

# Sistema de turnos y habitabilidad en campamentos mineros.

## Secuencia espacial y lumínica para mejorar la calidad de vida de trabajadores mineros con énfasis en el manejo del ciclo circadiano

**Mariana Andrade**

Artículo producido a partir de tesis de magíster

Profesores guía: Felipe Encinas, Javier del Río

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gran minería funciona bajo un régimen de trabajo continuo, en que las faenas están activas 24 horas al día durante todo el año. Este modelo se sostiene gracias a la implementación de sistemas de turnos para los trabajadores, quienes, en su gran mayoría, realizan sus labores bajo el sistema denominado 7x7<sup>1</sup>, en jornadas diarias de 12 horas<sup>2</sup> que pueden ser de día o de noche dependiendo de la rotativa semanal<sup>3</sup>. Esto genera una serie de trastornos sociales, psicológicos y fisiológicos<sup>4</sup>, que tienen su origen en la alteración del ciclo circadiano<sup>5</sup> producto de la continua exposición a condiciones artificiales de iluminación. Estos trastornos, según Folkard<sup>6</sup> repercuten específicamente en, al menos, cinco aspectos:

- Constante adaptación a ciclos biológicos antinaturales como lo son los turnos nocturnos o las jornadas extraordinarias de 12 horas.
- Alteración de la vida socio familiar por la ausencia prolongada del trabajador del hogar y de su entorno social habitual, llevando a una condición de desarraigo.
- Actitudes de ostracismo y poca sociabilización en su entorno laboral.
- Problemas físicos, emocionales y mentales, ya que, por ejemplo, tienen descansos menos reparadores que personas que no trabajan en este sistema.
- Problemas como sobrepeso o hipertensión por malos hábitos alimenticios.

Hasta ahora, los campamentos se diseñan tomando en cuenta criterios de eficiencia constructiva y funcionalidad<sup>7</sup>, sin considerar los efectos sociales, biológicos y psicológicos que el espacio puede tener en sus habitantes.

Este tema adquiere más importancia si se considera que aproximadamente el 80% de los trabajadores de la industria minera se encuentran sometidos al sistema de turnos y que existe una directa relación entre los trastornos del sueño<sup>8</sup> – uno de los principales síntomas de la alteración del ciclo circadiano – y el aumento de la accidentabilidad laboral, lo que a su vez incide en la disminución de la productividad<sup>9</sup>.

Relacionado a lo anterior, tanto la productividad como la seguridad son temas clave para la industria minera<sup>10</sup>, por lo que se ha trabajado en disminuir en lo posible los factores de riesgo que conducen a ellas. Hasta ahora, esta problemática se ha abordado desde el punto de vista de hacer más confortable la permanencia en los campamentos mineros, mejorando, por ejemplo, alimentación, condiciones de habitabilidad de los dormitorios y la oferta de recreación<sup>11</sup>, sin embargo, poco se ha avanzado en las condiciones lumínicas y espaciales del campamento.

En este contexto, analizando el estado del arte en cuanto a la importancia de una iluminación adecuada para el desarrollo humano, existen muchos estudios, sobre todo en el área de la medicina, respecto a la relación entre iluminación, ciclo circadiano y el desarrollo de diversas enfermedades, o el potencial del uso de la iluminación como herramienta de terapia<sup>12</sup>, también se ha analizado cómo manipular la luz artificial con el fin de asemejarla con el ciclo de la luz natural<sup>13</sup>. En esta línea, existe nutrida evidencia sobre iluminación y desfases en el ciclo circadiano de los trabajadores de sistema de turnos, basadas en experimentos con grupos de personas que son sometidos a diversas exposiciones de luz (tiempo, frecuencia de onda e intensidad) y en medir si existen diferencias en la producción de melatonina<sup>14</sup> tras esta exposición<sup>15</sup>. Al respecto, se ha establecido, por ejemplo, la relación entre exposición a luz de onda corta y el estado de alerta de los trabajadores, o la importancia de controlar los patrones de exposición a

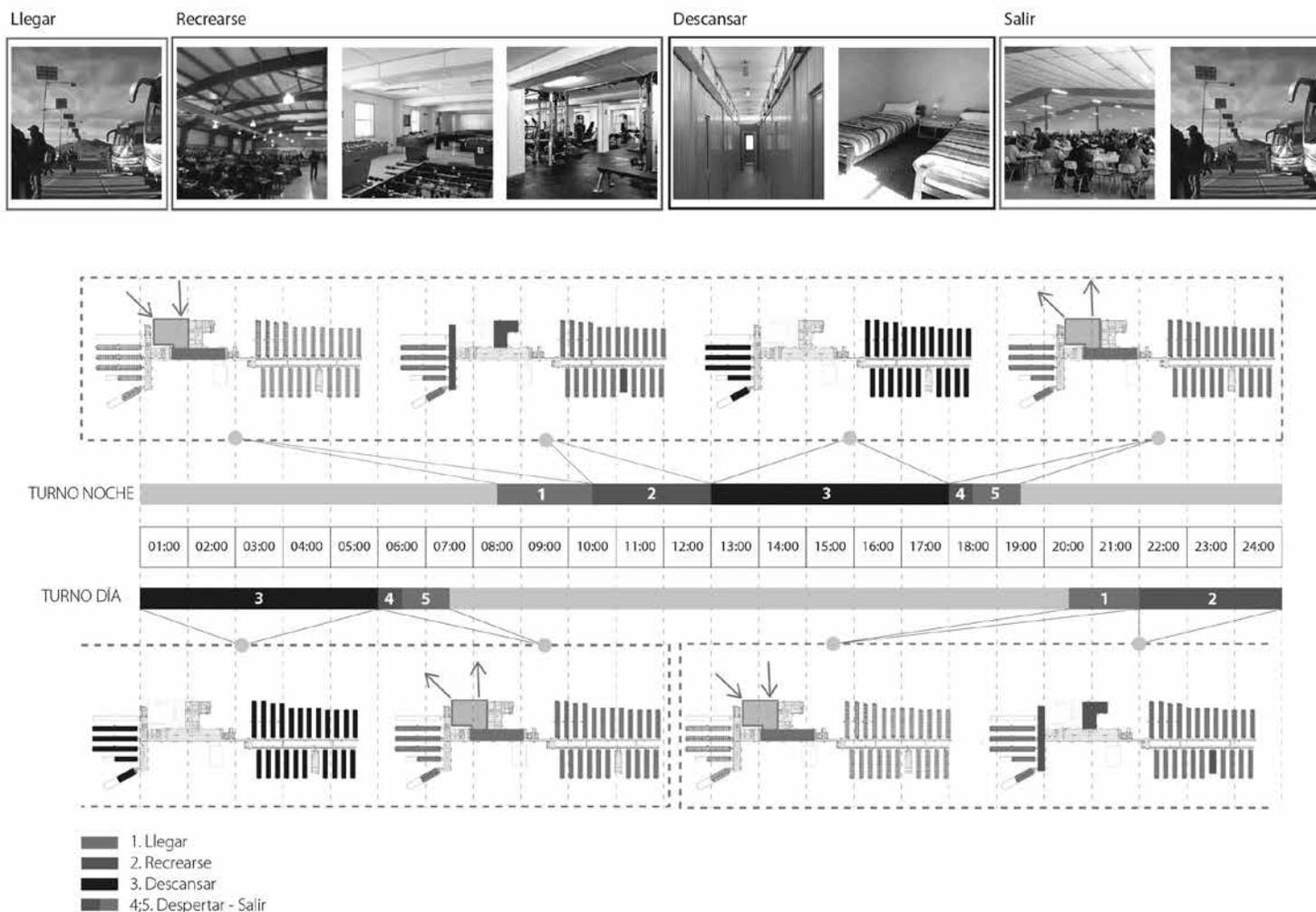


FIG. 01: Análisis planimétrico y temporal del uso del campamento. © Mariana Andrade, 2018.

luz y oscuridad para regular sus ciclos circadianos y mejorar la adaptación a distintos tipos de turnos.

Desde un enfoque más espacial, existen numerosos análisis de la relación entre iluminación natural y artificial, y confort visual en el ambiente laboral<sup>16</sup> y residencial<sup>17</sup>. Estas investigaciones se orientan principalmente a comprender y medir las condiciones espaciales que influyen en la percepción de la luz (por ejemplo, materialidad, colores, punto de vista del observador, probabilidad de deslumbramiento, relación interior exterior, etc.), sin embargo, pocas se orientan hacia los efectos no visuales de la iluminación, dentro de los que se encuentran los trastornos del ciclo circadiano<sup>18</sup>, que a su vez pueden llevar a gatillar estrés, depresión, trastornos del sueño, entre otras patologías<sup>19</sup>.

Al respecto, si bien se ha estudiado ampliamente la relación entre ciclo circadiano y/o sistema de turnos e iluminación, entre arquitectura e iluminación, y entre salud e iluminación. No ha sido explorada la relación transversal entre arquitectura, iluminación y ciclo circadiano como una manera integral de abordar los problemas producidos por el sistema de turnos en la calidad de vida de los trabajadores.

Basado en lo anterior, se plantea estudiar los usos y estándares lumínicos ideales para proponer formas de adaptar el campamento minero a los requerimientos propios de los sistemas de turnos, con énfasis en el manejo del ciclo circadiano y en la disminución de los efectos negativos de este modelo de trabajo en los mineros. Se pretende proponer lineamientos arquitectónicos que propicien mejores condiciones de vida para los trabajadores, a través de una nueva organización del campamento y el diseño de espacios que respondan a los requerimientos de la vida en turnos, principalmente a través del control lumínico.

Para esto, la investigación se estructura en cuatro secciones, primero la metodología, donde se presentan las tres perspectivas o aristas desde las cuales se estudia el sistema de turnos; una aproximación espacial, otra lumínica, y una tercera, propositiva, que sintetiza las dos primeras. A continuación, se presentan los resultados de la investigación, seguidos de una discusión en torno a ellos y al estado del arte, para terminar con las conclusiones y posibles temas a desarrollar a futuro.

## METODOLOGÍA

Para abordar la investigación, se proponen tres perspectivas que se consideran claves para comprender el sistema de turnos y su relación con la arquitectura y la calidad de vida de los trabajadores.

Primero, una aproximación espacial al campamento, en la que se analizan las dinámicas de uso del espacio a través de la lectura planimétrica de distintos campamentos y entrevistas a especialistas. Tomando en cuenta la gran variedad de empresas y campamentos que existen en nuestro país – y la dificultad que supone acceder a ellos –, se utiliza planimetría entregada por la oficina de arquitectura Correa3, quienes llevan más de 15 años trabajando con campamentos mineros. Esta información es representativa del programa y distribución estándar de los campamentos, y permite inferir patrones de uso y características del espacio. Al respecto, cabe mencionar que, aun cuando ciertas condiciones de estudio cambien entre un campamento y otro – altura, clima, latitud o complejidad –, las dinámicas de uso que implica el sistema de turnos en la minería es transversal. En este contexto, se parte del caso hipotético de un campamento en Minera Escondida, ubicada en la región de Antofagasta (24,27°S;

TURNOS	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00						
TURNOS	TURNOS DÍA																													
OCUPACIÓN ACTUAL DEL CAMPAMENTO	Descanso B						Salida E						Jornada Laboral												Llegada + Recreación A		Recreación Individual C		Recreación Individual D	
OCUPACIÓN PROPUESTA DEL CAMPAMENTO	MOMENTOS		(3) Descanso B			(4) Salida E			Jornada Laboral												(1) Llegada + Recreación A		(2) Recreación Individual C		Recreación Individual D					
CARACTERIZACIÓN DEL MOMENTO	B. Descanso No exponerse a iluminación intensa o directa. Temperatura y humedad adecuadas.						E. Salida Exponerse a iluminación intensa y directa. Levantarse, desayunar y salir.						A,C. Llegada - Recreación Realizar actividades de alta intensidad / comunitarias. Cena ligera.												D. Introspección Iluminación tenue, indirecta. Actividades tranquilas.					
DESCRIPCIÓN / INTENCIÓN	Lugar más privado, alejado de ruidos molestos, volcado al interior. Prefabricado, modular y escalable. Escala personal.						Lugar de salida, actividades de paso, funcional para flujos rápidos. Conexión directa con el exterior, de preparación para el inicio del turno.						Lugar de acceso, traspaso entre exterior e interior. Diversidad programática, relación fluida entre espacios. Escala comunitaria, de interacción social.												Lugar de programas independientes, vistas enmarcadas para la contemplación (astronomía). Escala individual o grupal.					
PROGRAMA ASOCIADO	Dormitorios						Oficinas - Comedor - Sala Interactiva - Sala de espera						Recepción - Cine/Teatro - Sala de juegos - Pub - Comedor - Gimnasio - Cancha - Patios												Oratorio - Talleres - Salas Tranquilas					
CONCEPTOS CLAVE	Descanso - Privacidad - Condiciones de Confort						Espera - Intensidad de uso - Flujos y Permanencia - Funcionalidad						Traspaso Temperie / Intemperie - Interacción - Diversidad Programática - Intensidad de Uso - Conexiones entre programas												Introspección - Privacidad - Tranquilidad - Contemplación					
TURNOS	TURNOS NOCHE																													
OCUPACIÓN ACTUAL DEL CAMPAMENTO	Jornada Laboral						Llegada + Recreación A		Recreación Individual C		Descanso B						Salida E		Jornada Laboral											
OCUPACIÓN PROPUESTA DEL CAMPAMENTO	MOMENTOS						(1) Llegada + Descanso A		B		(2) Recreación C		(3) Introspección D		(4) Salida E		Jornada Laboral													
CARACTERIZACIÓN DEL MOMENTO	A. Llegada No exponerse a iluminación intensa o directa. Comida ligera y rápida.		B. Descanso No exponerse a iluminación intensa o directa. Temperatura y humedad adecuada.				C. Recreación Exponerse a iluminación directa. Almuerzo y actividades intensas.				D. Introspección Iluminación tenue, indirecta. Actividades tranquilas o siesá.				E. Salida Exponerse a iluminación intensa y directa. Cena y actividades intensas.															
DESCRIPCIÓN / INTENCIÓN	Lugar de acceso, escala mediana, traspaso entre exterior e interior. Conectar rápidamente con habitaciones		Lugar más privado, alejado de ruidos molestos, volcado al interior. Prefabricado, modular y escalable. Escala personal.				Lugar 'abierto', conexiones visuales y físicas con el exterior. Diversidad programática, relación fluida entre espacios. Escala comunitaria, de interacción social.				Lugar de programas independientes, con conexión visual intermedia, vistas enmarcadas para la contemplación. Escala individual o grupal.				Lugar de salida, actividades de paso, funcional para flujos rápidos. Conexión clara con el exterior, de preparación para el inicio del turno.															
PROGRAMA ASOCIADO	Recepción - Sala de Desayuno - Salas tranquilas		Dormitorios - Salas de fumadores				Cine/Teatro - Sala de juegos - Pub - Comedor - Gimnasio - Cancha - Terrazas/Patios				Oratorio - Talleres - Salas Tranquilas				Oficinas - Comedor - Sala Interactiva															
CONCEPTOS CLAVE	Traspaso Temperie / Intemperie - Flujos rápidos - Funcionalidad		Descanso - Privacidad - Condiciones de Confort				Interacción - Diversidad Programática - Intensidad de Uso - Conexiones entre programas				Introspección - Privacidad - Tranquilidad - Contemplación				Espera - Intensidad de uso - Flujos y Permanencia - Funcionalidad															

FIG. 02: Síntesis de recorrido propuesto para turno diurno (arriba) y nocturno (abajo). © Mariana Andrade, 2018.

69,07°O) cuya capacidad propuesta es de mil trabajadores, divididos en turno nocturno y diurno en una proporción de 1:3<sup>20</sup>.

Segundo, una aproximación lumínica al sistema de turnos, que busca comprender la relación entre la iluminación natural y artificial, y los trastornos del ciclo circadiano en los trabajadores para establecer criterios de iluminación para el campamento. Se aborda, principalmente, a través de una revisión bibliográfica sobre ciclo circadiano e iluminación y sus relaciones con la arquitectura, y una entrevista a Carolina Aguirre, neuróloga, especialista en trastornos de sueño, quien entrega lineamientos

sobre elementos a considerar al momento de asociar la propuesta arquitectónica y el manejo del ciclo circadiano. Se abordó el tema de la iluminación principalmente asociado a características cualitativas del espacio resultante, por lo que, con el fin de tener una referencia lumínica de las condiciones que se buscar recrear, se utilizó la Architecture Contrast Matrix, desarrollada por Rockcastle y Andersen<sup>21</sup>, en la que se establecen diez categorías asociadas a características de contraste y variabilidad lumínica que afectan la percepción del espacio. Estas van desde proyectos con alto contraste y variabilidad a lo largo del día/año a espacios con condiciones más uniformes.

Por último, una aproximación propositiva para la generación de atmósferas en el campamento, en la que se desarrollaron distintos 'dispositivos' que dejan pasar la luz a través de la envolvente del espacio permitiendo la construcción de distintas atmósferas en los espacios comunitarios. Para analizar el resultado de dichos dispositivos de luz se propuso llevar a cabo un estudio a través de modelos a escala<sup>22</sup> y fotografías HDR<sup>23</sup>, específicamente imágenes de color falso tomadas desde el punto de vista del observador, que permiten ver las luminancias de los lugares propuestos (Cd/m<sup>2</sup>), entendiendo así cómo trabaja la envolvente interior de dichos espacios respecto a las entradas de luz.

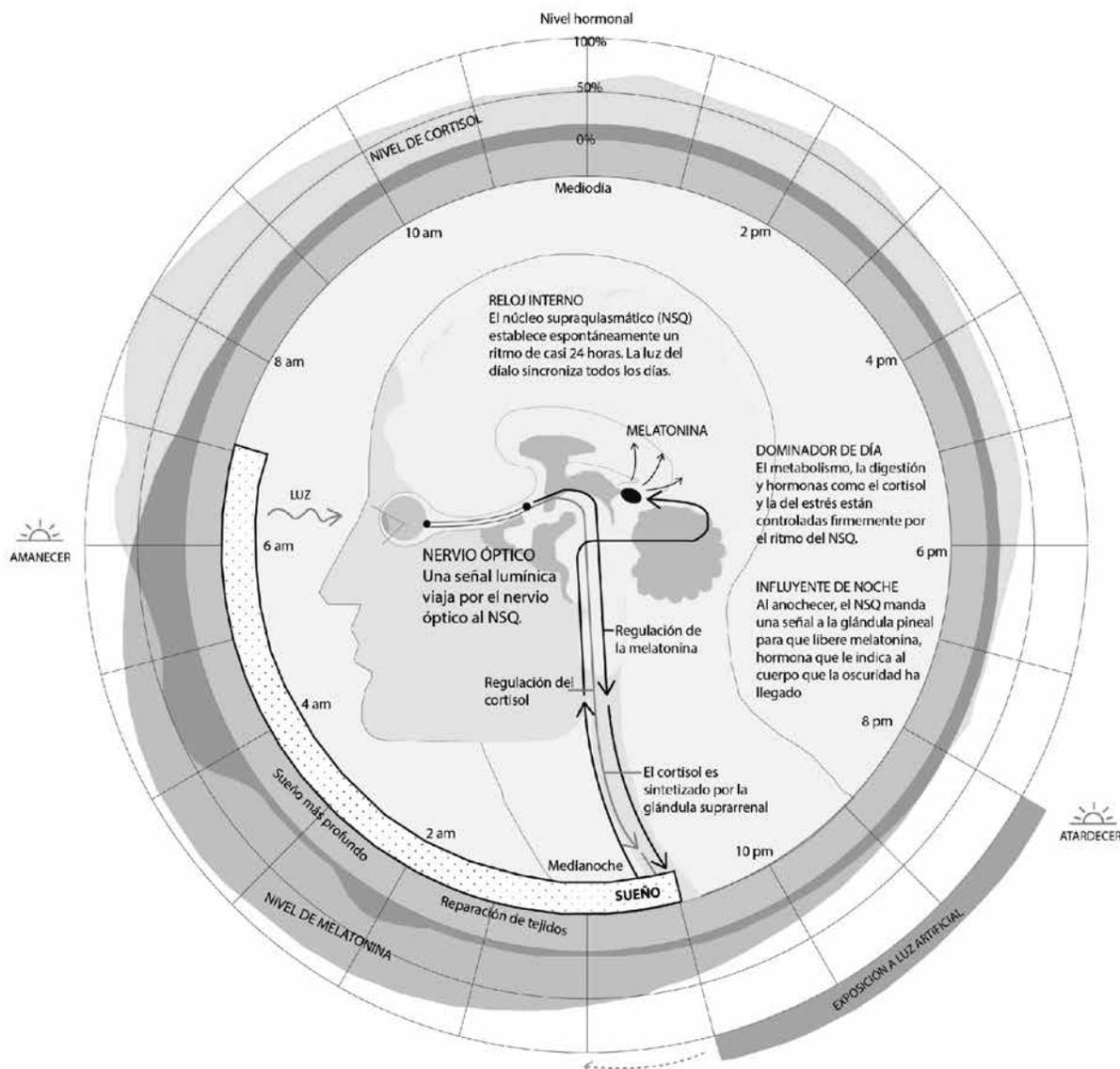


FIG. 03: Funcionamiento del ciclo circadiano y su relación con la luz. © Mariana Andrade, 2018.

## RESULTADOS

(1) En relación con las dinámicas de uso y patrones de ocupación del campamento, se observa que el programa arquitectónico se divide principalmente en dos categorías; zonas privadas y públicas o comunitarias. Las primeras se relacionan con las alas de dormitorios (entre 50 - 90% de la superficie), y cuya posición respecto a las zonas comunitarias es clave, ya que deben permitir su ampliación en caso de ser necesario. Los sectores públicos, por su parte, se pueden subdividir en programas funcionales como comedor, sala de recepción u oficinas, y programas de recreación y socialización como salas de juegos, de televisión, canchas, gimnasio, entre otros.

En cuanto a su tamaño, pueden ser de escala macro, que corresponden a lugares que involucran una construcción in situ con elementos poco estandarizados, o espacios de escala menor que surgen del uso de módulos prefabricados, sin contar con una caracterización espacial que los diferencie.

Respecto al uso del espacio, se observan cinco momentos clave<sup>24</sup>, estos son los mismos para el turno de día y para el turno de noche y consisten en la llegada, la recreación, el descanso, la introspección y la salida [FIG. 01]. La única diferencia entre ambos turnos es el desfase horario propio de las horas de cada uno, que implica que los trabajadores del turno de día no se cruzan en el campamento con aquellos del turno de noche.

Específicamente, los momentos de llegada (A) y de salida (E) corresponden a los cambios de turno diarios. Se trata de un espacio funcional que permite flujos rápidos de muchos trabajadores, con una alta intensidad de uso del espacio durante los cambios de turnos, sin embargo, el resto del día aparece como un espacio residual. Luego, el momento de descanso (B) comprende a las habitaciones, cuyo principal requerimiento es estar alejadas del ruido de otras actividades y tener además condiciones de iluminación, temperatura y humedad para promover buenas condiciones de sueño para los trabajadores. El momento de

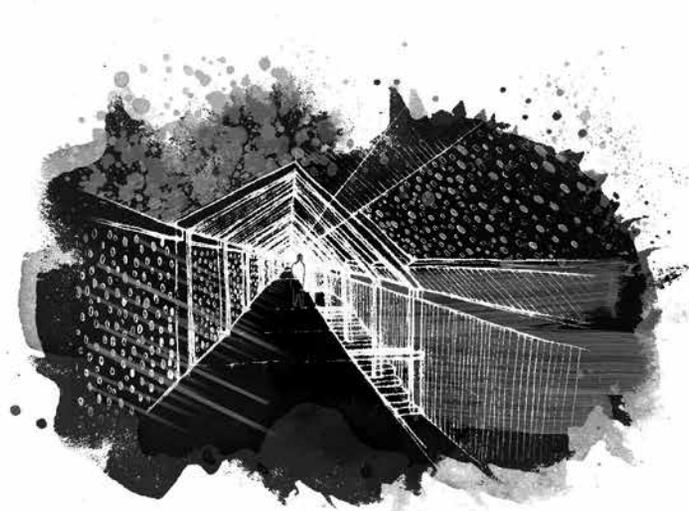
recreación (C), por su parte, se asocia a la necesidad de sociabilización de los trabajadores, se trata de un espacio que debe fomentar el encuentro, invitar a quedarse y ser un punto de activación y ocio dentro de la jornada de los trabajadores, por último, el momento de introspección y descanso (D) consiste en una variación del momento de recreación, y, actualmente, se lleva cabo en los dormitorios o en las denominadas salas tranquilas<sup>25</sup>.

Como resultado de este análisis y la existencia de momentos clave dentro de la jornada extra - laboral, se propone un nuevo orden o secuencia para dichos momentos, de manera tal que se adapten a los requerimientos específicos de cada turno, es decir, un recorrido para el turno nocturno y otro para el turno diurno [FIG. 02].

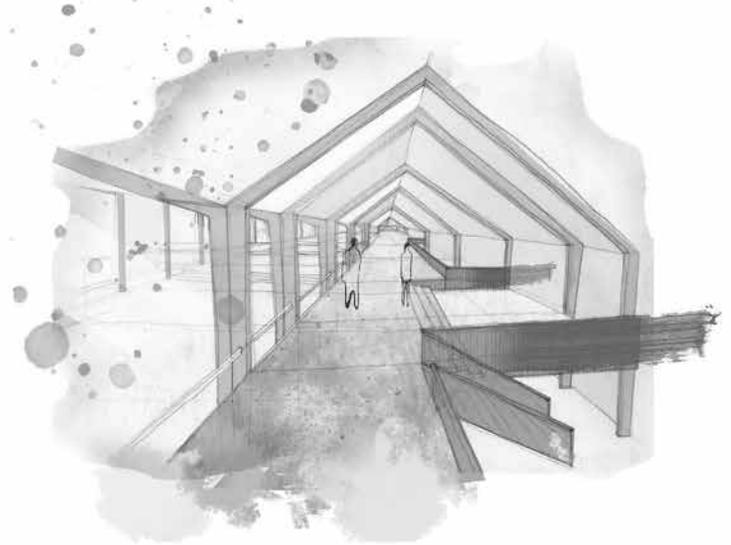
## RECORRIDO TURNO DIURNO

Para trabajadores cuyo horario laboral es entre 8:00 y 20:00 horas y que utilizan el campamento durante la noche. Se propone que los trabajadores lleguen lo

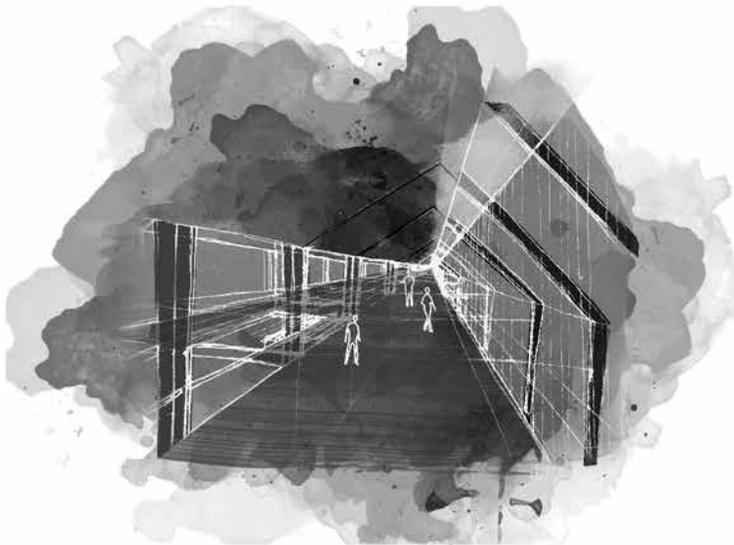
## Llegada + Descanso



## Recreación + Sociabilización



## Introspección



## Salida + Activación

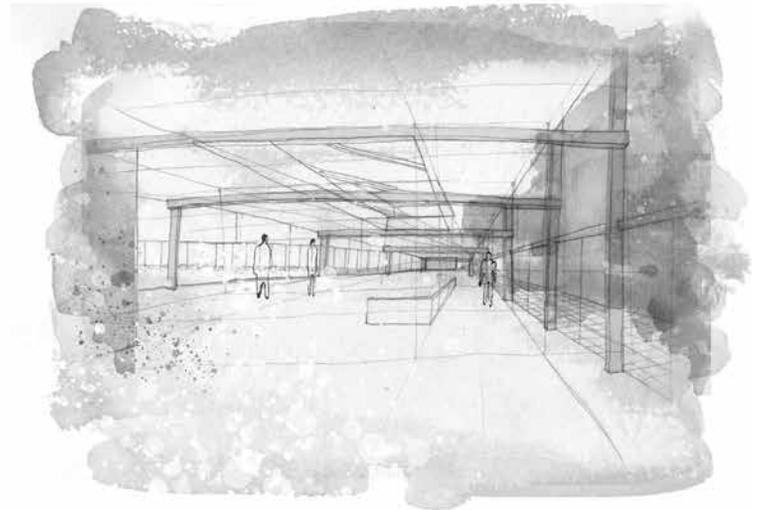


FIG. 04: Atmósferas lumínicas y espaciales para momentos clave de la jornada. © Mariana Andrade, 2018.

más rápidamente posible al sector de recreación (C), donde puedan cenar y realizar actividades intensas de esparcimiento antes de la cena, como por ejemplo deporte. Luego que pasen a un área de reposo (previo a los dormitorios), donde puedan relajarse, estando en situaciones de mayor intimidad y tranquilidad (D). Este momento de introspección es seguido del paso a los dormitorios (B), que deben garantizar condiciones óptimas de temperatura, humedad e iluminación<sup>26</sup>. Finalmente, y previo al inicio del turno del día siguiente, los trabajadores pasan por un espacio interactivo (E) en el que usan aparatos electrónicos como computadores, televisión, etc. con el fin de activarlos de manera rápida antes de iniciar la jornada.

#### RECORRIDO TURNO NOCTURNO

Estos trabajadores utilizan el campamento entre 8:30 y 19:30 horas aproximadamente<sup>27</sup>. Para ellos

se plantea un recorrido menos convencional, que tiene directa relación con un intento por disminuir los efectos adversos a nivel fisiológico, que implica trabajar en horarios antinaturales<sup>28</sup>. Se propone que lleguen al campamento (A), reciban un desayuno ligero y pasen lo más rápidamente posible a dormitorios (B)<sup>29</sup>. Luego de dormir, pasan al sector de recreación (C), donde puedan almorzar y realizar actividades intensas de esparcimiento. Tras esto, el recorrido lleva al lugar de introspección (D), donde se disminuye la intensidad de las actividades y la escala del espacio, permitiendo generar una pausa previa al inicio de la jornada laboral. Después de este momento, se llega a la sala interactiva (E), donde los trabajadores tienen la oportunidad de usar aparatos electrónicos, para activarse antes de comenzar el turno<sup>30</sup>.

De esta manera se presenta una secuencia para el turno de día y otra para el turno de noche, que va a estar determinada por la ubicación de los dormitorios de cada grupo de trabajadores, que a su vez va a dar paso a una manera distinta de recorrer el campamento sin la necesidad de duplicar circulaciones o de generar espacios exclusivos para cada tipo de turno.

(2) Con respecto al análisis de la relación entre trastornos del ciclo circadiano, iluminación y arquitectura, cabe destacar que la luz es el principal factor externo que puede modificar estos ciclos ya que cuando incide en la retina genera impulsos nerviosos que llegan hasta el núcleo supraquiasmático (NSQ), denominado también reloj interno, encargado de sincronizar los ritmos biológicos [FIG. 03]. Durante la tarde, por ejemplo,

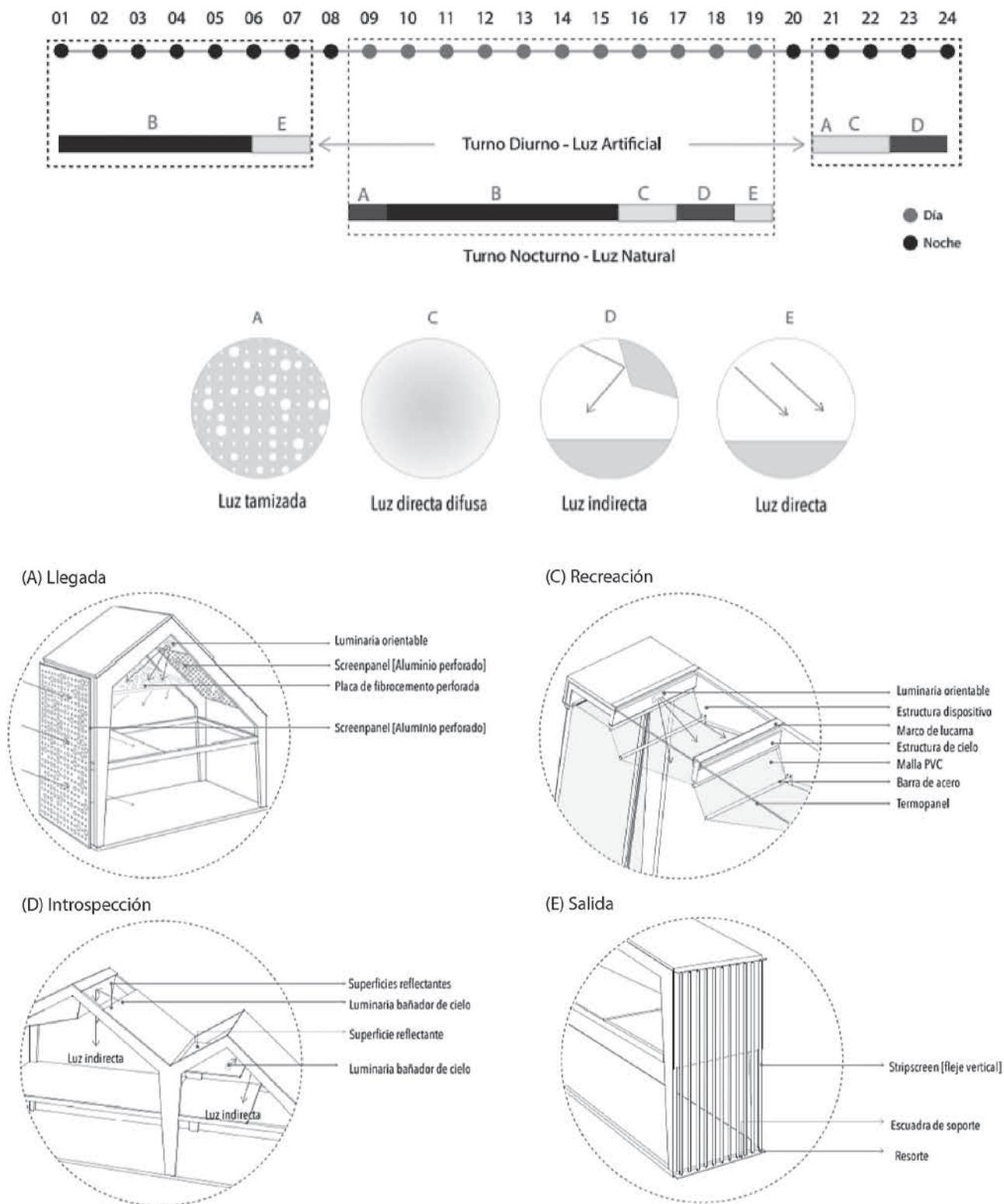


FIG. 05: Dispositivos de luz para cada momento clave de la jornada. © Mariana Andrade, 2018.

el ojo recibe frecuencias de onda larga que indican al NSQ que envíe una señal a la glándula pineal para que libere melatonina, hormona que le indica al cuerpo que es de noche y ha llegado la hora de dormir. Las frecuencias de onda cortas (luz azul) en cambio son producidas por el sol alrededor de medio día y fomentan la liberación de cortisol, hormona encargada de activar nuestro organismo. Las pantallas de aparatos electrónicos también

producen este tipo de ondas, por lo que su uso, sobre todo durante la noche, se asocia a desfases en los patrones de sueño y vigilia<sup>31</sup>. Es importante reiterar en este punto, que los procesos de percepción de la luz tienen directa relación con el bienestar mental y la salud de las personas, ya que inciden en procesos psicológicos y fisiológicos que regulan el sueño, el humor, emociones, la memoria, procesos cognitivos, estados de alerta y de vitalidad, entre

otros<sup>32</sup>. Por lo mismo, es clave tomar en cuenta las características espaciales y lumínicas de cada momento de la jornada extralaboral de los trabajadores en el diseño del campamento minero.

Al respecto, y como resultado del análisis de la Architectural Contrast Matrix, se propone que a cada momento de la jornada se le asigne un tipo de luz y de espacio, lo que va a determinar una

atmósfera representativa para cada momento; para la llegada, luz directa-tamizada, que corresponde a un tipo de iluminación con alto contraste y variabilidad a lo largo del día y año, que permite generar un traspaso entre exterior e interior; para la *recreación*, luz indirecta-difusa, para lograr una iluminación uniforme en toda la envolvente y durante todo el año, que permita activar a los trabajadores durante ese momento; para la introspección, luz espacialmente indirecta, evitando la llegada de luz directa al trabajador con el fin de disminuir la intensidad de uso del espacio y dar paso a una atmósfera de tranquilidad previa al descanso<sup>33</sup>; y, finalmente, para la *salida*, luz directa y parcialmente directa, con el fin de generar un espacio con alta variabilidad de iluminación en el que se pueda activar a los trabajadores antes de comenzar el turno [FIG. 04].

(3) Por último, como resultado del estudio de las componentes constructivas que van a definir estas atmósferas se diseñaron 'dispositivos de luz'<sup>34</sup> [FIG. 05] que fueron asociados a cada momento de la jornada, y que a su vez fueron evaluados mediante el uso de fotografías que permitieron visibilizar el comportamiento lumínico de cada espacio en distintas fechas y horas del año [FIG. 06].

A continuación, se presentan los distintos dispositivos de luz desarrollados durante la investigación:

#### **DISPOSITIVO PARA LA LLEGADA (A)**

Para generar una luz tamizada se propone utilizar módulos de acero corten en la envolvente, que permitan establecer una transición entre el exterior luminoso del desierto y el acceso a los dormitorios. El tamiz de luz se va a producir gracias a perforaciones circulares distribuidas irregularmente en las placas de acero, disminuyendo el porcentaje de perforación a medida que se acerca el recorrido a los dormitorios. La iluminación producida es bastante contrastada, sobre todo en invierno, cuando permite un paso más directo de luz, lo que permite conservar la percepción del exterior, pero al mismo tiempo generar traspasos entre exterior e interior. En cuanto a la envolvente, la luz incide activamente en el suelo y las aperturas de fachada y cielo, sin involucrar activamente otros elementos opacos, lo que es favorable para lograr la atmósfera de transición hacia los dormitorios<sup>35</sup>.

#### **DISPOSITIVO PARA LA RECREACIÓN (C)**

Para el caso del volumen de recreación se proyecta un dispositivo para luz difusa. Para esto se generan aperturas en muros y cielos, protegiéndolas con elementos textiles blancos desde el interior, lo que ayuda a evitar la radiación directa y permite distribuir la luz uniformemente. Se consideran, además, elementos reflectantes en la estructura del cielo que dirigen la luz hacia la tela durante las horas en que la luz cenital no llega al interior. Se observa que entran en juego todos los elementos del interior – muros, cielo y suelos –, aportando a la generación de un espacio con un nivel alto de iluminación<sup>36</sup>.

Cabe destacar que, a lo largo del año, la cantidad de luz que se percibe en el espacio varía más que la distribución lumínica en el mismo, cumpliendo nuevamente con la clasificación de contraste y variabilidad que indica que este tipo de luz es de los que tienen menor variabilidad anual.

#### **DISPOSITIVO PARA LA INTROSPECCIÓN (D)**

Se genera un espesor en el cielo del módulo con el fin de dejar pasar la luz indirectamente, la geometría de este dispositivo se calcula para que nunca entre luz de manera directa. De esta manera el dispositivo estará formado por una parte reflectante directa (donde llega el sol) y otra indirecta que permite que la luz ingrese reflejada al espacio. En cuanto a la materialidad, se busca generar un ambiente que permita la relajación y la tranquilidad, fomentando que la luz que ingresa a los programas adquiera una temperatura de color cálido, transmite el mensaje de que es el final de la jornada.

#### **DISPOSITIVO PARA LA SALIDA (E)**

Permite conexiones directas con el exterior, tanto visuales como físicas para preparar a los trabajadores al inicio del turno. Se propone abrir el volumen hacia el oriente y el poniente, diseñando un sistema de celosías verticales que permitan el paso de luz directa a las horas en que se usa el espacio de salida, protegiéndolo de una sobre exposición a la radiación de la tarde. Se observa que se logra generar un espacio en el que toda la envolvente se percibe muy iluminada, aun cuando las aperturas adquieren protagonismo por el paso más contrastado de luz<sup>37</sup>. Se observa además que la variabilidad del paso de la luz natural es alta, ya que la distribución de la luminancia cambia bastante entre un día y otro.

En las tres fechas analizadas se observa que se logra generar espacios con una luz mucho más controlada para el momento de llegada y de introspección, en los que se busca bajar la intensidad de las actividades con el fin de actuar como una transición hacia los dormitorios o instancias de descanso. En cambio, los espacios destinados a la activación de los trabajadores se ven muchos más iluminados. Además, el diseño de las envolventes, en todos los espacios, propicia un mayor ingreso de luz en el periodo invernal, controlando la luz que ingresa en verano, lo que es beneficioso sobre todo en cuanto al comportamiento térmico de la propuesta.

#### **DISCUSIÓN**

Entendiendo las consecuencias de la alteración del ciclo circadiano, existe suficiente información respecto a lo clave que resulta tener en cuenta el control del ciclo luz-oscuridad, para evitar trastornos biológicos, que se deben en gran medida a una iluminación deficiente o inoportuna a lo largo de la jornada<sup>38</sup>. En este contexto, a pesar de lo importante que resulta la iluminación, es clave considerar además otras variables como patrones de socialización y alimentación<sup>39</sup>, actividades que se realizan en el campamento, las características del espacio que alberga dichas actividades<sup>40</sup> y el orden en que se llevan a cabo, diferenciando además entre la manera de usar el espacio por el turno nocturno y el

diurno<sup>41</sup>. Es decir, las alteraciones del ciclo circadiano producto del sistema de trabajo en turnos conllevan a considerar una serie de variables que interactúan entre sí y generan que el problema no pueda ser abordado de manera parcial con éxito.

Al respecto, aun cuando la presente investigación constituye un intento por abarcar más de una variable y propone tanto una nueva secuencia de momentos o actividades a llevar a cabo por los trabajadores en el campamento, como condiciones lumínicas y espaciales particulares para cada uno dichos momentos, es importante dejar claro que se trata de una propuesta teórica y que, debido a las limitaciones del estudio, deja de lado numerosas consideraciones, entre las que cabe destacar que no se logra definir con precisión la influencia del color y materialidad de los elementos propuestos para los dispositivos de luz de cada 'momento' dentro del campamento. En este contexto, es importante mencionar el estudio que realizan Hraska y Hartman sobre la variación del espectro de luz producto de elementos de sombreado externo que afectan la eficacia circadiana de la luz natural<sup>42</sup>, y la influencia del tipo de vidriado en su composición<sup>43</sup>, que podría orientar futuros análisis en torno a una cuantificación más precisa de la propuesta aquí definida.

Otra limitación de la presente investigación, es que, si bien se lleva a cabo un estudio de las condiciones lumínicas propuestas mediante imágenes de color falso, que son representativas de la luminancia de los ambientes propuestos en distintas fechas del año y horas de días representativos, es decir, de la luz percibida en el espacio, no se consideró la luminancia circadiana de las imágenes<sup>44</sup>, que consiste en el espectro de luz que afecta directamente al desarrollo del ciclo circadiano y que se relaciona con procesos no visuales. Además, cabe destacar que estudios recientes se han enfocado en la importancia de la iluminación melanóptica (una porción de la iluminación circadiana) como un factor clave dentro del estudio del desfase circadiano<sup>45</sup>, por lo que el estudio de este tipo de iluminación aparece como un elemento a considerar en futuras investigaciones con el fin de determinar de manera más precisa los impactos es el desfase del ciclo circadiano producto de la incorporación de los dispositivos de luz.

#### **CONCLUSIONES**

Tal como se ha mencionado, en la actualidad, por motivos de productividad, los trabajadores de la Gran Minería en Chile viven y trabajan sometidos, a un sistema de turnos – nocturnos y diurnos – de horas extraordinarias. En la práctica esto implica una serie de trastornos sociales debido al desarraigo que produce estar periódicamente alejado del núcleo familiar y efectos adversos a nivel psicológico y fisiológico, producto del esfuerzo que supone trabajar sobre los 3.000 metros sobre el nivel del mar, en horarios antinaturales (doce horas diarias, turnos nocturnos) y en condiciones climáticas extremas.

En este contexto, se propuso que es clave abordar desde la arquitectura lo que implica el sistema de

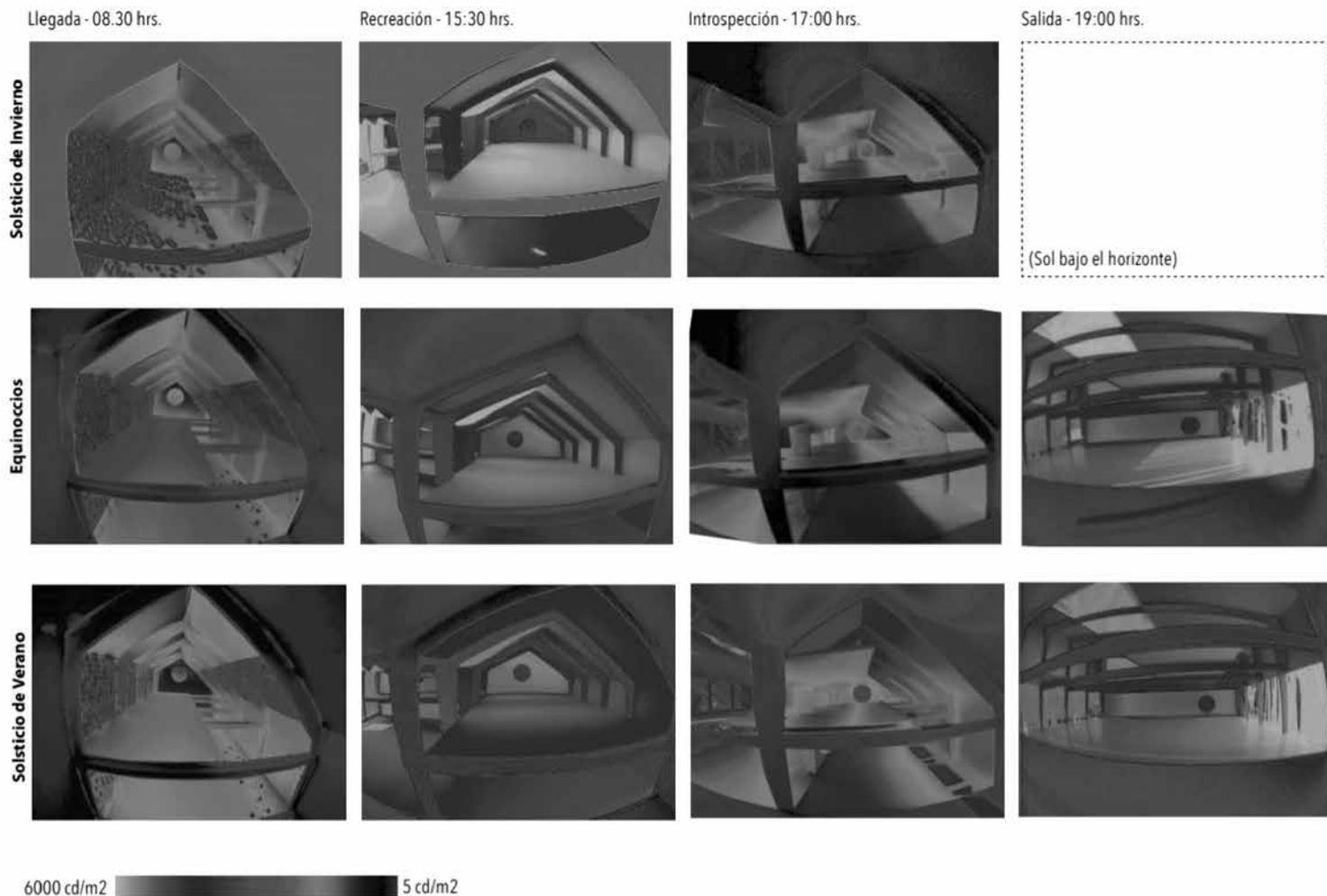


FIG. 06: Análisis de iluminación fotografía HDR de modelos a escala. © Mariana Andrade, 2018.

turnos, no solo a nivel funcional u organizacional como se ha hecho hasta el momento, sino que tomando en cuenta las diferencias y/o similitudes entre los requisitos de quienes trabajan en el turno nocturno o el turno diurno. Esto llevó a repensar la manera en la que se distribuyen los espacios comunitarios del campamento y la atmósfera que caracteriza cada uno de estos lugares, dependiendo de quién los usa y a qué hora, con el fin de contribuir a reducir los efectos adversos del sistema de turnos en el ciclo circadiano y de mejorar la calidad de vida de los trabajadores de la minería.

En cuanto al análisis lumínico llevado a cabo, queda clara la importancia de considerar los efectos no visuales de la luz como un parámetro clave de diseño. Al respecto, la investigación demuestra que es posible, al menos a nivel teórico, contribuir a regular los ciclos circadianos de los trabajadores del sistema de turnos desde el proyecto arquitectónico del campamento minero. Se busca, entonces, a través de la construcción del espacio devolver a los trabajadores la percepción del paso del tiempo, condición que hasta ahora se ha perdido producto de la atemporalidad que implica vivir constantemente bajo una iluminación artificial poco intencionada y sometido a una rutina de

actividades (aunque sean de esparcimiento) que no se ajustan espacial ni lumínicamente a los requerimientos propios de cada turno.

Es importante considerar la magnitud de los desórdenes que implica trabajar bajo estos sistemas y en climas extremos, por lo que es clave avanzar hacia un análisis práctico del impacto de las mejoras lumínicas y espaciales del campamento, para cuantificar la influencia que tienen en una mejora de la calidad de vida, teniendo como base una investigación multidisciplinaria que permita abordar de manera integral el problema del sistema de turnos. Además, si se toma en cuenta que el uso del campamento corresponde solamente a una parte de la jornada diaria, es necesario considerar, en futuras investigaciones el manejo del ciclo circadiano en los espacios usados durante la jornada laboral, quedado abierta la posibilidad de ampliar el área de interés a otros tipos de trabajo, por ejemplo, el área de la salud, que por sus características propias (más que por motivos económicos o de productividad), deben por fuerza funcionar 24 horas al día.

## NOTAS

1- El sistema de turno 7x7 se basa en turnos y contra turnos que llevan a que un puesto de trabajo sea ejercido por dos operarios que alternan siete días de trabajo, seguidos de siete días de descanso.

2- A estas horas se les suma aproximadamente una hora de traslado entre el campamento y el lugar de trabajo, lo que deja 11 horas para comidas, esparcimiento y descanso, todas actividades que van a tener lugar en el campamento. Si a la vez se consideran entre 6 y 8 horas para dormir, se llega a la conclusión de que sólo entre 3 y 5 horas serán destinadas activamente a estar en el campamento, en la cuales se realizan principalmente actividades recreativas o deportivas.

3- HENRÍQUEZ, Carlos. "Concepción de un nuevo campamento minero". Tesis de licenciatura, Departamento de Industrias Universidad Técnica Federico Santa María, 2015.

4- NOGAREDA, Clotilde; NOGAREDA, S. "NTP 455: Trabajo a turnos y nocturno: aspectos organizativos". (Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 1998); ARANGO, Sandra. "Los ritmos circadianos y la productividad laboral." *El Cuaderno Ciencias Estratégicas*, 3 (2009): 39-57.

5- Los ciclos circadianos son ciclos biológicos que se repiten cada 24 horas y que se asocian con la regulación de distintos procesos biológicos.

6- FOLKARD, Simon. "Editorial". *Ergonomics*, 36 (1993): 1-3, 1-2.

7- CORREA, Eugenio. "Experiencia de la oficina Correa en minería". Conferencia presentada en el marco del Taller de Investigación y Proyecto del Magister de Arquitectura Sustentable y Energía, Santiago, 7 de mayo, 2018.

8- Más del 50% de trabajadores mineros tiene algún tipo de trastorno del sueño, porcentaje que se eleva a casi un 90% si se consideran sólo aquellos trabajadores del turno nocturno. Ver: MARCHETTI, Nella, et al. "Estudio de los efectos de la exposición intermitente a gran altitud sobre la salud de trabajadores de faenas mineras." Santiago: Superintendencia de Seguridad Social (suceso), 2017.

9- AGUIRRE, Carolina, "Entrevista a Carolina Aguirre, neuróloga especialista en trastornos del sueño". Santiago, 2018.

10- CARRASCO, Celina; VEGA, Patricia. *Una Aproximación a las condiciones de trabajo en la gran minería de altura*. (Santiago: Dirección del trabajo, 2011); BHP Chile. "Informe de sustentabilidad BHP Chile 2016 Minera Escondida Pampa Norte", 2016; Servicio Nacional de Geología y Minería. "Accidentalidad Minera 2016". Gobierno de Chile, 2016.

11- CORREA, Eugenio. Op. cit.

12- BUSATTO, Nicola, et al. "Circadian Lighting Experiences in a Health Residence for Non-Self-Sufficient Elderly People". *Proceedings of BSO 2018: 4th Building Simulation and Optimization Conference*. Cambridge, 2018; CAWTHORNE, Douglas. "Daylighting Design in Buildings and Its Effect on the Circadian Rhythmicity of Occupants". En: *First International Conference on Buildings and the Environment (CIB)*, 16-20. Watford, 1994; ACOSTA, Ignacio et al. "Daylighting design for healthy environments: Analysis of educational spaces for optimal circadian stimulus". *Solar Energy*, 193 (2019): 584-596; ACOSTA, Ignacio et al. "Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces". *Applied Energy*, 168 (2016): 493-506; GOCHENOUR, Sharon; ANDERSEN, Marilynne. "Circadian Effects of Daylighting in a Residential Environment". LUX EUROPA Conference (Estambul, 2009).

13- GIGGINS, Oonagh M. et al. "The Impact of a Cycled Lighting Intervention on Nursing Home Residents: A Pilot Study." *Gerontology and Geriatric Medicine*, 5 (2019): 233372141989745; NIE, Jingxin, et al. "Investigation on entraining and enhancing human circadian rhythm in closed environments using daylight-like LED mixed lighting." *The Science of the total environment*, 732 (2020): 139334. HAMPTON EWING, Phillip, et al. "Simulating Circadian Light: Multi-Dimensional Illuminance Analysis". *IBSPA Building Simulation 2017 Conference*, San Francisco, 2017; EVENSEN, Ida. "How to Simulate a Natural Daylight Environment Using Artificial Lighting: A Study on the Circadian Cycle and Ways to Control It by Light". Tesis de magister, University College London, 2013.

14- La melatonina es la hormona encargada de controlar el ciclo circadiano en los seres humanos.

15- LOWDEN, Arne, et al. "Working Time Society Consensus Statements: Evidence Based Interventions Using Light to Improve Circadian Adaptation to Working Hours". *Industrial Health*. National Institute of Industrial Health, 2019; CHANG, Anne M., et al. "Human Responses to Bright Light of Different Durations". *Journal of Physiology*, 590 (2012): 3103-12; BOIVIN, Diane B; JAMES, Francine O. "Circadian Adaptation to Night-Shift Work by Judicious Light and Darkness Exposure". *Journal of Biological Rhythms*, 17 (2002): 556-567; BOUGRINE, S., MOLLARD R, et al. "Appropriate Use of Bright Light Promotes a Durable Adaptation to Night-Shifts and Accelerates Readjustment during Recovery after a Period of Night-Shifts". *Work and Stress*, vol. 9, no. 2-3 (1995): 314-26; CANAZEI, Markus; POHL, Wilfried, et al. "Acute Effects of Different Light Spectra on Simulated Night-Shift Work without Circadian Alignment." *Chronobiology International*, 34 (2017): 303-1; SLETTEN, Tracey L., FTOUNI, Suzanne, et al. "Randomised Controlled Trial of the Efficacy of a Blue-Enriched Light Intervention to Improve Alertness and Performance in Night Shift Workers". *Occupational and Environmental Medicine*, 74 (2017): 792-801.

- 16- PIERSON, Clotilde et al. "Review of Factors Influencing Discomfort Glare Perception from Daylight." *LEUKOS*, 14 (2018): 111-148; BANGALI, Jayashri. "Discomfort Glare Prediction by Using Unified Glare Rating." *Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 15 (2018): 184-91; KONSTANTZOS, Iason; KIM, Michael; TZEMPELIKOS, Athanasios. "An Integrated Method and Web Tool to Assess Visual Environment in Spaces with Window Shades". *Science and Technology for the Built Environment*, 24 (2018): 470-82; NAVADA, Sandhyalaxmi G., et al. "Prediction of Daylight Availability For Visual Comfort". *International Journal of Applied Engineering Research* 11 (2016): 4711-17; TUAYCHAROEN, N; TREGENZA P. R. "View and Discomfort Glare from Windows". *Lighting Research and Technology* 39 (2007): 185-98.
- 17- CHAMILOTHORI, Kynthia. *Perceptual Effects of Daylight Patterns in Architecture*. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2019; BOUBEKRI, M. "Daylight, Architecture and People's Health". *Int Transactions on Biomedicine and Health*, 11 (2007):53-59.; ACOSTA, Ignacio, et al. "Window Design in Architecture: Analysis of Energy Savings for Lighting and Visual Comfort in Residential Spaces". *Applied Energy* 168 (2016): 493-506; NAMANEE, Chatipath; TUAYCHAROEN, Nuanwan. "Task Lighting for Thai Older Adults: Study of the Visual Performance of Lighting Effect Characteristics". *Gerontechnology*, vol. 18, no. 4 (2019): 215-22.
- 18- MARDALJEVIC, J., et al. "A Framework for Predicting the Non-Visual Effects of Daylight – Part I: The Simulation Model". *Lighting Research and Technology*, vol. 46, no. 4 (2014): 388-406; DAI, Qi, et al. "A proposed lighting-design space: circadian effect versus visual illuminance". *Building and Environment*, 122 (2017): 287-293; KONIS, Kyle. "A novel circadian daylight metric for building design and evaluation". *Building and Environment*, 113 (2017): 22-38.
- 19- FIGUEIRO, Mariana, et al. "Daylight and Productivity – A Possible Link to Circadian Regulation". EPRI/LRO 5<sup>th</sup> International Lighting Research Symposium, California, 2003.
- 20- La proporción en la que se distribuyen los trabajadores es 1:3, es decir, por cada tres trabajadores del turno de día, hay un trabajador del turno nocturno, esto se debe a que durante la noche no se realizan actividades de mantención o tareas no esenciales.
- 21- ROCKCASTLE, Siobhan; ANDERSEN, Marilyne. "Celebrating Contrast and Daylight Variability in Contemporary Architectural Design: A Typological Approach". En: LUX EUROPA, Cracovia, 2013.
- 22- Ambos análisis se realizan mediante el uso de modelos a escala 1:50 que se diseñan considerando la reflectancia de los materiales propuestos para cada momento, por lo que se utilizan colores representativos de dichos coeficientes. Para realizar estas mediciones se utiliza un heliodón de montaje orbital, instrumento que permite simular de manera análoga la trayectoria del sol – tomando en cuenta la latitud del lugar de emplazamiento del proyecto y la hora del día y fecha del año específica que se busca analizar. Estas simulaciones permiten obtener datos reales de cómo se comportará lumínicamente el espacio estudiado, ya que se realiza al exterior en un día despejado, es decir, con el sol como fuente de luz.
- 23- (High Dinamic Range) tomadas con una cámara Nikon modelo D7000 con gran angular, desde el punto de vista del observador que se ubica en el recorrido. Luego se analizan a través del software HDRScope, que permite procesar la información de dichas imágenes, entregando los datos para analizar la condición lumínica del espacio.
- 24- HENRÍQUEZ, Carlos. Op. cit.
- 25- Lugares de escala mediana-pequeña, que reciben grupos pequeños o trabajadores solos que busquen actividades serenas
- 26- AGUIRRE. Op. cit.
- 27- Considerando los tiempos de traslado a la faena que son de alrededor de media hora ida y media hora vuelta.
- 28- NOGAREDA; NOGAREDA, Op. cit.; AGUIRRE, Op. cit.
- 29- Que contemplen las mismas condiciones que los dormitorios del turno diurno, con especial énfasis en el control lumínico, considerando que serán utilizados durante el día.
- 30- El uso de aparatos electrónicos que emitan luces azules (frecuencia de onda corta) permite enviar el mensaje de que es de día y por ende activar a los trabajadores.
- 31- AGUIRRE. Op. cit.
- 32- SMOLDERS, K. *Daytime light exposure: effects and preferences*. (Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2013); HARTEMANN, P., et al. *Health Effects of Artificial Light*. (European Union: Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR, 2009).
- 33- Cabe destacar que no se considera un tipo de iluminación particular para el momento de descanso debido a que la investigación de concentra en los espacios comunitarios del campamento.
- 34- Para efectos de esta investigación, los dispositivos de luz conforman las distintas aperturas de la envolvente y están en directa relación con los tipos de iluminación natural y artificial que se quiere lograr para cada momento de la jornada de los trabajadores
- 35- El diseño de este espacio de transición es clave para este momento de la jornada de los trabajadores, ya que evita que reciban mucha luz artificial antes de descansar.
- 36- Esto es positivo para mantener el ciclo circadiano, al permitir activar a los trabajadores en el momento dedicado a la recreación.
- 37- Se debe tener en cuenta que va a ser necesario fomentar el uso de aparatos electrónicos antes de comenzar la jornada, con el fin de dar el mensaje que es de día y es necesario estar alerta (frecuencias de onda corta)
- 38- VOLF, Carlo. "Light, Architecture and Health – A Method". Tesis Doctoral, The Aarhus School of Architecture, Dinamarca, 2013; HARRISON E.; GORMAN, M. "Changing the waveform of circadian rhythms: considerations for shift-work". *Frontiers in Neurology* (2012): 3-72; GOCHENOUR, S.; ANDERSEN, M., Op. cit. (2009).
- 39- Ibid.
- 40- GIGGINS, Oonagh; DOYLE, Julie, et al. "The Impact of a Cycled Lighting Intervention on Nursing Home Residents: A Pilot Study". *Gerontology and Geriatric Medicine* 5 (January, 2019): 233372141989745.
- 41- Al analizar las horas de ocupación de los campamentos mineros para el turno nocturno (entre 08:30 y 19:30) y el turno diurno (entre 20:30 y 07:30) se concluye que para el primero se debe diseñar tomando en cuenta sobre todo la iluminación natural, mientras que, para el turno diurno, adquiere importancia el uso adecuado de la luz artificial. Ver: AGUIRRE, Op. cit.; NIE, et al. Op. cit..
- 42- HRASKA, Jozef; HARTMAN, Peter. "Colour of External Shading Obstacles and Circadian Stimulus of Indoor Daylighting". *Advanced Materials Research* 899 (2014): 283-87.
- 43- HARTMAN, Peter, et al. "Circadian Characteristics of Special Glazing". *Athens Journal of Sciences*, vol. 1, no. 4 (2014).
- 44- INANICI, Mehlika, et al. "Spectral Daylighting Simulations: Computing Circadian Light". International Building Performance Simulation Association Conference. Hyderabad, India, 2015.
- 45- BROWN, T. "Melanopic illuminance defines the magnitude of human circadian light responses under a wide range of conditions". *J Pineal Res.* (2020); 69:e12655.