (2013). Arquitectura para la felicidad. Barcelona: Instituto Monsa.

Ecotect. (versión 2019). [Software de computación]. San Rafael: Autodesk

Edwards, B. (2004). Guía básica de la sostenibilidad. Barcelona: Gustavo Gili

Evans, M. (1980). Housing, climate and confort. London: The Architectural Press.

Gonzalo, G. E. (2004). Manual de Arquitectura Bioclimática. Buenos Aires: Nobuko.

Guerra, M. (2012). Arquitectura Bioclimática como parte fundamental para el ahorro de energía en edificaciones. ING-NOVACIÓN, 3(5), 123–133. Recuperado de https://core.ac.uk/download/pdf/47264995.pdf

Gutiérrez, A. (2013). Chuquicamata, Evolución Urbana y Patrimonio. Buenos Aires: CEDODAL.

INGEMMET. (2020). Operaciones Mineras. [Mapa]. Disponible en https://www.ingemmet.gob.pe/-/operaciones-mineras-castellano

Lacomba, R. (1991). Manual de Arquitectura Solar. México, D.F.: Trillas.

Meteornorm. (versión 7). [software de computación]. Berna: Meteotest AG.

MINEM. (2020). Mapa de Principales Unidades Mineras en producción Ed. 2020. [Mapa]. Lima: Ministerio de Energía y Minas. Disponible en http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=623

MINEM. (2015). Mapa de Proyectos Mineros 2015. Principales Unidades en Producciónyy Proyectos en Exploración. [Mapa]. Lima: Ministerio de Energía y Minas. Disponible en http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=502

Miranda, L. (2008). Construyendo ciudades para la vida: Aportes a la construcción sostenible en el Perú. Lima: Foro Ciudades para la Vida.

MVCS. (2014). Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. [Norma EM.110]. El Peruano. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado de: https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/DS006-2014_EM.110.pdf

Norbäck, D., Michel, I. & Widström, J. (1990). Indoor air quality and personal factors related to the sick building syndrome. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 16(2), 121–128. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/40965772

Olgyay, V. (1998). Arquitectura y clima. Barcelona: Gustavo Gili

Parera, C. (2017). Pautas para una arquitectura del futuro. Reyner Banham y la tecnología para un entorno bien climatizado. AREA, (23), 133–145. Recuperado de https://area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA23/AREA23_Parera.pdf

Ramos, H. (2012). Metodología para diagnosticar la habitabilidad en la vivienda social. Higrotermicidad, iluminación, acística. Bogotá, D.C.: Universidad de la Salle.

Redlich, C. A., Sparer, J. & Cullen, M. R. (1997). Sick-building syndrome. Lancet, 349(9057), 1013–1016. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)07220-0

República de Perú. Departamento de Normalización. (2019). Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). [Online]. Disponible en https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne

República de Perú. Presidencia de la República. (22 de agosto de 2010). Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería. [Dec. Supremo N°055-2010-EM]. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/LEGISLACION/2010/AGOSTO/DS%20055-2010--EM.pdf

República de Perú. Presidencia de la República. (1992). Ley General de Minería. [Dec. Leg. Nº 109]. recuperado de https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/94/PLAN_94_DL%20N%C2%BA%20109_2008.pdf

República de Perú. Presidencia de la República. (4 de junio de 1992). Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería. [Dec. Supremo Nº 014-92-EM]. Recuperado de https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/94/PLAN_94_DS%20N%C2%BA%20014-92-EM_2008.pdf

Rosales, M. A, Rincón, F. J. y Millán, L. H. (2016). Relación entre Arquitectura - Ambiente y los principios de la sustentabilidad. Multiciencias, 16(3), 259–266. Disponible en https://produccioncientificaluz.org/index.php/multiciencias/article/view/22984

Sancho, A. (2017). La simulación digital como herramienta para el reacondicionamiento bioclimático de edificios. Anales de Edificación, 3(1), 32–43. https://doi.org/10.20868/ade.2017.3533

Ruano, M. (2007). Un Vitruvio ecológico, principios y prácticas del proyecto arquitectónico sostenible. Barcelona: Gustavo Gili.

SENAMHI. (2019). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. [Online]. Disponible en https://www.gob.pe/senamhi

Serra, R. (2004). Arquitectura y Climas. Barcelona: Gustavo Gili.

Villanueva, T. y Vera, O. (2017). Metodología de enseñanza para el análisis de un edificio en la asignatura de Acondicionamiento Ambiental. P&A, 2(2), 87–104. https://doi.org/10.31381/pedagogiaarquitectura.v0i2.1313

Wassouf, M. (2014). De la casa pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos. Barcelona: Gustavo Gili.

Wieser, M. (2008). Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: El caso peruano. Cuadernos 14, (010). Recuperado de: http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/28699

Fiorella Silvana Arispe Sevilla es Magíster en Gestión y Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias por CENTRUM-PUCP y la Universidad Politécnica de Madrid (España). Arquitecta por la Universidad Ricardo Palma (Perú). Docente e investigadora de la Universidad de Lima (Perú). https://orcid.org/0000-0003-4754-1931

Ofelia Giannina Vera Piazzini es Master en Ciencias de la Arquitectura por el Politecnico di Milano (Italia). Arquitecta por la Universidad Ricardo Palma (Perú), con estudios de Posgrado en arquitectura bioclimática con eficiencia energética y evaluación del impacto ambiental. Docente e investigadora de la Universidad de Lima (Perú). https://orcid.org/0000-0001-9176-1128