



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Escuela de Kinesiología

**EFFECTIVIDAD DE LAS CONTRAMEDIDAS PARA COMBATIR LA FATIGA Y
SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES: RESULTADOS DE UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA.**

SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
KINESIOLOGÍA.

AUTORES: JAVIERA BRAVO MANRIQUEZ
GUILLERMO HERNÁNDEZ AGUIRRE
JAZMIN QUEVEDO DÍAZ

PROFESOR GUIA: IGNACIO CASTELLUCCI
KLGO, PhD

Valparaíso, Chile.

2016



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Escuela de Kinesiología

**EFFECTIVIDAD DE LAS CONTRAMEDIDAS PARA COMBATIR LA FATIGA Y
SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES: RESULTADOS DE UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA.**

SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN
KINESIOLOGÍA.

AUTORES: JAVIERA BRAVO MANRIQUEZ.
GUILLERMO HERNÁNDEZ AGUIRRE.
JAZMIN QUEVEDO DÍAZ.

PROFESOR GUIA: IGNACIO CASTELLUCCI.
KLGO, PhD

Valparaíso, Chile.

2016

La búsqueda de la excelencia vive a diario con la frustración.
El querer ganarle a esa frustración genera ciencia.

DEDICATORIA.

A mis padres, Sergio y María Isabel y a mi hermano Manuel; los cuales forjaron los cimientos de mis valores y me impulsaron a luchar siempre por superarme a mí misma. Sin su esfuerzo y su apoyo incondicional a la distancia esto no hubiese sido posible. Gracias por formarme y guiarme en este camino.

A mi abuela Lilian, por su infinita paciencia, por acogerme, cuidarme y ser mi apoyo durante todo mi período universitario.

A mis amigos y mi a compañero Nicolás, por las palabras de aliento, la compañía, las risas, el amor y la calidez necesaria para superar los momentos difíciles. Gracias por ser la familia que se elige.

Javiera Bravo Manríquez.

A mi mamá y a mi papá, Antonia e Ignacio, por creer en mí, por guiarme e impulsarme en cada una las aventuras de mi vida, gracias por estar siempre a mi lado.

A Andrés Méndez por su cariño, compañía y motivación en esta hazaña porteña.

A mis abuelos Enrique y Marta por su preocupación y amor en este largo camino.

A mi tía Susana, por su ayuda, preocupación y apoyo en mi vida universitaria.

Al profesor Klgó. Leopoldo Galindo por sus sabias palabras de apoyo y aliento en los momentos que más necesité.

A mis amigos, por su apoyo y compañía durante estos 5 años en esta ciudad donde finalmente son mi familia.

Guillermo Hernández Aguirre.

A mi familia en especial a mi abuela Teresa por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, especialmente en esta etapa, por sus incansables esfuerzos, trabajo y sacrificio.

A mi mamá, Elizabeth y a mis hermanos, Sebastián y Fabiola por estar siempre alentando, por creer que los sueños y metas se hacen realidad con trabajo duro y perseverancia.

A Paula Farías por su amistad, lealtad y entusiasmo en todo lo que emprendimos juntas durante estos últimos años.

A mis amigas y amigos con los que siempre pude contar.

Finalmente, a mis profesores que han sido un pilar fundamental en mi preparación profesional.

Jazmín Quevedo Díaz.

AGRADECIMIENTOS.

Al universo, por confabular y reunirnos en esta ciudad, siendo de lugares tan distantes cada uno.

A nuestras familias por ser el pilar fundamental en esta aventura tan lejos de ustedes.

A nuestros amigos que nos acompañaron y ayudaron en estos cinco años de universidad.

A nuestros docentes y profesores, por formarnos y guiarnos asumiendo la responsabilidad que implica formar un nuevo profesional.

A todos quienes de una u otra manera fueron parte de este camino y formaron parte de nuestra familia putativa.

A Andrea Castillo por su constante guía y apoyo en nuestra tesis.

Y especialmente, a nuestro profesor guía Ignacio Castellucci, por confiarnos este estudio, por su tiempo, dedicación, apoyo y motivación, para llevar a buen término esta investigación.

ÍNDICE.

DEDICATORIA.	v
AGRADECIMIENTOS.	vi
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.	xi
ABREVIATURAS Y SIGLAS.	xii
ABSTRACT.	xiii
RESUMEN.	xiv
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. MARCO TEÓRICO.	4
2.1 Conducción.	4
2.2 Fatiga.	5
2.3 Dimensiones de la fatiga.	9
2.3.1 Somnolencia en el conductor.	9
2.3.2 Discomfort físico.	10
2.3.3 Fatiga mental y falta de motivación.	12
2.4 Fatiga en la conducción.	13

2.5 Factores que determinan la aparición de somnolencia en la conducción.	16
2.5.1 Factores personales.	16
2.5.2 Factores propios de la tarea.	23
2.5.3 Factores ambientales.....	28
2.6 Efectos de la fatiga y somnolencia en el conductor.....	31
2.6.1 Efectos ligados a la pérdida de las capacidades básicas del individuo.	31
2.6.2 Efectos ligados a la seguridad del conductor y seguridad vial.	32
2.6.3 Efectos ligados a factores laborales.	33
2.6.4 Efectos de la fatiga en el Sueño.	35
2.7 Administración de la fatiga a través del FRMS (Fatigue Risk Management System)	38
2.8 Contramedidas para la fatiga.	43
2.8.1 Sustancias ingeridas: cafeína y bebidas energéticas.	43
2.8.2 Siesta/Descanso.....	44
2.8.3 Tareas interactivas.....	45
2.8.4 Ambientales.	45
2.8.5 Actividad física-ejercicios.....	46
2.8.6 Organizacionales.	47

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	49
4. OBJETIVO GENERAL.....	49
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	49
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	50
6.1 Definición de palabras clave.....	50
6.2 Estrategia de Búsqueda.....	51
6.3 Evaluación de los estudios.....	52
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
7.1.1 Efectos de la cafeína y de las bebidas estimulantes.....	62
7.1.2 Efectos del consumo de café y siesta.....	68
7.1.3 Efectos de bebida energética más descanso.....	71
7.1.4 Efectos de la cafeína y de la luz.....	72
7.1.5 Efectos de las bebida estimulante y tarea asociada.....	75
7.2 Efectos de la tarea interactiva.....	77
7.3 Efectos de las modificaciones viales y ambientales.....	82
7.3.1 Tiras de estruendo.....	82
7.3.2 Efectos de la estimulación térmica.....	84
7.4 Pausa activa para extremidad inferior.....	85

9. CONCLUSIÓN.....	89
10. LIMITANTES.....	92
11. REFERENCIAS.	93
12. ANEXOS.....	106
Anexo 1: Quallsyst: Calidad metodológica estudios cuantitativos. Puntaje obtenido por los diferentes artículos en la escala.....	106
Anexo 2: Estudios utilizados en esta revisión.....	107
Anexo 3: Inventario Sueco de Fatiga Ocupacional. (SOFI-20).....	110
Anexo 4: Lista de verificación para evaluar la calidad de los estudios cuantitativos	111
Anexo 5: Sistema de gestión de riesgos de fatiga (FRMS). Procesos de seguridad de FRMS	112

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

Tabla 1: Factores personales, propios de la tarea y ambientales que predisponen la aparición de la somnolencia en la conducción.....	16
Tabla 2: Artículos iniciales: autor, número de citas, revista y factor de impacto	50
Tabla 3: Cafeína y bebidas energéticas.....	57
Tabla 4: Cafeína y bebidas energéticas (continuación).....	58
Tabla 5: Cafeína y bebidas energéticas (continuación).....	59
Tabla 6: Tareas interactivas.	60
Tabla 7: Modificaciones viales y ambientales.....	61
Tabla 8: Pausa activa para extremidad inferior.....	61
Figura 1: Dimensiones de la fatiga del inventario sueco de fatiga ocupacional SOFI y su interrelación. Adaptado de Santos et al. 2017.....	8
Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología de búsqueda y evaluación de estudios	54

ABREVIATURAS Y SIGLAS.

NREM: Por sus siglas en inglés non rapid movement

REM: Por sus siglas en inglés rapid eye movement.

SN : Sistema nervioso

FRMS : Fatigue Risk Management System

SMS : Systems Management Safety

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

ABSTRACT.

The incidence of accidents associated with the task of driving is a problem of great impact. Since the requirements of the task, sleepiness in the driver occupies a large percentage in the cause of serious accidents or fatal consequences, especially in the field of professional drivers, which is linked to a high cost in health services associated to these events (Åkerstedt et al., 1994). It is estimated that between 4~ 30% of these accidents are caused by tiredness or sleep while driving, nevertheless, the figures vary because the methodology of study and qualification of the events differs among investigators.

There are several studies that analyze and test different measures in the conduction against drowsiness, but no evaluation has been made between them. This systematic review aims to determine the effectiveness of the measures used in these studies through the analysis of the results obtained in each one of them.

The analyzed articles were obtained from a search by keywords in the Scopus database, and after the summary reading and key terms, three evaluators reviewed each selected study based on the QualSyst quality table, resulting in 18 studies that met the requirements of acceptance, to later evaluate each one of these studies and compare their efficacy against the drowsiness of each one of them.

There is evidence of the use of various measures against fatigue, including the use of caffeine and energy drinks alone or associated with rest/nap or secondary tasks, conducting interactive activities secondary to driving, road modification measures, exposure to thermal or light variations, and exercise.

Caffeine and driving-related tasks have evidence of positive effects to increase alertness, nonetheless, few of these studies present significant results on reducing long-term sleepiness rates. A further research should be carried out to determine what method is the most suitable against drowsiness.

RESUMEN.

La incidencia de accidentes asociados a la tarea de conducción es un problema de gran impacto. Debido a las exigencias de la tarea, la somnolencia en el conductor ocupa un gran porcentaje dentro las causales de accidentes graves o con consecuencias fatales, especialmente en el rubro de conductores profesionales, lo que se vincula a un alto costo en salud asociados a estos eventos (Åkerstedt et al., 1994). Se estima que entre 4~30 % de estos accidentes son producidos por el cansancio o sueño durante la conducción, sin embargo, las cifras varían ya que la metodología de estudio y calificación de los eventos difiere entre investigadores.

Existen diversos estudios que analizan y prueban diferentes medidas en la conducción contra la somnolencia, pero no se ha realizado una evaluación entre ellas. Esta revisión sistemática tiene como objetivo determinar la efectividad de las medidas utilizadas en estos estudios a través del análisis de los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

Los artículos analizados se obtuvieron de una búsqueda por palabras clave en la base de datos Scopus, y posterior a la lectura de resumen y términos clave, tres evaluadores revisaron cada estudio seleccionado basado en la tabla de calidad QualSyst, resultando 18 estudios que cumplían los requisitos de aceptación, para posteriormente evaluar cada uno de los estudios y comparar su eficacia contra la somnolencia de cada uno de ellos.

Existe evidencia sobre la utilización de diversas medidas contra la fatiga, entre ellas el uso de cafeína y bebidas energéticas por si solas o asociadas a descanso/siesta o tareas secundarias, realización de actividades interactivas secundarias a la conducción, medidas de modificación vial, exposición a variaciones térmicas o de luz, y realización de ejercicios.

La cafeína y las tareas asociadas a la conducción tienen evidencia de efectos positivos para aumentar la alerta, sin embargo, pocos de estos estudios presentan resultados significativos sobre la reducción de los índices de somnolencia a largo plazo. Se debe profundizar la investigación para determinar qué medida es más eficaz contra la somnolencia.

1. INTRODUCCIÓN.

La fatiga en el conductor ha sido un tema preocupante desde los inicios de la conducción de larga duración, presentando una serie de problemáticas en lo que a seguridad y salud respecta. El cansancio durante la conducción es riesgoso tanto para el conductor como para los demás agentes de la seguridad vial (Organización Mundial de la Salud, 2004).

Se identifican múltiples factores que perjudican el desempeño, la alerta y la capacidad de respuesta de quien controla el volante, entre ellos las alteraciones del sueño, descansos insuficientes y perturbaciones propias de la jornada laboral y de la ruta, entre otras. Estos elementos modifican de algún modo la respuesta frente a la tarea de conducción, muchas de éstas se presentan de manera general en conductores que están bajo jornadas de conducción extensas, regímenes de trabajo nocturno y pausas no apropiadas para la recuperación física y mental.

El propósito de esta revisión sistemática tiene como fin exponer el uso de medidas para combatir los efectos de la fatiga y somnolencia asociada al proceso de conducción, y determinar qué medidas tienen un efecto preventivo y un real impacto en los indicadores fisiológicos, subjetivos y en el desempeño del conductor, para así exponer la eficacia de cada una de las medidas que de ser aplicadas puedan optimizar la conducción y mejorar la salud y calidad de vida de los conductores, para gestionar de mejor manera la fatiga y reducir la tasa de accidentabilidad.

El conocimiento de los efectos de las diversas contramedidas para evitar la fatiga en la conducción de largos períodos es de interés para diversas áreas que van desde la seguridad vial hasta la salud pública, incluso considerando aspectos legales, ya que hay legislaciones, como la ley laboral chilena, que sólo estima límites máximos en las horas de manejo y tiempos mínimos de descanso, dejando de lado la efectividad del descanso que eventualmente podría ser la desencadenante de cansancio acumulado que termine en una fatiga crónica.

Otro punto que considerar es la utilidad de este estudio en la industria del transporte, la cual se verá beneficiada al aumentar la productividad al proponer prácticas dentro de que pueden reducir los riesgos relacionados con la conducción bajo la influencia de la fatiga.

Este estudio inicia con la presentación del marco teórico donde se exponen los elementos asociados a la fatiga del conductor. Continúa con la presentación de la pregunta de investigación, los objetivos generales y específicos. Se explica la metodología con que se desarrolló este estudio, se exponen los resultados en una tabla y se discute con relación a cada contramedida y su efectividad.

Finalmente se expone la conclusión, limitantes del estudio y se acompaña de los anexos relacionados a la investigación.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Conducción.

Conducir un vehículo es una de las actividades más complejas de la vida diaria, ya que se desarrolla en un ambiente constantemente cambiante y desafiante como son las calles y el tráfico, e incorpora diversas habilidades cognitivas, funciones ejecutivas, motoras y perceptuales (Fishbein et al., 2003).

Esta tarea es realizada por el conductor que es “Toda persona que conduce, maneja o tiene control físico de un vehículo motorizado en la vía pública; que controla o maneja un vehículo remolcado por otro; o que dirige, maniobra o está a cargo del manejo directo de cualquier otro vehículo, de un animal de silla, de tiro o de arreo de animales” (DFL N.º 1. Artículo 64 de la Constitución Política de la República).

2.2 Fatiga.

El concepto de fatiga ha recibido múltiples definiciones entre autores, dificultando una definición clara debido a la amplitud del término, sin embargo, la descripción de ésta ha evolucionado en relación al desarrollo investigativo y a la comprensión sobre los factores que favorecen y/o producen su aparición (Crawford, 1961), considerando que la presentación de la fatiga no sólo es resultado de una actividad prolongada en el tiempo, sino también de factores psicológicos, socioeconómicos y ambientales(Lal & Craig, 2001).

La fatiga es un fenómeno que se define como un deseo subjetivo de descansar y una creciente incapacidad para mantener la vigilancia necesaria para realizar las tareas requeridas, junto con una disminución en el rendimiento objetivo (Jones et al., 2005). Bartlett (1953) define la fatiga como el deterioro en una actividad como resultado directo de estar involucrado en ella, pero esta definición es demasiado estrecha para los propósitos del presente estudio porque no incluye ninguna posibilidad de que los conductores estén fatigados por otras causas cuando inician la conducción.

En el contexto de la fatiga en entornos de trabajo, ésta se define como la disminución objetiva del rendimiento resultante del esfuerzo físico y/o del esfuerzo conductual a lo largo del tiempo, así como del tiempo inadecuado para

la recuperación. Esto viene dado por el concepto físico de fatiga, pero cuando se aplica al rendimiento humano, la fatiga se refiere a la creciente variabilidad del rendimiento y a la inestabilidad en el estado de alerta y vigilancia debido al tiempo continuo en la tarea sin interrupciones (Lim & Dinges, 2010). Brown (1994), agrega que la fatiga no depende del gasto de energía y no puede medirse simplemente en términos de la disminución del rendimiento, pues hay contribuciones causales de la fatiga en conductores, como la duración de los períodos continuos de trabajo, horas de servicio diarias, el tiempo de descanso, sueño continuo, la disposición de la tarea, las pausas de recuperación y los períodos de sueño dentro de cada ciclo de 24 horas.

Para especificar de mejor manera el concepto de fatiga es necesario tener en cuenta las diferentes dimensiones de presentación, considerando que ésta es un constructo complejo y multifactorial que se interpreta de acuerdo con el contexto en el que se analice (National Transportation Safety Board, 1995).

En los últimos 25 años se han elaborado diversos instrumentos para valorar la fatiga destaca el Inventario Sueco de fatiga ocupacional SOFI (Swedish Occupational Fatigue Inventory). Éste divide el estudio de la fatiga en cinco dimensiones: somnolencia, falta de energía, esfuerzo físico, discomfort físico y falta de motivación (Åhsberg et al., 1997) (figura 1). Se utilizó este inventario ya que considera más dimensiones que podrían afectar el rendimiento del conductor

a diferencia de otras escalas, como la Escala de valoración de fatiga FAS (por su sigla en inglés Fatigue Assessment Scale), que explora sólo dos dimensiones de la fatiga (física y mental) y considera que la suma de ambas es la fatiga total (Lee et al., 2009), y la escala de recuperación por agotamiento causado por fatiga OFER, (Occupational Fatigue Exhaustion/Recovery Scale por su sigla en inglés) que divide el estudio de la fatiga en tres estados, a consecuencia de las actividades laborales: fatiga aguda, fatiga crónica y recuperación entre turnos (Winwood et al., 2005).

Estos son algunos de los instrumentos más utilizados para la evaluación de la fatiga. Existen numerosas escalas de valoración que miden variables cualitativas y sistemas de cuestionarios con relación a tópicos como la calidad de vida y carga de trabajo, los que abarcan diferentes constructos para la estimación de la fatiga. (Whoqol Group, 1995; Åhsberg et al., 1997) Sin embargo, debido a que la fatiga está directamente relacionada con el entorno y la tarea, en este estudio se engloba e incluye dimensiones citadas por otros autores.

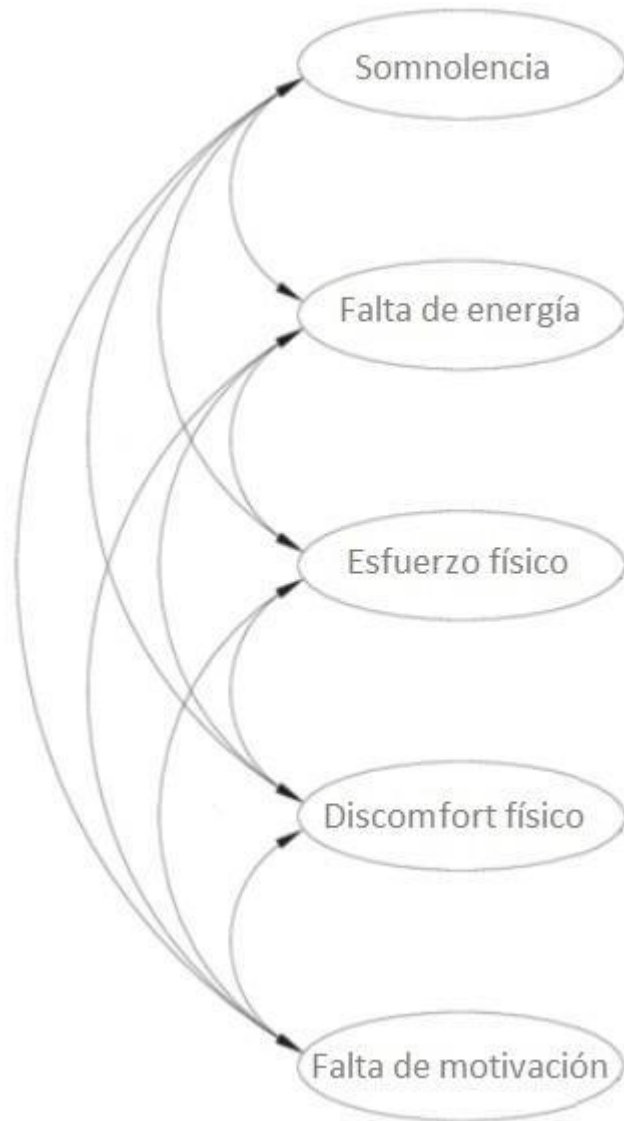


Figura 1: Dimensiones de la fatiga del inventario sueco de fatiga ocupacional SOFI y su interrelación. Adaptado de Santos et al. 2017.

2.3 Dimensiones de la fatiga.

De acuerdo con las dimensiones definidas por la SOFI; somnolencia, discomfort físico y falta de motivación afectan la tarea de conducción.

2.3.1 Somnolencia en el conductor.

Según Van Dongen et al. (2003), la somnolencia en la conducción se describe como la tendencia del conductor a quedarse dormido en un determinado momento y conducir con una marcada disminución de la alerta. Ésta se presenta por cuatro factores principalmente; (1) hora del día en que se conduce, (2) estimulación ambiental y nivel de actividad del conductor, (3) diferencias individuales de la persona al volante y (4) el número de horas de vigilia continuada; que de manera general se manifiestan a causa de un sueño diario insuficiente y podría transformarse en un déficit crónico dando como resultado la "deuda de sueño". Punjabi et al. (2003), señala que la somnolencia además se acumula gradualmente en el tiempo, exhibiendo mayor propensión a dormirse involuntariamente.

Asimismo, Häkkänen & Summala (2000) indican que la aparición de somnolencia no sólo se promueve y manifiesta por la conducción nocturna entre las 4:00 y 6:00 am, sino que también se produce en momentos del día entre las 13:00 y 16:00 horas coincidiendo con la máxima liberación hormonal reguladas por el ciclo circadiano

2.3.2 Discomfort físico.

El discomfort físico, o también llamado fatiga física es la disminución de la capacidad física del individuo debida bien a una tensión muscular estática, dinámica o repetitiva, o bien a una tensión excesiva del conjunto del organismo. Cuando la carga física de trabajo supera la capacidad del individuo se llega a un estado de fatiga muscular, que se manifiesta como una sensación desagradable de cansancio y malestar, acompañada de una disminución del rendimiento y se puede dar tanto a nivel sensorial o muscular. Se hacen mayores referencias a la fatiga visual, auditiva y a la fatiga muscular, por ser las que con mayor frecuencia se presentan. Cuando se trata de fatiga muscular se distinguen dos tipos de esfuerzos musculares: estáticos y dinámicos. El trabajo muscular dinámico es aquel en el que la tensión y la relajación de los músculos se produce rítmicamente, y en el trabajo muscular estático los músculos se mantienen en un

estado de aumento de la tensión con el fin de mantener una postura corporal en particular. (Grandjean, 1969)

Grandjean (1969) describe brevemente que se produce fatiga muscular dinámica cuando el requerimiento de energía del ejercicio exceda el suministro de oxígeno disponible y cuando el ácido láctico se acumula en las fibras musculares. El estado de balance puede ser alcanzado cuando la recuperación equilibra a la pérdida y cuando la fatiga grave no se experimenta o prolonga por mucho tiempo. En el caso del trabajo muscular estático es difícil lograr el estado de equilibrio porque la recuperación depende de la relajación de la tensión muscular y al mantener posturas que requieren actividad muscular que se prolongan en el tiempo, se asocia a rigidez y / o dolor muscular. En palabras simples el fenómeno de fatiga muscular se define como un estado de homeostasis perturbada debido a la tarea. Los efectos potenciales de ambos tipos de fatiga muscular ponen en peligro el desarrollo de tareas perceptivo-motrices. La fatiga muscular estática en particular distrae al individuo de la atención y demandas cognitivas de la tarea en cuestión. Kroemer menciona la definición más sencilla y práctica de la fatiga física, como la reducción de la habilidad muscular para continuar realizando un esfuerzo existente". (Kroemer et al., 2001)

2.3.3 Fatiga mental y falta de motivación.

Grandjean (1988) la define como una experiencia subjetiva que se caracteriza por una poca avidez para continuar la realización de una tarea y corresponde a un proceso gradual y acumulativo asociado a la reducción de la eficiencia, el estado de alerta y del rendimiento intelectual. Okogbaa et al. (1994) indica que existen diversos factores que influyen en la fatiga mental, tales como la nutrición, la salud corporal, el entorno, la actividad física y los períodos de recuperación. El principal síntoma de la fatiga mental es una sensación general de cansancio, no hay deseo de esfuerzo físico o mental y podría presentarse somnolencia. En este contexto la fatiga mental es un estado funcional que varía entre el estado de sueño y el estado de relajación, siendo ambos momentos propicios para que se presente una disminución de la atención y del estado de alerta, lo que perjudica el desempeño de la conducción. En todas sus dimensiones la fatiga es una experiencia personal y va en función de las aspiraciones del individuo, logros, autoevaluaciones y circunstancias actuales y anteriores. (Okogbaa et al. 1994)

2.4 Fatiga en la conducción.

Diversos estudios científicos se han dedicado a la comprensión de los fenómenos de la fatiga humana, somnolencia y su impacto en el rendimiento en la conducción (Philip et al., 2005). En conjunto a la identificación de las características asociadas a la fatiga y los vínculos que existen entre conducción y fatiga, Lal & Craig (2001) indican que existen dos grandes aspectos que se interrelacionan, el primero es la fatiga en la conducción y el segundo son los efectos de la fatiga en la conducción.

Brown (1994) destaca que existe una estrecha relación entre el rendimiento en actividades como la conducción, la que es una ocupación que requiere esfuerzo físico, pero también implica grandes demandas cognitivas, tales como la vigilancia sostenida, atención selectiva, la toma de decisiones complejas; y el ejercicio ocasional de habilidades de control perceptivo-motrices que en gran medida son automatizadas y que favorecen el estado de somnolencia. Miller & Mackie (1980), sostienen que largas horas de conducción continua en un entorno vial monótono y que conducir durante la noche o temprano en la mañana contribuyen fuertemente al deterioro en el rendimiento del conductor, por lo tanto, este estado conduce a una mayor cantidad de errores y aumenta el riesgo de accidentes.

Haber et al. (1954), señala que en relación con la baja estimulación ambiental se ha investigado que los entornos viales monótonos y viajes largos en carretera pueden producir un aumento significativo de la somnolencia y ocasionar un fenómeno definido como “hipnosis de carretera”. Sus efectos incluyen la incapacidad del conductor para apreciar la velocidad en términos de distancia de parada cuando se viaja a altas velocidades o cuando se desacelera para entrar en una zona restringida, sin embargo, han sido escasamente investigadas las condiciones que producen este fenómeno y su prevalencia e importancia para los problemas ligados a la conducción prolongada.

Según Van Dijk et al. (1987), en el contexto de la conducción continua, la fatiga asociada a la tarea está estrechamente relacionada con la productividad y la producción, y secundariamente unida a la seguridad. Las características de la actividad laboral y las condiciones ambientales bajo las cuales el trabajador desarrolla la tarea pueden influir negativamente sobre su salud, ocasionando síntomas específicos producto de la exposición a ciertas condiciones. Ya que los trabajadores que deben cumplir metas de productividad desarrollan estrés y fatiga, fenómenos que ponen en peligro la salud, incluso la vida.

Beurskens et al. (2000), señala que la fatiga a causa de una actividad laboral se caracteriza principalmente por sus elevados aspectos subjetivos con componentes emocionales, conductuales y cognitivos, su dificultad reparatoria y

la tendencia para hacerse crónica con implicaciones en todos los niveles profesionales. Almirall (1996) la define como una disminución del rendimiento psíquico, corporal y un sentimiento de cansancio o agotamiento con manifestaciones físicas a causa del desempeño mantenido de una actividad ocupacional. Se consideran diversos factores en la aparición de la fatiga: físicos, ambientales (ruido, iluminación, temperatura), organizacionales (clima interno, estructura, cohesión grupal, contenido de la tarea y turnos de trabajo) y psicológicos (responsabilidad, rol, expectativas profesionales, niveles de carga de trabajo entre otros). No existe una simple relación entre la experiencia personal de la fatiga y las condiciones laborales de un individuo. La fatiga, sin embargo, parece ser acumulativa en el sentido de que, si se experimenta bajo un conjunto particular de circunstancias, es probable que se padezca bajo condiciones similares (Bartley & Chute, 1947).

2.5 Factores que determinan la aparición de somnolencia en la conducción.

Tabla 1: Factores personales, propios de la tarea y ambientales que predisponen la aparición de la somnolencia en la conducción. (adaptada de Brown (1994); (Lal & Craig, 2001).)

Personales	Propios de la tarea	Ambientales
<ul style="list-style-type: none">• Edad• Factores psicológicos• Siestas poco adecuadas• Alteraciones del ciclo circadiano	<ul style="list-style-type: none">• Conducción de largos períodos• Posición mantenida	<ul style="list-style-type: none">• Monotonía de la ruta• Temperatura

2.5.1 Factores personales.

2.5.1.1 Edad.

Hamblin (1987), plantea que conductores profesionales con mayor experiencia bajo condiciones laborales y sociales difíciles adquieren competencias que les permiten gestionar mejor sus demandas de trabajo y compensar algunos efectos de la fatiga, por lo tanto, aunque el riesgo de accidentes pareciera ser mayor que el de conductores más jóvenes, estos podrían tener mayor capacidad de hacer

frente adecuadamente a ciertas situaciones críticas que provocan accidentes asociados a la somnolencia que involucran a los conductores menos experimentados.

Por ejemplo, los conductores jóvenes tienen un mayor porcentaje de accidentes relacionados con la somnolencia en las primeras horas de la mañana, de 12:00 a 06:00 AM, mientras que los conductores con más edad evitan la conducción nocturna (Smith, 1989). Así mismo los conductores más jóvenes son más sensibles a la presión impuesta por el requerimiento gerencial, por lo que también son quienes evitan o retrasan tomar el descanso entre conducción a pesar de la somnolencia, tomando riesgos deliberadamente con mayor frecuencia que los conductores mayores porque resisten mejor la fatiga (Harris & Mackie, 1972). Además, logran conciliar el sueño con más frecuencia que los de los conductores de edad avanzada, por lo que el porcentaje de accidentalidad es mayor.

2.5.1.2 Factores Psicológicos.

El conducir somnoliento implica una importante carga psicológica ya que entre el deseo de descansar y la inclinación o presión comercial percibida para continuar conduciendo hasta el destino previsto, los conductores pueden experimentar somnolencia severa. Sin embargo, persisten en completar el viaje planificado a expensas del aumento del estrés, que por sí mismo representa un gran riesgo de

accidentes. Además, el estrés puede ser experimentado de manera distinta por los conductores que tienen diferente personalidad y temperamento. Los estímulos ambientales y los factores psicológicos influyen en el rendimiento cognitivo de las tareas, donde la ansiedad tiene un efecto adverso, asimismo, el tipo de estado de ánimo y las expectativas también están relacionados con el resultado de la tarea (Brown & Eng, 1967). Recientemente, Lal y Craig (2000), encontraron fuertes asociaciones entre la fatiga del conductor y estados de ánimo negativos tales como aumento de la fatiga-inercia y la disminución de vigor-actividad y aumento de la ansiedad. Sin embargo, la investigación sobre los vínculos psicológicos en la somnolencia del conductor sigue siendo exploratoria y es un área importante que necesita más investigación.

Durante la conducción se relaciona una compleja interacción de factores, entre ellos el estado de la vía, tránsito, estado físico y psicológico, condiciones laborales, condiciones ambientales; todos estos factores podrían influir en la somnolencia asociada a la conducción (Williamson et al., 2001).

2.5.1.3 Siestas poco adecuadas.

El fenómeno de la siesta es complejo y necesita de matizaciones relativas a la longitud de la siesta, el emplazamiento circadiano de la siesta, la existencia o no de privación de sueño previa, entre otros factores (Miró et al., 2005).

Tomar siestas frecuentes y largas se ha asociado a deterioro de la salud, relacionándola incluso a enfermedades crónicas como hipertensión, diabetes, síntomas depresivos, empeoramiento funcional, sobrepeso, déficits cognitivos y mayor mortalidad total (Bazargan, 1996; Gyawali, 2000; Miró et al., 2005). Las siestas del turno de noche deben tener una duración máxima de 45 minutos, debido a que luego de este tiempo el sueño pasa a la etapa NREM N3, por lo que el sueño es más profundo y se provoca la llamada inercia del sueño, que es el deterioro transitorio en el rendimiento inmediatamente después de despertar (Lubin et al., 1976). Por esto se debe ser cauteloso con la duración de las siestas, ya que si se despierta luego de alcanzar un período de sueño profundo se requiere un mayor esfuerzo general y la inercia de sueño, es mucho mayor (Sallinen et al., 1998).

Las siestas nocturnas también pueden tener efectos perjudiciales en el estado de alerta. Además de la inercia del sueño, puede verse afectado el siguiente sueño diurno, lo que podría producir influencias negativas sobre el estado de alerta durante el siguiente turno de noche. Matsumoto & Harada (1994) informaron, que una siesta de dos horas durante el turno acortó el siguiente sueño diurno, pero el tiempo total de sueño diurno no difirió entre los grupos de siesta y no siesta (Sallinen et al., 1998).

2.5.1.4 Alteración del ciclo circadiano por sistema de turno.

Uno de los factores asociados a la somnolencia es la alteración del ciclo circadiano. Éste corresponde a las oscilaciones cíclicas de las variables biológicas en intervalos regulares en el tiempo y tiene como función regular la sincronización de un organismo a su medioambiente. Este ciclo regula la actividad metabólica, hormonal y conductual diaria (Cardinali et al., 2005).

En humanos el ciclo circadiano tiene un promedio de duración de 25 horas (Czeisler et al., 1999) lo que coincide con la rotación del planeta y el estímulo lumínico dado por el sol.

El ciclo circadiano produce que a determinadas horas del día exista una máxima secreción de hormonas tales como el cortisol y la melatonina, de las cuales dependen las variables fisiológicas necesarias para la regulación de los procesos; en particular el sueño y la vigilia (Richter et al., 2004; Czeisler et al., 1999).

La relación de fase entre los ritmos circadianos de diferentes variables fisiológicas en el ciclo de 24 horas se conoce como orden temporal interno (Moore-Ede et al., 1982; Edery, 2000). La importancia de éste se hace evidente en condiciones normales y patológicas en el ser humano adulto. En sujetos

normales, las anormalidades transitorias como el jet lag (síndrome del cambio rápido de zona horaria o de descompensación horaria) y los efectos adversos del turno nocturno se atribuyen a una alteración del orden temporal interno (Chrousos & Gold, 1992).

El trabajo por turnos es un fenómeno derivado de la sociedad industrializada, donde los procesos no se pueden detener durante la noche. Esto ha llevado a que ciclo circadiano de los trabajadores de turnos se vean afectados. Por una parte, se ve alterado el equilibrio biológico, tanto por el desfase de los ritmos corporales como por los cambios en los hábitos alimentarios, por otro lado, también se presentan perturbaciones en la vida familiar y social.

Los problemas de sueño son bastante frecuentes entre los trabajadores nocturnos, oscilando entre el 50% y el 66% de trabajadores de turnos rotativos, frente a un escaso y reducido intervalo del 5.2% al 11% de los trabajadores diurnos fijos. En ocasiones los problemas del sueño no obedecen a un desorden patológico determinado, sino que consisten en una pérdida efectiva tanto en la duración como en la calidad del mismo, debido a condicionantes sociales y familiares (Sánchez, 2005).

Los trabajadores sometidos a frecuentes rotaciones en el turno de trabajo son los que presentan mayores problemas, debido a que fuerzan el sueño y la vigilia en

función de un ritmo circadiano impropio, lo que dificulta cualquier intento de adaptación (Nogareda, 1997). Por otra parte, los trabajadores nocturnos, así como también los que se ven sometidos a frecuentes rotaciones en el turno de trabajo, muestran por lo general una menor duración del sueño y una mayor frecuencia de alteraciones en la continuidad del sueño en comparación con los trabajadores diurnos. Además, también pueden presentar un mayor grado de somnolencia durante el período en que deberían estar despiertos (Sánchez, 2005).

La desincronización circadiana asociada a condicionantes laborales como el sistema de turnos fijos y alternantes, carga laboral, demanda física y cognitiva de la tarea; suele acrecentarse por la duración insuficiente del sueño y otras condicionantes como alteraciones ambientales (ruido, luz, vibraciones, etc.) que suelen perturbar el descanso.

Lo anterior provoca acumulación de fatiga, generando a largo plazo la aparición de un estado de fatiga crónica, que puede considerarse un estado patológico y que produce alteraciones de tipo nervioso, enfermedades digestivas y del aparato circulatorio (Nogareda, 1997).

La Academia Americana de medicina del sueño describe una categoría propia para los trastornos del sueño por alteración del ritmo circadiano, según la

Clasificación Internacional de los Trastornos del Sueño (Westchester, 2005). El problema principal de este tipo de trastorno subyace en que la persona no puede dormir cuando se desea o necesite. Los episodios de vigilia pueden ocurrir en momentos no deseados como resultado de episodios de sueño que se producen en momentos inadecuados y, por lo tanto, la persona sufre insomnio o somnolencia excesiva (Thorpy, 2012).

2.5.2 Factores propios de la tarea.

2.5.2.1 Conducción en largos períodos.

Milosevic (1997), expone diferentes enfoques sobre las investigaciones desarrolladas entorno a la fatiga en conductores ligados a la industria del transporte y formula que los principales síntomas al conducir un vehículo por tiempo prolongado bajo los efectos de la fatiga están asociados a cambios fisiológicos y cognitivos. Además, expone que posterior a un período de conducción prolongada de 7 horas en conductores de autobuses urbanos, se registró cambios en la presión arterial diastólica, en el tiempo de reacción visual y la variabilidad del tiempo de reacción, se encontró que los conductores de larga distancia pasan el 60% del tiempo conduciendo y 16% durmiendo, es por esta

razón que la suma de la carga de trabajo y la privación del sueño provocan una excesiva somnolencia y una necesidad de más días de recuperación.

Por su parte Brown (1994), establece que la fatiga de los conductores no se determina sólo por el tiempo que conducen, sino que, si además el tiempo dedicado a la tarea de conducir excede las 12 horas, el riesgo de accidente se duplica dado que la fatiga deteriora importantemente el rendimiento y los errores suelen aparecer en mayor medida, por ejemplo, el cálculo de la distancia de frenado o la maniobra de adelantar a otro vehículo cuando no hay espacio suficiente, resultan ser errores muy comunes tanto en conductores profesionales como los conductores en general.

Es por esto que las regulaciones del horario de servicio diario y semanal que constituyen la carga de trabajo y la cantidad de descansos por período de 24 horas para el transporte comercial de propiedad y pasajeros son factores muy importantes que considerar, siendo una buena estrategia para mejorar los índices de fatiga y seguridad. Sin embargo, el cumplimiento de las regulaciones de las horas asignadas es inusual en la industria del transporte por carretera debido a que los imperativos logísticos y comerciales de entrega y llegada presionan al conductor a cumplir el requerimiento en un determinado tiempo sin considerar posibles eventos en la ruta u otro contratiempo. Un 20% de los conductores duermen menos de seis horas antes de comenzar su jornada laboral (Feyer &

Williamson, 1995). En el estudio realizado por Lim & Dinges (2008), se encontró que aproximadamente el 30% de todos los casos observados de somnolencia del conductor ocurrieron dentro de la primera hora del turno de trabajo y que la somnolencia era dos veces más probable que ocurriera entre las 6 AM y las 9 PM por lo que la interacción del sueño y la dinámica circadiana establecen que estas son las horas del día en las que hay mayor propensión al sueño como resultado de dormir pocas horas o simplemente no dormir la noche anterior después de repetidos días de restricción del sueño.

Según el Código de trabajo de Chile, artículo 25, las actuales regulaciones respecto a las horas de trabajo de los conductores profesionales en Chile (para conductores de vehículos de carga interurbana y conductores de locomoción colectiva interurbana), consideran sólo tres parámetros: el número máximo de horas de conducción antes de tomar un descanso, el número máximo de horas que un chofer puede conducir por día y el número mínimo de horas que una persona debe descansar por día. Sin embargo, estas regulaciones no resultan ser lo suficientemente acabadas, ya que no consideran la influencia de la fatiga en el riesgo de accidentes, ni toman en cuenta el tiempo transcurrido desde el sueño y la hora del día en que la conducción comienza o termina. Esta carencia legislativa existente en la protección de los usuarios de carretera ha sido expuesta por múltiples autores (Brown, 1982; McDonald, 1984).

En el caso de la Unión Europea nuevas regulaciones exigen que los conductores tengan al menos una interrupción de 45 minutos cada 4,5 horas con el fin de proteger la salud y seguridad del conductor y reducir el riesgo de accidentes (McDonald, 1984).

2.5.2.2 Posición Mantenida.

Según lo expuesto anteriormente en la sección de dimensiones de la fatiga, podemos clasificar a la posición mantenida como un trabajo muscular estático. Este tipo de fatiga es difícil de prevenir debido a que se asocian la rigidez muscular y/o articular a la posición sedente, necesaria para la conducción (Grandjean, 1969).

En la conducción de largas distancias los trabajadores pasan en una posición sedente durante toda la jornada de conducción, requiriendo mantener una postura estática durante un tiempo muy prolongado. Esto puede derivar en problemas de espalda causados por una amortiguación deficiente de las cargas en los discos vertebrales, las cuales son causadas por malas posturas sostenidas en el tiempo y vibraciones continuas producidas por el asfalto (Ramírez et al., 2010).

La posición que cada conductor adopta en su asiento es variable, depende de factores como las características físicas corporales propias de cada persona, del espacio libre dentro del habitáculo del conductor y de las tendencias posturales particulares de cada conductor. Para que la posición sentada del conductor sea eficaz y reposada, la pelvis debe estar en una ligera anteversión. Esta posición mantiene la lordosis lumbar y el alineamiento fisiológico de las curvas del raquis. Esto tiene gran importancia en la prevención de lesiones lumbares que pueden provocarse debido a una colisión, ya que si no existe un apoyo lumbar adecuado los segmentos L4-L5 y la charnela lumbosacra pueden sufrir desplazamientos. Los elementos que modifican la postura estática del conductor son la altura del asiento, la inclinación del respaldo y la longitud de las piernas del conductor (Jordá & Meroño, 2006).

Los trabajos como la conducción y trabajos donde se producen vibraciones han sido relacionados con el aumento de dolores de espalda, encontrando una relación entre lesiones de espalda y trabajos que requieren, por parte del trabajador, levantar, flexionar y girar el tronco, fuerte trabajo físico, mantener la posición de sentado por tiempo prolongado, operar con maquinaria vibrante, así como la forma de sentarse en el trabajo (Stubbs & Buckle, 1992).

Cuando se mantiene una posición estática por mucho tiempo sin realizar pausas, la contracción muscular mantenida ocasiona la compresión continua de los vasos sanguíneos provocando que el músculo no reciba el aporte de oxígeno y glucosa

necesarios, lo que dificulta la eliminación de residuos celulares y provoca un nivel de fatiga que obliga a interrumpir la tarea, pudiendo producir problemas circulatorios en las extremidades inferiores (Luttmann et al., 2004).

2.5.3 Factores ambientales.

2.5.3.1 Monotonía de la ruta.

La conducción con escasa estimulación vial, ya sea visual, estructural o sonora, tienden a hacer la tarea tediosa e invariable, lo que puede resultar como condicionante de un posible accidente, pues el estado de baja carga no indica que falten recursos mentales para llevar a cabo la tarea, sino más bien la falta de capacidad del conductor para regular la cantidad de recursos necesarios para realizar la tarea de conducción eficazmente, lo que predispone a la disminución de la alerta y eventualmente la pérdida de la atención, sumado a la somnolencia asociada a la tarea de conducción que induce a una pérdida mayor de la capacidad de vigilancia (Miller & Mackie, 1980).

El conductor profesional debe ser capaz de identificar este fenómeno y actuar de manera que el estado de alerta sea el óptimo para la conducción. Esto puede lograrse mediante contramedidas básicas para aumentar la atención y evitar el

letargo neutralizando la monotonía del camino. Las actuales normas para la seguridad en la conducción no contemplan otros elementos que inducen a la somnolencia como el déficit de estimulación en ruta que favorece la aparición de somnolencia. Probablemente la causa más frecuente de deterioro atencional general es el cierre ocular que acompaña a la somnolencia. Sin embargo, las condiciones poco exigentes de la carretera y del tráfico pueden redireccionar progresivamente y subconscientemente la atención del conductor hacia los procesos de pensamiento interno. Esto puede ocurrir incluso si un conductor no se siente cansado y está mirando la escena externa. En otras palabras, la somnolencia en la conducción no es propia de la tarea predominante, sino que se relaciona también con la carretera y las demandas de tráfico (Brown, 1982).

Los conductores que experimentan fatiga probablemente obtengan beneficios temporales de los intentos auto iniciados de estimular el estado de alerta, por ejemplo, conversando con los pasajeros, escuchando la radio; estas técnicas parecen ofrecer alivio y un leve aumento en el estado de alerta, pero es poco probable que proporcionen beneficios duraderos cuando la fatiga se experimenta durante tiempo prolongado (Brown, 1982).

2.5.3.2 Temperatura.

La atmósfera que rodea al conductor incide en el esfuerzo biológico que debe realizar para llevar a cabo sus funciones. Uno de los factores importantes es el estrés que se genera durante la conducción bajo condiciones meteorológicas adversas que son descritas como aquellas condiciones provocadas por cambios en el tiempo que requieren que el conductor tenga especial precaución y ajuste su conducción normal. Todo esto exacerbado por las condiciones laborales con ritmos y horarios de trabajo muy ajustados, el trato diario con los viajeros o proveedores y el posible riesgo de agresiones, así como por la somnolencia y la preocupación por el estado del vehículo (Grandjean, 1969).

Situaciones de mal tiempo como lluvia, viento, neblina etc., perjudican el flujo normal de la circulación. Si la conducción se acompaña de lluvia y modificaciones en la vía la situación del conductor se hace insostenible. La lluvia, además de disminuir la velocidad del tráfico, empaña el parabrisas y espejos. Investigaciones en los Estados Unidos indican que el 24% de todos los accidentes ocurren durante condiciones climáticas adversas, incluyendo hielo, nieve y lluvia. La tensión del conductor asciende y con ello la fatiga mental, además el entorno en el que se desplaza el vehículo origina un malestar profundo en el conductor, porque el estado de la vía le exige un sobreesfuerzo, ya sea por obras, mal estado de la calzada, la circulación, actitudes de otros conductores, tamaño de

las calles, la climatología o la falta de un lugar para el descanso (Arrive Alive, 2017).

2.6 Efectos de la fatiga y somnolencia en el conductor.

En forma general la fatiga es un mecanismo regulador “de alarma” del organismo, que indica la pérdida de recursos por debajo de un umbral y la necesidad de recuperarlos mediante el descanso y sus efectos abarcan diferentes aspectos (Romero et al., 2004).

2.6.1 Efectos ligados a la pérdida de las capacidades básicas del individuo.

Numerosos estudios han reportado que la somnolencia tiene un efecto perjudicial en una serie de variables incluyendo disminución de la vigilancia, estado de alerta y tiempo de reacción que parecen ser las más sensibles a la pérdida del sueño (Dinges & Kribbs, 1991). Harrison & Horne (1998), exponen que las funciones cognitivas, el seguimiento, la concentración mental y la motivación disminuyen, lo que provoca una reducción de la producción de trabajo ya que la tarea suele requerir más esfuerzo cognitivo que físico. Los efectos a nivel físico incluyen contracciones musculares más débiles y más lentas; temblor muscular y dolor localizado, alteraciones de funciones circulatorias; disminución en la duración de

esfuerzos isométricos sostenidos, y aumento de la acumulación de lactato (Brown, 1994).

2.6.2 Efectos ligados a la seguridad del conductor y seguridad vial.

La somnolencia es un peligro reconocido para la seguridad vial de una magnitud similar al alcohol durante la conducción, y está involucrada en alrededor del 19% de los accidentes fatales y un 31% de accidentes mortales en los que mueren tres o más personas (Transport for NSW, 2011). Aproximadamente un 15% de los choques están asociados a la somnolencia especialmente en el sector profesional (Åkerstedt et al., 1994). Otros países muestran estadísticas similares, incluyendo el Reino Unido, donde se atribuye la fatiga como causa de hasta el 20% de los accidentes (Jackson et al., 2011) y un 16,5% de los accidentes mortales con conductas somnolientas en los Estados Unidos (American Automobile Association Foundation for Traffic Safety, 2010). El principal efecto de la somnolencia es una retirada progresiva de la atención de las demandas de carretera y tráfico, provocando daños tanto en el control del vehículo como en la capacidad de evitar colisiones. En cualquier caso, la retirada de la atención es involuntaria (Dinges & Kribbs, 1991).

Contextualizando al transporte ligado a la industria, Storie (1984), expone que, en accidentes de autopista en conductores de vehículos pesados, la fatiga estuvo implicada en el 11% de las colisiones, aunque el 62% de los accidentes se produjo después de que habían conducido al menos 160 Km durante el mismo día.

La estimación hecha sobre los costos personales, sociales y económicos de los accidentes fatales son muy altas, especialmente cuando está involucrado un camión o un vehículo pesado (Sinar, 2007).

2.6.3 Efectos ligados a factores laborales.

Los efectos sobre la salud atribuibles a las condiciones de trabajo son, por su magnitud, uno de los problemas más importantes de salud pública y representan un coste humano y económico enorme. Aunque existen ciertas enfermedades cuyo origen es exclusivamente laboral, los factores extralaborales y hábitos conductuales influyen de manera importante en el estado de salud de los trabajadores (Chrousos & Gold, 1992; Czeisler et al., 2005).

Las investigaciones sobre el transporte por carretera sean de carga o pasajeros, muestran una serie de irregularidades con relación a turnos o períodos de

conducción excesivamente prolongados, falta de espacios adecuados de descanso lo que propicia la producción de fatiga y somnolencia, considerados las principales causas de accidentes de tránsito (Organización Mundial de la Salud, 2004). Esto sumado a las restricciones operativas que ejercen presión al conductor con el fin de respetar los horarios de entrega o llegada, y lo exponen a mermar el descanso a favor del cumplimiento de la tarea. La investigación internacional sugiere que muchos conductores continúan conduciendo cansados a pesar de ser conscientes del cansancio. Es probable que algunos conductores no aprecien los riesgos asociados con la conducción en este estado pues de alguna forma el análisis costo-beneficio puede justificar su comportamiento, ya que la remuneración en muchos casos es por viaje completado en un determinado tiempo (Jackson et al., 2011).

Por otro lado, conducir con déficit de sueño también constituye un gran problema. Connor et al. (2002), ha demostrado que dormir menos de 5 horas en las últimas 24 horas está importantemente implicado en un accidente relacionado con el sueño, por lo que los períodos de vigilia continua, ya sea a causa de rotación de turnos frecuentes u horas de conducción prolongadas sin descansos adecuados, contribuyen fuertemente a la somnolencia del conductor deteriorando variables funcionales psicomotoras y neuro cognitivas, como el tiempo de reacción, la capacidad de vigilancia, juicio y atención, así como el procesamiento de información. A la vez se asocia a hábitos alimenticios poco saludables, tanto por

su cantidad como por su calidad, lo que unido a la escasez del ejercicio físico conlleva una tendencia al sobrepeso o a la obesidad (National Highway Traffic Safety Administration, 1998).

2.6.4 Efectos de la fatiga en el Sueño.

Debido a la complejidad del fenómeno del sueño y su carácter interdisciplinario (fisiológico, psicológico, neurológico, farmacológico, etc.) no existe un consenso académico transversal de lo que es el sueño (Dinges & Kribbs, 1991).

Fisiológicamente podemos decir que el sueño es un estado activo, de periodicidad circadiana, recurrente y reversible en el que el nivel de vigilancia, la percepción y la capacidad de respuesta a los estímulos ambientales se ven disminuidos. Existe aparentemente un estado de depresión funcional, sin embargo, hay funciones fisiológicas que se activan durante el sueño las cuales responden a las necesidades de regulación propia del organismo, en las que se activan grupos neuronales que desempeñan funciones diferentes a las de la vigilia (Gala et al., 2001).

La ausencia o privación de sueño, induce distintas alteraciones conductuales y fisiológicas, además de generar una "deuda" acumulativa de sueño que eventualmente deberá recuperarse (Carrillo-Mora et al., 2013).

Las necesidades del sueño van a depender de la edad de la persona. La gran mayoría de los individuos necesitan entre 6 y 10 horas de sueño por noche, y los individuos que duermen menos o más de este rango, tienen una mayor incidencia de mortalidad (Kripke et al., 1979).

A pesar de que existe un promedio de duración del sueño, existen patrones de sueño largo, corto e intermedio, pero la única manera de determinar la cuota de sueño diaria apropiada es evaluando el nivel de alerta diurna. Si una persona está durmiendo lo suficiente esa persona debe ser capaz de permanecer alerta todo el día, incluso durante actividades aburridas y sedentarias (Pressman, 1986).

Actualmente se les atribuyen distintas funciones a las diferentes etapas del sueño. Según Gala et al. (2003), al sueño NREM se le pueden asociar tres funciones principales: Conservación de la energía, restauración corporal y/o neurológica, y protección.

A grandes rasgos la función del sueño consiste en 'restaurar' al organismo del desgaste ocurrido en la vigilia. Si no dormimos, se alteran funciones cognitivas

indispensables para la interacción del sujeto con el ambiente, lo que sugiere que la restauración del cerebro es la principal diana de la actividad neuronal que instala el sueño. El fin último del sueño es el funcionamiento óptimo del cerebro. Si no dormimos las habilidades cognitivas se ven alteradas al día siguiente, en otras palabras, el mal funcionamiento del cerebro es el coste de la ausencia de descanso nocturno (Montes-Rodríguez et al., 2006). Sin embargo, también se debe tener en consideración que con el alargamiento del sueño o un desplazamiento del ciclo se observan trastornos similares a los que provoca la pérdida de sueño (Velluti & Pedemonte, 2004).

Los trastornos del sueño asociado a turnos laborales generados por desórdenes del ritmo circadiano producen como consecuencia síntomas de insomnio y somnolencia excesiva diurna. Ante la necesidad de recuperar el sueño perdido se debe dormir durante el día en condiciones poco favorables a consecuencia de las distracciones diurnas, lo que provoca que la duración del sueño sea menor (Ramírez-Elizondo, 2013).

El sueño después de un turno nocturno suele iniciarse 1 h después del término éste y según los estudios de EEG puede encontrarse reducido en 2-4 horas (Åkerstedt, 1995). La mayor parte de la pérdida del sueño implica la fase REM y en menor medida en la etapa N2, aunque generalmente la fase NREM no se ve tan afectada (Åkerstedt, 2003). Estudios han demostrado que incluso bajo

condiciones ambientales controladas óptimas se logra un sueño diurno menor a 6 horas (Czeisler et al., 2005).

Otras consecuencias tienen relación a que, durante los días libres posterior al turno nocturno, sigue habiendo una cantidad considerable de somnolencia, por lo que suele tomar dos períodos de sueño nocturno antes de que los niveles normales de somnolencia se hayan reducido después del último turno nocturno (Åkerstedt, 2003).

2.7 Administración de la fatiga a través del FRMS (Fatigue Risk Management System)

Desde que se comenzó a considerar a la fatiga como un factor de riesgo en la conducción, las principales regulaciones para administrar este factor no eran más que normas que limitaban los horarios de conducción máximos y los descansos mínimos entre los períodos de actividad (como lo establece actualmente la ley chilena). Esto se basa en la anticuada idea de que sólo los largos períodos de trabajo ininterrumpido podrían producir fatiga, y que se necesita un tiempo determinado para recuperarse de las demandas laborales. Actualmente, con suficientes pruebas de que no sólo el tiempo dedicado a la tarea es responsable de la fatiga, se suman factores como el tiempo necesario para recuperar la

función de vigilia, los ritmos diarios de trabajo mental y físico, la capacidad para conciliar el sueño y permanecer dormidos (por el ciclo circadiano), a una larga lista de elementos que son tan importantes como el tiempo de conducción (FRMS Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación, 2012).

Dentro de todos los riesgos que puede presentar un área de trabajo, la fatiga últimamente está siendo considerada uno de los factores más peligrosos para realizar cualquier tarea. Esto se evidencia en la asociación directa del aumento de los niveles de fatiga con disminución cognitiva, desempeño deficiente en las tareas, aumento en las tasas de errores y accidentes y en última instancia, reducción en la seguridad (Dawson et al., 2012).

Existen variados métodos de control y manejo de la seguridad laboral, algunos sistemas que son más generales (Systems Management Safety o SMS), y otros que consideran sólo a la fatiga. Desde ahí surge el FRMS (Fatigue Risk Management System) que es definido por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) como “Medio que se sirve de datos para controlar y gestionar constantemente los riesgos de seguridad operacional relacionados con la fatiga, basándose en principios y conocimientos científicos y en experiencia operacional, con la intención de asegurar que el personal pertinente esté desempeñándose con un nivel de alerta adecuado” (FRMS Manual de sistemas

de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación, 2012).

A pesar de los enfoques en el manejo de la seguridad, el SMS y el FRMS buscan un equilibrio real entre la seguridad operacional, la productividad y los costos; esto se logra mejorando los procesos operativos que nos llevan a reducir los riesgos, considerando la identificación de las deficiencias en caso de que se presente un evento adverso. Como idea global, ambos sistemas se basan en el concepto de notificación eficaz de seguridad operacional y son los conductores los que deben constantemente alertar e informar sobre los peligros que haya en su entorno laboral (FRMS Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación, 2012).

Dentro de los elementos que el FRMS utiliza para la gestión de riesgo y seguridad, se incluyen dos áreas fundamentales para comprender las causas de la fatiga: la ciencia del sueño, en especial los efectos de no dormir lo suficiente y como recuperarse de ello; y los ritmos circadianos, incluyendo los ritmos de los sentimientos subjetivos de fatiga-somnolencia, los ritmos en la capacidad de realizar un trabajo físico y mental que afecta el esfuerzo necesario para alcanzar un nivel aceptable de desempeño en la conducción, y los ritmos de propensión al sueño (la capacidad de caer dormido y de permanecer despierto) que afectan

la recuperación (FRMS manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación, 2012).

El FRMS como modelo de gestión de riesgo de fatiga se ordena como una serie de etapas, las que se disponen en cuatro puntos a lo largo del potencial evento. En cada uno de estos puntos se puede identificar potenciales incidentes y la presencia o ausencia de mecanismos de control, generando dos enfoques para manejar la fatiga. 1) estrategias para reducir la fatiga, o 2) estrategias de prueba de fatiga (técnicas para disminuir la probabilidad de que una persona fatigada opere en el lugar de trabajo generando un error que conduzca a un accidente o lesión), También se considera un quinto nivel que busca retroalimentar al sistema.

Los cinco niveles del FMRS son:

Nivel 1: Grado de somnolencia (sueño) a causa de un patrón específico de trabajo. En este nivel se busca que los conductores tengan un descanso adecuado y que al menos tengan en un nivel mínimo de riesgo para la fatiga asociada a el trabajo.

Nivel 2: Cantidad real de sueño. A pesar de dormir lo necesario, no siempre es lo suficiente como para asegurar que el conductor descansa adecuadamente. En este nivel el trabajo se enfoca en identificar las ocasiones en que el descanso no ha sido el adecuado para que el trabajador esté apto para trabajar. Esto se logra

estableciendo un mínimo de horas de sueño y un máximo de horas que puede estar despierto.

Nivel 3: Síntomas conductuales de la fatiga. A pesar de tener un descanso adecuado y una cantidad adecuada de sueño, se puede asociar con un aumento en los niveles de fatiga. Esto puede deberse a otros factores como trastornos del sueño. La identificación de los potenciales individuos en riesgo se realiza usando la presencia y/o la frecuencia de comportamientos relacionados con la fatiga (bostezar, luchar por mantenerse despierto, bajo desempeño asociado a la tarea), como indicadores de un alto nivel de riesgo asociado a la fatiga que pueden ser evaluados mediante escalas u otras tecnologías más avanzadas.

Nivel 4: Evaluación y control del error relacionado con la fatiga. Los conductores fatigados son más propensos a cometer errores que resultan en un mayor nivel de riesgo relacionado con la fatiga. En este nivel es posible identificar los indicadores de deterioro del rendimiento cognitivo asociados con la fatiga elevada, por lo que se pueden incluir métodos que disminuyen la probabilidad de que un conductor fatigado en su lugar de trabajo cometa un error que termine en un accidente o lesión, por lo que el nivel 4 tiene como objetivo: 1) reconocer de manera fiable los indicadores de rendimiento cognitivo deteriorado relacionado con la fatiga en el lugar de trabajo y 2) desarrollar e implementar procedimientos formales que compensen el desempeño deteriorado, el potencial de oportunidad de accidentes.

Nivel 5: Control y análisis de incidentes. Busca retroalimentar al sistema, con el fin de mejorar la identificación de los riesgos relacionados con la fatiga y actualizar continuamente el nivel 4, entregando herramientas que ayuden a la identificación precoz de incidentes y accidentes.

2.8 Contramedidas para la fatiga.

La gestión de la fatiga en entornos operativos ligados al transporte debe ser una prioridad en lo que a seguridad laboral y vial respecta, transformándose en un foco investigativo que paulatinamente ha ido en ascenso, examinando en detalle los factores humanos relacionados a la fatiga, por lo tanto, las contramedidas para la fatiga son un área de particular atención en el manejo de la fatiga del conductor (Krueger, 2011).

2.8.1 Sustancias ingeridas: cafeína y bebidas energéticas.

Las bebidas energéticas son un conjunto de sustancias que tienen efecto estimulante en el cuerpo. Pueden generar este efecto por sí solos, como el café, o pueden ser una mezcla de sustancias que generen activación en el organismo, como las bebidas energéticas (Alford et al., 2001).

El café es uno de los estimulantes naturales más masificados, se consume como infusión de manera líquida y se calcula que el 80% de la población adulta consume al día entre 200-300 mg de cafeína, lo que equivale de dos a tres tazas de café (Pardo et al., 2007). También existen estimulantes artificiales, que son bebidas analcohólicas, generalmente gasificadas, compuestas básicamente por cafeína e hidratos de carbono más otros ingredientes como aminoácidos, vitaminas, minerales, extractos vegetales, acompañados de aditivos, conservantes, saborizantes y colorantes. Estas bebidas se desarrollaron para ofrecer vitalidad en situaciones de esfuerzos físicos o mentales, por lo que se las puede considerar alimentos funcionales, ya que han sido diseñadas para proporcionar un beneficio específico (Roussos et al., 2009).

2.8.2 Siesta/Descanso.

Corresponde a una contramedida para lidiar con la privación parcial del sueño propia del trabajo por turnos. Se precisa como siesta a cualquier período de sueño inferior al 50% de la duración media del sueño nocturno (Dinges et al., 1987). La utilización de esta contramedida en el turno nocturno está asociada al menor nivel de somnolencia durante el trabajo, mantención de la alerta y del desempeño, y puede compensar las deficiencias producidas en el sueño posterior al turno nocturno (Palermo et al., 2015).

2.8.3 Tareas interactivas.

Corresponden a medidas pasivas auto iniciadas por el conductor, con el fin de aumentar la alerta y van desde tareas simples a complejas, como, por ejemplo, conversar con el copiloto, poner música, abrir las ventanas, hasta tareas de búsqueda visual, memoria auditiva, puzles de orientación mental, juegos o aprendizaje de lenguas extranjeras. Su objetivo es romper la monotonía que implica la tarea de conducción y generar otro estímulo que aumente la atención disminuida (Oron-Gilad et al., 2008).

2.8.4 Ambientales.

El entorno en que se desarrolla la tarea es uno de los elementos importantes a considerar, ya que influye en el desarrollo de la conducción. Además de la tarea de conducción per-se, se agrega una sobrecarga mental ligada a factores externos que pueden ser modificables o no, como por ejemplo la iluminación a la que está expuesto el conductor medida en lux (El lux es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación), al tráfico excesivo, poca visibilidad del camino, necesidad de cumplir tiempos o tareas asociadas a la conducción, eventualidades en la ruta, tipo de carretera y factores climáticos. Los elementos asociados al entorno de la ruta pueden ser

adaptables de manera que la vía de conducción resulte más estimulante o protectora a los factores que no se pueden modificar, pero que se pueden controlar. Por lo que las contramedidas ambientales asociadas al efecto que puede ocasionar la fatiga en el conductor buscan restaurar el estado de alerta óptimo para la conducción segura (Hatfield et al., 2008).

2.8.5 Actividad física-ejercicios.

Las pausas activas laborales son una contramedida para la fatiga en conductores utilizada por gran parte de las empresas en el personal operativo y forman parte de los programas de salud ocupacional, que, si bien por un lado trae beneficios para la industria a nivel productivo, desde el punto de vista humano, es la mejor alternativa para la conservación de la buena salud del trabajador, de su bienestar y el mejoramiento de su calidad de vida (Viroto & Rodríguez, 2009). La actividad física tiene diversos beneficios para la salud: mejora las capacidades del individuo, previene riesgos ocupacionales y provee una experiencia social positiva a quien lo practica. Variadas alternativas son utilizadas para facilitar y aliviar la jornada del trabajador, entre ellas, la gimnasia laboral, también denominada gimnasia en la empresa, pausa laboral o pausas activas, que consiste en una actividad que se desarrolla en el marco laboral con el objetivo de

promover la salud, mejorar las condiciones de trabajo y preparar los empleados o trabajadores para realizar las actividades diarias (Boada et al., 2005).

2.8.6 Organizacionales.

Las medidas organizacionales son las disposiciones que implican organización y planificación de la conducción de acuerdo con la capacitación, experiencia y profesionalización del conductor, e incluye una serie de acciones con relación a las prácticas de gestión (Fournier et al., 2007).

Su objetivo es adoptar una estrategia efectiva en materia de seguridad y eficacia en los ambientes laborales ligados al transporte, con el fin de reducir el impacto de la fatiga vinculada a la conducción. Los estudios han demostrado que las prácticas y cultura de gestión tienen un potencial impacto en la seguridad y la fatiga. (Adams-Guppy & Guppy, 2003).

La prevención de la fatiga y somnolencia del conductor y sus consiguientes consecuencias, han dado lugar a una serie de acciones organizacionales encaminadas a paliar sus efectos. Diversos métodos organizacionales a nivel de la industria de transporte muestran que el incremento de las regulaciones en las horas de servicio para controlar la conducción y las horas de trabajo y horas de

sueño son vistas como un elemento clave para el proceso de prevención (Arnold et al., 1997).

Åkerstend (1995) señala que las contramedidas más específicas implican estrategias de sueño/vigilia, ya sea mover las horas de sueño principal lo más cerca al turno de noche o permitir una siesta de recuperación, y que cualquier otra contramedida serviría de apoyo cuando estas propuestas no son aplicables.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Son eficaces las medidas preventivas adoptadas por los conductores u organización para reducir la incidencia de la somnolencia en la tarea de conducción?

4. OBJETIVO GENERAL.

Determinar qué contramedida preventiva es la más eficaz para reducir o mitigar la incidencia de somnolencia provocada por la conducción.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Comparar las medidas de prevención que han sido utilizadas para la reducción y prevención de la fatiga a causa de la conducción.
- Determinar la eficacia de las diferentes medidas de prevención de la fatiga por conducción prolongada o conducción sin pausas, que han sido utilizadas.

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

6.1 Definición de palabras clave.

Para iniciar la búsqueda de artículos se establecieron los términos de búsqueda que más se adecuaban a los objetivos de la revisión sistemática. Para ello se realizó la evaluación de 15 artículos que estudiaron los efectos de diversas contramedidas contra la somnolencia y la fatiga. Para asegurar la calidad de los artículos, se consideró el factor de impacto de la revista y el número de citas de cada artículo.

Tabla 2: Artículos iniciales: autor, número de citas, revista y factor de impacto.

Autor	Citas	Revista	IF
Driskell et al, 2005	48	Human Factors	1,99
Gershon et al, 2009	23	Accident; analysis and prevention.	2,07
Gershon et al, 2011	29	Accident; analysis and prevention.	2,685
Horrey et al, 2011	16	Accident; analysis and prevention.	2,685
Jay et al, 2006	24	Physiology & Behavior	2,976
Kelly et al, 2008	57	Journal of Nutrition.	4,145
Ker et al, 2010	57	Cochrane database of systematic review	6,124
Liira et al, 2014	11	Cochrane database of systematic review	6,032
Reyner et al, 2002	114	Physiology & Behavior	2,976
Ronen et al, 2014	8	Journal of Safety Research	1,87
Scott-Parker et al, 2014	23	Accident; analysis and prevention.	2,685
Tucker. P, 2003	122	Work and Stress	3,4
Wang et al, 2014	12	Journal of Safety Research	1,87

6.2 Estrategia de Búsqueda

Una vez definidos los términos claves: “Fatigue”, “Driving”, “Alertness”, “Performance”, “Human factor”, “Countermeasure”, “Mitigation”, “Rest”, “Prevention measures”, y “effectiveness”, se realizaron las siguientes combinaciones para la búsqueda en la base de datos: “fatigue AND driving”, “alertness AND driving”, “human factor AND driving fatigue”, “driving performance AND fatigue”, “driving AND fatigue countermeasures”, “driving fatigue AND mitigate”, “driving fatigue AND prevention measures”, “drivers performance AND effectiveness”, “driving fatigue AND rest”; con el fin de acotar la búsqueda y hacerla más específica en la base de datos.

La búsqueda de artículos se realizó exclusivamente en la base de datos bibliográficos de SCOPUS, ya que ofrece un 20% más de cobertura que otras plataformas como Science Direct, Google Scholar y PubMed, traducido en una mayor variedad de revistas, temas científicos y número total de publicaciones, lo que entrega un mejor servicio de búsqueda por palabras clave o análisis de cita, permitiendo un trabajo de revisión más expedito (Falagas et al., 2008).

Se consideraron los siguientes criterios de inclusión para la búsqueda en la base de datos:

- Artículos peer review.
- Publicados en idioma inglés.
- Entre los años 1990 y 2016.

6.3 Evaluación de los estudios.

De esta primera búsqueda se obtuvo un total de 1437 artículos, y se eliminaron 420 artículos por duplicado. Posteriormente fueron revisados de manera individual por 3 evaluadores, quienes filtraron los 1017 artículos restantes por título y resumen, siendo removidos 970 por la inexistente relación con el tema, quedando 47 artículos para revisión completa (Figura 2). Luego cada evaluador realizó una revisión de texto completo, se compararon los resultados obtenidos por cada revisor y en el caso de dudas en la aceptación de un artículo se consultó con docente guía para definir su inclusión. De este proceso se eliminaron 17 artículos por no presentar medidas para mitigar la fatiga o mejorar la alerta en los conductores.

Se consideraron relevantes 30 artículos que corresponden a estudios cuasi-experimentales, que han investigado una medida o programa preventivo para

disminuir la fatiga o mejorar la alerta durante la conducción. En un análisis exhaustivo realizado entre los 3 evaluadores a los 30 artículos seleccionados, se eliminaron 2 artículos que no consideraban la incidencia de la fatiga en las tareas de conducción y que sólo examinaban la detección de la fatiga (Williamson et al., 2014; Sparrow et al., 2016) y un artículo por no evaluar el desempeño en la conducción posterior al consumo de cafeína (Brice & Smith, 2001).

Los 27 artículos restantes fueron evaluados de manera individual por cada revisor a través de una escala de calidad para estudios cuantitativos Quallsyst (Kmet et al., 2004) (Anexo 4), donde se consideró un porcentaje del 60% para la aprobación, con un puntaje mayor o igual a 16,8 puntos para ser seleccionados como artículos de calidad aceptable. Posteriormente se contrastaron los resultados según la escala de los tres evaluadores, y en el caso de obtener diferencias porcentuales mayores a 2 puntos se revisó nuevamente el artículo.

Finalmente 16 artículos cumplieron con las exigencias del proceso, a los cuales se agregaron 2 artículos por búsqueda manual del docente guía, que también presentan los márgenes de aprobación de acuerdo con los objetivos planteados y a los criterios de inclusión y exclusión y calidad considerados, resultando finalmente en un total de 18 artículos a considerar en este estudio (Anexo 1).

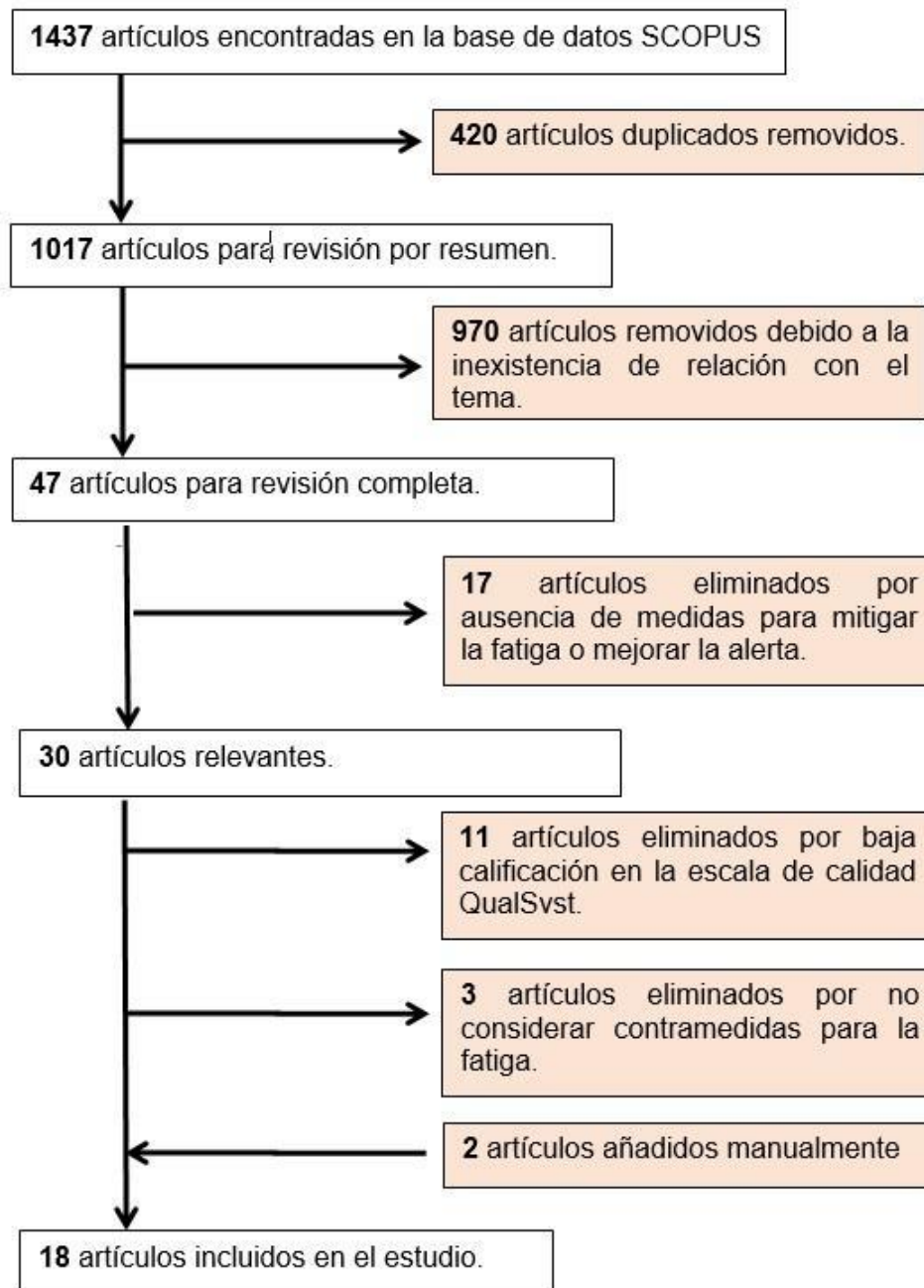


Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología de búsqueda y evaluación de estudios.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Existen medidas con resultados consistentes en relación a la disminución de la fatiga o aumento de la alerta en el conductor. Sin embargo, algunos estudios carecen de calidad metodológica en relación con el modo de empleo de la contramedida o equipamiento utilizado para censar las variables objetivas y subjetivas.

Considerando la variedad y particularidad de las contramedidas que abarca esta revisión, es que se agrupan los resultados y la discusión en cuatro tópicos:

- Efectos de la cafeína o bebidas energéticas por si solas o asociadas a tarea o descanso.
- Tareas interactivas.
- Modificaciones viales y ambientales.
- Pausa activa para extremidad inferior.

Los artículos revisados presentan resultados positivos ya que las mejoras en los niveles de somnolencia y en los parámetros de conducción son significativas, obteniendo resultados consistentes sobre las diferentes alternativas que pueden ser ocupadas por los conductores para disminuir la fatiga y somnolencia ligada a la conducción.

Las características de cada uno de estos estudios se muestran desde la Tabla 3 a la 8.

Tabla 3: Cafeína y bebidas energéticas.

Autor y Año	Muestra	Diseño del experimento	Variable independiente	Descripción del estudio	Resultados relevantes
Reyner et al. (2011)	n=12 conductores sanos (7 mujeres, 7 hombres).	Ensayo controlado cruzado doble ciego.	Bebida energética.	Ambos grupos comienzan el ensayo con un retraso de 5 h de la hora normal de sueño. Ambos grupos fueron sometido a una sesión de conducción simulada de 30 min, seguido por una pausa de 30 min, en el cual un grupo consumió bebida energética (FED) y otro grupo control consumió bebida energética placebo (FED Placebo). Luego, ambos grupos continuaron la conducción simulada por 2 h.	Los incidentes en la conducción posterior al consumo de FED se redujeron un 25% en comparación a la condición control. La somnolencia disminuyó posterior al consumo de FED.
Jay et al. (2006)	n=15 participantes (8 varones, 7 mujeres).	Ensayo controlado cruzado randomizado.	Bebida energética y tarea de vigilancia.	Un grupo fue sometido a dos sesiones de conducción simulada con una semana de separación entre cada sesión. En una sesión se utilizó 250 ml de bebida energética (FED), mientras que en la otra se utilizó placebo (No FED). En ambas sesiones los participantes tuvieron 8 h de sueño base, fueron sometidos a una vigilia prolongada y posteriormente a un sueño de recuperación (8 h). Se evaluó la somnolencia y la atención en una tarea sostenida cada 2 h durante 6 h, posterior al sueño de recuperación.	Para el grupo que consumió la bebida energética su período de sueño fue 29,1 min más corto, reduciendo la eficiencia del sueño de un 91,8% a un 84,7% versus el grupo control.
Biggs et al. (2007)	n=12 conductores sanos estudiantes universitarios (6 mujeres, 6 hombres).	Estudio controlado ciego.	Cápsulas de cafeína.	Un grupo fue sometido a una sesión de conducción simulada de 30 min, con un descanso de 30 min, para finalizar con 30 min de conducción bajo 3 condiciones diferentes en sesiones separadas: control (sin restricción, con 9 h de sueño), 100 mg cafeína (con restricción de 4 h de sueño) y placebo (con restricción de 4 h de sueño).	La derivación lateral del carril (LLD) aumenta significativamente después de la restricción del sueño, tanto en condiciones de cafeína como placebo en comparación con el control. La somnolencia aumenta después de la restricción del sueño tanto en la condición de cafeína como placebo. La LLD muestra reducción después del uso de cafeína, pero no del placebo. La cafeína produce disminuciones significativas en la escala de somnolencia KSS durante la segunda unidad de conducción de 30 min.
Mets et al. (2010)	n=21 conductores sanos (todos hombres).	Estudio controlado cruzado doble ciego.	Bebida energética Red Bull.	El grupo de estudio se dividió en 3 para ser sometidos a sesiones de conducción simulada. Dos grupos realizaron conducción continua de 2 h con 15 min de descanso bajo 2 tratamientos: bebida energética Red Bull (250 ml) o placebo de bebida energética. Posterior a la ingesta, ambos grupos conducen 2 h adicionales. El tercer grupo fue sometido a 4 h de conducción ininterrumpida.	La desviación estándar de la posición lateral y las puntuaciones de somnolencia se redujeron significativamente durante la tercera y cuarta hora de conducción posterior a la ingesta de Red Bull cuando se compara con placebo. Ésta reduce significativamente la desviación estándar de la velocidad, haciendo que la conducción sea más segura.
Mets et al. (2012)	n= 24 conductores sanos (12 hombres, 12 mujeres).	Estudio controlado cruzado doble ciego.	Taza de café.	El grupo fue dividido en dos condiciones. Ambos realizaron una sesión de conducción monótona en carretera por 2 h, luego recibieron café con cafeína o descafeinado (placebo) durante un descanso de 15 min para luego continuar la conducción durante otras 2 h.	El café con cafeína reduce significativamente desviación estándar lateral del carril en comparación con el café descafeinado, tanto en la primera y segunda hora después de la pausa. Del mismo modo, la desviación estándar de la velocidad, el esfuerzo mental y la somnolencia subjetiva; se redujeron tanto en la primera y segunda hora después de consumir café con cafeína.

Tabla 4: Cafeína y bebidas energéticas (continuación).

Autor y Año	Muestra	Diseño del experimento	Variable independiente	Descripción del estudio	Resultados relevantes
Philip et al. (2006)	n=12 participantes sanos (todos hombres).	Estudio controlado, aleatorio cruzado parcialmente ciego.	Taza de café, placebo y siesta.	El grupo es sometido a cuatro sesiones de conducción de 200 km, a velocidad constante de 130 km/h. Una sesión base (entre las 18:00 y 19:30) y tres sesiones entre las 02:00 y 03:30 am, una para cada condición: café (200 mg cafeína), placebo y siesta (30 min). La siesta se efectuó en el asiento de conducción con temperatura constante de 19°C. Las sesiones de conducción comenzaron 30 min después de la ingesta de café o placebo y 30 min después de despertar de la siesta.	Beber café o dormir una siesta de 30 min de duración, 30 min antes de comenzar la conducción, tienen efectos estadísticamente significativos en la reducción del deterioro de la conducción nocturna, sin alterar el sueño subsiguiente.
Sagaspe et al. (2007)	n=24 conductores (12 hombres jóvenes entre 20-25 años y 12 hombres de edad mediana entre 40-50 años).	Estudio controlado aleatorizado con doble ciego.	Taza de café, placebo y siesta.	Un grupo de participantes jóvenes y otro grupo de edad media, fueron sometidos a cuatro sesiones de conducción de 200 km, a velocidad constante de 130 km/h. Una sesión base (entre las 18:00 y 19:30) y tres sesiones entre las 02:00 y 03:30 am para cada condición: café (200 mg cafeína), placebo y siesta (30 min). La condición de siesta se realizó dentro del vehículo con calefacción a 19°C por 30 min una hora antes de la sesión de conducción (01:00 am). Para las condiciones de café y placebo se administró la dosis 30 min antes del inicio de la conducción.	Beber café mejora significativamente el rendimiento en los participantes jóvenes y de mediana edad. La siesta es más eficiente en jóvenes que en participantes mayores, por lo que las contramedidas deben adaptarse a la edad de los conductores.
Ronen et al. (2014).	n=15 camioneros profesionales.	Estudio controlado aleatorio cruzado.	Descanso + bebida energética.	Los participantes tuvieron un período de conducción más estables en los últimos 50 min de conducción en la simulada de 150 min. Se realizaron 3 sesiones: control, consumo de bebida energética y una tercera con consumo de bebida energética + descanso a los 100 min de conducción.	La posición del carril y la posición del volante se mantuvieron más estables en los últimos 50 min de conducción en la simulada de 150 min. Se realizaron 3 sesiones: control, condición de bebida energética + descanso. Hay menor fatiga, somnolencia y falta de motivación en las sesiones de bebida energética y bebida energética+descanso.
Hartley et al. (2013)	n=12 conductores sanos (todos hombres).	Ensayo controlado cruzado aleatorio parcialmente cegado.	Cápsulas de cafeína y luz brillante.	El grupo fue sometido a 4 sesiones de conducción simulada. Se aplicó 200 mg de cafeína y 10.000 lux bajo cuatro tratamientos de 30min: Cafeína más luz brillante (C + L +), cafeína + luz intensa en comparación a la cafeína placebo y cafeína más placebo brillante (C + L-), placebo de cafeína más luz placebo. La somnolencia fue menos severa con cafeína + más luz brillante (C-L +) y cafeína placebo más placebo de luz placebo que con cafeína placebo + luz intensa. luz brillante (C-L-).	La desviación del carril disminuyó significativamente con cafeína + luz intensa en comparación a la cafeína placebo y placebo de cafeína más luz placebo. La somnolencia fue menos severa con cafeína + más luz brillante (C-L +) y cafeína placebo más placebo de luz placebo que con cafeína placebo + luz intensa. luz brillante (C-L-).

Tabla 5: Cafeína y bebidas energéticas (continuación).

Autor y Año	Muestra	Diseño del experimento	Variable independiente	Descripción del estudio	Resultados relevantes
Taillard et al. (2012)	n=40 conductores sanos (todos hombres).	Ensayo controlado aleatorizado.	Luz azul, café y placebo.	El grupo fue sometido a 3 sesiones de 4 h de conducción nocturna en carretera con 15 min de descanso a la mitad de la sesión bajo 3 tratamientos; 125 ml de café (equivalente a 200 mg de cafeína), 125 ml de café placebo y luz azul de 20 lux a 75 cm de los ojos de los participantes.	El número de cruces inapropiadas de línea fue inferior con café y con luz azul versus el placebo. La media de la posición lateral del automóvil estuvo más cerca del centro del carril con café y exposición a la luz azul continua respectivamente que con placebo.
Gershon et al. (2009)	n= 20 estudiantes (13 hombres, 7 mujeres).	Estudio controlado cruzado.	Bebida energética y pelar/masticar semillas.	Se sometió a los participantes a una sesión de orientación de una hora y a 3 pares de sesiones de dos horas cada una. Se realizaron dos sesiones para cada condición durante la mañana y la tarde del mismo día. Las condiciones fueron: bebida energética (2 latas de 250 ml en la sesión de la mañana), tarea secundaria (pelar y masticar semillas de girasol) y condición control con bebida energética placebo.	La tarea de masticación tuvo un efecto similar a la bebida energética en el nivel de somnolencia en la sesión A.M, pero en la sesión P.M la tarea de masticación tuvo un efecto mucho mejor versus bebida energética o condición control. El tiempo de reacción a la de detección de objetivos periféricos y la mantención de la posición del carril fueron mejores con bebida energética.

Tabla 6: Tareas interactivas.

Autor y Año	Muestra	Diseño del experimento	Variable independiente	Descripción del estudio	Resultados relevantes
Verwey et al. (1999)	n=27 Conductores (12 mujeres, 14 hombres).	Ensayo controlado.	Tarea cognitiva interactiva con gamebox.	El grupo fue sometido a una sesión de conducción simulada de 2.15 h utilizando un dispositivo de juego gamebox. Se separó el grupo en dos, control y experimental, quienes tenían libre acceso a los 12 juegos disponibles. Se dificultó la tarea dividiendo en 3 períodos de tiempo la conducción. El 1º nivel conducía entre las 23:00 - 01:15 h, el 2º nivel requería conducir entre las 01:30 - 03 : 45 h, y el 3º nivel consiste en conducir entre 04:00 - 06:15 h.	Al conducir con la gamebox los conductores informaron menor grado de somnolencia y menos episodios de sueño. El efecto de la gamebox fue más fuerte para los participantes con alta somnolencia en el segundo turno. Hubo menor cierre ocular en la condición gamebox que en condición control.
Atchley et al. (2013)	n=30 estudiantes (25 hombres, 15 mujeres).	Estudio prospectivo.	4 Tareas interactivas: 1. Ninguna tarea 2. Tarea verbal 3. Tarea verbal continua, tarea verbal tardía 4. Tarea de radio pasiva	El grupo fue sometido a una sesión de conducción simulada de 90 min, en la cual fueron expuestos de manera aleatoria a cada una de las tareas verbales.	Los conductores con tarea verbal tardía tuvieron menores desviaciones de la posición lateral del carril que los conductores de las tareas verbales continuas. Los conductores con tarea verbal tardía presentan mejores resultados en el nivel de somnolencia subjetiva que conductores que condujeron con ninguna tarea verbal, con tarea verbal continua y con el programa de radio.
Takayama et al. (2008)	n=80 conductores (40 mujeres, 40 hombres).	Ensayo de cohortes prospectivo.	Medios de comunicación interactivos y pasivos.	Se sometió a dos grupos con distintos grados de somnolencia (alta y baja) a una sesión de conducción simulada de 40 min. Un grupo condujo por una carretera monótona y el otro por una carretera variada. Después de 10 min de conducción comenzaron a oír la tarea interactiva (aprendizaje de un idioma) o la tarea parcialmente interactiva (escuchar frases en otro idioma).	Se encontró resultados significativos entre la somnolencia del conductor y el nivel de actividad de la tarea: mientras más activa la tarea, hubo menor nivel de somnolencia. Para los participantes de los medios interactivos no hubo diferencias entre los conductores somnolientos y no somnolientos, mientras que para los participantes de los medios no interactivos, la somnolencia afectó negativamente a los conductores.
Gershon et al. (2008)	n=10 conductores (todas mujeres).	Ensayo controlado.	Tarea interactiva avanzada tipo trivia.	Se realizaron 3 sesiones de conducción en simulador por 140 min cada una. Los conductores fueron sometidos a una tarea auditivo-motor en forma de juego de conocimiento conocido como trivia. Hubo una sesión de acostumbamiento, una sesión con tarea cognitiva interactiva y otra sin la tarea.	Los resultados indican que cuando se conduce con una tarea cognitiva interactiva, aumentan los indicadores fisiológicos de excitación, aumentando los sentimientos subjetivos de estado de alerta, mejorando el rendimiento en la conducción.

Tabla 7: Modificaciones viales y ambientales.

Autor y Año	Muestra	Diseño del experimento	Variable independiente	Descripción del estudio	Resultados relevantes
Watling et al. (2011)	n=36 conductores profesionales de turnos regulares diurnos (19 mujeres, 17 hombres)	Estudio de cohortes prospectivo.	Bebida energética y pelar/ Tiras de estruendo centrales y laterales en la pista.	El grupo fue sometido a una sesión de conducción de 90 min en una carretera simulada con bandas sonoras instaladas en la línea media y replicadas como vibración en la cabina.	Después del primer golpe a la tira de estruendo, los niveles en la escala de somnolencia (KSS) disminuyeron al igual que la desviación estándar lateral del carril. Tanto los niveles medios de KSS disminuyeron significativamente, así como los niveles máximos de KSS tras en el primer golpe.
Schmidt et al. (2017)	n=34 conductores empleados (10 mujeres, 24 hombres).	Ensayo cuasi experimental	Estimulación térmica fría	El grupo fue sometido a una sesión de conducción simulada dividida en un bloque de 26 min con 6 min de refrigeración fría (17°C), luego se mantuvieron 26 min con temperatura control de 23°C.	Los resultados muestran que la estimulación térmica aumentó el estado de alerta del conductor del automóvil. Las clasificaciones de somnolencia fueron significativamente menores para la condición de enfriamiento. Además, las respuestas pupilares y electrodérmicas significativas fueron indicadores fisiológicos de una mayor activación simpática. Además, durante el enfriamiento se observó un mejor rendimiento de conducción.

Tabla 8: Pausa activa para extremidad inferior.

Autor y Año	Muestra	Diseño del experimento	Variable independiente	Descripción del estudio	Resultados relevantes
Liang et al. (2009)	n=40 conductores estudiantes varones	Estudio comparativo prospectivo	Pauta de ejercicio de 15 min.	Se distribuyó la muestra en dos grupos, realizando ambos una tarea de conducción simulada por 2 h, pero el grupo B realizó además un descanso con ejercicios por 15 min.	La frecuencia cardíaca (FC), presión sistólica, promedio de la actividad parasimpática (LF / HF) y temperatura de la palma; disminuyeron para el grupo A después de conducir. Para el grupo B sólo disminuyó la FC y las temperaturas de la palma. La variación de la frecuencia cardíaca (VFC) y los índices parasimpáticos aumentaron para el grupo A, mientras que la VFC y el índice simpático aumentó en el grupo B post ejercicio. La activación del sistema nervioso autónomo puede mejorar algunos síntomas de fatiga, pero la recuperación es incompleta.

7.1.1 Efectos de la cafeína y de las bebidas estimulantes.

Desde su descubrimiento, el café ha sido una bebida de uso recurrente por el hombre, principalmente por sus efectos estimulantes asociados al principal componente químico de este, la cafeína. De acuerdo con Pardo et al. (2007), la cafeína tiene múltiples efectos sistémicos, en sistema nervioso central, respiratorio, cardiovascular, musculoesquelético, digestivo, entre otros. Sin embargo, para la finalidad de nuestro estudio son importantes los efectos estimulantes del SNC y musculoesqueléticos.

Entre los estudios evaluados en esta revisión, destacan 5 que nos permiten establecer cuál de los métodos para consumir este estimulante es el más idóneo. Los efectos psicoestimulantes de la cafeína se vieron reflejados en todos los estudios, (aumento del nivel de alerta, disminución de la sensación de cansancio y fatiga, aumento de la capacidad para mantener el esfuerzo intelectual y el estado de vigilia a pesar de la privación del sueño). Pero hay que considerar que en tres de ellos se utilizó una bebida energética que además de incluir cafeína en su contenido, tiene otros elementos como la glucosa y la taurina a los cuales se les atribuye un efecto estimulante. Sería interesante poder estudiar los efectos por separados de cada uno de estos elementos y poder comparar el efecto entre sí, y desde ahí poder considerar el real beneficio que cada uno de ellos trae

consigo y no tan solo atribuir el efecto a la cafeína sino al conjunto de sus elementos.

Un buen parámetro para los estudios con bebida energética es que la concentración de cafeína es conocida (80 mg), demostrando que con esa cantidad de cafeína los efectos son los mismos que otros estudios que utilizan concentraciones superiores de este estimulante (> 200 mg). Es necesario considerar también que la cafeína mejora el rendimiento físico, produce vasodilatación a nivel muscular, aumenta la respuesta contráctil al estímulo nervioso y disminuye la fatiga física. Estos efectos musculoesqueléticos también son provechosos a la hora de conducir por largos períodos, especialmente si se considera el esfuerzo físico que requiere conducir, ya que no es sólo la demanda mental la que se ve afectada por la falta de sueño y la fatiga, si no que el discomfort físico es un factor igual de importante que debería ser considerado en futuros estudios.

Resulta destacable también que los mismos efectos que fueron obtenidos con la bebida energética se obtienen con una simple taza de café de 80 mg cafeína. Esto se podría considerar lógico, ya que ambos contienen cafeína, pero lo que destaca en este estudio es la comprobación que una pequeña concentración de cafeína es útil para obtener los beneficios estimulantes.

Del conjunto de estudios se concluye entonces que la cafeína es efectiva como contramedida para mejorar el estado de alerta y reducir la somnolencia; y que la efectividad de esta contramedida se puede conseguir con una concentración mínima de consumo (80 mg), pero no son considerados otros efectos asociados al consumo de cafeína. Dentro de los estudios destaca la investigación de Jay et al. (2006), en el que indica que la bebida energética podría tener efectos residuales sobre algunos aspectos del sueño, en especial en el tiempo de sueño y efectividad de éste, sin embargo, este estudio utiliza 2 latas de bebida energética (160mg), administrando la última dosis a horas muy cercanas del fin del turno de noche. Este efecto es esperado, considerando que el estudio no utilizó un protocolo para la entrega de la bebida energética, sin contemplar la farmacodinamia de la cafeína y sus eventuales efectos. Además, el volumen administrado a los participantes es superior al de los otros estudios con bebida energética.

Sería interesante como investigación repetir este estudio, considerando los efectos de la cafeína y su comportamiento como fármaco, ya que la información que entrega es valiosa a la hora de analizar el uso de una bebida energética como ayuda en un trabajador nocturno. Pues si se considera que usualmente el turno de noche es de más de una jornada y este efecto se puede conseguir al consumir una sola lata de bebida energética, las consecuencias a largo plazo serían perjudiciales para cualquier trabajador de turno. Además, si se somete a

un conductor de largo período a estas condiciones, los resultados esperados podrían ser incluso fatales.

No se debe considerar a la cafeína como la panacea a la hora de conducir por largos períodos, más aún cuando hay una restricción de sueño de por medio. Puede considerarse útil como elemento de apoyo en ciertas situaciones que requieran aumentar por un tiempo corto la atención al conducir y disminuir los efectos de la somnolencia. De acuerdo con el estudio de Biggs et al. (2007), la percepción de la somnolencia es una señal útil para predecir el rendimiento en la conducción y ésta no se ve alterada por la cafeína, sino que sus efectos ayudan al conductor para poder aumentarla vigilia y eventualmente tomar una determinación respecto a su cansancio. Es por esto por lo que podríamos esperar que los conductores sean capaces de tomar una decisión correcta a la hora de sentirse somnolientos, ya sea descansando u organizando el tiempo de conducción para llevar a cabo su tarea, y no tomando en exceso bebidas con cafeína.

La cafeína tiene dos consecuencias que no se consideraron en ninguno de los estudios, efectos que son tan importantes como los efectos estimulantes que sin duda son de mucha utilidad para los conductores. La primera consecuencia es el refuerzo positivo, de acuerdo con Pardo et al. (2007), la cafeína actúa como un reforzador positivo y produce efectos placenteros o agradables lo que conduce a

la autoadministración, este efecto es similar al de los consumidores de otros tipos de drogas, que aumentan el consumo del elemento en busca del efecto placentero. Esto conduce a la segunda consecuencia del uso de la cafeína, de acuerdo con el mismo autor, la búsqueda del efecto lleva al consumidor a ingerir dosis más altas de cafeína para producir un efecto reforzante similar al original. Este efecto o tolerancia en el caso de la cafeína es de instauración rápida. Se estima que aproximadamente una semana de consumo continuo de cafeína lleva a una tolerancia que conduce al aumento de las dosis en los consumidores de café.

Si llevamos esto al ámbito de la conducción por largos períodos, si un conductor que consume café de manera prolongada, el uso de 80mg de cafeína se hace progresivamente menos útil para producir el efecto esperado para combatir la fatiga y aumentar el estado de alerta, por lo que cada vez requerirá de un mayor consumo de cafeína, lo que podría ser perjudicial para su salud, si no se considera que el conductor podría sufrir de patologías asociadas a su estilo de vida, las que se verán afectadas por el consumo de cafeína.

Otro aspecto importante que considerar es la facilidad del acceso a los elementos con que se realizó el estudio ya que el costo de una bebida energética, en nuestro país puede superar los \$1300 pesos, versus una taza de café soluble que puede costar entre \$200 a \$400 pesos.

Si nos enfocamos en que los objetivos de los estudios buscaban evaluar la efectividad de los componentes de ambas bebidas, sin duda conocer la concentración real de cafeína sería ideal para poder establecer los efectos de esta, sin embargo, desde un punto de vista práctico consideramos que los conductores podrían preferir al método más económico, ya que además se acompaña de otros efectos subjetivos como la temperatura del brebaje, que entrega una sensación de bienestar en una situación de estrés como lo es la conducción por largos períodos.

Finalmente, creemos que la cafeína es sin duda uno de los mejores elementos para combatir la somnolencia y aumentar el estado de alerta. Para poder finalmente reafirmar esta opinión, sería interesante poder llevar a cabo estos estudios in vivo, en una situación de conducción real, con conductores de tiempo prolongado con experiencia y alejar del laboratorio y de las condiciones controladas a los sujetos para determinar de la manera más real la eficacia de este estimulante en los conductores.

7.1.2 Efectos del consumo de café y siesta.

Los estudios que analizaron el uso de cafeína y siesta en la conducción nocturna (Philip, 2006 y Sagaspe, 2007), mostraron que beber café o dormir una siesta de 30 minutos de duración, 30 minutos antes de comenzar la conducción tiene efectos significativos para reducir el deterioro de la conducción nocturna sin alterar el sueño subsiguiente. El estudio del año 2007 mostró que beber café mejora significativamente el rendimiento en la conducción en participantes jóvenes y de mediana edad y que la siesta es más eficiente en jóvenes que en participantes mayores.

Ambos tienen la misma metodología experimental, y son de características secuenciales, ya que el estudio del año 2007 está basado en los resultados de la investigación del año anterior. Pero se diferencian en que uno está orientado a determinar si el uso de siesta y café sirven para mejorar el rendimiento de conducción y el otro busca determinar si hay diferencia entre usar café y siesta en conductores jóvenes o de edad media. Los resultados expuestos en el estudio del año 2007 muestran que los tiempos de recuperación en la noche posterior a la conducción fueron mejores en participantes jóvenes, mientras que a los participantes mayores tuvieron una peor recuperación del sueño

Las contramedidas estudiadas son simples y de fácil acceso y ambos estudios desarrollan la experimentación en carretera in vivo, lo que es un aspecto innovador en este tipo de investigación.

Según el informe de un panel de expertos convocado por el Centro Nacional de Investigación de Trastornos del Sueño y la Administración Nacional de Seguridad Vial (Strohl et al., 1998) la mejor medida para prevenir la fatiga es la higiene del sueño, sin embargo, se ha demostrado que tomar un descanso para una siesta de alrededor de 15 a 20 minutos, mejora el rendimiento en la conducción incluso entre personas privadas de sueño.

Esto no se condice con el diseño de la siesta de ambos estudios, ya que, a pesar de que la siesta y sus características tanto temporales como ambientales se desarrollan bajo buen control investigativo, ésta sobrepasa la duración óptima establecida por Horne & Reyner (1995), que indican que las siestas mayores a 20 minutos pueden producir inercia del sueño.

Según los estudios de Horne & Reyner (1995), se describe que, en los simuladores de conducción, los conductores privados de sueño que consumieron cafeína redujeron las desviaciones del carril, los choques potenciales y la somnolencia durante aproximadamente una hora después del consumo.

En la evaluación de la somnolencia, el efecto del café y la siesta fue similar en participantes jóvenes, por lo que se pueden utilizar ambas medidas con el objetivo de disminuir la somnolencia. Sin embargo, en participantes mayores la mejor medida para contrarrestar la somnolencia fue el café. Blatter et al. (2006), ha demostrado que las personas de mediana edad son menos vulnerables a la privación del sueño de los jóvenes.

Dentro de las limitaciones de ambos estudios se encuentra el hecho que la contramedida de siesta requiere de áreas de descanso seguras para llevarse a cabo; factor que es considerado en ambos estudios, pero que limita la implementación de este tipo de estrategias en la práctica diaria.

En los estudios se realiza la experimentación en conductores no profesionales, por lo que pudiese haber factores ligados a la conducción profesional que no permitan relacionar directamente los resultados obtenidos en estas investigaciones con la población objetivo.

Los resultados expuestos nos permiten determinar que la siesta y el café tienen buena efectividad en disminuir la somnolencia en pacientes jóvenes, mientras que en los pacientes de mayor edad es preferible la contramedida de café.

7.1.3 Efectos de bebida energética más descanso.

La bebida energética por sí sola, como en combinación con descanso mejora la calidad de la conducción y la somnolencia, sin embargo, el efecto positivo de la combinación de ambas medidas sólo aplica en la variación de la posición del carril y en la variación del volante, que disminuyen especialmente con la combinación de ambas contramedidas.

Por otro lado, los resultados de la encuesta SOFI indican que la somnolencia al usar ambas contramedidas disminuye, pero sólo si se compara con el grupo control, ya que, si se compara con el consumo de bebida energética por sí sola, las medidas combinadas muestra mayor falta de energía, mayor discomfort, mayor esfuerzo físico y ligera somnolencia.

A lo anterior se suma que el estudio no describe con precisión metodológica en qué consiste el descanso de 10 minutos, insinuando en su marco teórico sobre el uso de las siestas como contramedida, pero dejando abierta la interrogante si los conductores salieron del simulador para descansar o se mantuvieron dentro del mismo, y de haberlo hecho, en qué condiciones se efectúa esta pausa. No se hace referencia a los posibles efectos adversos del consumo de bebida energética; tanto a corto plazo, durante la conducción; como a largo plazo, a

causa del consumo reiterado de sustancias estimulantes. Los investigadores tampoco exponen las causas de por qué el n inicial del estudio son 15 camioneros, mientras que los resultados expuestos consideraron sólo a 11 de éstos, explicando el evento como “problemas técnicos”.

El estudio no presenta resultados contradictorios, mas no aborda en profundidad la implementación de una de las contramedidas principales del estudio, por lo que no es posible ni siquiera hacer un contraste con otros experimentos de esta misma índole.

Según los resultados expuestos, la combinación de ambas medidas no aporta beneficios mayores que la utilización de ambas medidas por separado.

7.1.4 Efectos de la cafeína y de la luz.

En ambos estudios se distingue la eficacia del uso de cafeína y luz para disminuir los efectos de la fatiga por conducción, pues se obtienen resultados similares en relación a las mejoras en el rendimiento del conductor ya que disminuye la desviación lateral del automóvil, lo que implica que podrían ser una medida de uso complementario, debido a que por separado la cafeína muestra resultados positivos similares a los de la investigación realizada por Reyner & Horne (2000),

en el cual las medidas subjetivas de fatiga y el desempeño en la conducción son mejores posterior a la ingesta de café (200 mg cafeína). Sin embargo, la eficacia de la luz por sí sola no ha sido suficientemente investigada en relación a la tarea de conducción aunque en el estudio de Dollins et al. (1993) muestra que en humanos, la exposición a la luz brillante durante la noche suprime la elevación nocturna normal de la melatonina circulante, promoviendo los cambios en la secreción de ésta, lo que puede servir para acoplar ritmos biológicos al ciclo de luz diurno /nocturno alterando así el ciclo de sueño / vigilia y mejorando el rendimiento, por ejemplo en conducción en turnos nocturnos.

A pesar de que a grandes rasgos presentan resultados similares, en el estudio realizado por Taillard et al. (2012), la conducción se realizó en un contexto real en carretera, a diferencia del estudio realizado por Hartley et al. (2013) en el cual se utilizó un simulador de conducción, lo que imita las condiciones de una situación real pero no es completamente idéntico. A pesar de que cuando se conduce un vehículo real en la carretera aparentemente los datos obtenidos presentan mayor validez que los datos de un simulador, no necesariamente garantiza la validez del criterio que ha sido evaluado. La mayoría de los estudios de vehículos han sido llevado a cabo en centros cerrados de simulación o en la carretera. Los centros cerrados permiten un cierto grado de control experimental, pero éste es artificial. Por otro lado, la conducción en carretera es en gran parte incontrolable, pero es igualmente artificial, ya que el sujeto es consciente de que

está siendo estudiado, ya sea por la instrumentación o los observadores humanos. (George, 2003). Por lo que la confrontación de los resultados obtenidos en estudios realizados en simulador o carretera presentan grandes semejanzas. Algunas de las razones principales para el uso de simuladores en la conducción incluyen la seguridad del conductor, usuarios de carretera y el coste para los investigadores.

Otro punto importante que considerar es que a pesar de que ambas investigaciones evalúan la eficacia de la luz, existe una gran diferencia con relación a la iluminancia y distancia a la cual fue expuesto el estímulo lumínico en los conductores, lo que dificulta equiparar los resultados. Sin embargo, es necesario clarificar que la cantidad de lux emitida por el dispositivo tiene directa relación con los efectos revelados en dichos estudios.

Según el estudio realizado por Lewy et al. (1980), se evidencia que, para lograr modificaciones significativas con relación a variables como la somnolencia, es necesaria una exposición aguda a la luz y el dispositivo debe emitir sobre los 600 lux, debido a que una dosis todavía más baja (500 lux) no tiene efecto, lo que contradice los resultados obtenidos por Hartley et al. (2013), pues utilizan una baja iluminancia (20 lux).

Es necesaria más investigación de esta contramedida por sí sola, ya que esto aportaría más información en relación a cómo el conductor reacciona al estímulo lumínico de manera pura. También sería interesante realizar mediciones de los niveles de melatonina para así realizar el contraste con la evaluación de otra variable fisiológica.

7.1.5 Efectos de las bebida estimulante y tarea asociada.

Este estudio expone que tanto la bebida energética como la tarea de masticación, reducen la sensación de fatiga, sin embargo, es importante destacar que la tarea secundaria de pelar y comer semillas es la contramedida que demuestra tener mayor efectividad en la sensación de somnolencia, tanto en la conducción matutina como nocturna, mas no tiene buenos resultados en mejorar las medidas de rendimiento de conducción. Por otro lado, la bebida energética contribuye a una mejora en los tiempos de reacción y estabilidad de la conducción, pero estos efectos son limitados en el tiempo.

El estudio no presenta resultados contradictorios, sin embargo, no hace referencia a los posibles efectos adversos del consumo de bebidas energéticas. Una de las limitantes del estudio fue la realización de pruebas experimentales en conductores no profesionales, ya que basados en el antecedente que la encuesta

realizada por Gershon et al. (2011), indica que la mejor valoración de este tipo de contramedida es realizada por los conductores profesionales, por lo que podemos estimar que los resultados presentados en el presente estudio son sólo parcialmente extrapolables.

Es un estudio innovador, puesto que no existen estudios previos que implementen esta contramedida. En una encuesta realizada a conductores profesionales y no profesionales por Gershon et al. (2011), se describe que las medidas como dormir siesta, beber café; pelar y comer semillas de girasol, fumar; parar para ejercitarse, y lavarse la cara; fueron contramedidas utilizadas por los conductores profesionales por sobre los conductores no profesionales, mostrando gran aceptación en los conductores a pesar de ser medidas que requieren una preparación previa a la actividad de manejo. Lo anterior muestra evidencia de la experiencia empírica para sentar bases para la investigación presente.

7.2 Efectos de la tarea interactiva.

Se realizó el análisis de manera integrada debido a que todas las tareas interactivas poseen un componente verbal, a pesar de que la tarea interactiva secundaria es presentada en diferentes configuraciones.

Los resultados de estos estudios ponen en manifiesto que la utilización de medidas interactivas como tareas secundarias simultáneas al proceso de conducción, tienen efectos positivos en la disminución de la somnolencia subjetiva y mejoras significativas el rendimiento del conductor, reflejadas en parámetros como la desviación estándar de la posición lateral del carril. Estos resultados son comparables con un estudio de Verwey & Zaidel (1999), en el cual muestran que la realización de una tarea que exige la atención secundaria mientras se conduce, en ciertas condiciones de conducción puede aumentar el estado de alerta, compromiso y mejorar la respuesta a la tarea primaria.

Las nuevas investigaciones apoyan la idea de que una tarea verbal interactiva mejora el rendimiento de la conducción y así lo demuestra la evidencia expuesta en estos estudios, ya que las intervenciones interactivas aumentaron la vigilancia del conductor. Asimismo, se pudo demostrar en el estudio de Atchley et al. (2013), que una tarea interactiva continua con respuesta verbal utiliza recursos limitados de memoria de trabajo y produce mejores resultados que una tarea

pasiva como escuchar radio. Los hallazgos positivos en relación con el control lateral del vehículo y a la disminución de la desviación lateral, fueron similares en todos los estudios con la adición de una tarea secundaria. Sin embargo, en el estudio de Takayama & Nass (2008), se añade una variable extra con relación al tipo ruta simulada por la que se conduce, lo que es innovador desde la perspectiva de aplicabilidad a la conducción real, ya que gran parte de los estudios implementan una simulación solo de tipo monótona, que favorece la producción de somnolencia, por lo que resulta difícil extrapolar los resultados.

Por otro lado, el uso de tareas secundarias mientras se conduce un automóvil ha mostrado efectos adversos en la seguridad del conductor, ya que es necesaria la utilización de mayores recursos cognitivos, sumados a los que ya requiere la tarea de conducción por sí sola (Sayer, 2005), pues las limitaciones del rendimiento cognitivo humano se describen más exactamente en términos de una jerarquía de los recursos de procesamiento. En este caso en particular la conducción requerirá mayores demandas cognitivas para la mantención de la vigilancia, percepción espacial, tiempo de reacción entre otras. Sin embargo, cuando las tareas poseen un alto grado de similitud, la doble labor promueve el procesamiento combinado reduciendo así la interferencia de estas (Heuer, 1996). Por ejemplo, la tarea de manejo requiere una gran cantidad de estimulación visual, mientras que el uso de alguna tarea interactiva con estimulación acústica y respuesta verbal requiere una gran cantidad de atención auditiva y

procesamiento del habla. Esto se podría interpretar como que habría poca interferencia entre las dos tareas si se realizan al mismo tiempo, pero también existe un potencial de interferencia entre el uso de las medidas interactivas y el rendimiento de conducción porque ambas son tareas dinámicas multifacéticas con diferentes requisitos de procesamiento fisiológico (Heuer, 1996). Es también por esto que el uso del celular durante la conducción ha sido limitado, haciendo obligatorio el uso de manos libres o altavoces con el fin de evitar la distracción a causa del tecleo, y desatención al camino asociada a la tarea secundaria utilizando un equipo interactivo (Haigney & Westerman, 2001).

A pesar de que los cuatro estudios presentan diferentes medidas interactivas, en todas hay un componente verbal, obteniéndose resultados similares al estudio de Kaida et al. (2007), en el cual se evaluó cada 4 minutos los niveles de somnolencia mediante una respuesta verbal del conductor. Esto redujo significativamente la somnolencia en la prueba de conducción y mejoró la percepción subjetiva del rendimiento de ésta, lo que podría relacionar las mejoras obtenidas con el componente verbal entre evaluador y participante.

Por otro lado, en los estudios de Verwey & Zaidel (1999) y Takayama & Nass (2008), se separaron en diferentes categorías a los participantes según su nivel de somnolencia, sin embargo, esta segregación se realizó sólo en el proceso de reclutamiento y no se examinó previo a la simulación de conducción, por lo que

puede haber existido un cambio en los niveles de somnolencia de los conductores, lo que no fue cotejado nuevamente. Por esto, es necesario considerar la posible influencia de lo anterior en los resultados expuestos por los autores.

Una variable que no se evaluó en ningún estudio es la aplicabilidad de las medidas interactivas de manera generalizada, ya que únicamente se realizaron sesiones de acostumbramiento. Resulta indispensable considerar que existen diferencias individuales por parte de los conductores que podrían dificultar el uso de estas medidas, que están principalmente relacionadas al diseño de los sistemas interactivos, tipo de interfaz y modo de empleo de las tareas interactivas.

Con respecto a los estudios que incluían tareas interactivas utilizadas en forma de juego, como el gamebox en el estudio de Verwey & Zaidel (1999), y la trivia en el estudio de Gershon et al. (2009), son particularmente atractivos para el conductor, ya que destaca el efecto positivo sobre el nivel de motivación para la realización de la tarea y sobre la valoración subjetiva de la somnolencia, que en ambos casos fue menor a causa de la aplicación de un juego como tarea secundaria a la conducción.

Es importante que las intervenciones interactivas no sean excesivamente exigentes para el conductor para de esta manera obtener mejoras en los niveles de alerta y rendimiento de la conducción. Resulta importante seguir indagando en la naturaleza de la tarea interactiva secundaria, pues ésta pierde novedad debido a la repetición de las actividades y acostumbramiento por parte de los conductores, de manera que más que colaborar con el aumento de la alerta, podría interferir en la atención sostenida imprescindible durante la conducción, afectando el rendimiento de ésta. Es por esto por lo que es absolutamente necesario identificar las condiciones específicas de carácter mínimo para el soporte de los efectos beneficiosos anteriormente relatados.

De manera general los resultados son positivos, ya que los medios interactivos son una medida que tiene el potencial de mejorar el rendimiento de los conductores somnolientos en la tarea principal de conducir con seguridad. A pesar de las deficiencias metodológicas que presentan de manera individual cada uno de los estudios los resultados son significativos. Sin embargo, es importante conocer este factor pues puede ser la razón de los resultados obtenidos. Básicamente los errores ya sea en la parte metodológica o práctica de la investigación, pueden haber estado fundamentalmente constituidos por la arbitrariedad o falta de experiencia en la selección de los métodos y técnicas de investigación.

7.3 Efectos de las modificaciones viales y ambientales.

7.3.1 Tiras de estruendo.

Con relación a los efectos positivos, se observó que los niveles de somnolencia subjetiva y fisiológica disminuían al primer estruendo. Esto se asemeja a los hallazgos que encontró Anund et al. (2008), donde el efecto de alerta en la mayoría de los parámetros que indican somnolencia después de golpear la tira de estruendo disminuyó, por lo que el nivel de alerta mejoró, sin embargo, el efecto de esta contramedida es a corto plazo pues la somnolencia regresó a los 5 minutos después del golpe de la tira de estruendo. Asimismo, Anund et al. (2005), en su investigación valoró cómo los conductores fatigados pierden el control y salen del camino en carreteras con bandas de estruendo y sobre cómo las franjas sonoras deben estar diseñadas para ser efectivas en la disminución de la somnolencia en la carretera.

Lo expuesto en los resultados se atribuye a que el diseño de las bandas de estruendo busca alertar a un conductor somnoliento o con falta de atención cuando éste se desvía fuera del carril de circulación. Estudios de datos de auto reporte sugieren que, aproximadamente tres cuartas partes de los conductores indican que las tiras de estruendo aumentan la alerta y producen una corrección

en la trayectoria del vehículo después de golpear la banda sonora (Hatfield et al., 2009). Sin embargo, otros estudios de autoinforme revelan que los conductores prolongan la conducción con altos niveles de somnolencia pues la presencia de bandas sonoras ejerce protección o salvaguarda de seguridad (Marvin & Clark, 2003) lo que aumenta el riesgo de accidentes, pues la conducción somnolienta representa un peligro para la seguridad vial ya que está involucrada en un gran porcentaje de muertes y accidentes graves cada año. (Marvin & Clark, 2003)

En base a la literatura revisada este estudio es innovador en virtud de que los trabajos anteriormente publicados sólo evalúan el efecto inmediato de las tiras de estruendo durante la conducción. Sin embargo, la estabilidad de la eficacia de esta medida en el tiempo no ha sido previamente examinada por lo que la investigación sobre los efectos de los accesos a las tiras de estruendo de manera repetida en el tiempo aporta una nueva perspectiva a la información disponible.

En resumen, se deduce que es necesaria más investigación para comprender completamente el efecto de las tiras de estruendo como una medida para proporcionar mayor seguridad vial al conductor y los usuarios de carreteras; además, se debe seguir indagando incluyendo en la investigación otro tipo de vehículos como por ejemplo vehículos de transporte de pasajeros y de carga añadiendo también distintos tipos de diseño y colocación de las bandas sonoras en la pista.

7.3.2 Efectos de la estimulación térmica.

Los resultados obtenidos demuestran que recibir estimulación térmica fría a nivel facial, es una contramedida capaz de modificar la puntuación en la escala de somnolencia y variables fisiológicas como la frecuencia cardíaca en un período de tiempo corto, lo que es interpretado como una respuesta de carácter vagal reflejada en el aumento de la actividad simpática y parasimpática, siendo esta última la más activa. Asimismo, durante los períodos en que las variables sufrieron modificación el evaluador preguntó verbalmente al conductor por la somnolencia subjetiva (Bradley et al., 2008). La desventaja de esta medida es la baja eficacia a lo largo del tiempo, ya que los parámetros regresan a los niveles previos a la evaluación después de 1 minuto, lo que se asemeja a los resultados de Schmidt et al. (2011), en donde se investigan las mejoras en el estado de vigilancia durante el episodio de comunicación verbal, en el cual la activación persiste hasta 2 minutos después del final de la interacción, por lo que se puede asociar que en ambos estudios cierta parte del efecto de la activación simpática se debe a la estimulación a causa de la comunicación activa entre evaluador y evaluado. Otra desventaja de la utilización de esta contramedida es la rápida adaptación que sufren los conductores a la temperatura fría, lo que sugiere que es un estímulo que no tiene eficacia en el tiempo si no existe una variación de temperatura luego de 2 minutos.

Las posibles aplicaciones de esta medida resultan ser positivas si se implementa en un programa que posea otras alternativas a largo plazo que mejoren la somnolencia de la conducción monótona pues por si sola carece de efectividad en el tiempo.

7.4 Pausa activa para extremidad inferior.

Los resultados muestran que hay variaciones que son esperables a una respuesta a la activación simpática provocada por el ejercicio (mantención de la presión sistólica en el grupo B), o una respuesta de adaptación posterior al ejercicio (disminución de la frecuencia cardíaca posterior al período de conducción en el grupo B) (Chicharro & Vaquero, 2006). Incluso, los parámetros observados en el grupo A posterior a la conducción (disminución de la frecuencia cardíaca y disminución de la presión sistólica) son respuesta a la falta de actividad física que demanda un mayor gasto cardíaco para suplir necesidades fisiológicas, sumado a que el ambiente en el que se desarrolla el estudio es un ambiente controlado que no iguala a las alteraciones del ambiente real de conducción, por lo que podríamos decir que estos resultados en sí no entregan una información real en cuanto a efectividad del ejercicio como un receso efectivo para atenuar o disminuir la fatiga del conductor.

Se produce una buena respuesta en base a los efectos percibidos por los conductores considerando la información entregada por el cuestionario de evaluación subjetiva de fatiga al comparar ambos grupos posterior al tiempo de manejo. El grupo A versus el grupo B, muestran que la conducción continua por 2 horas aumenta la sensación de fatiga subjetiva, de manera que los resultados pueden interpretarse que el grupo B que realizó conducción más ejercicio, obtuvo significativamente menores índices de fatiga ya que su conducción no fue continua, en relación a la conducción continua sin pausa ni ejercicio realizada por el grupo A. Ya que la metodología no explica el tipo de ejercicio, la intensidad, ni frecuencia con que se realizó éste, no podemos asumir que el ejercicio efectivamente ofrece un resultado beneficioso. A lo anterior se suma que el estudio no considera la implicancia de la pausa que se realiza previo al desarrollo de la pauta de ejercicio, lo que puede haber alterado el nivel final de fatiga de los conductores.

Finalmente, se puede especular que este estudio no presenta suficiente evidencia que el ejercicio sea una medida que ayude en la mitigación de la fatiga en la conducción, ya sea por la sensación subjetiva de esta o por los efectos a nivel simpático. Los resultados expuestos en este estudio deberían ser evaluados en algún otro tipo de investigación relacionada al tópico, realizada en contexto in vivo con un programa de ejercicios que incluya trabajo físico integral. Sin embargo, entendiendo la dificultad que presenta llevarlo a cabo, podemos

encontrar utilidad en el presente estudio para estudiar la variación de parámetros fisiológicos que evidencian la fatiga.

Los estudios que utilizan bebidas estimulantes tales como café y bebida energética son de fácil acceso, con un efecto rápido con relación al aumento del estado de alerta en el conductor, disminuyendo la somnolencia y mejorando el rendimiento de la conducción, sin embargo, los efectos perjudiciales del consumo a largo plazo especialmente en conductores que trabajan en un sistema de turno nocturno sin rotación no son mencionados en ningún estudio. Faltan investigaciones con relación a como las bebidas estimulantes alteran la calidad del sueño posterior al turno de noche.

Por otro lado, la implementación de una tarea secundaria como pelar y masticar semillas en la conducción ha demostrado mantener el estado de alerta, sin embargo, no tiene efectos en la mejora del rendimiento de conducción.

Con relación a la utilización de tareas interactivas como contramedida, se ha demostrado que ésta tiene efectos positivos en el rendimiento de la conducción y en la disminución de la somnolencia, sin embargo, es necesaria mayor investigación con relación al tipo de tarea interactiva y en la modalidad en la cual ésta se implementa.

Las medidas de modificación vial muestran efectos positivos, sin embargo, estos efectos se mantienen por un corto plazo de tiempo, por lo que es necesario

investigar si modificaciones de la implementación de la contramedida mejoran el rendimiento por un período más largo de tiempo.

La estimulación térmica fría es una medida de fácil acceso y bajo costo, pero presenta índices de habituación rápida por lo que se necesita variar constantemente el rango de temperatura de aplicación para evitar el acostumbramiento sufrido por el conductor.

Los efectos del uso de luz continua y café mejoran los indicadores del rendimiento de la conducción y la somnolencia, pero es necesario clarificar el tipo de exposición del estímulo lumínico ya sea en intensidad o distancia del estímulo lumínico. Resulta indispensable evaluar la implementación de esta medida por sí sola, ya que los estudios actuales ligados a la conducción asocian la estimulación lumínica con otras contramedidas.

Por último, la contramedida de ejercicio ha sido una medida poco estudiada en relación con los parámetros del mismo (intensidad, frecuencia, tipo, etc.), y ligados a los efectos en conductores fatigados. Sería interesante considerar la realización de ejercicios tipo pausa activa y no solo ejercicios de movilidad en el habitáculo.

8. CONCLUSIÓN.

La cafeína y la administración de siestas son las contramedidas más efectivas. Por un lado, la cafeína ofrece una rápida respuesta, es de fácil acceso, costo e implementación, pero a la vez es la contramedida que presenta mayores cuestionamientos, debido a que colabora con el mantenimiento de la conducción aun cuando se está somnoliento, enmascarando sus efectos. Por otro lado, la siesta es una medida de fácil acceso, ya que el sueño es una respuesta fisiológica normal al cansancio, sin embargo, es una medida de difícil implementación, ya que para que ésta sea efectiva en términos de disminución la somnolencia y fatiga física del conductor no debe exceder cierto rango de tiempo, lo que es poco controlable debido a lo voluntario del proceso de dormir. Esto se relaciona a que en la mayoría de los casos el conductor debe cumplir una agenda relacionada a su labor, por lo que prefiere no tomar los descansos adecuados y continuar conduciendo y secundariamente ingerir alguna bebida con cafeína ya que los efectos son de rápida aparición y permiten continuar con la tarea de conducción.

Cada contramedida por si sola tiene un grado de efectividad como medida preventiva ante la somnolencia, sin embargo, es necesario considerar que

algunas de estas contramedidas propuestas, así como los resultados obtenidos en base a estudios experimentales lejanos a la realidad de la conducción, no son extrapolables a la conducción en carretera durante largos períodos. Por ejemplo, contramedidas como las tareas interactivas muestran eficacia al combatir la somnolencia, pero su aplicabilidad en la conducción real es difícil, puesto que necesitan de un equipo externo, lo cual genera un aumento de los costos para el empleador, además podría resultar de difícil acceso para conductores que tengan escaso dominio de la tecnología. Lo mismo sucede con las contramedidas ambientales, ya que estas están fuera del alcance de intervención por parte del conductor, incluso del empleador, debido a que requieren una modificación vial de mayor envergadura y generalmente solo pueden ser implementados en una determinada parte de la ruta.

Las tareas secundarias como pelar y comer semillas durante la conducción han demostrado tener un efecto positivo con relación a la disminución de la somnolencia, mas no tienen los efectos de mejora en el rendimiento de la conducción como lo tiene el consumo de cafeína.

La mejor medida contra la somnolencia y la fatiga en el conductor son aquellas que implican estrategias en el manejo y control de las horas de sueño y vigilia, por lo tanto, la implementación de medidas organizacionales podría entregar resultados significativos en la gestión de la fatiga y somnolencia en la conducción.

Resulta considerable que las contramedidas expuestas en los estudios sólo buscan resultados transitorios o rápidos y ninguna considera una solución de fondo a esta problemática. La higiene del sueño es la mejor estrategia de prevención en los conductores de turnos según diferentes autores.

En general este estudio nos permite determinar que las medidas preventivas para reducir los efectos de la somnolencia provocada por los largos períodos de conducción son de utilidad. Además, nos permite conocer y entender otras contramedidas igualmente importantes que podrían implementarse para reducir la somnolencia.

Finalmente, consideramos que las contramedidas expuestas en esta revisión tienen gran potencial investigativo, pudiendo ser complementarias. Sin embargo, no nos es posible afirmar la eficacia de una contramedida por sobre otra, a causa de las grandes diferencias en el proceso de implementación metodológica entre un estudio y otro.

9. LIMITANTES.

Una posible limitación de esta revisión incluye la amplitud de los conceptos del proceso de búsqueda, que puede no haber permitido la identificación de todos los estudios que muestran los efectos de la fatiga en el desempeño del conductor.

La limitación más importante es la fidelidad y veracidad de los datos, por tratarse de un trabajo con un componente subjetivo muy importante.

Otra limitación la constituye el tamaño de la muestra, ya que en algunos casos entre estudios existe una gran diferencia de conductores participantes aptos para realizar la sesión de conducción, en suma, al tiempo de conducción que difería entre cada estudio lo que dificulta generalizar los resultados obtenidos.

La gran variedad de enfoques de investigación adoptados por los estudios revisados también dificulta resumir y obtener hallazgos relevantes para temas tales como la disminución de la somnolencia donde métodos subjetivos se utilizaron principalmente para analizar el efecto correspondiente.

10. REFERENCIAS.

1. Adams-Guppy, J., & Guppy, A. (2003). Truck driver fatigue risk assessment and management: a multinational survey. *Ergonomics*, 46(8), 763-779.
2. Åhsberg, E., Garnberale, F., & Kjellberg, A. (1997). Perceived quality of fatigue during different occupational tasks development of a questionnaire. *International journal of industrial ergonomics*, 20(2), 121-135.
3. Åkerstedt, T. (1995). Work hours, sleepiness and accidents Introduction and summary. *Journal of Sleep Research*, 4(s2), 1-3.
4. Åkerstedt, T. (1995). Work hours, sleepiness and the underlying mechanisms. *Journal of sleep research*, 4(s2), 15-22.
5. Åkerstedt, T. (2003). Shift work and disturbed sleep/wakefulness. *Occupational medicine*, 53(2), 89-94.
6. Åkerstedt, T., Czeisler, CA, Dinges, DF, Horen, JA (1994). Accidents and sleepiness a consensus a statement from the international conference on Works hours sleepness and accidents. *J. Sleep Res.* 3, 194-196.
7. Alford, C., Cox, H. and Wescott, R. (2001). The effects of Red Bull Energy Drink on human performance and mood. *Amino Acids*, 21(2), pp.139-150.
8. Almirall, P. (1996). *Ergonomía, trabajo y salud*. La Habana: Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores. Manuscrito no publicado.

9. American Automobile Association Foundation for Traffic Safety (2010) *Asleep the wheel: the prevalence and impact of drowsy driving*, American Automobile Association Foundation for Traffic Safety.
10. Anund, A., Hjalmdahl, M., Sehammar, H., Palmqvist, G., & Thorslund, B. (2005). Placement and design of milled rumble strips on centre line and shoulder: A driving simulator study.
11. Anund, A., Kecklund, G., Vadeby, A., Hjalmdahl, M., & Åkerstedt, T. (2008). The alerting effect of hitting a rumble strip—a simulator study with sleepy drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 40(6), 1970-1976.
12. Arnold, P. K., Hartley, L. R., Corry, A., Hochstadt, D., Penna, F., & Feyer, A. M. (1997). Hours of work, and perceptions of fatigue among truck drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 29(4), 471-477
13. Arrive Alive. (2017). *Safe Driving in Bad Weather Conditions*. 27 Sep. 2017, sitio web: <https://www.arrivealive.co.za/Safe-Driving-in-Bad-Weather-Conditions>.
14. Bartlett, F. (1953). Psychological criteria of fatigue. In W. F. Floyd & A. T. Welford, *Symposium on fatigue* (pp. 1-5). Oxford, England: H. K. Lewis & Co.
15. Bartley, S. H., & Chute, E. (1947). Fatigue and impairment in man.
16. Bazargan, M. (1996). Self-reported sleep disturbance among African-American elderly: the effects of depression, health status, exercise, and social support. *The International Journal of Aging and Human Development*, 42(2), 143-160.
17. Beurskens, A. J., Bültmann, U., Kant, I., Vercoulen, J. H., Bleijenberg, G., & Swaen, G. M. (2000). Fatigue among working people: validity of a questionnaire measure. *Occupational and environmental medicine*, 57(5), 353-357.

18. Blatter, K., Graw, P., Münch, M., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A., & Cajochen, C. (2006). Gender and age differences in psychomotor vigilance performance under differential sleep pressure conditions. *Behavioural brain research*, 168(2), 312-317.
19. Boada i Grau, J., de Diego Vallejo, R., Agulló Tomás, E., & Mañas Rodríguez, M. Á. (2005). El absentismo laboral como consecuente de variables organizacionales. *Psicothema*, 17(2).
20. Bradley, M. M., Miccoli, L., Escrig, M. A., & Lang, P. J. (2008). The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology*, 45(4), 602-607.
21. Brice, C. and Smith, A. (2001). The effects of caffeine on simulated driving, subjective alertness and sustained attention. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 16(7), pp.523-531
22. Brown, I. (1994). Driver Fatigue. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 36(2), pp.298-314.)
23. Brown, I. D. (1982). Driving fatigue. *Endeavour*, 6(2), 83-90.
24. Brown, I.D., Eng, C., (1967). Car driving and fatigue. *Triangle* 8 (4), 131–137.
25. Cardinali, D. P., Brusco, L. I., & Cutrera, R. A. (2005). Ritmos biológicos. *Fisiología Humana*. 3rd ed. JAF Tresguerres, 1119-1133.
26. Carrillo-Mora, P., Ramírez-Peris, J., & Magaña-Vázquez, K. (2013). Neurobiología del sueño y su importancia: antología para el estudiante universitario. *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 56(4), 5-15.
27. Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana

28. Chrousos, G. P., & Gold, P. W. (1992). The concepts of stress and stress system disorders: overview of physical and behavioral homeostasis. *Jama*, 267(9), 1244-1252.
29. Connor, J., Norton, R., Ameratunga, S., Robinson, E., Civil, I., Dunn, R., ... & Jackson, R. (2002). Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *Bmj*, 324 (7346), 1125.
30. Crawford, A. (1961). Fatigue and driving. *Ergonomics*, 4(2), 143-154.
31. Czeisler, C. A., Duffy, J. F., Shanahan, T. L., Brown, E. N., Mitchell, J. F., Rimmer, D. W., & Dijk, D. J. (1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, 284(5423), 2177-2181.
32. Czeisler, C. A., Walsh, J. K., Roth, T., Hughes, R. J., Wright, K. P., Kingsbury, L., & Dinges, D. F. (2005). Modafinil for excessive sleepiness associated with shift-work sleep disorder. *New England Journal of Medicine*, 353(5), 476-486
33. Dawson, D., Chapman, J., & Thomas, M. J. (2012). Fatigue-proofing: a new approach to reducing fatigue-related risk using the principles of error management. *Sleep medicine reviews*, 16(2), 167-175.
34. Dinges DF, Kribbs NB. (1991). Performing while sleepy: Effects of experimentally induced sleepiness. In Monk TH (ed.) *Sleep, sleepiness and performance*, pp. 97–128.
35. Dinges, D. F., Orne, M. T., Whitehouse, W. G., & Orne, E. C. (1987). Temporal placement of a nap for alertness: contributions of circadian phase and prior wakefulness. *Sleep*, 10(4), 313-329.
36. Dollins, A. B., Lynch, H. J., Wurtman, R. J., Deng, M. H., & Lieberman, H. R. (1993). Effects of illumination on human nocturnal serum melatonin levels and performance. *Physiology & behavior*, 53(1), 153-160.
37. E. Grandjean. (Taylor & Francis Ltd). (1969). *Fitting the Task to the Man: An Ergonomic Approach* (Pp. 161). London.

38. Edery, I. (2000). Circadian rhythms in a nutshell. *Physiological genomics*, 3(2), 59-74.
39. Falagas, M. E., Pitsouni, E. I., Malietzis, G. A., & Pappas, G. (2008). Comparison of PubMed, Scopus, web of science, and Google scholar: strengths and weaknesses. *The FASEB journal*, 22(2), 338-342.
40. Feyer, A. M., & Williamson, A. M. (1995). The influence of operational conditions on driver fatigue in the long-distance road transport industry in Australia. *International Journal of industrial ergonomics*, 15(4), 229-235.
41. Fishbain, D., Cutler, R., Rosomoff, H. and Rosomoff, R. (2003). Are Opioid-Dependent/Tolerant Patients Impaired in Driving-Related Skills? A Structured Evidence-Based Review. *Journal of Pain and Symptom Management*, 25(6), pp.559-577.
42. Fournier, P. S., Montreuil, S., & Brun, J. P. (2007). Fatigue management by truck drivers in real life situations: Some suggestions to improve training. *Work*, 29(3), 213-224.
43. FRMS Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación, 2012.
44. Gala, F. J., Giménez, M. L., Guillén, C., Sanabria, A. G., Cerdeira, N. L., & Roa, J. M. (2003). El sueño normal: perspectivas actuales. *C Med Psicosom*, 67(68), 7-19.
45. George, C. F. (2003). Driving simulators in clinical practice. *Sleep Medicine Reviews*, 7(4), 311-320.
46. Gershon, P., Shinar, D., Oron-Gilad, T., Parmet, Y., & Ronen, A. (2011). Usage and perceived effectiveness of fatigue countermeasures for professional and nonprofessional drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 797-803.
47. Grandjean, E., (1988). *Fitting the Task to the Man*. London, United Kingdom. Taylor and Francis.

48. Gyawali, P. (2000). Is taking a siesta really a health hazard? *Archives of internal medicine*, 160(5), 711-711.
49. Haber, H., Brenner, R., & Hulbert, S. (1954). Psychology of trip geography. *Highway Research Board Bulletin*, 91, 1-20.
50. Haigney, D., & Westerman, S. J. (2001). Mobile (cellular) phone use and driving: A critical review of research methodology. *Ergonomics*, 44(2), 132-143.
51. Häkkänen, H., & Summala, H. (2000). Sleepiness at work among commercial truck drivers. *Sleep*, 23(1), 49-57.
52. Hamblin, P. (1987). Lorry driver's time habits in work and their involvement in traffic accidents. *Ergonomics*, 30(9), 1323-1333.
53. Harris, W., & Mackie, R. R. (1972). A study of the relationships among fatigue, hours of service, and safety of operations of truck and bus drivers. *Human Factors Research*.
54. Harrison, Y., & HORNE, J. (1998). Sleep loss impairs short and novel language tasks having a prefrontal focus. *Journal of sleep research*, 7(2), 95-100.
55. Hatfield, J., Murphy, S., & Job, R. S. (2008). Beliefs and behaviours relevant to the road safety effects of profile lane-marking. *Accident Analysis & Prevention*, 40(6), 1872-1879.
56. Hatfield, J., Murphy, S., Job, R. S., & Du, W. (2009). The effectiveness of audio-tactile lane-marking in reducing various types of crash: a review of evidence, template for evaluation, and preliminary findings from Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 365-379.
57. Heuer, H. (1996). Dual-task performance. *Handbook of perception and action*, 3, 113-153.
58. Horne, J. A., & Reyner, L. A. (1995). Driver sleepiness. *Journal of sleep research*, 4(s2), 23-29.

59. Jackson, P., Hilditch, C., Holmes, A., Reed, N., Merat, N., & Smith, L. (2011). Fatigue and road safety: A critical analysis of recent evidence.
60. Jackson, P., Hilditch, C., Holmes, A., Reed, N., Merat, N., & Smith, L. (2011). Fatigue and road safety: A critical analysis of recent evidence.
61. Jones, C. B., Dorrian, J., Rajaratnam, S. M., & Dawson, D. (2005). Working hours regulations and fatigue in transportation: A comparative analysis. *Safety science*, 43(4), 225-252.
62. Jordá Rodrigo, P., & Meroño Gallut, A. J. (2006). Ergonomía del conductor de automóvil para la prevención de lesiones en accidentes de tráfico. *Revista de Fisioterapia*, 5(Suplemento).
63. Kaida, K., Åkerstedt, T., Kecklund, G., Nilsson, J. P., & Axelsson, J. (2007). The effects of asking for verbal ratings of sleepiness on sleepiness and its masking effects on performance. *Clinical Neurophysiology*, 118(6), 1324-1331.
64. Kmet, L. M., Lee, R. C., & Cook, L. S. (2004). Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields (Vol. 22). Edmonton: Alberta Heritage Foundation for Medical Research.
65. Kripke, D. F., Simons, R. N., Garfinkel, L., & Hammond, E. C. (1979). Short and long sleep and sleeping pills: is increased mortality associated? *Archives of general psychiatry*, 36(1), 103-116.
66. Kroemer, K. H., Kroemer, H. B., & Kroemer-Elbert, K. E. (2001). *Ergonomics: how to design for ease and efficiency*. Pearson College Division.
67. Krueger, G. P. (2011). Book Review: *Driver Distraction: Theory, Effects, and Mitigation*. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 19(4), 31-32

68. Lal, S. K., & Craig, A. (2000). Driver fatigue: Psychophysiological effects. In International Conference on Fatigue and Transportation, 4th, 2000, Fremantle, Western Australia.
69. Lal, S. K., & Craig, A. (2001). A critical review of the psychophysiology of driver fatigue. *Biological psychology*, 55(3), 173-194.
70. Lee, J. H., Jin, B. S., & Ji, Y. (2009). Development of a Structural Equation Model for ride comfort of the Korean high-speed railway. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 7-14.
71. Lewy, A. J., Wehr, T. A., Goodwin, F. K., Newsome, D. A., & Markey, S. P. (1980). Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science*, 210(4475), 1267-1269.
72. Lim, J. and Dinges, D. (2010). A meta-analysis of the impact of short-term sleep deprivation on cognitive variables. *Psychological Bulletin*, 136(3), pp. 375-389.
73. Lim, J., & Dinges, D. F. (2008). Sleep deprivation and vigilant attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1129(1), 305-322.
74. Lubin, A., Hord, D. J., Tracy, M. L., & Johnson, L. C. (1976). Effects of exercise, bedrest and napping on performance decrement during 40 hours. *Psychophysiology*, 13(4), 334-339.
75. Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., Caffier, G., Liebers, F., & World Health Organization. (2004). *Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo*
76. Marvin, R. R., & Clark, D. J. (2003). An evaluation of shoulder rumble strips in Montana.
77. Matsumoto, K., & Harada, M. (1994). The effect of night-time naps on recovery from fatigue following night work. *Ergonomics*, 37(5), 899-907.

78. McDonald, N. (1984). *FATIGUE, SAFETY AND THE TRUCK DRIVER*. London, United Kingdom. Taylor and Francis.
79. Miller, J. C., & Mackie, R. R. (1980). Effects of irregular schedules and physical work on commercial driver fatigue and performance. *Human Factors in Transport Research* Edited By Dj Osborne, Ja Levis, 1.
80. Milosevic, S. (1997). Drivers' fatigue studies. *Ergonomics*, 40(3), 381-389.
81. Miró, E., Cano Lozano, M. D. C., & Buena Casal, G. (2005). Sueño y calidad de vida. *Revista colombiana de psicología*. Volumen 14, p. 11-27.
82. Montes-Rodríguez, C. J., Rueda-Orozco, P. E., Urteaga-Urías, E., Aguilar-Roblero, R., & Prospero-García, O. (2006). De la restauración neuronal a la reorganización de los circuitos neuronales: una aproximación a las funciones del sueño. *Rev Neurol*, 43(409), 15.
83. Moore-Ede, M. C., Sulzman, F. M., & Fuller, C. A. (1982). *The clocks that time us* (Vol. 448). Cambridge, MA: Harvard University Press.
84. National Highway Traffic Safety Administration. (1998). *Drowsy driving and automobile crashes*. NCSDR/NHTSA Expert Panel on Driver Fatigue and Sleepiness. DOT Report HS, 808, 707.
85. National Transportation Safety Board. (1995). *Factors that affect fatigue in heavy truck accidents*. Safety Study, Vol. 1
86. Nogareda Cuixart, C., & Nogaradea Cuixart, S. (1997). Trabajo a turnos y nocturno aspectos organizativos. *Nota Técnica de Prevención*, 455.
87. Okogbaa, O. G., Shell, R. L., & Filipusic, D. (1994). On the investigation of the neurophysiological correlates of knowledge worker mental fatigue using the EEG signal. *Applied Ergonomics*, 25(6), 355-365.
88. OMS, Informe mundial (2004). *Prevención de los Traumatismos causados por el Tránsito*.

89. Oron-Gilad, T., Ronen, A., y Sinar, D. (2008). Alertness maintaining tasks while driving. *Accident analysis and prevention* 40, 851-860
90. Palermo, T. A. D. C., Rotenberg, L., Zeitoune, R. C. G., Silva-Costa, A., Souto, E. P., & Griep, R. H. (2015). Napping during the night shift and recovery after work among hospital nurses. *Revista latinoamericana de enfermagem*, 23(1), 114-121.
91. Pardo Lozano, R., Alvarez García, Y., Barral Tafalla, D., & Farré Albaladejo, M. (2007). Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. *Adicciones*, 19(3).
92. Philip, P., Sagaspe, P., Moore, N., Taillard, J., Charles, A., Guilleminault, C., & Bioulac, B. (2005). Fatigue, sleep restriction and driving performance. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 473-478.
93. Pressman, M. R. (1986). Sleep and sleep disorders: An introduction. *Clinical Psychology Review*, 6(1), 1-9.
94. Punjabi, N. M., Bandeen-Roche, K., & Young, T. (2003). Predictors of objective sleep tendency in the general population. *Sleep*, 26(6), 678-683.
95. Ramírez, F. A. V., Martín, C. R. R., Liria, R. L., Cortés, M. D. C. M., Martín, F. J. G., & Góngora, D. P. (2010). Consideraciones para una óptima salud en el puesto de trabajo. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1), 221-226.)
96. Ramírez-Elizondo, N., Paravic-Klijn, T., & Valenzuela-Suazo, S. (2013). Riesgo de los turnos nocturnos en la salud integral del profesional de enfermería. *Index de Enfermería*, 22(3), 152-155.
97. Reyner, L. A., & Horne, J. A. (2000). Early morning driver sleepiness: effectiveness of 200 mg caffeine. *Psychophysiology*, 37(2), 251-256.
98. Richter, H. G., Torres-Farfan, C., Rojas-Garcia, P. P., Campino, C., Torrealba, F., & Seron-Ferre, M. (2004). The circadian timing system: making sense of day/night gene expression. *Biological Research*, 37(1), 11-28.

99. Romero Navarrete, J. A., Martínez Madrid, M., Betanzo Quezada, E., Ramírez Cano, O., & Fortanell Romero, J. M. (2004). Aspectos de la Fatiga del conductor y estudio de las tecnologías para detectarla y prevenirla. *Publicación Técnica*, (241).
100. Roussos, A., Franchello, A., Flax, M. F., De Leo, M., Larocca, T., Barbeito, S. & Alculumbre, R. (2009). Bebidas energizantes y su consumo en adolescentes. *Actualización en Nutrición*, 10(2), 124-129.
101. Royal, D. (2003). National survey of distracted and drowsy driving attitudes and behaviors: 2002: volume 1: findings report.
102. Sallinen, M., Härmä, M., Åkerstedt, T., Rosa, R., & Lillqvist, O. (1998). Promoting alertness with a short nap during a night shift. *Journal of Sleep Research*, 7(4), 240-247.)
103. Sánchez González, J. M. (2005). Análisis de los efectos de la nocturnidad laboral permanente y de la rotación de turnos en el bienestar, la satisfacción familiar y el rendimiento perceptivo-visual de los trabajadores. *Universitat de les Illes Balears*.
104. Santos, J., Carvalhais, C., Ramos, C., Coelho, T., Monteiro, P. R., & Vaz, M. (2017). Portuguese version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI) among assembly workers: Cultural adaptation, reliability and validity. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 30(3), 407-417.
105. Sayer, J. R. (2005). The effects of secondary tasks on naturalistic driving performance.
106. Schmidt, E., Schrauf, M., Simon, M., Buchner, A. and Kincses, W. (2011). The short-term effect of verbally assessing drivers' state on vigilance indices during monotonous daytime driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 14(3), pp.251-260.
107. Sinar, D., 2007. *Traffic Safety and Human Behavior*. Elsevier, Oxford, UK.

108. Smith, A. (1989). Diurnal variations in performance. Acquisition and performance of cognitive skills, 301-325.
109. Sparrow, A., Mollicone, D., Kan, K., Bartels, R., Satterfield, B., Riedy, S., Unice, A. and Van Dongen, H. (2016). Naturalistic field study of the restart break in US commercial motor vehicle drivers: Truck driving, sleep, and fatigue. *Accident Analysis & Prevention*, 93, pp.55-64.
110. Storie, V. J. (1984). Involvement of goods vehicles and public service vehicles in motorway accidents (No. LR 1112 Monograph).
111. Strohl KP, Blatt J, Council F, Georges K, Kiley J, Kurrus R, McCartt AT, Merritt SL, Pack AI, Rogus S, Roth T, Stutts J, Waller P, Willis D. (1998). Drowsy driving and automobile crashes: a expert panel on driver fatigue and sleepiness. National Highway Traffic Safety Administration.
112. Stubbs, D., & Buckle, P. (1992). Back and upper limb disorders. *The Practitioner*, 236 (1510), 34-37.
113. Thorpy, M. J. (2012). Classification of sleep disorders. *Neurotherapeutics*, 9(4), 687-701.
114. Transport for NSW. (2011). road traffic in new south whales: in statistical statement for the year ended 31 december 2011. Road Traffic Crashes In New South Wales.
115. Van Dijk, F. J. H., Souman, A. M., & De Vries, F. F. (1987). Non-auditory effects of noise in industry. *International archives of occupational and environmental health*, 59(2), 133-145.
116. Van Dongen, H. P., Maislin, G., Mullington, J. M., & Dinges, D. F. (2003). The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*, 26(2), 117-126.
117. Velluti, R. A., & Pedemonte, M. (2004). Fisiología de la vigilia y el sueño. *Fisiología humana*, 149-165.

118. Viroto D., Rodríguez M. (2009). Prácticas de actividad física y deportiva en el ámbito laboral: estrategias para su incentivo. Documento tomado de chiledeportes. Gobierno de Chile.
119. Westchester, I. L. (2005). The international classification of sleep disorders: diagnostic and coding manual. Am Acad Sleep Med.
120. Williamson, A., Friswell, R., & Sadural, S. (2001). Driver fatigue: a survey of long distance heavy vehicle drivers in Australia.
121. Williamson, A., Friswell, R., Olivier, J. and Grzebieta, R. (2014). Are drivers aware of sleepiness and increasing crash risk while driving?. Accident Analysis & Prevention, 70, pp.225-234.
122. Winwood, P. C., Winefield, A. H., Dawson, D., & Lushington, K. (2005). Development and validation of a scale to measure work-related fatigue and recovery: the Occupational Fatigue Exhaustion/Recovery Scale (OFER). Journal of Occupational and Environmental Medicine, 47(6), 594-606.

11. ANEXOS.

Anexo 1: Qalsyst: Calidad metodológica estudios cuantitativos. Puntaje obtenido por los diferentes artículos en la escala.

	Puntaje según paper : Σ puntaje total/puntaje máximo	61%
	Aprobación: 16,8 = 60% de 28	SI
TOTAL	17	61%
Conclusions supported by the results?	2	SI
Results reported in sufficient detail?	2	SI
Controlled for confounding?	0	SI
Some estimate of variance is reported for the main results?	1	SI
Analytic methods described/justified and appropriate?	2	SI
Sample size appropriate?	2	SI
Outcome and (if applicable) exposure measure(s) well defined and robust to measurement/misclassification bias? means of assessment reported?	2	SI
If interventional and blinding of subjects was possible, was it reported?	0	SI
If interventional and blinding of investigators was possible, was it reported?	0	SI
If interventional and random allocation was possible, was it described?	0	SI
Subject (and comparison group, if applicable) characteristics information/input variables described and appropriate?	1	SI
Method of subject/comparison group selection or source of information/input variables described and appropriate?	1	SI
Study design evident and appropriate?	2	SI
Question / objective sufficiently described?	2	SI
P. Atchley et al., 2014	2	SI
C. Watling et al., 2016	2	SI
E. Schmidt et al., 2017	1	SI
P. Gershon et al., 2009	2	SI
P. Gershon et al., 2009	2	SI
A. Ronen et al., 2014	2	SI
P. Sagaspe et al., 2007	2	SI
S.L. Hartley et al., 2014	2	SI
P. Philip et al., 2006	2	SI
W. Chieh Liang et al., 2009	1	SI
M. A. J. Mets et al., 2012	2	SI
S. Biggs et al., 2007	2	SI
M.A. J. Mets et al., 2011	2	SI
Takayama & Nass, 2008	2	SI
J. Taillard et al., 2012	2	SI
Verwey & Zaidel, 1999	2	SI
Reyner & Horne, 2002	2	SI
S. Jay et al., 2006	2	SI

Anexo 2: Estudios utilizados en esta revisión.

- Atchley, P., Chan, M. and Gregersen, S. (2013). A Strategically Timed Verbal Task Improves Performance and Neurophysiological Alertness During Fatiguing Drives. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 56(3), pp.453-462.
- Biggs, S., Smith, A., Dorrian, J., Reid, K., Dawson, D., van den Heuvel, C. and Baulk, S. (2007). Perception of simulated driving performance after sleep restriction and caffeine. *Journal of Psychosomatic Research*, 63(6), pp.573-577.
- Gershon, P., Ronen, A., Oron-Gilad, T. and Shinar, D. (2009). The effects of an interactive cognitive task (ICT) in suppressing fatigue symptoms in driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(1), pp.21-28.
- Gershon, P., Shinar, D. and Ronen, A. (2009). Evaluation of experience-based fatigue countermeasures. *Accident Analysis & Prevention*, 41(5), pp.969-975.
- Hartley, S., Barbot, F., Machou, M., Lejaille, M., Moreau, B., Vaugier, I., Lofaso, F. and Quera-Salva, M. (2013). Combined caffeine and bright light reduces dangerous driving in sleep-deprived healthy volunteers: A Pilot Cross-Over Randomised Controlled Trial. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 43(3), pp.161-169.
- Jay, S., Petrilli, R., Ferguson, S., Dawson, D. and Lamond, N. (2006). The suitability of a caffeinated energy drink for night-shift workers. *Physiology & Behavior*, 87(5), pp.925-931.
- Liang, W., Yuan, J., Sun, D. and Lin, M. (2009). Changes in Physiological Parameters Induced by Indoor Simulated Driving: Effect of Lower Body Exercise at Mid-Term Break. *Sensors*, 9(9), pp.6913-6933.

- Mets, M., Baas, D., van Boven, I., Olivier, B. and Verster, J. (2012). Effects of coffee on driving performance during prolonged simulated highway driving. *Psychopharmacology*, 222(2), pp.337-342.
- Mets, M., Ketzer, S., Blom, C., van Gerven, M., van Willigenburg, G., Olivier, B. and Verster, J. (2010). Positive effects of Red Bull® Energy Drink on driving performance during prolonged driving. *Psychopharmacology*, 214(3), pp.737-745.
- Philip, P. (2007). Effects of Coffee and Napping on Nighttime Highway Driving. *Annals of Internal Medicine*, 146(3), p.229.
- Reyner, L. and Horne, J. (2002). Efficacy of a 'functional energy drink' in counteracting driver sleepiness. *Physiology & Behavior*, 75(3), pp.331-335.
- Ronen, A., Oron-Gilad, T. and Gershon, P. (2014). The combination of short rest and energy drink consumption as fatigue countermeasures during a prolonged drive of professional truck drivers. *Journal of Safety Research*, 49, pp.39.e1-43.
- Sagaspe, P., Taillard, J., Chaumet, G., Moore, N., Bioulac, B. and Philip, P. (2007). Aging and Nocturnal Driving: Better with Coffee or a Nap? A Randomized Study. *Sleep*, 30(12), pp.1808-1813.
- Schmidt, E., Decke, R., Rasshofer, R. and Bullinger, A. (2017). Psychophysiological responses to short-term cooling during a simulated monotonous driving task. *Applied Ergonomics*, 62, pp.9-18.
- Taillard, J., Capelli, A., Sagaspe, P., Anund, A., Akerstedt, T. and Philip, P. (2012). In-Car Nocturnal Blue Light Exposure Improves Motorway Driving: A Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*, 7(10), p.e 46750.
- Takayama, L. and Nass, C. (2008). Assessing the Effectiveness of Interactive Media in Improving Drowsy Driver Safety. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(5), pp.772-781.

- Verwey, W. and Zaidel, D. (1999). Preventing drowsiness accidents by an alertness maintenance device. *Accident Analysis & Prevention*, 31(3), pp.199-211.
- Watling, C., Åkerstedt, T., Kecklund, G. and Anund, A. (2015). Do repeated rumble strip hits improve driver alertness? *Journal of Sleep Research*, 25(2), pp.241-247.

Anexo 3: Inventario Sueco de Fatiga Ocupacional. (SOFI-20)

Think of how it felt when you were most tired. To what extent do the expressions below describe how you felt? For every expression, answer spontaneously, and mark the number that corresponds to how you feel right now. The numbers vary between 0 (not at all) and 6 (to a very high degree).

	not at all						to a very high degree	
	0	1	2	3	4	5	6	
palpitations	0	1	2	3	4	5	6	
lack of concern	0	1	2	3	4	5	6	
worn out	0	1	2	3	4	5	6	
tense muscles	0	1	2	3	4	5	6	
falling asleep	0	1	2	3	4	5	6	
numbness	0	1	2	3	4	5	6	
sweaty	0	1	2	3	4	5	6	
spent	0	1	2	3	4	5	6	
drowsy	0	1	2	3	4	5	6	
passive	0	1	2	3	4	5	6	
stiff joints	0	1	2	3	4	5	6	
indifferent	0	1	2	3	4	5	6	
out of breath	0	1	2	3	4	5	6	
yawning	0	1	2	3	4	5	6	
drained	0	1	2	3	4	5	6	
sleepy	0	1	2	3	4	5	6	
overworked	0	1	2	3	4	5	6	
aching	0	1	2	3	4	5	6	
breathing heavily	0	1	2	3	4	5	6	
uninterested	0	1	2	3	4	5	6	

© The Swedish Occupational Fatigue Inventory-20

Arbetslivsinstitutet, E. Åhsberg, F. Gamberale, A. Kjellberg, 1998

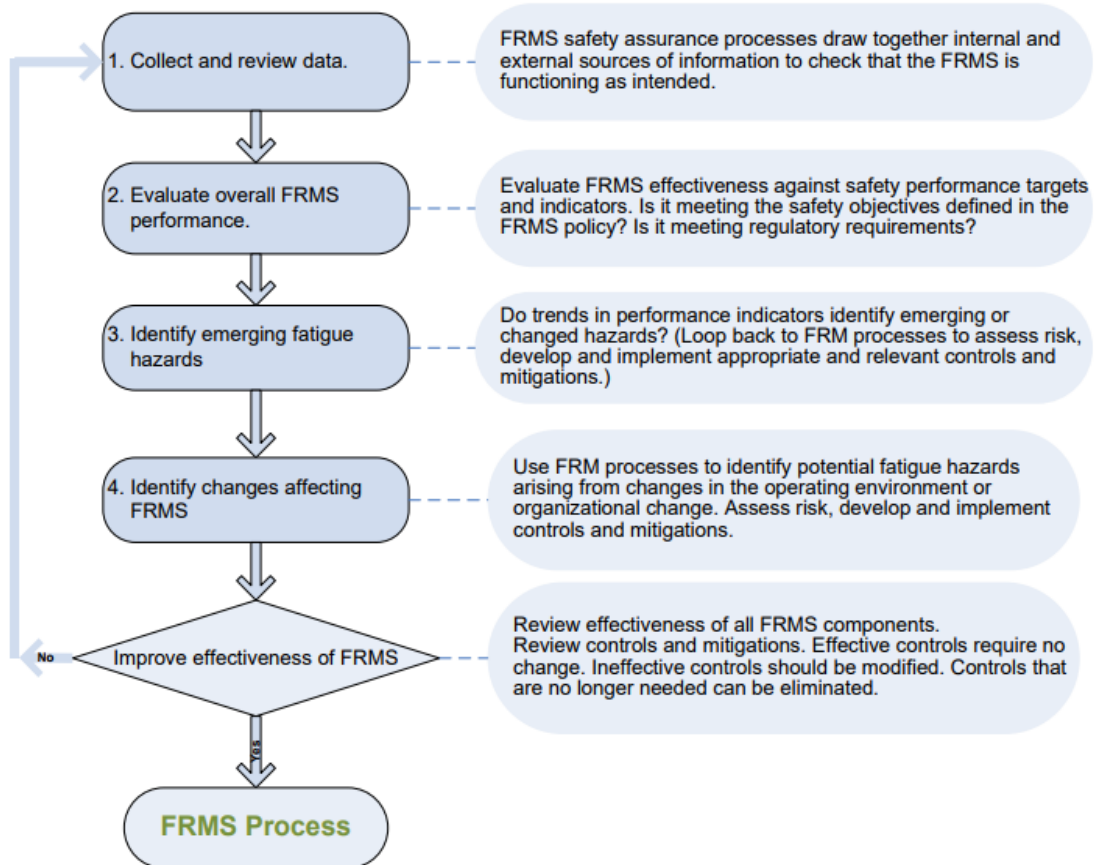
Åhsberg, E. (2000). Dimensions of fatigue in different working populations. *Scandinavian journal of psychology*, 41(3), 231-241.

Anexo 4: Lista de verificación para evaluar la calidad de los estudios cuantitativos

Criteria		YES (2)	PARTIAL (1)	NO (0)	N/A
1	Question / objective sufficiently described?				
2	Study design evident and appropriate?				
3	Method of subject/comparison group selection or source of information/input variables described and appropriate?				
4	Subject (and comparison group, if applicable) characteristics sufficiently described?				
5	If interventional and random allocation was possible, was it described?				
6	If interventional and blinding of investigators was possible, was it reported?				
7	If interventional and blinding of subjects was possible, was it reported?				
8	Outcome and (if applicable) exposure measure(s) well defined and robust to measurement / misclassification bias? Means of assessment reported?				
9	Sample size appropriate?				
10	Analytic methods described/justified and appropriate?				
11	Some estimate of variance is reported for the main results?				
12	Controlled for confounding?				
13	Results reported in sufficient detail?				
14	Conclusions supported by the results?				

Kmet, L. M., Lee, R. C., & Cook, L. S. (2004). Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields (Vol. 22). Edmonton : Alberta Heritage Foundation for Medical Research.

Anexo 5: Sistema de gestión de riesgos de fatiga (FRMS). Procesos de seguridad de FRMS



OACI, O. (2012). Manual de sistemas de gestión de riesgos asociados a la fatiga para los encargados de la reglamentación. 1st ed. Montréal, Quebec, Canada: Organización de Aviación Civil Internacional, OACI, pp.5.3 (95).