



Serie Proyectos de Investigación e Innovación

Superintendencia de Seguridad Social
Santiago - Chile

INFORME FINAL

Fatiga en conductores de vehículos pesados que circulan con carga peligrosa entre el nivel del mar y 4.000 metros de altura. Identificación de momentos críticos a través de la relación de factores neurohumorales, cardio-respiratorios y psicométricos con el consumo de oxígeno a lo largo de la jornada laboral.

Jorge Cajigal
2014





SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL

SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: investigaciones@suseso.cl.

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: www.suseso.cl.

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: investigaciones@suseso.cl.

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: www.suseso.cl.

Superintendencia de Seguridad Social
Huérfanos 1376
Santiago, Chile.

Fatiga en conductores de vehículos pesados que circulan con carga peligrosa entre el nivel del mar y 4.000 metros de altura. Identificación de momentos críticos a través de la relación de factores neurohumorales, cardio-respiratorios y psicométricos con el consumo de oxígeno a lo largo de la jornada laboral

Proyectos de investigación e innovación tecnológica en prevención de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, ley N° 16.744
P0109-2011

Informe Final

Santiago, 25 de marzo de 2014.

Índice

	Pág
A. Introducción	4
B. Marco Teórico	6
C. Hipótesis del estudio	
D. Objetivo del Estudio	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
E. Funcionamiento de la Empresa	10
Funcionamiento general de la empresa de transporte de combustible	10 11
Sistemas de Turnos	12
Realidad social de los conductores	
F. Metodología de trabajo	13
Selección de muestra	13
Mediciones realizadas	14
Mediciones basales	16
Medición jornada de trabajo	16
Equipo de investigación	16
Análisis estadístico	17
G. Resultados	18
Resultados basales	18
Resultados evaluación en terreno	23
H. Discusión	33
I. Conclusiones	37
J. Bibliografía	38
K. Anexos	41

A. Introducción

El transporte de carga peligrosa en vehículos pesados desde el nivel del mar (Iquique) hasta una faena minera ubicada a 250 Km de distancia y a 4.700 msnm, enfrenta al conductor con desafíos ambientales dados particularmente por una disminución en la presión parcial de oxígeno (Roach & Wagner 2005). El ascenso progresivo implica una menor disponibilidad de oxígeno y la reoxigenación durante el descenso la posibilidad de un fenómeno de isquemia y reperfusión que pueden afectar la función celular (Araneda et al., 2005; Behn et al., 2007) y por ende la capacidad de trabajo de un conductor que debe circular por un camino sinuoso con fuertes pendientes, accidentes en el camino, acumulación de nieve y/o hielo en la carretera y otros imprevistos que obliga a mantener elevados niveles de concentración, atención y alerta como también tiempos de reacción adecuados ante situaciones de emergencia (Burke, 2005; Bhattacharyya, 2008). También se agrega la ineludible necesidad de trabajar en turnos, lo que a su vez suele acompañarse de una menor calidad y cantidad del sueño. Todo lo anterior son factores que se asocian a una condición de stress que por un lado puede permitir un mayor estado de alerta y seguridad, pero que en el tiempo se asocia a un deterioro físico y psicológico (Wirth et al., 2006), el que a su vez se asocia a cambios neurohumorales como incrementos en las concentraciones de la hormona Cortisol y Melatonina, siendo esta última responsable de generar una condición de somnolencia y fatiga (West et al., 2011). Se trata por lo tanto de una forma de trabajo pesado que conlleva un elevado riesgo de accidentes (Newcomer et al., 1999; Domeset al., 2004; Burke et al., 2005).

El presente estudio tiene como propósito principal valorar los diferentes factores fisiológicos que se asocian a los momentos críticos de fatiga física y mental medidos durante toda la jornada laboral en los dos sistemas de turnos; noche y día (Turno 1 y 2 respectivamente) y que son utilizados por una empresa de transporte de combustibles. El conocimiento objetivo de los momentos precisos en que ocurre la fatiga a lo largo de una jornada laboral habitual, junto con los factores que la producen, permite intervenir en forma dirigida y evaluar los efectos de toda intervención en términos cuantitativos. Los factores fisiológicos a estudiar son parámetros de composición corporal, neurohumorales, cardio-respiratorios y psicométricos y su posible asociación con el consumo de oxígeno reposo, el que se debería ver afectado por los cambios de altitud geográfica y la fatiga propia de la extensa jornada de trabajo. Es importante señalar que no se han medido anteriormente estos parámetros en conductores de carga peligrosa bajo condiciones de hipoxia extrema, por lo que no existen antecedentes en la literatura específica.

Para llevar a cabo el presente estudio se trabaja con una empresa de transporte de combustible quienes tienen la misión de abastecer de combustible diesel a una compañía minera de la Región de Tarapacá, con puntos de descarga de combustible ubicados a una altitud máxima de 4.700 msnm (P2) y a una distancia máxima de 250 Km desde la ciudad de Iquique por un camino de elevado riesgo de accidente. Para el presente estudio, se invitó a participar a una muestra voluntaria de conductores. Previo al monitoreo de la cinética de las variables fisiológicas antes descritas, es imprescindible realizar mediciones basales en Iquique que permitan conocer, caracterizar e identificar a los conductores a estudiar, así como tener un valor referencial de todos los parámetros a medir bajo una condición de reposo o descanso previo a su jornada de trabajo (Medición Basal). Posteriormente fueron evaluados los mismos parámetros durante la jornada de trabajo en los dos turnos de la empresa (medición previa al momento del inicio de la conducción, PRE), lo que implicó acompañar en camioneta a los conductores durante el ascenso, realizar un tiempo de espera en altura para la descarga del combustible (medición en punto de descarga conocido como P2) y una medición final posterior al descenso o término de la jornada de trabajo (medición final de la jornada de trabajo al descender del camión, POST).

B. Marco Teórico

El presente análisis de la capacidad de trabajo a lo largo de una jornada laboral no-habitual que implica grandes cambios en factores ambientales, especialmente en cuanto a la disponibilidad de oxígeno y por lo tanto de energía, se centra en la determinación repetitiva del consumo individual de oxígeno en reposo. El oxígeno actúa como comburente para determinar que la energía contenida en los alimentos pase a estar disponible a nivel celular en forma de adenosíntrifosfato (ATP), el combustible universal de todo organismo biológico. En ese sentido, se define hipoxia “como la falta de oxígeno en relación a los requerimientos de ATP” (Araneda et al., 2005; Behn et al., 2007). En condiciones de hipoxia hipobárica, como es el caso al exponerse a la gran altura, baja la disponibilidad de oxígeno y junto con ello también la disponibilidad de ATP (Roach & Wagner 2005; Prommer, 2007). Al disminuir la disponibilidad de ATP en relación al trabajo exigido se tiende a presentar la fatiga, que a su vez pone en riesgo al conductor y a su vehículo. La determinación sucesiva del consumo de oxígeno a lo largo de la jornada laboral y su posible correlación con parámetros neurohumorales y psicomotores permite detectar los momentos críticos y la posibilidad de intervenir en forma dirigida (Ellenbogen et al., 2002; Wirthet al., 2006; Lippl et al., 2010; Gebczyński et al., 2011). La falta de oxígeno activa el Sistema Simpático, una rama del Sistema Nervioso Autónomo (Kudielka et al. 2010). Esta activación del Sistema Simpático se puede objetivar a través del seguimiento del ritmo cardíaco, particularmente en cuanto a la variabilidad del ritmo cardíaco se refiere, tanto en función del tiempo y como también de la frecuencia. El seguimiento del ritmo cardíaco permite además detectar las arritmias que pueden aparecer en relación con la reoxigenación durante el descenso en el contexto de un fenómeno de isquemia y reperfusión (Mazzeo et al., 2008; Davoodi et al., 2010). Alteraciones del ritmo cardíaco pueden ser causa de alteraciones de la conciencia que suelen precipitar accidentes (Pereg et al., 2011). La activación del Sistema Nervioso Simpático que ocurre en relación con la falta de oxígeno puede o no ser efectiva en cuanto a mantener el consumo de oxígeno y por lo tanto la disponibilidad de energía. El seguimiento del consumo de oxígeno permite detectar si esta activación del Sistema Simpático es efectiva en cuanto a aumentar la disponibilidad de oxígeno y por lo tanto de energía, lo que a su vez determina la capacidad de trabajo permanente en el tiempo.

Como expresión del gasto energético, la evaluación del consumo de oxígeno en reposo también presenta estrecha relación con la calidad del reposo previo a la jornada laboral (Jung et al., 2011). La capacidad de trabajo del conductor, a su vez, se puede objetivar a través de la realización de una prueba psicométrica en diferentes etapas de la jornada laboral, Critical Flicker Fusion (CFF), que identifica la fatiga a nivel cortico-visual (Lafére et al., 2010) y pruebas neuroendocrinas de hormonas Melatonina

(hormona responsable de inducir el sueño) y Cortisol (hormona liberada durante situaciones de estrés físico y psíquico).

Las mediciones hormonales se realizan en muestras de saliva y poseen una elevada correlación con las muestras realizadas en plasma. Las mediciones antes dichas se realizarán todas con dispositivos portátiles, no invasivos que, a su vez, por efectuarse durante detenciones ocasionales del vehículo, no afectan el desarrollo del trabajo de conducción (Wirth et al., 2006). Los parámetros así evaluados en terreno permiten evidenciar los momentos críticos en que tiende a ocurrir la fatiga, como también precisar los factores que la determinan a lo largo de una jornada laboral riesgosa. Se da así también la posibilidad para objetivar en términos cuantitativos el efecto de posibles intervenciones en cuanto a optimizar el tipo de jornada de trabajo, la calidad del descanso y la capacidad de trabajo del operador.

C. Hipótesis del estudio

A lo largo de una jornada laboral bajo diferentes sistemas de turnos que contempla el transporte de carga pesada peligrosa ida y regreso entre el nivel del mar y una altura de aproximadamente 4.000 msnm, ocurren momentos de fatiga asociados a una condición de hipoxia hipobárica y que son posibles de identificar y objetivar sobre la base de cambios metabólicos del consumo de oxígeno reposo, cardio-respiratorios, neurohumorales y fatiga cortico-visual.

D. Objetivos del estudio

Objetivo general

Determinar la evolución del nivel de fatiga y de los factores fisiológicos que la determinan como cambios metabólicos del consumo de oxígeno reposo, cardio-respiratorios, neurohumorales y fatiga cortico-visual, a lo largo de una jornada laboral bajo diferentes turnos de trabajo en conductores de vehículos pesados con carga peligrosa ida y regreso entre el nivel del mar y una faena minera ubicada a 4.000 m snm

Objetivos específicos:

- Identificar las características de composición corporal, factores de riesgo sistémicos y parámetros fisiológicos asociados a fatiga (neurohumorales, fatiga mental y metabólico) de los conductores como referencia basal en días previos a la jornada de trabajo
- Identificar y analizar los cambios en el consumo de oxígeno en reposo a nivel del mar, inmediatamente antes de comenzar el trabajo e inmediatamente después de regresar, como también en 3 o 4 etapas intermedias a diferentes alturas, en el viaje de ida y en el de regreso
- Reconocer la evolución cardiorespiratoria por medio del registro del ritmo cardiaco y del ritmo respiratorio mediante un sistema Holter a lo largo de toda una jornada laboral.
- Identificar los cambios neurohumorales por medio de las hormonas Cortisol y Melatonina en muestras de saliva en reposo a nivel del mar, inmediatamente antes de comenzar el trabajo e inmediatamente después de regresar y durante la jornada laboral.

- Reconocer la evolución del nivel de fatiga cortico-visual a lo largo de la jornada laboral.
- Comparar la evolución del nivel de fatiga en los mismos conductores durante dos turnos diferentes de trabajo que posee la empresa en estudio.
- Diseñar una propuesta general de intervención con el objetivo de modificar algunos parámetros asociados a fatiga y a la accidentabilidad en este tipo de conductores de carga pesada.

E. Funcionamiento de la Empresa

Funcionamiento general de la empresa de transporte de combustible:

La empresa se encarga de abastecer combustible (diesel) a una compañía minera, por lo que es fundamental evitar accidentes o situaciones que impidan o retrasen un flujo constante de combustible. No existen camiones asignados para cada conductor, por lo que ellos deben estar preparados para conducir los diferentes tipos de camiones que tiene la empresa. La cantidad de combustible que transportan es de hasta 45 TON. La jornada de trabajo parte en Iquique (nivel del mar) y consiste en transportar la carga pesada hasta la Minera por un camino sinuoso de 250 Km, durante alrededor de 5 horas de viaje alcanzando una altura superior a 4.000 msnm. En la ruta existen diversos puntos de parada o descanso obligado que deben cumplir los conductores. Los camiones están equipados con dos sistemas de control de velocidad y radios de comunicación entre ellos, con las camionetas de apoyo en ruta (empresa externa) y con la base de la empresa. En cada turno salen entre 5 a 8 camiones con un tiempo de 15 min entre cada uno, dándoles prioridad a los camiones más rápidos para salir antes, debido a que está prohibido el adelantamiento entre los camiones. Al alcanzar sus puntos de descarga, especialmente P2 que se encuentra a mayor altura, los camiones deben esperar su turno para descargar, maniobra que requiere de aproximadamente 45 min por camión, por lo que el último camión en alcanzar P2 debe esperar hasta 5 horas para ser completamente descargado, lo que significa que se retrasa su regreso a la ciudad de Iquique y le acorta el tiempo de descanso para el siguiente turno o días libres, lo que implica también mayor tiempo de exposición a gran altura y mayor ansiedad por apurar el regreso, acelerando la bajada y exponiendo a los conductores a accidentes. El tiempo de descenso es aproximadamente de 4 horas desde P2 hasta el Taller de Alto Hospicio.

Por lo tanto, la duración de la jornada de trabajo implica 5-6 horas en llegar hasta los lugares de descarga, una estadía aproximadamente en altura de 2-3 horas y un regreso de 4-6 horas, lo que da un tiempo total de 13-15 horas por cada turno de trabajo.

No existe una evaluación previa del conductor que permita diagnosticar su verdadero estado antes de comenzar su jornada de trabajo, quedando más bien a criterio de cada conductor la decisión de subir o no subir, pero tal como señalaron los mismos conductores, el no subir les afecta económicamente, así como tiene consecuencias en su continuidad con la empresa. El inicio del turno, los conductores contestan un “auto-reporte” con las horas de sueño previa a la jornada de trabajo, estado de salud, etc. Esta situación implica que en algunas ocasiones los conductores sintiéndose mal o no logrando una adecuada recuperación igual deban realizar su jornada laboral poniendo

en riesgo a la empresa y su propia vida (información confidencial entregada por los conductores).

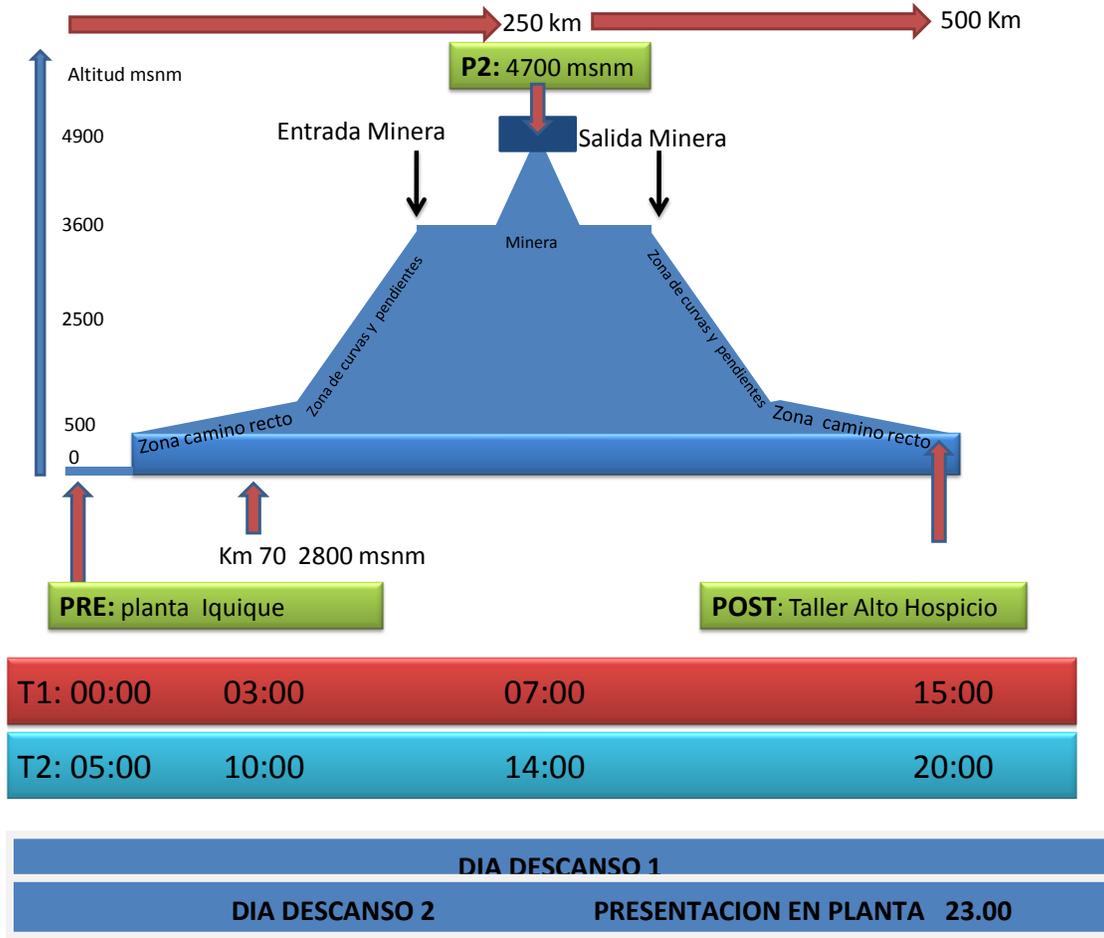


Fig.1 Jornada de trabajo de conductores de carga pesada de la empresa de transporte de combustible de turnos 1 y 2. (Explicación detallada en el texto)

Sistemas de Turnos:

La empresa de transporte de combustible desde hace 3 años ha adoptado un nuevo sistema de turno "2 x 2". Este sistema significa que los conductores trabajan 2 días y descansan los 2 días siguientes (figura 1). El primer día o turno 1, los conductores deben llegar a la planta a las 23.30 y comenzar la conducción con los camiones cargados de combustible a las 00:00 desde la Planta de Iquique y regresando hasta el

taller de Alto Hospicio (500 msnm) con el camión completamente descargado, alrededor de las 13:00-15:00, bajando hasta Iquique en taxis que contrata la empresa de transporte de combustible, para volver a sus casas u hotel a alimentarse y descansar. Al siguiente día, los mismos conductores deben llegar a la planta a las 04:30 e iniciar la conducción del turno 2 a las 05:00, para volver a las 18:00-20:00 hasta el taller de Alto Hospicio y bajar nuevamente en taxi hasta sus respectivas casas y descansar durante dos días para volver a repetir el ciclo. La empresa indica que con este sistema de turnos ha disminuido la tasa de accidentes.

Cabe señalar que el regreso no siempre se realiza por el mismo camino, porque la empresa de transporte de combustible también abastece de combustible a otra minera cercana, y algunos camiones deben dirigirse de P2 hacia esta minera, lo que implica que el regreso debe hacerse por otro camino ripiado de mayor peligro. La razón de tomar esta camino alternativo y no poder volver por el camino original por es porque la empresa minera no permite el regreso sobre cierta hora límite. El Turno 2 se ve afectado con esta realidad lo que implica que los conductores que deben regresar por este camino alternativo regresan más tarde a Iquique.

Realidad Social de los conductores

El presente estudio tiene objetivos fisiológicos y no sociales, sin embargo, es importante entregar información básica de la realidad social de los trabajadores.

La empresa de transporte de combustible posee un total de 33 conductores, provenientes tanto de Iquique o alrededores y de lugares distantes especialmente del sur de Chile (VIII y IX regiones principalmente) por lo que la empresa de transporte de combustible cuenta con un sistema de alojamiento para estos conductores (convenio con hoteles de Iquique) y además turnos para poder ir a visitar a sus familias en el caso de aquellos que viven fuera de la primera región. No existe mucho compromiso de los trabajadores con la empresa, lo que se ve reflejado en la constante rotación de conductores entre la empresa de transporte de combustible y las diversas empresas de la competencia, situación bastante compleja para la gerencia (Información entregada desde gerencia).

F. Metodología de trabajo

Para realizar la presente investigación, el equipo de investigación debió trasladarse hasta Iquique con un laboratorio móvil, en diversas oportunidades, para realizar las mediciones en terreno. Las evaluaciones comenzaron en Diciembre del 2011 y finalizaron en Enero del 2013. El primer viaje en Diciembre 2011 se realizó con la finalidad de tener un diagnóstico de la empresa de transporte de combustible, por lo que se realizaron reuniones con los conductores y el personal administrativo y jefes de la empresa en terreno. Con ellos se analizaron las estadísticas y posibles causas de accidentes históricos que tiene la empresa. Posteriormente, se solicitó una reunión con los conductores para conocer su realidad y comprometerlos de forma voluntaria con el estudio, conocer sus sistemas de turnos, motivos de accidentes y conocer el funcionamiento básico y características de los diferentes tipos de camiones que utilizan. En un segundo viaje, realizado en enero 2012, ya con la muestra de conductores seleccionada, se firman las cartas de consentimiento para participar en la investigación y se realizan las encuestas para caracterizar de forma individual a los conductores. Posteriormente comienzan las pruebas fisiológicas basales que son repetidas durante la jornada de trabajo. Estas encuestas y evaluaciones basales fueron realizadas en espacios de MUTUAL Iquique.

Selección de la muestra:

De un total de 33 conductores que trabajan en la empresa, se comprometen 21 conductores para el presente estudio con el objetivo de tener una muestra mínima de 8 a 10 conductores que logren completar todas las mediciones y que permitan alcanzar un nivel de representatividad para las diversas variables estudiadas (Lwanga et al, 1991)

La empresa de transporte de combustible se encargó de contactar a los conductores personalmente vía teléfono avisándoles y solicitándoles asistir como voluntarios al estudio. En una reunión preliminar, se les explicó a los conductores los objetivos y se les solicitó firmar el consentimiento escrito. Se les explicó a los conductores que deberán ser medidos 7 veces en total, en uno de sus días de descanso para obtener valores basales y además monitoreados durante su jornada de trabajo previo a subir (PRE), en el punto de descarga (P2) y al terminar su jornada de trabajo (POST), tanto en el turno 1 como en el turno 2.

Mediciones realizadas:

Condiciones basal, turno 1 y turno 2 (PRE, P2 y POST respectivamente): en total, cada conductor deberá ser evaluado idealmente 7 veces para completar el estudio.

1. **Medición composición corporal;** utilizando un equipo portátil de Bioimpedancia bipolar (TanitaIronman, Japón), midiendo masa corporal y estimando grasa y musculatura corporal, así como estimando grasa visceral y edad metabólica. Estas mediciones fueron realizadas respetando el protocolo estándar de Bioimpedancia que implica ser realizada durante la mañana (entre 8.00 y 10.00 AM), estar en ayunas, utilizar sólo ropa interior y eliminar todo artículo metálico del cuerpo como relojes, anillos, collares, etc. Es importante señalar que estas mediciones son estimaciones basadas en la conductancia del cuerpo al paso de corrientes eléctricas y que dependen de la cantidad de agua corporal. Sin embargo, estas metodologías de estimación presentan una buena correlación con mediciones de laboratorio como DEXA, considerada como el “Estándar de Oro”.(Bosaeus et al, 2013; Jaffrin et al, 2008)

2. **Medición Psicométrica de fatiga visual;** por medio del equipo Flicker Fusion System (Lafayette Instrument Company, USA), midiendo Critical Flicker Frequency (CFF), como el momento en que se fusionan los destellos de luz que inicialmente se observan como parpadeos a una frecuencia creciente (prueba CFF UP) y posteriormente decreciente (prueba CFF DW).El valor que se obtiene corresponde a un promedio de 3 ensayos con cada prueba. El rango de frecuencias va entre 1 a 100 Hz. En el momento de la fusión de imágenes, el conductor evaluado detiene manualmente la prueba y se registra la frecuencia de fusión (Hz). Se considera un rango normal CFF en el ser humano que va de 15 a 70 Hz, dependiendo del grado de fatiga visual, la intensidad de luz y la composición celular de la retina ya que conos y bastones difieren en sus umbrales de fusión. Una menor frecuencia de fusión de imágenes se asume como fatiga visual asociada a fatiga del SNC. (Yuan et al, 2011; Lafére et al, 2010).

3. **Medición de parámetros neurohumorales;** los que se realizaron solicitándole a cada conductor que almacene saliva por una bombilla de plástico en dos tubos Ependorf, los que fueron completamente sellados, almacenados y congelados a -10° C en el laboratorio de análisis de sangre de Mutual Iquique, para su posterior análisis de las hormonas Cortisol (hormona liberada en la glándula adrenal bajo condición de

estrés físico y/o psicológico) y Melatonina (neurohormona responsable de inducir el sueño y liberada en el SNC). Cada muestra se almacenó en 2 dos tubos Ependorf con el objetivo de realizar los análisis de ambas hormonas. Los análisis se realizaron en Laboratorios de Bioquímica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Las concentraciones de ambas hormonas en saliva fueron determinadas por medio de técnicas de laboratorio específicas (ELISA para medir Cortisol y HPLC para identificar las concentraciones de Melatonina).

4. Medición de parámetros cardiorespiratorios y metabólicos en reposo; utilizando el ergoespirómetro portátil y telemétrico (Oxycom, Jaegger, Alemania). Cada conductor se mantuvo respirando conectado al equipo durante un tiempo de 10 min, sentado de forma cómoda y completamente relajado, con poco ruido y poca luz. Durante esta prueba se registró además presión arterial, frecuencia cardiaca y saturación de la hemoglobina. Para el análisis estadístico se promediaron los últimos 3 minutos de registro asegurando una condición de reposo y familiarización con el equipo.

5. Medición de Variabilidad de Ritmo Cardíaco (VRC); realizada de forma paralela a la medición metabólica. Se utilizó un cardiófrecuenciómetro RS800CX, (Polar, Finlandia) que permite almacenar los intervalos de tiempo entre los latidos registrados durante 10 min, sentado de forma cómoda, relajado, con poco ruido y poca luz. Posteriormente el equipo descarga la información al software Polar para su posterior análisis temporal y espectral. Esta prueba de VRC permite estimar la participación diferenciada del SNA simpático y parasimpático, el que se ve afectado por influencia de diversos factores ambientales como la exposición a la hipoxia, el estrés y la fatiga (Thayer et al, 2012).

El tiempo empleado para el total de mediciones por cada conductor es de 20 a 30 min de forma secuencial para no alargar su jornada de trabajo y de esta forma afectar lo mínimo posible su trabajo normal.

Mediciones basales

Las evaluaciones basales se realizaron durante la mañana del primer día de descanso en las salas de capacitación de Mutual de Iquique. Fueron medidos 21 conductores bajo condición basal. El orden de las mediciones fue:

- Presentación de los investigadores, explicación oral del estudio y entrega de carta consentimiento para ser leída, resolver dudas y proceder a firmar.
- Encuestas de Nutrición, Salud y Laboral diseñadas previamente por profesionales.
- Mediciones de composición corporal, psicométricas, neurohumorales, metabólicas y cardiorespiratorias.
- Finalmente se les agradeció a los conductores su participación en el estudio, insistiendo en que posteriormente serán realizadas las mismas pruebas durante el monitoreo de la jornada de trabajo. Además se les entrego algún resultado de forma motivadora como la edad biológica y los porcentajes de grasa.
- Durante la semana siguiente se solicitó a la empresa de transporte de combustible los resultados de los exámenes preocupacionales realizados en una submuestra de 11 conductores para servir como complemento, siendo analizados e integrados a la evaluación basal.

Mediciones jornada de trabajo

Se realizan las mismas pruebas basales a los conductores durante toda la jornada de trabajo desde el momento en que se presentan en el punto de inicio (Planta , Iquique), antes de ser asignado el camión y su destino (condición PRE, Iquique 0 msnm, punto de carga de combustible), posteriormente los conductores son medidos en el punto de descarga de combustible de mayor altitud geográfica (P2, 4.700 msnm) y finalmente al término de la jornada de trabajo (condición POST, Taller en Alto Hospicio, 500 msnm).

Equipo de investigación

El equipo de investigadores acompaña a los conductores en camioneta de apoyo que facilita la empresa de transporte de combustible. Los investigadores deben estar 1 hora antes en cada punto de medición para dejar todos los equipos debidamente calibrados y ordenados para recibir a los conductores y posteriormente 30 min en desarmar y guardar los equipos en sus cajas y maletas para ser transportados al siguiente punto.

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba T de Student para muestras pareadas y no pareadas. Se consideró un valor significativo de $p < 0,05$. El programa utilizado para los análisis estadísticos y diseño de gráficos fue Prism 4.0.

G. Resultados

Del total de 21 conductores que participaron en el estudio con sus mediciones basales, solamente 10 lograron realizar la mayoría de las evaluaciones en terreno, reduciéndose a el numero al considerar los factores neuroendocrinos (en algunos conductores se perdieron las muestras de saliva).

Resultados basales

1- Composición Corporal (n=21)

La Tabla 1 muestra los resultados más relevantes de la composición corporal y la Tabla 2 muestra el criterio OMS de clasificación de IMC. Se muestran los promedios, desviación estándar y valores mínimos y máximos de los conductores estudiados. Se observa claramente sobrepeso (pre obesidad de acuerdo a criterios OMS, tabla 2) en los conductores tanto en la relación masa – estatura (IMC) y el % de adiposidad (IMC = 28,2 y % adiposidad = 24.8%). Sin embargo, al analizar los valores individuales, se puede observar que del total de conductores en evaluados, 9,5% están en el rango normo peso; 57,1% caen dentro de la categoría de sobre peso o pre obesidad y 33,3% están dentro del rango de obesidad. El valor más elevado encontrado corresponde a Obesidad tipo I (Tabla 2). En relación a la grasa visceral, estimada en base a unidades arbitrarias que van de 1 a 20, los conductores presentan una gran variabilidad con un promedio de 10,4 dejándolos en un nivel intermedio. De forma individual, los valores van desde un mínimo de 7 hasta un máximo de 16. Sobre el promedio de encuentran el 38,1% de los conductores. Es importante señalar que la acumulación de grasa visceral se asocia con elevado riesgo de accidente cardiovascular. (Tabla 1). Las estimaciones de masa muscular esquelética (38,8%) también dejan a esta población un tanto bajo lo normal, pero es producto de la mayor adiposidad. Finalmente, el cálculo de edad metabólica da una diferencia de +8,9 años, lo que significa que como promedio, el grupo de conductores estaría con un metabolismo más envejecido en relación a sus edades cronológicas. Esta mayor edad metabólica se asocia a la elevada adiposidad subcutánea y grasa visceral

Tabla 1; Composición corporal de los conductores determinada por medio de Bioimpedancia Bipolar. Valores promedio, DE, mínimo y máximo. (n=21)

Composición Corporal	promedio	DE	mínimo	máximo
Masa corporal (Kg)	81,1	10,1	58,7	97,5
Estatura (m)	1,69	0,06	1,62	1,79
IMC (Kg/m ²)	28,2	3,2	34,1	21,6
% de Adiposidad	24,8	4,3	15,0	31,9
Grasa Visceral	10,4	2,5	7	16
% de Masa Muscular	38,8	1,6	35,4	41,5
Edad Cronológica (años)	43,3	6,5	32	56
Edad Metabólica (años)	52,2	13,8	25	77

Tabla 2: Clasificación del IMC de acuerdo a OMS

Clasificación	IMC (Kg/m ²)
Infrapeso	< 18,50
Delgadez severa	< 16,00
Delgadez moderada	16,00 – 16,99
Delgadez aceptable	17,00 – 18,49
Normal	18,50 – 24,99
Sobrepeso	≥ 25,00
Preobeso	25,00 – 29,99
Obeso	≥ 30,00
Obeso tipo I (leve)	30,00 – 34,99
Obeso tipo II (media)	35,00 – 39,99
Obeso tipo III (mórbida)	≥ 40,00

2- Examen Pre ocupacional

En relación al examen pre ocupacional (MUTUAL, submuestra de 11 conductores), entregado directamente por la empresa de transporte de combustible, se observa que no hay conductores con evidentes problemas de presión arterial ni alteraciones en la glicemia en ayunas (Tabla 3). Se observa además una concentración adecuada de hemoglobina, con algunos conductores con valores elevados y probablemente producto del trabajo de exposición intermitente a la altura. Sin embargo, en las demás pruebas (Tabla 4), se encontró que 1 conductor presenta alteración auditiva, 2 conductores presentan alteración en el ECG, 3 en optometría, ninguno presenta alteraciones en RX de tórax, pero 6 conductores (55%) presenta alterado su perfil lipídico, lo que tiene relación con la prevalencia de obesidad y sobrepeso indicada anteriormente (Tabla 1).

Tabla 3; Examen pre ocupacional obligatorio de los conductores (sub muestra n=11). Frecuencia cardiaca, presión arterial, glicemia, triglicéridos índice colesterol total/HDL y riesgo cardiovascular. Valores promedio, DE, mínimo y máximo.

Examen pre ocupacional	promedio	DE	mínimo	máximo
Frecuencia cardiaca (lat/min)	67,8	10,0	57	87
Presión sistólica (mmHg)	116,9	10,7	100	129
Presión diastólica (mmHg)	70,5	10,3	56	80
Glicemia (mg/dL)	95,3	8,9	82	108
Hemoglobina (mg/dL)	15,9	1,0	14,4	17,4
Índice colesterol TOT/HDL (mg/dL)	4,09	0,4	3,7	4,7
Triglicéridos (mg/dL)	137,2	37,7	71,0	205
Riesgo cardiovascular (%)	3,2	3,7	0	12,0

Tabla 4; Examen pre ocupacional (sub muestra n=11). Pruebas de audición, electrocardiograma, visión, perfil lipídico y rayos X de tórax. Valores promedio, DE, mínimo y máximo

PRUEBA (11 conductores)	N° NORMAL	N° ALTERADO
AUDIOMETRIA	10	1
ECG	9	2
OPTOMETRIA	8	3
PERFIL LIPIDICO	5	6
RX TORAX	11	0

3- Parámetros cardiorespiratorios (n=18)

La tabla 5 muestra los resultados de los parámetros cardiorrespiratorios que se realizaron en 18 conductores, (del total de 21 que se realizaron mediciones basales, a 3 no se les realizó esta medición). Los resultados fueron obtenidos durante 10 minutos de medición en reposo con el ergoespirómetro portátil. No hay valores anormales y respaldan el hecho de haber alcanzado una condición real de reposo y relajación (valores de frecuencia cardiaca y frecuencia respiratoria).

Tabla 5; parámetros cardiorespiratorios (n=18). Valores promedio, DE, mínimo y máximo.

Parámetros Cardiorespiratorios	promedio	DE	mínimo	máximo
Frecuencia cardiaca (lat/min)	67,3	4,5	59	74
Presión sistólica (mmHg)	125,8	9,1	111	138
Presión diastólica (mmHg)	78,9	7,0	68	90
Presión arterial media (mmHg)	94,5	6,6	82,3	102
Doble producto (mmHx lat/min/1000)	8,47	0,9	7,20	9,95
Ventilación Pulmonar (L/min)	8,9	1,59	7,0	11,3
Frecuencia respiratoria (r/min)	11,6	3,3	8,6	18
Volumen corriente (L/r)	0,80	0,15	0,622	0,990
Espacio muerto fisiológico (ml)	184,8	33,9	137,7	235,3

4- Parámetros Metabólicos (n=18).

Utilizando la misma prueba de espirometría también es posible determinar los diversos parámetros metabólicos en condición de reposo (Tabla 6). Es interesante que el valor de consumo de oxígeno reposo promedio en los 18 conductores es más bajo de lo esperado (6,3% menor), asumiendo que 1 MET equivale a un consumo de oxígeno de 3,5 ml/Kg/min. Esta situación es común en una población con sobrepeso e indica una menor tasa metabólica de lo esperado (metabolismo más lento). Además, complementando lo anterior, es interesante el hecho de que el cociente Respiratorio (QR) se encuentra por sobre lo esperado para una condición en reposo (valor reposo esperado QR=0,75), lo que representa un incremento de un 17% de este valor (Tabla 6). Un QR elevado implica que el organismo le va a dar preferencia a la combustión de carbohidratos por sobre las grasas, lo que dificulta y mantiene e incluso agrava aún más la condición de sobrepeso y obesidad. Cabe señalar que esta alteración metabólica es frecuentemente encontrada en personas con sarcopenia, resistencia a la insulina y obesidad.

Tabla 6, parámetros metabólicos (n=14). Valores promedio, DE, mínimo y máximo.

Calorimetría (metabolismo reposo)	promedio	DE	mínimo	máximo
Frecuencia cardiaca (lat/min)	67,3	4,5	59	74
VO2 relativo (ml/kg/min)	3,28	0,31	2,8	3,8
Cociente respiratorio	0,88	0,05	0,79	0,94
Gasto energético diario(Kcal/día)	1760	768,1	1452	2051
Pulso de O2 (ml/lat)	3,82	0,5	3,01	4,74
Sat O2 (%)	99,8	0,4	99	100
Equivalente respiratorio O2	29,9	3,3	25,8	36,4
Presión endtidal O2 (Kp)	14,6	0,5	13,7	15,4
Presión end tidal CO2 (Kp)	4,7	0,4	4,1	5,5

5- Fatiga Visual (Critical Flicker Frequency CFF, n=8)

Se midieron CFF un total de 8 conductores bajo condición basal en Mutual Iquique, los que corresponden a la totalidad de conductores que completaron la totalidad de

mediciones. Los valores promedio CFF UP y DW fueron 35,3 +/- 3,9 y 51,3 +/- 15,0 Hz respectivamente (Tabla 7)

Tabla 7: valores BASALES CFF de los conductores: (n=8); 11.00 AM del primer día de descanso

	UP	DW
Promedio	35,30	51,3
DE	3.9	15,0

Resultados evaluaciones en terreno

1- Resultados Critical Flicker Fusion (CFF)

Los resultados de las evaluaciones CFF involucran a un total de 10 conductores que se realizaron las mediciones en todas las condiciones. La tabla 8 muestra los resultados del CFF tanto en condiciones de frecuencia ascendentes (UP) como descendente (DW) en ambos sistemas de turno. El valor que se presenta corresponde a un promedio de los tres intentos realizados en cada punto específico del trayecto de viaje (PRE, P2, POST).

Tabla 8: resultados CFF UP y DW turnos 1 y 2: (n=10)

	UP			DW		
	T1	p	T2	T1	p	T2
PRE	34,8 ± 6,8	0,4	35,5 ± 5,1	41,0 ± 4,7	0,41	40,9 ± 3,7
P2	35,9 ± 5,9	0,01	37,2 ± 3,1	40,9 ± 3,2	0,34	38,5 ± 2,9
POST	33,5 ± 5,3 *	0,03	35,4 ± 4,8	39,3 ± 4,6	0,17	40,3 ± 6,2

Al comparar ambos turnos (tabla 8), se observa un menor valor CFF UP en P2 y POST ($p < 0,05$ respectivamente) en T1, lo que implicaría una mayor fatiga cortico-visual durante la jornada de trabajo del primer turno, probablemente por carencia de sueño propio del turno 1.

Al analizar la evolución CFF de cada turno, sólo se encontraron diferencias bajo la condición UP (fig. 2). En el Turno 1 se observa una disminución en la frecuencia de fusión de imágenes (CFF UP, $p = 0,04$) entre P2 y la condición POST al término de la jornada de trabajo, lo que indica posible fatiga visual de los conductores en esta modalidad de turno. Al comparar el término del turno 1 (condición POST) con el inicio del turno 2 (condición PRE) se aprecia una tendencia a un incremento en CFF UP ($p = 0,07$) lo que refuerza la idea de una posible recuperación en CFF después de haber dormido entre ambos turnos (fig. 2). Al analizar los valores de forma individual (fig. 3), se observa del total de 10 conductores comparados entre POST turno 1 y PRE turno 2, que 7 conductores aumentan su valor CFF, mientras que 3 lo disminuyeron, lo que se puede interpretar como una recuperación incompleta de la fatiga visual en 3 conductores entre ambos turnos, pudiendo ellos presentar mayores probabilidades de sufrir accidente al inicio del turno 2.

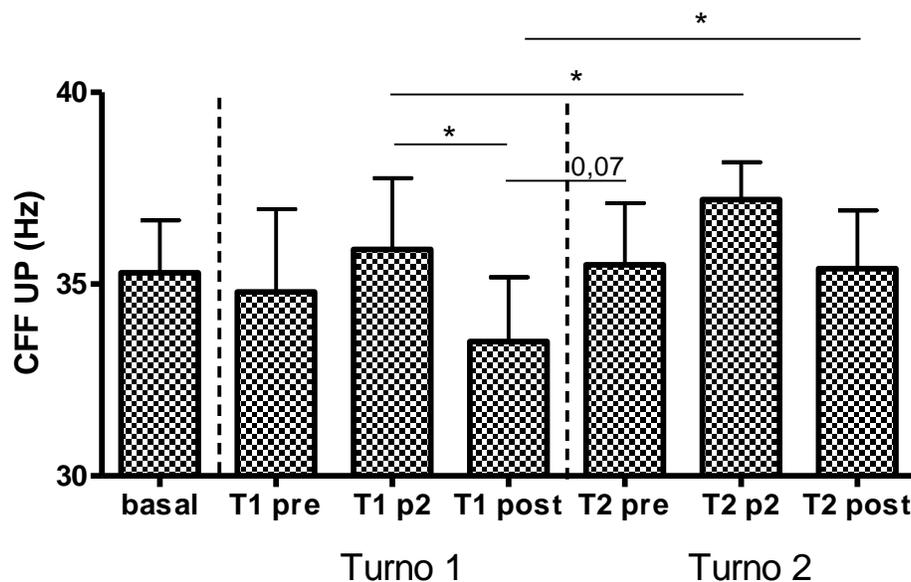


Fig. 2. Critical Flicker Fusion (CFF) UP comparando turnos 1 y 2. (n=10), * = $p < 0,05$.

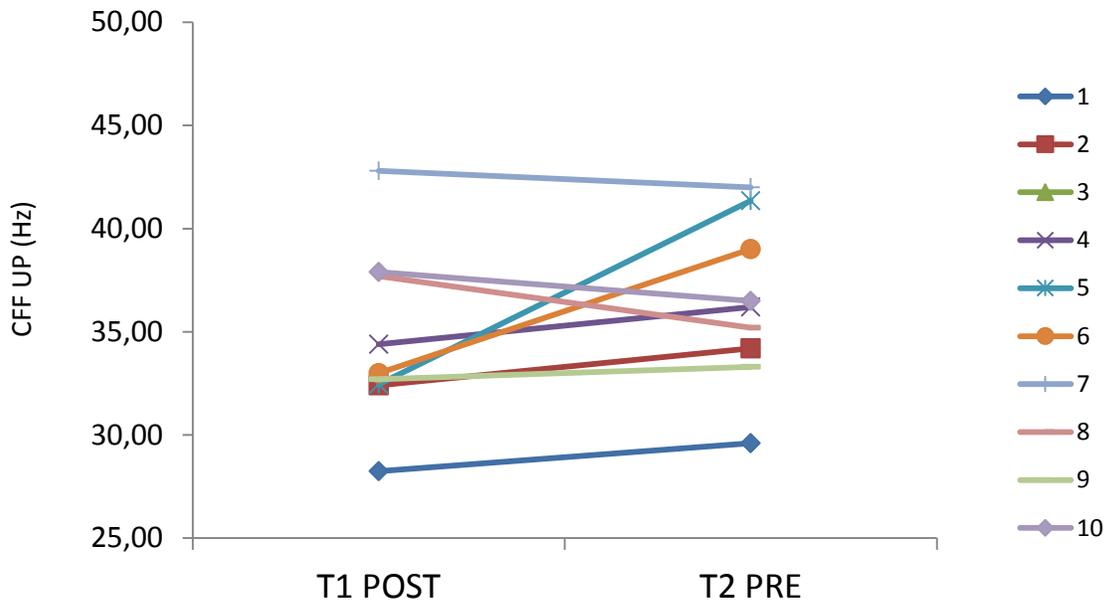


Fig. 3. Cambios individuales CFF UP entre POST turno 1 y PRE turno 2 (n=10; $p=0,07$).

Durante el turno 2 no se observan cambios significativos en fatiga visual, de hecho, en P2 y POST, los valores CFF son mayor en turno 2 (fig. 2), lo que podría ser producto de las características propias de este turno, donde los conductores duermen algunas horas para comenzar a las 04.30 su jornada, a diferencia del turno 1 donde claramente implica privación de sueño al comenzar la jornada a las 23.30 del día anterior y los conductores solamente descansan unas horas antes de iniciar su jornada de trabajo. De hecho, el verse más afectados los conductores al término del turno 1 podría estar asociado a la mayor tasa de accidentes a comienzos del turno 2 donde el camino es recto y sin exposición a la hipoxia.

En relación a la comparación con los valores basales, no se encontraron diferencias significativas con los valores iniciales de cada turno (PRE)

2- Resultados presión arterial, FC (n=10)

En la Tabla 9 se muestran los resultados de FC y PA (sistólica, diastólica, media y doble producto) medidos PRE, P2, POST y BASAL para ambos sistemas de turnos.

- En Turno 1 el único cambio se encontró en el Doble Producto (DP) con una disminución significativa al final de la jornada POST en comparación con el valor PRE
- En Turno 2 por su parte, se encontró una disminución en PS, PD y por ende PAM al final de la jornada de trabajo (POST) en comparación con los valores PRE y P2. Esta situación podría indicar una condición de relajación al final del turno 2 porque coincide con el inicio de los dos días de descanso de los conductores.
- Al comparar turno 1 con turno 2, solamente se encontró que la PD disminuyó en POST de manera significativa.

Tabla 9: resultados de parámetros cardiovasculares TURNO 1y TURNO 2 (n=10), * = $p < 0,05$ POST v/s P2 y PRE en turno 2; & = $p < 0,05$ POST v/s PRE; α $p < 0,05$ POST turno1 v/s turno 2

TURNO 1						
		FC	PS	PD	PAM	DP
		mmHg	mmHg	mmHg	mmHg	FCxPS
PRE	X	86,5	143,4	91,9	109,1	12489,8
	DE	15,2	28,0	18,5	21,2	3689,1
P2	X	83,6	141,4	93,6	109,5	11917,2
	DE	12,7	17,4	15,5	15,9	2850,8
POST	X	77,0	142,0	92,6	109,0	11531,2&
	DE	14,3	8,4	9,0	8,6	2144,0
TURNO 2						
PRE	X	80,4	140,9	88,1	105,7	11478,9
	DE	13,6	20,3	12,0	14,3	3422,0
P2	X	85,0	143,1	87,0	105,7	12313,7
	DE	11,1	17,5	11,8	13,1	3244,5
POST	X	83,3	128,4 *	81,9* α	97,4*	10702,9

	DE	14,6	8,6	10,7	9,9	2147,8
--	----	------	-----	------	-----	--------

3- Resultados Variabilidad del Ritmo Cardíaco (VRC)

En la Tabla 10 se observan los resultados obtenidos en VRC medidos PRE, P2, POST y BASAL para ambos sistemas de turnos. El parámetro que se modificó de forma sistemática y significativa fue la relación BF/AF, indicador de la relación entre la actividad simpática/parasimpática, donde un aumento en el valor indica una mayor prevalencia simpática.

- La figura 4 muestra que en el turno 1 la relación BF/AF no se modifica al inicio de la jornada de trabajo (PRE). Sin embargo, una vez iniciada la conducción, en el Km70, se produce un incremento BF/AF en relación al valor basal, el que se mantiene en P2. Al término de la jornada de trabajo, la relación BF/AF baja y no presenta diferencias con el valor basal. Esta situación se interpreta como un incremento del estado de estrés o de alerta en Km 70 y P2, volviendo a sus valores iniciales tan bajos como los encontrados en condiciones basales, lo que podría ser reflejo de una fatiga acumulada durante la jornada de trabajo (Fig. 4).
- En el turno 2, se observa que la relación BF/AF esta elevada al inicio de la jornada en PRE, elevándose aun mas en el Km70 (punto y turno de mayor accidentabilidad), manteniéndose elevada en P2 y e incluso en POST. Lo que indica una mayor condición de estrés o de alerta al inicio de la jornada de trabajo y durante toda la jornada, incluyendo el retorno.
- Es importante notar que al comparar los valores basales con las diferentes mediciones tanto en el turno 1 como en el turno 2, solamente en el turno 1 no se encontraron diferencias al inicio de la jornada (PRE) y al término de la jornada (POST, lo que podría estar asociado a que los conductores no han dormido de manera adecuada previo a esta jornada. (los conductores señalan que previo al turno 1 solo se recuestan a descansar e intentan dormir pero les es difícil con ruido y calor, situación que es muy diferente previo al turno 2, donde ellos a pesar de presentarse 04.30 al punto de partida, han dormido al menos 6 horas en sus casas)

Tabla 10: Variabilidad del Ritmo Cardíaco (VRC) en conductores evaluados en en turno 1, 2 y basal en las condiciones PRE, P2 y POST. Se presentan los valores como promedios y desviación estándar (DE). Los valores de significancia están en el texto (n=10).

		Variabilidad del Ritmo Cardíaco														
		DOMINIO TEMPORAL										DOMINIO DE FRECUENCIAS				
		RR medio ms	RR medio ppm	RLX bas ms	SDNN ms	max/min	x RR pond ms	SD1 ms	SD2 ms	RMSSD ms	Pnn50 %	POT TOT ms2	MBF ms2	BF ms2	AF ms2	rel BF/AF %
BASAL	promedio	883,0	69,2	24,4	54,7	1,5	886,8	30,3	73,6	42,9	7,1	13075,5	11185,2	1106,2	784,0	123,5
	DE	126,5	11,3	10,9	19,4	0,2	126,4	20,2	29,6	28,7	9,7	24293,0	21992,1	1717,9	733,7	85,2
TURNO 1	PRE	669,0	92,4	13,0	31,7	1,6	670,6	20,9	38,7	29,6	1,1	1177,7	664,0	260,8	252,8	140,4
		117,4	19,9	6,7	5,5	0,6	116,9	8,4	8,3	11,9	0,9	498,1	318,6	180,5	125,5	149,4
	P2	712,8	86,4	12,8	36,2	1,5	714,8	16,1	48,4	22,9	2,7	2002,5	1121,9	498,4	382,3	221,5
		121,2	15,6	5,6	16,8	0,5	121,9	7,8	22,7	11,0	2,6	1464,4	962,6	297,0	439,9	194,3
	POST	722,6	84,6	12,8	42,4	1,9	725,6	27,2	54,5	33,0	2,7	3337,8	2520,6	407,0	410,2	133,7
		115,0	13,6	4,4	23,3	0,9	114,1	16,6	29,1	23,8	2,7	2797,4	2231,1	269,2	322,4	58,9
TURNO 2	PRE	803,2	76,2	18,2	37,2	1,3	805,0	18,4	48,8	26,0	6,5	2139,6	1217,4	368,6	553,6	195,4
		125,4	11,3	14,9	19,0	0,1	126,8	15,0	23,0	21,1	11,4	1537,2	646,7	293,0	857,7	139,6
	P2	635,5	95,5	6,5	20,5	1,3	636,5	10,0	26,7	14,2	0,9	732,6	557,2	124,4	51,2	221,8
		81,3	12,0	0,7	11,1	0,1	81,3	0,3	16,8	0,4	0,1	781,2	661,2	103,2	17,0	127,8
	POST	767,2	79,2	16,4	51,9	1,5	771,0	17,1	70,7	24,2	2,6	3849,2	3123,6	555,8	169,8	359,5
		88,6	9,0	6,4	21,1	0,2	91,0	4,8	30,4	6,7	2,5	2021,9	1707,1	276,0	100,9	142,4

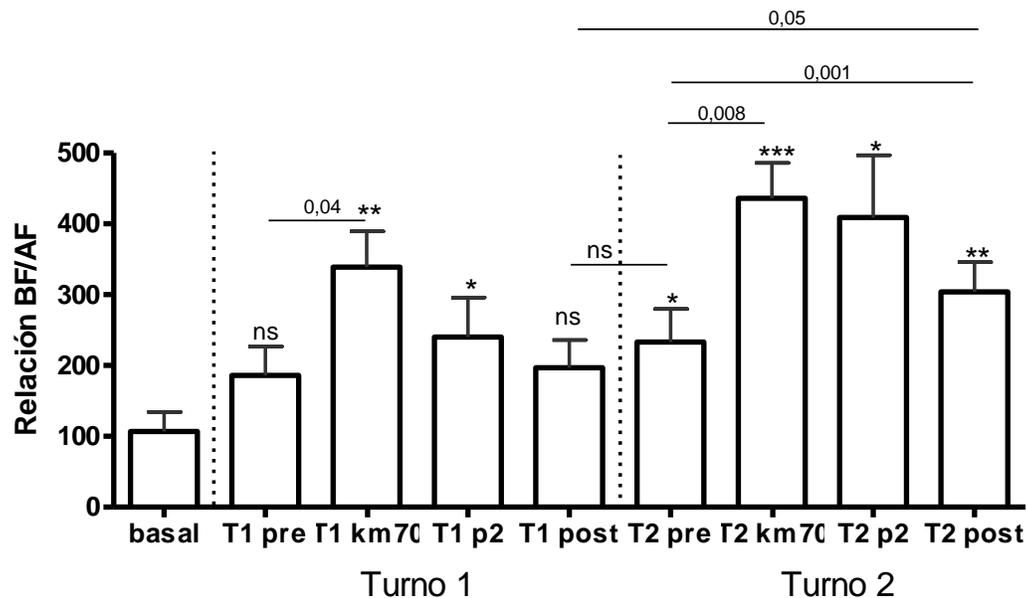


Fig. 4; Relación BF/AF en turno 1 y turno 2 (n=10). Los símbolos indican cambios significativos ($p<0,05$) en función de los valores basales. *) $p<0,05$ v/s basal: **) $p<0,01$ v/s basal; ns) no hay cambio significativo v/s basal.

4- Resultados parámetros metabólicos y cardio-respiratorios (n=11)

La tabla 11 muestra los resultados de los diversos parámetros metabólicos y cardiorespiratorios medidos PRE, P2, POST y BASAL para ambos sistemas de turnos.

- En relación al Metabolismo Reposo (MR) valorado como consumo de oxígeno mínimo expresado relativo a la masa corporal (ml/min/Kg) absoluto (L/min) muestran que al inicio del turno 1 (PRE) se produce un incremento en MR en comparación a las demás condiciones P2, POST y BASAL ($p<0,05$). No hay diferencias significativas entre los valores basales de MR con los valores obtenidos en P2 y POST. En el turno 2 no se encontraron cambios estadísticamente significativos en ninguna condición. Esta situación es concordante con los resultados anteriores de un mayor nivel de estrés al inicio del turno 1 lo que estaría asociado a un mayor consumo de O₂ reposo.
- Por otro lado, los efectos de la hipoxia se evidencian en una menor satO₂ y petO₂ en P2 tanto en turno 1 como turno 2 ($p<0,05$)
- En relación a la VE, en el turno 1 no se encontraron cambios significativos entre PRE, P2 y POST, sin embargo, al comparar VE durante la jornada de trabajo con los valores BASAL se observa siempre un incremento en VE ($p<0,05$). Acorde a los resultados anteriores, en el turno 2 se observa una menor respuesta ventilatoria ($p<0,05$) al inicio de la jornada, posiblemente asociada a un menor estrés inicial comparado con el turno 1.
- Posiblemente por la condición de estrés PRE en el turno 1 el poco tiempo que los conductores permanecen en altura, su respuesta ventilatoria a la hipoxia no se ve afectada al ser comparada con PRE y POST.
- En relación al Cociente Respiratorio (QR), este se incrementa en P2 ($p<0,05$) en comparación a todas las demás condiciones tanto en el turno 1 como en turno 2, acorde a lo esperado bajo condición de hipoxia.

Tabla 11, parámetros metabólicos y cardiorespiratorios en los conductores del turno 1 y turno 2 en las condiciones PRE, P2 y POST. Se presentan los valores como promedios y desviación estándar (DE). Los valores de significancia aparecen en el texto.

		CALORIMETRIA REPOSO												
		PESO	FC	VO2 AB	VO2 REL	QR	VE	BR	VT	PULSO O2	VEVO2	PETO2	PETCO2	SatO2
		Kg	lat/min	ml/min	ml/kg/min		L/min	b/min	L/b	ml/lat		Kp	Kp	%
BASAL	PROMEDIO	82,02	65,87	261,45	3,27	0,87	8,80	11,39	0,81	3,95	33,65	14,58	4,75	99,71
	DE	10,67	5,14	26,00	0,28	0,05	1,42	2,92	0,13	0,50	4,08	0,51	0,38	0,59
TURNO 1	PRE	86,99	86,50	341,25	3,92	0,88	12,71	17,59	0,75	3,99	37,32	14,91	4,28	100,00
		9,47	15,17	50,57	0,37	0,04	2,29	2,17	0,09	0,62	4,80	0,57	0,29	0,00
	P2	87,07	79,25	273,96	3,15	1,01	12,38	17,72	0,72	3,32	45,52	6,37	4,54	88,00
		8,95	9,46	40,82	0,25	0,08	1,45	2,84	0,15	0,51	4,02	0,33	0,94	2,83
	POST	84,96	80,78	271,69	3,27	0,88	11,31	16,82	0,68	3,44	38,23	12,83	3,75	99,88
		9,04	13,01	17,73	0,20	0,02	1,27	1,92	0,06	0,69	6,36	1,83	0,64	0,35
TURNO 2	PRE	87,15	82,67	322,97	3,70	0,88	11,99	15,75	0,76	3,80	37,36	14,84	4,21	100,00
		11,12	14,67	51,06	0,28	0,02	1,51	1,65	0,10	0,31	2,59	0,64	0,28	0,00
	P2	87,26	86,50	298,70	3,41	0,99	11,81	15,60	0,76	3,49	40,62	6,69	4,32	88,89
		11,19	14,45	52,52	0,21	0,05	1,26	1,86	0,11	0,57	8,12	0,31	0,50	1,96
	POST	84,23	83,63	263,49	3,46	0,84	11,73	15,95	0,73	3,55	40,88	13,92	4,03	100,00
		10,19	14,94	118,62	0,35	0,03	1,83	2,36	0,11	0,61	1,81	1,31	0,36	0,00

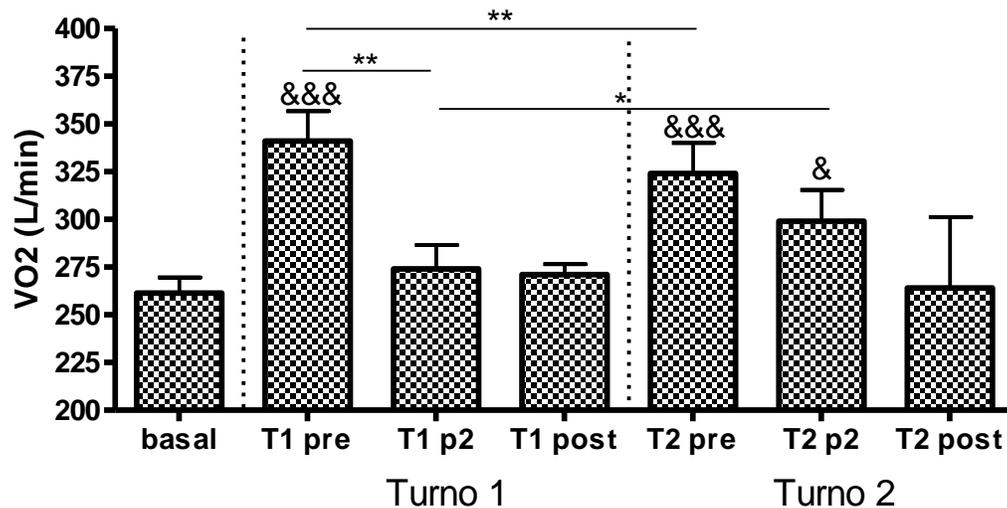


Fig 5; metabolismo reposo (MR) expresado como VO2 absoluto (L/min) independiente de los cambios en la masa corporal. *= p<0,05; **=p<0,01; &=p<0,05 v/s basal; &&&= P<0,001 v/s basal;

5- Resultados parámetros neurohumorales (n=8)

La figura 6 muestra los resultados de Cortisol medidos en saliva. Se aprecia claramente una menor concentración de Cortisol en el turno 2 tanto en P2 como bajo la condición POST, lo que indicaría en teoría una menor condición de estrés. Sin embargo, hay que considerar además la hora de las muestras que son totalmente diferentes entre ambos turnos. De hecho, la hora del día influye en las concentraciones de cortisol.

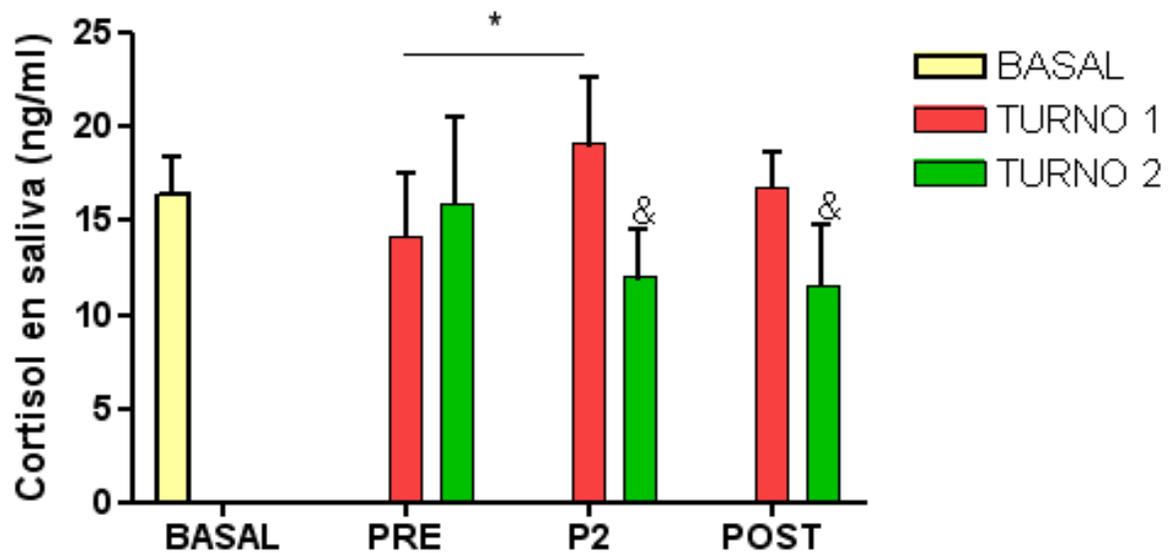


Fig. 6; Concentración de Cortisol en saliva en condiciones basales y turnos 1 y 2 PRE, P2 y POST. &= $p < 0,05$ entre ambos turnos; * = $p < 0,05$ entre Pre y P2. (n=8)

Por último, la figura 7 muestra los cambios en las concentraciones en saliva de Melatonina. Se observa al final del turno 2 un incremento en esta hormona probablemente asociado a la hora en que finaliza en turno 2 (atardecer), lo que no ocurre el final del turno 1, quienes terminan a media tarde.

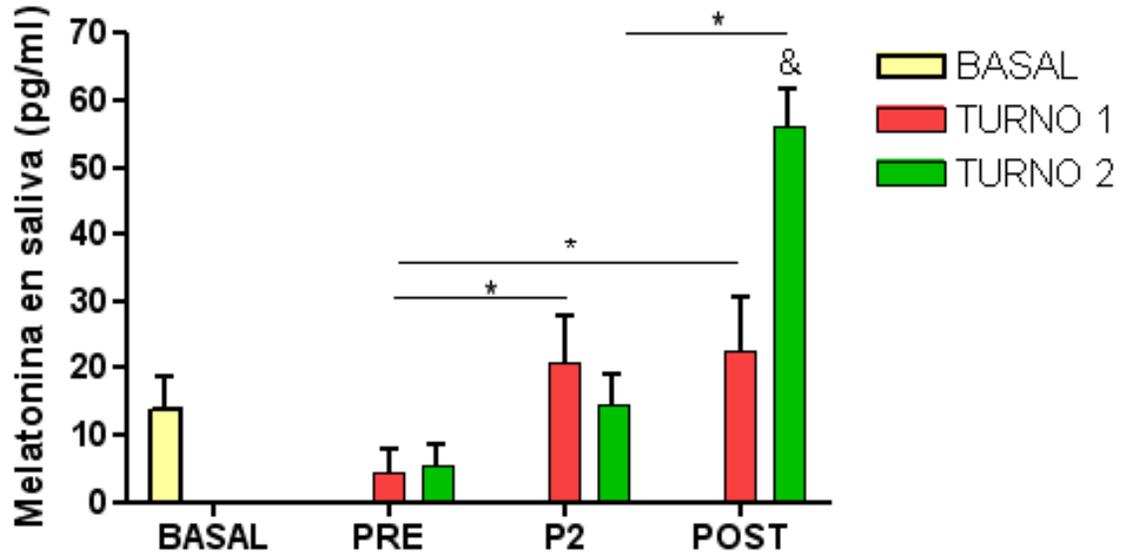


Fig. 7; Melatonina en saliva en condiciones basales y turnos 1 y 2 PRE, P2 y POST. &= $p < 0,05$ entre ambos turnos; * = $p < 0,05$ entre Pre y P2. (n=8)

H. Discusión

Los resultados muestran las diferencias en los parámetros fisiológicos estudiados durante cada uno de los turnos y además las diferencias entre cada turno. Diversos factores estarían afectando la fatiga de los conductores. Las mediciones realizadas aclaran de formante parcial la hipótesis inicial. Al analizar de forma individual cada uno de los parámetros fisiológicos:

- 1- **CFF:** indica fatiga visual al final de la jornada (POST) sólo en el turno 1. En turno 2 se aprecia una mayor alerta visual en P2 y POST que en turno 1. La recuperación CFF entre el término del turno 1 y el inicio del turno 2 es parcial debido a las diferencias individuales encontradas.
- 2- **Presión arterial:** al final del turno 2 se observa una caída en PS y PD por posible relajación por el término de los dos días de trabajo.
- 3- **VRC:** al comparar los valores basales, se observa un incremento BF/AF (mayor actividad simpática) durante todas las mediciones realizadas en el turno 2 en comparación al turno 1, donde sólo se incrementa en Km70 y P2. Se reafirma el hecho de que el término de la jornada (POST) de trabajo en turno 1 la actividad simpática estaría disminuida a diferencia del turno 2 donde sería mayor.
- 4- **Parámetros metabólicos:** se considera MR expresado como VO₂ absoluto por ser independiente de los cambios en la masa corporal que tienen los conductores durante la jornada de trabajo. Al comparar el MR con los valores basales, se produjo un incremento en el MR al inicio de la jornada de trabajo, siendo mayor en el turno 1, lo que podría ser el resultado de saber que se está comenzando un turno muy duro que implica falta de sueño. Al inicio del turno 2 también se eleva el MR pero no alcanza los mismos valores del turno 1. Posiblemente esto sea resultado de que en el turno 2 hay algunas horas de sueño previo a la jornada de trabajo.
- 5- **Parámetros neuroendocrinos:** Las concentraciones de Cortisol son mayores en P2 y POST en el turno 1 en comparación al turno 2, ocurriendo el gran incremento en Cortisol en el turno 1 en P2. Esta situación podría indicar un mayor nivel de estrés en el turno 1 en comparación al turno 2, sin embargo, también es importante considerar las diferencias en las horas de las muestras, ya que esta hormona presenta cambios muy importantes según la hora del día. Los mayores incrementos de Cortisol se producen al amanecer, entre las 8.00 y 10.00 AM (Kudielka et al., 2010), lo que coincide con la hora de llegada a P2.

Por su parte, la Melatonina, hormona inductora del sueño, se incrementa en turno 1 en P2 y POST en comparación con los valores PRE, asumiendo que el turno se realiza con privación de sueño. En el turno 2 no se encontró un alza de Melatonina en P2, pero sí un gran incremento en POST, lo que indicaría una gran producción de esta hormona al final del turno 2, asociado a mucha fatiga y sueño acumulado de ambos turnos.

Estos cambios fisiológicos encontrados son el producto acumulado de los efectos estresantes medioambientales que tendría la altura geográfica, la privación de sueño, problemas de alimentación y características del camino. Todos ellos en alguna medida pueden contribuir a desarrollar una condición de fatiga y somnolencia, incrementando las posibilidades de accidente en la ruta. Se van a analizar de forma separada cada uno de los posibles efectos medioambientales:

1) Altura geográfica: Inicialmente se había considerado que el punto más elevado en P2 se encontraría a 4.000 msnm pero al realizar las mediciones en terreno se utilizaron 2 sistemas independientes de GPS, encontrándose una altitud máxima en P2 de 4.700 msnm. Sin lugar a dudas, esta altitud se considera de alta montaña y pone en riesgo la salud de las personas. Los resultados encontrados muestran que la hipoxia hipobárica a la que los conductores se exponen no tendría gran incidencia negativa en provocar fatiga y somnolencia. Cuando los conductores se encuentran en P2, se producen los cambios agudos propios de la altura (disminución en la saturación de la hemoglobina, mayor respuesta ventilatoria, etc), pero no se encontraron respuestas alteradas que indiquen que alguno de los conductores se encuentre bajo peligro por esta condición. Es importante señalar que los conductores llevan años bajo esta modalidad de trabajo de exposición crónica intermitente lo que indicaría de una posible aclimatación a esta condición. (Prommer et al., 2007). Por otro lado, La exposición aguda a la hipoxia hipobárica menor a 6 horas no permitiría que se manifestaran alteraciones clínicas que pudieran afectar al conductor. Estudios realizados en La Paz, Bolivia, han mostrado en jugadores de fútbol profesional que cuando estos jugadores habitan lugares bajos e incluso no tienen experiencia de altura y son expuestos de forma aguda a la hipoxia hipobárica (3.600 msnm), durante las primeras 6 horas no se manifiesta un deterioro físico a diferencia de lo que ocurre a las 24 y 48 hrs, donde los efectos negativos de la altura se evidencian claramente (Cajigal; 2013). El deterioro fisiológico propio de la altura sería resultado del estrés oxidativo que ocurre a estas altitudes por isquemia y re perfusión de sangre a los tejidos (Araneda et al., 2005; Behn et al., 2007). Es muy posible que durante las primeras 6 horas de exposición aguda a la altura no se alcancen a producir una cantidad importante de radicales

libres, por lo que los conductores del presente estudio no se vean mayormente afectados a esta condición.

2) Privación de sueño:

En base a los resultados obtenidos, se puede apreciar que los efectos fisiológicos de la jornada de trabajo en el turno noche (turno 1) y del turno de día (turno 2) muestran diferencias importantes por una posible condición de estrés inicial previo a la jornada de trabajo y una leve fatiga post jornada, ambos propios del turno 1 o de noche. Es importante señalar que los conductores al inicio del turno 1 prácticamente no duermen, más bien sólo se recuestan un par de horas a descansar. Señalan los conductores que les es difícil dormir por excesivo ruido ambiental (por la zona geográfica del hotel) y el excesivo calor (especialmente en verano). Es importante considerar además que los conductores no son personas acostumbradas a trabajar de noche y que sólo 1 de cada 4 días (turno 1 y 2 y descanso 1 y 2) deben realizar sus labores bajo privación de sueño.

El turno donde se encuentran las mayores probabilidades de accidente en carretera en base a las estadísticas de la empresa de transporte de combustible es al inicio del turno 2. Claramente los conductores del turno 2 vienen de un turno 1 muy pesado, con fatiga acumulada por una larga jornada de trabajo a gran altitud geográfica, sumada a privación de sueño por la hora en que parte el turno 1 (23.30 del día anterior). Su nivel de estrés previo a la jornada es bajo comparado con el turno 1, lo que indicaría una menor capacidad de alerta y posiblemente se asocie a somnolencia y una mayor posibilidad de accidente a primeras horas de la mañana del turno 2, situación que concuerda con los mayores accidentes ocurridos en la empresa, especialmente en el camino recto inicial que no presenta mayor dificultad geográfica.

3) Alimentación:

Esta variable no está presente en la hipótesis del estudio, sin embargo, en base a las encuestas y conversaciones con los conductores, se pudo ver que claramente es un factor que puede estar afectando al desarrollo de una condición de fatiga y somnolencia. Los conductores se alimentan de forma excesiva y de mala calidad previo a la jornada de trabajo, siendo muy común encontrar que la mayoría de los conductores cenan e incluso desayunen platos como “bistec a lo pobre”, asumiendo que durante las largas horas de trabajo que deben realizar no se podrán alimentar

de manera adecuada. El alimentarse de forma excesiva e insana puede favorecer una condición de fatiga y somnolencia que sumada a la carga de trabajo del turno 1, entregue las condiciones ideales para que el conductor se quede dormido durante el inicio del turno 2 y pueda sufrir un accidente.

Los conductores durante su permanencia en P2 reciben una colación de muy mala calidad nutricional y que además es rechazada por la mayoría de ellos. Esta colación desde el punto de vista nutricional aporta un exceso de Sodio, grasas saturadas y carbohidratos de elevado índice glicémico (anexo, figura 8), lo que podría estar asociado a hipertensión, obesidad – dislipidemias y cuadros de hipoglicemia reactiva respectivamente. Además su aporte calórico claramente no satisface las demandas energéticas diarias que debieran tener los conductores durante su larga jornada de trabajo.

Sin embargo, los conductores evaluados en ambos turnos señalaron que ninguno ingiere la colación entregada por la minera, por lo que se alimentan antes de realizar su jornada con comidas inadecuadas para este tipo de trabajo. Entrevistando a los conductores de forma individual, algunos indicaron que desayunaban 5 huevos, otros un bistec a lo pobre, etc (similar a la cena antes del turno 1). Y que durante la jornada sólo tomaban agua y algunos conductores consumían bebidas gaseosas azucaradas. Esta situación de “desnutrición” durante el trabajo provoca además que los conductores al término de su jornada de trabajo tengan un estímulo de hambre excesivo lo que podría provocar una gran ingesta de alimentos que sumado a una deficiente cultura nutricional, favorecería la obesidad y diversos factores de riesgo sistémicos, así como enfermedades metabólicas no transmisibles.

4) Características del camino:

Como se describió inicialmente, el camino hasta P2 implica una larga conducción de aproximadamente 250 Km desde nivel del mar hasta los 4.700 msnm. El camino presenta una parte plana y de poca pendiente y luego una región de curvas cerradas con fuertes pendientes. Los accidentes ocurren en general en zonas del camino que no representan el mayor peligro, lo que podría implicar un estado de fatiga y somnolencia a diferencia de las zonas del camino de mayor peligro, donde se debiera desarrollar un mayor estado de alerta. El presente estudio no diferenció las respuestas fisiológicas ante las variaciones en el camino, lo que queda como tarea para futuras investigaciones.

I. Conclusiones:

Finalmente, en base a los resultados encontrados, se considera que el turno 1 presenta un elevado riesgo para los conductores tanto por su hora de inicio, así como por las condiciones previas de insuficiente recuperación del sueño, sumado a una falta de educación en alimentación previa y durante el trayecto.

En el turno 2, a pesar de ser a continuación del turno 1, los conductores lograrían descansar de mejor manera antes de comenzar su jornada, permitiendo una mayor alerta visual y mayor actividad simpática, lo que minimiza los riesgos de fatiga, somnolencia y por ende de accidente.

Sin embargo, los mayores accidentes ocurren al inicio del turno 2. Esta situación podría ser el resultado de un nivel elevado de estrés en el turno 2 (relación BF/AF) y también podría ser el resultado de que el camino en esta zona de la carretera no presenta un gran peligro y por ende predisponga a relajar al conductor.

Por último, la hipoxia hipobárica no estaría afectando de forma negativa a los conductores, posiblemente por aclimatización crónica intermitente y por el poco tiempo de exposición.

Se recomienda desarrollar programas de educación en alimentación, calidad del sueño y de actividad física que además de disminuir las probabilidades de accidente, mejore la capacidad física y la calidad de vida de los conductores de la empresa de transporte de combustible

Se sugiere cambiar la alimentación a una que cumpla con los requerimientos necesarios para el tipo de trabajo y las condiciones laborales, incorporando las sugerencias descritas en el punto 5, letra c. Se sugiere la modificación de las condiciones de descanso de los trabajadores de tal manera de que aspectos como ruido o temperatura, no afecten negativamente su descanso.

Respecto a lo organizacional, se sugiere adaptar los turnos de los trabajadores especialmente de aquellos que deben realizar labores adicionales de descarga en la otra compañía minera, de tal manera de que no se vean afectados sus tiempos de descanso.

J. Bibliografía

1. Araneda OF, García C, Lagos N, Quiroga G, Cajigal J, Salazar MP, Behn C.(2005). Lung oxidative stress as related to exercise and altitude. Lipid peroxidation evidence in exhaled breath condensate: a possible predictor of acute mountain sickness. *Eur J Appl Physiol*.95:383-90
2. Behn C, Araneda OF, Llanos AJ, Celedón G, González G.(2007) Hypoxia-related lipid peroxidation: evidences, implications and approaches.*Respir Physiol Neurobiol*.158:143-50
3. Bhattacharyya MR, Molloy GJ, Steptoe A. (2008). Depression is associated with flatter cortisol rhythms in patients with coronary artery disease. *J Psychosom Res*.65:107–113
4. Bosaeus M, Karlsson T, Holmäng A, Ellegård L. (2013) Accuracy of quantitative magnetic resonance and eight-electrode bioelectrical impedance analysis in normal weight and obese women. *Clin Nutr*. Jul 4. S0261-5614(13)00189-1.
5. Burke HM, Davis MC, Otte C, Mohr DC. (2005). Depression and cortisol responses to psychological stress: A meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology*.30:846–856
6. Cajigal J. (2013). Fútbol a gran altura: Cambios en el VO2 max con la exposición aguda a la hipoxia hipobárica. Tesis doctoral (en preparación). Universidad de Córdoba, España.
7. Davoodi G, Sharif AY, Kazemisaeid A, Sadeghian S, Farahani AV, Sheikhvatan M, Pashang M. (2010), Comparison of heart rate variability and cardiac arrhythmias in polluted and clean air episodes in healthy individuals.*Environ Health Prev Med*. 15:217-221
8. Domes G, Heinrichs M, Rimmele U, Reichwald U, Hautzinger M.(2004). Acute Stress Impairs Recognition for Positive Words—Association with Stress-induced Cortisol Secretion. *Stress*.7(3):173–181
9. Ellenbogen M. Schwartzman AE, Stewart J, Walker CD.(2002). Stress and selective attention: The interplay of mood, cortisol levels, and emotional information processing. *Psychophysiology*.39:723–732
10. Jung CM, Melanson EL, Frydenhall EJ, Perreault L, Eckel RH, Wright KP (2011) Energy expenditure during sleep, sleep deprivation and sleep following sleep deprivation in adult humans. *J. Physiol*. 589.1: 235-244
11. Lwanga SK, Lemeshow S. (1991). Sample size determination in health studies. A practical manual. Geneva: World Health Organisation,
12. Gebczyński AK, Konarzewski M. (2011). Effects of oxygen availability on maximum aerobic performance in *Mus musculus* selected for basal metabolic rate or aerobic capacity. *J Exp Biol*. 15:1714-20

13. Kudielka B, Wüst S.(2010). Human models in acute and chronic stress: Assessing determinants of individual hypothalamus–pituitary–adrenal axis activity and reactivity. *Stress*.13(1):1–14
14. Lafère P, Balestra C, Hemelryck W, Donda N, Sakr A, Taher A, Marroni S, Germonpré P. (2010), Evaluation of critical flicker fusion frequency and perceived fatigue in divers after air and enriched air nitrox diving. *Diving Hyperb Med. Sep*;40(3):114-8.
15. Lippl FJ, Neubauer S, Schipfer S, Tufman A, Otto B, Fischer R. (2010). Hypobaric hypoxia causes body weight reduction in obese subjects. *Obesity*. 18(4):675-81
16. Mazzeo RS. (2008). Physiological responses to exercise at altitude: an update. *Sports Med*. 38:1-8
17. Newcomer JW, Selke G, Melson AK, Hershey T, Craft S, Richards K, Alderson AL.(1999). Decreased Memory Performance in Healthy Humans Induced by Stress-Level Cortisol Treatment. *Arch Gen Psychiatry* 56:(6):527-33
18. Pereg D, Gow R, Mosseri M, Lishner M, Rieder M, Van Uum S, Koren G.(2011). Hair cortisol and the risk for acute myocardial infarction in adult men. *Stress*. 14(1):73-81
19. Prommer N, Heinicke K, Viola T, Cajigal J, Behn C, Schmidt WF. (2007). Long-term intermittent hypoxia increases O₂-transport capacity but not VO₂max. *High Alt Med Biol*. 8:225-235
20. Roach RC& Wagner P. (2005). Hipoxia and Exercise. in “ADVANCES IN EXPERIMENTAL MEDICINE AND BIOLOGY”. Proceedings of the 14th International Hypoxia Symposium, Lake Louise, Alberta, Canada, February 22-27
21. Takeyama H, Itani T, Tachi N, Sakamura O, Murata K, Inoue T, Takanishi T, Suzumura H, Niwa S. (2009), Effects of a modified ambulance night shift system on fatigue and physiological function among ambulance paramedics. *J Occup Health*;51(3):204-9.
22. West KE, Jablonski MR, Warfield B, James M, Rollag MD, Hanifin JP, Brainard GC. (2011). Blue light from light-emitting diodes elicits a dose-dependent suppression of melatonin in humans *J Appl Physiol* 110:(3) 619-626
23. Wirth MM, Welsh KM, Schultheiss OC.(2006). Salivary cortisol changes in humans after winning or losing a dominance contest depend on implicit power motivation. *Hormones and Behavior*49(3): 346–352
24. Yuan SC, Chou MC, Chen CJ, Lin YJ, Chen MC, Liu HH, Kuo HW. (2011) Influences of shift work on fatigue among nurses. *J Nurs Manag. Apr*;19(3):339-45.

K. Anexo

Figura 8: composición del Pan que se entrega como colación en P2. Además se acompaña de una lata individual de Coca Cola normal y galletas con chocolate. Se Observa la deficiente calidad nutricional al presentar alto aporte de grasas saturadas y colesterol, así como un excesivo aporte de sodio.

Daily Fresh®
Sandwich & Bakery

sandwich Mortadela Ave Pimentón Queso/F

Ingredientes: Pan Frico, mortadela ave pimentón, queso y margarina

Mantener refrigerado entre 0°C y 5°C de temperatura

Resolución del Sesma del 20/05/2002 N°012387

Elaborado en Chile por Alimentos Daily Fresh S.A. - El Quilley #673
Parque Industrial Valle Grande Lampa Stgo. Tel: 4119101 www.df.cl

INFORMACION NUTRICIONAL

Porción: 1 unidad - 180g.aprox./porciones por envase: 1

	Por 100 g	1 porción
ENERGIA (Kcal)	300,8	541,4
Proteínas (g)	6,3	18,7
Grasa Total (g)	19,3	29,4
GRASA SATURADA	6,6	11,8
GRASA MONOSATURADA	6,9	10,4
GRASA POLINSATURADA	4,7	8,4
GRASA TRANS (g)	0,2	0,3
COLESTEROL	29,1	41,5
H.DE CARBONO DISPONIBLES (g)	29,3	52,8
SODIO (mg)	777,6	1399,6

CONTENIDO NETO: 180 gr.
Este producto debe ser consumido solo en la colación.
Mortadela, no guardar para consumo posterior

Consumir antes del 13/09/2012 L: 248 7

FBMAPINQUE 12:23

Figura 9: Medición metabolismo reposo en condición basal, registrada durante el primer día de descanso.



Figura 10: Datos de pantalla de equipo ergo espirómetro para registrar MR y VE.

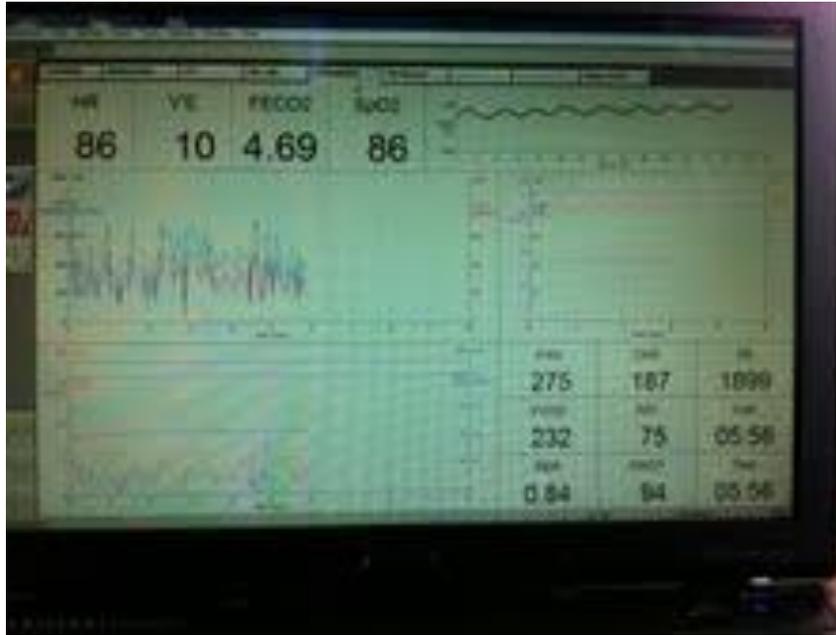


Figura 11: mediciones en P2 a 4.700 msnm de CFF y MR más VRC





www.mutual.cl