

**FRECUENCIA DE FATIGA OPERACIONAL EN
CONTROLADORES DE TRANSITO AÉREO DEL EJERCITO
NACIONAL DURANTE NOVIEMBRE DE 2009**

AUTOR

DIEGO L. MALPICA H M.D

RESIDENTE DE TERCER AÑO DE MEDICINA AEROESPACIAL
Facultad de Medicina
Universidad Nacional de Colombia

TRABAJO DE GRADO
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA
ESPECIALIDAD EN MEDICINA AEROESPACIAL

BOGOTÁ D.C. 2010

**FRECUENCIA DE FATIGA OPERACIONAL EN
CONTROLADORES DE TRANSITO AÉREO DEL EJERCITO
NACIONAL DURANTE NOVIEMBRE DE 2009**

AUTOR

DIEGO L. MALPICA H M.D

RESIDENTE DE TERCER AÑO DE MEDICINA AEROESPACIAL
Facultad de Medicina
Universidad Nacional de Colombia

DIRECTOR DEL PROYECTO:

FRANKLIN ESTUARDO ESCOBAR CÓRDOBA MD. MPF. PHD
PROFESOR ASOCIADO DE PSIQUIATRÍA

Universidad Nacional de Colombia
Grupo de Investigación en Trastornos del Sueño Categoría B Colciencias

ASESOR METODOLÓGICO:

JAVIER HERNANDO ESLAVA SCHMALBACH MD. PHD

Profesor Asociado de Anestesiología
Universidad Nacional de Colombia
Grupo de Investigación en Trastornos del Sueño Categoría B Conciencias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

DEPARTAMENTO DE MEDICINA

MEDICINA AEROESPACIAL

BOGOTÁ – 2010

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

FRECUENCIA DE FATIGA OPERACIONAL EN CONTROLADORES DE
TRANSITO AÉREO DEL EJERCITO NACIONAL DURANTE NOVIEMBRE
DE 2009

**FIRMA DIRECTOR DEL PROYECTO:
FRANKLIN ESTUARDO ESCOBAR CÓRDOBA MD. MPF. PHD**

NOTA FINAL

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
RESUMEN	6
Introducción.....	6
Objetivo.....	6
Sujetos y metodos.....	6
RESULTADOS.....	6
conclusion.....	6
palabras clave	6
ABSTRACT.....	7
introduction.....	7
methods	7
RESULTS.....	7
conclusion.....	7
keywords	7
INTRODUCCIÓN	8
Justificación.....	9
Marco conceptual.....	10
Definición de fatiga.....	10
EFECTOS DE LA FATIGA	11
SUEÑO.....	12
Fisiología del Sueño.....	12
ciclo circadiano	14

FACTORES INDIVIDUALES	14
EFFECTOS DE LA FATIGA EN LA SEGURIDAD AÉREA.....	16
Controladores de tránsito aéreo y Cambios de turno	17
CONTROLADORES DE TRANSITO AÉREO Y FATIGA.....	19
Procesos cognitivos, estrés y fatiga en control de tránsito aéreo.....	21
ESTRATEGIAS PARA MITIGAR LA FATIGA.....	28
regulaciones internacionales actuales.....	28
regulaciones nacionales actuales.....	28
PRUEBAS PARA DETERMINAR FATIGA	29
objetivo general.....	30
objetivos específicos.....	30
METODOLOGÍA – MATERIALES Y PLAN DE TRABAJO	30
TIPO DE ESTUDIO	30
POBLACIÓN DEL ESTUDIO	30
DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	30
DISEÑO METODOLÓGICO	30
MEDICIONES E INSTRUMENTOS	31
Modelo SAFTE.....	32
PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	43
plan de muestreo.....	44
selección de los individuos del estudio	44
Criterios de inclusión.....	44
Criterios de exclusión	44
plan de recopilación y análisis de datos.....	44
Variables del estudio.....	45
PLAN DE TRABAJO.....	47

personal.....	47
funciones.....	47
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	47
MATERIALES	48
RECURSOS FÍSICOS	48
PRESUPUESTO.....	49
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	49
RESULTADOS ESPERADOS.....	50
IMPACTO	50
RESULTADOS.....	51
Discusión	140
Limitaciones del estudio.....	141
Conclusiones.....	143
Recomendaciones.....	143
sueño para contrarrestar los efectos de la fatiga.....	144
Estrategias para el manejo de la Alerta	145
familia.....	147
ANEXO 1	149
ANEXO 2	150
ANEXO 3	154
Bibliografía	157

DEDICATORIA

A mi familia por su constante esfuerzo, amor y paciencia

A Diana Monroy por su incondicional ayuda y comprensión

A Los Controladores de Tránsito aéreo por llevar en la dirección correcta el vuelo de muchas familias

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ejército Nacional por su interés de avanzar en el campo de factores humanos en aviación con el único fin de mejorar la seguridad de sus operaciones.

Agradezco a los tutores de este trabajo de grado por su grandiosa dedicación y sugerencias.

Agradezco la colaboración de todos los Controladores de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional de Colombia por su colaboración al diligenciar el formato y contestar las llamadas realizadas.

A todas las demás personas que en una u otra forma fueron partícipes de este proceso y que hicieron que este resultado fuera posible.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Los controladores de tránsito aéreo del Ejército Nacional son trabajadores por turnos, factor de riesgo para presentar fatiga operacional en aviación y presentar un riesgo latente para accidentes de aviación por factores humanos.

OBJETIVO

Determinar la frecuencia de fatiga operacional en la población estudiada durante el mes de noviembre de 2009

SUJETOS Y METODOS

Se recolecto información del total de la población que controla el tránsito aéreo en la base aérea de Tolemaida y Larandia durante el mes de noviembre de 2009 usando el "Fatigue Avoidance Scheduling Tool" (FAST) basado en el modelo SAFTE mediante encuesta escrita, telefónica y revisión de historias clínicas describiendo el problema mediante SPSS y el paquete estadístico de FAST.

RESULTADOS

Se analizo información de la totalidad de controladores de tránsito aéreo que controlaron durante el mes de noviembre de 2009, siendo el 94.7% población masculina con una media de 34 años de edad, una media de Índice de masa corporal de 24.8. Se encontró una media de horas trabajadas de 230 al mes. La frecuencia de fatiga operacional fue del 84.2% y una media de horas dormidas de 6.5 h/día. Se obtuvieron datos usando el FAST para cada controlador, siendo importante la caída de la efectividad del desempeño con cada turno nocturno en más del 90% de los casos siendo estas hasta del 30% con respecto a la línea de base e incrementos de los tiempos de reacción hasta del 100%. El 52.6% de la población no sintió fatiga durante este mes encontrándose que el 42.1% no duerme durante el día posterior al turno nocturno, siendo que cada controlador tiene una media de episodios de fatiga de 3.7 con una presentación en torre de control del 89.5%.

CONCLUSION

La frecuencia de fatiga operacional en las actividades de control de tránsito aéreo del Ejército Nacional es mayor que la presentada en poblaciones civiles a pesar que la media de horas de sueño es consistente con otros estudios, teniendo en cuenta que tienen cargas de trabajo importantes ya que las horas de trabajo mensuales son mayores que las máximas estimadas para este tipo de actividad. Se presentaron caídas importantes del desempeño en los turnos nocturnos los cuales son un riesgo operacional latente en aviación.

PALABRAS CLAVE

Controlador de tránsito aéreo, fatiga, aviación, trabajo por turnos, prevención de accidentes.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Colombian Army's Air traffic controllers (ATCs) are shiftworkers and this constitutes a risk factor for acquiring operational fatigue, representing a latent threat for aircraft accidents due to human error.

METHODS

19 ATCs from Tolemaida and Larandia Army Airbase were followed during November 2009 using the Fatigue Avoidance Scheduling tool (FAST) based on the Sleep, activity, fatigue and task effectiveness model by means of a written survey, medical history and telephonic interview. Other factors included subjective fatigue perception, Air traffic control position and anthropometrics. All of the ATCs completed the data collection. Statistical analysis was conducted using SPSS and the included statistical software in FAST.

RESULTS

Ninety-four percent (94.7%) of the population is male with an average age of 34 years old and a body mass index average of 24.8. Operational Fatigue was found in 84.2% of the studied population being present in the tower position in 89.5% of the cases, an average work time of 230/h month, sleep time of 6.5h a day and an average of 3.7 fatigue episodes during November. Each air traffic controller was analyzed individually in order to determine how important the decline in performance effectiveness was, finding performance drops up to 30% below the criterion line and increases in reaction times up to 100%. Subjective fatigue was present in 48.4% of the population

CONCLUSION

Operational fatigue frequency in Army's air traffic controllers was higher than civilian controllers in the United States and Canada. High workload during Tower operations, chronic sleep debt, administrative and surveillance duties may be a contributing factor for acquiring fatigue during night shifts. The drops in alertness and performance effectiveness are a continuous threat for air traffic control operations due to the increased risk of human error. Further studies are necessary to address this issue objectively.

KEYWORDS

Fatigue, Air traffic controllers, shift work, aviation medicine, human factors, aircraft accident prevention

INTRODUCCIÓN

La fatiga ha venido cobrando importancia en la globalización de la economía ya que se llevan a cabo actividades comerciales las 24 horas del día, 365 días al año obligando a trabajadores alterar su ciclo de sueño/vigilia y sus jornadas de trabajo con el objetivo de generar prosperidad financiera.

Los efectos de la fatiga han sido ampliamente estudiados y documentados, siendo un factor importante para la productividad de los países sin embargo se ha calculado que solamente en EEUU las pérdidas económicas por este flagelo están alrededor de \$206 billones de dólares anuales ¹ y el mundo de la aviación es uno de los tantos sensiblemente afectados.

Teniendo en cuenta que grandes desastres en la historia han sido atribuidos a agotamiento físico y mental de los trabajadores en posiciones sensibles desde el programa nuclear de Three Mile Island y Chernobyl ² hasta NASA con el siniestro del transbordador espacial Challenger pasando por una gran cantidad de accidentes en la aviación general, comercial, deportiva y militar en el mundo entero.

Existe un común denominador en el Congreso de EEUU que la fatiga es un factor específico que requiere más investigaciones como factor causante de accidentes automovilísticos ³ adicionalmente a otras poblaciones susceptibles como lo son las Asistentes de Vuelo ⁴ y pilotos en su desempeño ⁵. En el documento de la Casa de Representantes ³ se asegura que “no hay suficientes datos estadísticos y documentación concerniente a accidentes en automotores” y que “no existe test para determinar somnolencia como si lo hay para determinar embriaguez en conductores”. Adicionalmente en el documento por Istook de la Cámara de Representantes de EEUU se recomienda que se realice un estudio concerniente a fatiga en asistentes de vuelo específicamente para sacar recomendaciones para modificar la reglamentación ⁴.

Un reporte reciente de Nature ⁶ se estima que de 50 a 70 millones de Americanos sufren de un trastorno del sueño y los costos a la industria se estiman ser alrededor de \$150 billones de dólares al año. Finalmente, la FAA (Administración Federal de Aviación) realizó un simposio de gestión de Fatiga en la Aviación en donde sus presentadores acordaron que más investigación era necesaria en el área.

La fatiga causada por los trabajos que requieren turnos rotatorios, de acuerdo a Circadian Technologies en EEUU causa pérdidas económicas de \$169 billones como resultado de cambios de trabajadores, ausentismo y productividad reducida así como \$28.2 billones de dólares en costos de salud y \$8.5 billones de dólares por accidentes relacionados a la actividad de trabajo.⁷

Es bien conocido ya que los controladores de tránsito aéreo (CTA) poseen sustancial información para procesar en sus labores diarias y poco tiempo de reacción a diversos problemas relacionados con el direccionamiento de los procedimientos de las aeronaves, lo cual los obliga a mantenerse concentrados por largos periodos de tiempo haciéndolos susceptibles a fatiga. No es sorprendente entonces pensar que la información que reciben no pueda ser retenida eficientemente o no ser procesada adecuadamente, no identificada o incluso con errores en su percepción.

La población de Controladores de Tránsito Aéreo (CTA) en cualquiera de sus posiciones son un pilar fundamental de las operaciones de navegación de las aeronaves con un elemento implícito de seguridad para los que se encuentran volando como para las personas en tierra.

JUSTIFICACIÓN

Los controladores de tránsito aéreo del ejército nacional de Colombia en su mayoría son suboficiales y en un pequeño porcentaje técnicos operativos. Las labores de los CTA militares no solamente se limitan a los servicios prestados a la aviación en torre de control, control de superficie y oficina de información aeronáutica ya que además de esto prestan servicios administrativos, de guardia y demás labores para llenar los requerimientos operativos de la base militar de aviación en donde estén asignados.

Actualmente el ejército nacional cuenta con una población total de 34 controladores de tránsito aéreo, 25 de ellos presta sus servicios en turnos rotatorios nocturnos y diurnos que usualmente comienzan a las 7 am y terminan a la 1 pm en el turno diurno, de 1 pm a 6 pm del turno nocturno comienza a las 6 pm y termina a las 7 am el otro día. Además de este horario los días martes y jueves de todas las semanas tienen la obligación de una jornada ejercicio que los obliga a entrar en vigilia muy temprano en la mañana para comenzar a trabajar a las 7 de la mañana excepto el personal tiene turno en control de tránsito aéreo.

Los turnos programados en su mayoría se encuentran concentrados en la base aérea de Tolemaida, en el departamento de Cundinamarca de controlador táctico avanzado (según requerimientos) y en Larandia, Caquetá en este último las necesidades operativas y los horarios de control de tránsito aéreo varían ya que los mismos controladores rotan de un aeródromo a otro en comisiones que duran aproximadamente 15 días, obligándolos a hacer turnos nocturnos rápidamente rotatorios. Los turnos en la base aérea de Larandia son usualmente desde las 6 de la mañana hasta la una de la tarde y de la una de la tarde a las 6 de la tarde, siendo el turno nocturno programado desde las 6 de la tarde hasta las 6 de la mañana.

Esta población específica tiene la labor de prestar los servicios a la aviación del ejército que cuenta con la flota de ala rotatoria más numerosa de Latinoamérica por lo cual tienen una gran responsabilidad con la seguridad aérea militar colombiana obligándolos a tener una alta carga de trabajo, por ende estresante y que los predispone a tener fatiga aguda, crónica y operacional.

En esta población militar nunca se ha hecho un estudio objetivo que mida el estado neurocognitivo en términos de efectividad del desempeño por tiempos de reacción psicomotora dependiendo de las horas de trabajo, de sueño y de ambiente de sueño, por lo que es importante hacer una descripción y definir en un tiempo determinado si los turnos rápidamente rotatorios nocturnos están predisponiendo a construir una deuda acumulativa de sueño y una disminución importante de la efectividad del desempeño poniendo en riesgo latente las operaciones de aviación.

MARCO CONCEPTUAL

DEFINICIÓN DE FATIGA

Según la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) los factores más relevantes para el bienestar del personal en las operaciones son la fatiga, la desincronía circadiana y la privación del sueño⁸.

La fatiga es el reflejo de descanso inadecuado asociado a múltiples síntomas asociados con el desequilibrio de los ritmos biológicos. Se divide en Fatiga Aguda y Fatiga Crónica. La fatiga aguda es inducida por largos periodos de trabajo sin descanso, por una serie de tareas altamente demandantes en un corto término, reflejado en cansancio, somnolencia y con una disminución en la eficiencia para cumplir tareas entre otros, en contraste con la presentación crónica en donde sus efectos acumulativos pueden verse en un tiempo más tardío⁸⁻¹⁰.

La **Fatiga Aguda** está producida por un excesivo trabajo realizado y/o por la falta de sueño, se siente como cansancio físico y se alivia por el simple reposo físico o con el sueño reparador. Un ejemplo típico es el aviador que termina un día normal en su A320 después de 11h actividad habiendo madrugado mucho. La **Fatiga Crónica** es de tipo mental, producida por un problema médico o psicológico, de efectos acumulativos y evolución tórpida, se siente como cansancio mental y se sigue de empeoramiento en las tareas cognitivas. Un ejemplo sería el aviador que después de volar varios años como segundo en vuelos de largo recorrido, se ve frenada su progresión a comandante por problemas organizativos, produciendo un cortejo de síntomas de tipo depresivo durante meses. No se alivia con el reposo, y necesita tratamiento médico y/o psicológico. La **Fatiga Operacional** está en relación directa con las actividades continuas o sostenidas, y la causa fundamental son la pérdida de sueño y/o la desincronización de ritmos circadianos y no se alivia con un simple periodo de sueño. El paradigma sería el aviador de una compañía aérea que está haciendo 4-5 saltos a América cada mes o el piloto de cazabombardero en misión de combate¹¹⁻¹².

Sin embargo su definición es una integración multidimensional que puede interpretarse de maneras diferentes, sin embargo en el mundo de la aviación en términos de su sintomatología se puede caracterizar por cambios del estado de ánimo, incrementos en los periodos de olvido, vigilancia reducida, pobre toma de decisiones, disminución de los tiempos de reacción, pobre desempeño en las comunicaciones con una tendencia a la fijación, apatía y letargia¹³⁻¹⁴.

En la mayoría de los casos, los efectos de la fatiga sobre el desempeño se deben a sueño inadecuado y/o funcionando en una fase circadiana no optima o por el sostenimiento de una tarea de manera sostenida y tiempos de recuperación inadecuados¹⁵.

En términos generales y según terminología militar existen dos tipos de actividades de aviación que son susceptibles de producir fatiga. Las llamadas Operaciones Continuas (CONOPS, de **Continuous Operations**) y las denominada Operaciones Sostenidas (SUSOPS, de **Sustained Operations**). Las CONOPS son actividades continuas, en periodos de actividad conocidos de antemano, de corto o larga duración, con conflicto de ritmos circadianos, con periodos de sueño intermitente en los que los pilotos son relevados al final de un turno predeterminado. Son la típicas de la aviación civil comercial de pasajeros, así como en ciertos casos de aviación militar. Las SUSOPS son actividades continuas, sostenidas, que duran hasta que la misión termine. La privación de sueño es común. Son características de la aviación militar de combate y también de la aviación civil humanitaria¹⁵.

EFFECTOS DE LA FATIGA

Los efectos del descanso inadecuado sobre la competencia cognitiva se manifiestan primariamente en cambios en la velocidad y la precisión lo que lleva a comportamientos inesperados lo que incrementa la variabilidad de respuestas reflejando inestabilidad de resultados en las tareas asignadas, los cuales son experimentados universalmente y se asocian a pérdidas humanas, sociales y financieras.¹⁵

Dentro de los dominios mentales afectados por los microsueños (>5 por EEG) consecuencia de la fatiga se encuentran el temperamento, cognición, función motora por desarticulación circadiana y rompimiento de su arquitectura¹⁶.

La atención ejecutiva, la memoria de trabajo y las funciones cognitivas superiores son afectadas por la disrupción circadiana las cuales varían de persona a persona y dependiendo de los mecanismos compensadores individuales tales como la motivación, hacen difícil para el individuo manejar la somnolencia por lo cual resultan en una variación significativa de los resultados del desempeño¹⁶.

Investigadores alrededor del mundo han reportado diversas presentaciones sintomatológicas de la fatiga asociada a cambios de turno tales como molestias del sistema gastrointestinal tales como úlceras pépticas, constipación y por ende el incremento del uso de medicamentos que pueden interferir con el desempeño cognitivo ya sea por fatiga, por efectos adversos del medicamento o por las manifestaciones del cansancio¹⁷. Otros investigadores han encontrado incrementos en el número de casos de dolor torácico, ansiedad, nerviosismo, sintomatología respiratoria similar a la infección respiratoria superior y broncoespasmo¹⁸.

Indudablemente cambios cognitivos y fisiológicos ocurren por fatiga dentro de los cuales podemos encontrar¹⁹:

- Microsueños (intrusiones de indicadores de sueño en el electroencefalograma mayores de 5 segundos)
- Lapsos en la atención (tiempo de reacción mayor a 500 milisegundos)
- Disminución del tiempo de reacción
- Incremento de errores
- Mala retención de memoria a corto plazo
- Pérdida de alerta situacional
- Mal juicio en toma de decisiones

Se ha comparado en otros estudios el grado de fatiga con el grado de embriaguez y se han encontrado equivalentes asociados con disminución del desempeño, por ejemplo tener un contenido de alcohol sanguíneo de 0.05% corresponde a estar 17 – 19 horas sin descanso, lo que supera al límite legal permitido de Alcholemia²⁰, de 20 – 25 horas sin descanso equivalen a 0.10% de contenido sanguíneo de alcohol, lo que es inaceptable para cualquier ambiente de trabajo²¹⁻²² encontrándose serios efectos hasta con pérdidas tan solo de 1 -2 horas de sueño en la noche previa, el desempeño en funciones diarias puede llevar a cometer errores, accidentes y eventos catastróficos²³⁻²⁴.

Los cambios de turno y la disrupción del ciclo circadiano se ha relacionado con pérdidas en el desempeño mental de un 10 – 30% en un periodo de trabajo de 24 horas, sin embargo algunos estudios asociados con fatiga por cargas de trabajo altas sin alteración del ciclo sueño vigilia han mostrado oscilaciones del desempeño medio hasta del 100%²⁵. Examinando sujetos que han consumido un límite legal de alcohol (0.1% de alcholemia), se ha encontrado 11.6% de cambios en el desempeño neurocognitivo y otros autores han encontrado del 14 al 49% en la misma medida²¹⁻²². Es lógico pensar que las disminuciones de las capacidades neurocognitivas y del desempeño

mental son equivalentes a consumir alcohol sin incluso estar relacionadas con disrupción circadiana por pérdida de sueño²⁶⁻²⁸.

SUEÑO

El sueño es una necesidad fisiológica requerida para mantener alerta los procesos cognitivos, la concentración, el desempeño y la salud²⁹. Las necesidades de sueño en cada persona son diferentes sin embargo existe una media necesaria para la población general de 8 horas modificada por diferentes estilos de vida³⁰. Los trabajos en los que se obliga a trabajar por turnos que incluyen la disrupción del ciclo circadiano alteran su calidad y su cantidad³¹ llevando a que la persona acumule una deuda de sueño y altere diversas vías hormonales, que incluso pueden disparar enfermedades mentales como la depresión entre otras³².

Una buena higiene del sueño es un componente importante en la regulación homeostática de la atención y la alerta necesaria para la seguridad en todas las operaciones aeronáuticas civiles, militares y de control de tránsito aéreo^{14, 33-35}.

Muchos reportes han indicado que pilotos y tripulaciones experimentan frecuentemente cortos periodos de sueño conocidos como microsueños, alteraciones en su arquitectura y disminución de su eficiencia. Pilotos fatigados sufren de episodios de letargia, distracción, habilidad de procesar información en cabina degradada, episodios de microsueño involuntarios durante periodos críticos como la aproximación y el aterrizaje¹¹.

El adormecimiento es una variable que interviene en el déficit de desempeño, es importante medirlo y cuantificarlo en el ambiente operacional, sin embargo el 'gold estándar' para la medición del adormecimiento es el test de latencia múltiple de sueño (MSLT: Multiple Sleep Latency Test) es una tarea compleja de realizar en el área de trabajo ya que requiere polisomnografía³⁶ sin embargo es limitado para la medición del desempeño³⁷.

El test de elección por medir la habilidad de cada individuo de resistir la somnolencia en condiciones conductoras a las fases profundas del sueño es el test de mantenimiento de la vigilia más conocido como "Maintenance of Wakefulness Test (MWT)" sin embargo este aun es complejo para las mediciones así como el MSLT³⁷ en los sitios donde se requiere en aviación.

Si una persona descansa en promedio 8 horas al día y se privación de 2 horas, tan solo esta pérdida se puede representar en una degradación del desempeño y de la alerta³⁸. Los trabajadores sometidos a turnos nocturnos son altamente afectados sobretodo en la última mitad de la jornada²⁹, momento particularmente vulnerable por disminución del desempeño³⁹ y un incremento en el número de accidentes⁴⁰⁻⁴¹.

FISIOLOGÍA DEL SUEÑO

SUEÑO MOR Y NO MOR

El sueño se separa en dos fases diferentes: Movimientos Oculares Rápidos (MOR) y no MOR. El sueño No MOR se divide en otras 3 fases siendo la fase 1 la de menor profundidad y la 3 de mayor profundidad.

VIGILIA

El trazo en el electroencefalograma (EEG) se caracteriza por ser desincronizado y rápido de >12 Hz llamados actividad beta (β).

Cuando la persona cierra sus ojos, en estado relajado su trazo cambia a actividad alfa (α) caracterizado por ciclos de 8 -12 Hz siendo esta mas organizada.

FASE 1 DE SUEÑO

Cuando se profundiza el sueño, el trazo en el EEG se enlentece a $\pm 4 - 8$ Hz y se pueden observar combinaciones de ondas α y teta (θ) con mayor actividad θ y sin embargo la actividad muscular en los ojos es lenta en forma pendular pero en similares condiciones que en estado de relajación y es considerada la fase de transición entre la vigilia y el sueño que puede durar 5 minutos en un periodo de sueño normal, sin embargo el individuo puede estar en condiciones de captar estímulos del ambiente de manera consciente como por ejemplo conversaciones y al despertarla, puede ni recordar que se encontraba en esta transición ¹¹. Es muy frecuente que conductores fatigados, pilotos se encuentren en esta fase del sueño por lo que son definidos los micro-sueños o micro-lapsos por ejemplo, en el momento de ocurrir en navegación instrumental sobre una aerovía en comunicación con sectores de control de tránsito aéreo pueden perder información de instrucciones de cambio de nivel de vuelo, vectores o información de tráfico que puede llevar a un incidente y si la cadena de eventos es completada, a un desastre que no solo afecta al avión y su tripulación sino también a la gente en la tierra.

Estos microsueños ocurren involuntariamente independientes de la gran motivación o de tener presente que se está quedando dormido y el despertar incluye el no recordar el episodio ¹¹.

FASE 2 DE SUEÑO

En esta fase se pueden encontrar complejos k y husos del sueño en el trazado electroencefalográfico con una duración en promedio de 10 – 20 minutos. Es más frecuente encontrar los ojos quietos durante esta fase sin embargo no siempre es el caso ¹¹.

FASE 3 DE SUEÑO

A medida que se profundiza el sueño, se puede encontrar en el trazado ondas lentas de gran amplitud llamadas delta (δ) con frecuencias de 0.5 a 2 Hz y 75 μ V de amplitud. Ambas fases constituyen el periodo conocido como Sueño de ondas lentas (SOL) o δ , por lo que distinguirlas requiere evaluar su frecuencia siendo mayor del 30% de las ondas δ para ser considerada una fase 3 con una duración en promedio de 30 minutos en total. La inercia del sueño se puede presentar en esta fase ya que al despertar súbitamente a una persona, puede tardar unos minutos en recuperar 100% su atención y demás actividades cognitivas y menor frecuencia en contracciones de los músculos oculares ¹¹.

SUEÑO MOR

Posterior a la fase más profunda se presenta un incremento de la actividad cerebral con transición a la segunda fase por unos minutos, siendo la fase MOR caracterizada por movimientos oculares rápidos de lado a lado usualmente en sacadas con un trazado en el EEG por actividad de alta frecuencia y bajo voltaje de manera

desincronizada que puede parecerse al trazo de vigilia sin embargo presentándose relativamente sin tono muscular. Esta fase puede repetirse 6 veces en promedio con mayor duración a medida que se presenten mas fases de este tipo y es en ella en donde se presentan los sueños evidenciado de estudios en donde se despierta a la persona en esta fase y es capaz de recordarlo en 80% de las veces en contraste con el 8% que recuerda durante el no MOR ¹¹.

CICLO CIRCADIANO

El sueño y la vigilia como muchas actividades fisiológicas y comportamientos están caracterizados por periodicidad de más o menos 24 h, son continuos a pesar de no contar estímulos ambientales sin embargo son regulados por claves llamadas “zeitgebers” ⁴².

La luz solar es un estímulo importante, relacionado con la fase activa del ritmo circadiano en algunos animales y en la fase inactiva en otros sin embargo, la mayoría de humanos adultos duermen de noche.⁴² El ritmo circadiano requiere de un reloj interno, ampliamente estudiado en mamíferos; el núcleo supraquiasmático del hipotálamo anterior.

El estímulo lumínico lleva información al tracto retinohipotalámico, terminando en las neuronas del núcleo supraquiasmático, siendo capaces estas de modificarse por diferentes exposiciones de luz, ejemplo de esto es el jetlag y el shiftlag, acompañado de síntomas incómodos ya que de este núcleo dependen muchos mecanismos fisiológicos ⁴² por ejemplo, de secreción neuroquímica (ej. ACTH, melatonina entre otras) y patrones de actividad etc. ⁴³. Esta ritmicidad bioquímica se piensa, está regulada por mecanismos de retroalimentación mediante diversos factores de transcripción entre ellos por el sistema CLOCK-BMAL y PERs ⁴⁴.

A pesar que el patrón de sueño y vigilia en el día es afectado por reguladores circadianos, el sueño no es simple resultado del ciclo circadiano. A pesar que el núcleo supraquiasmático regula el tiempo de sueño, no es totalmente responsable de él. El tiempo total de sueño es estable día a día, independiente de las condiciones a las que se somete el individuo, por lo tanto este no es modificado por el ejercicio, descanso prolongado, privación sensorial profunda o incremento del estímulo visual. De hecho otros procesos fisiológicos si varían por ejemplo la cantidad de ingesta de alimentos, trabajo mental y físico, estado de ánimo etc. El único factor de comportamiento que incrementa sustancialmente el sueño es la pérdida previa de este ⁴².

FACTORES INDIVIDUALES

Dentro de otros factores que afectan a los trabajadores por turno se encuentran la edad, ya que con su incremento existen cambios en los patrones de sueño y de ritmos biológicos que incrementan la dificultad para adaptarse a los diferentes horarios de trabajo lo cual resulta en pérdida parcial de sueño o disrupción circadiana ²⁹. Adicionalmente, es necesario considerar los factores de vida social y familiares que al igual pueden afectar el desempeño en el trabajo considerablemente ²⁹.

Factor	Descripción
Factores del Sueño	Calidad y cantidad de sueño Horario de trabajo (nocturno o diurno)
Factores del ciclo circadiano	Numero de Zonas horarias cruzadas Exposición a luz Dirección del vuelo Duración de las estancias en zonas horarias diferentes y calidad del sueño en sitio fuera del hogar
Factores de tripulación	Edad Genero Tipo de personalidad Nivel de fatiga antes del turno de trabajo Consumo de alimentos
Factores de la aeronave	Aerolínea Tipo de aeronave y ambiente de cabina de acuerdo con la aeronave Tipo de operación en la aeronave Ruido Vibración Hipoxia intermitente Tipo de operación
Factores del lugar de trabajo	Ambiente (seco vs Húmedo) Radiación electromagnética no ionizante e ionizante Temperatura Ruido Vibración Uso de equipo (Auriculares, pantallas, sillas) Locaciones (Lugar para descanso estratégico)
Factores Médicos, físicos o psicológicos	Problemas de salud física, mental o social

Situaciones domésticas
Tensión Emocional
Situación Económica
Ausentismo laboral
Síndrome de estrés postraumático

Tabla 1: Resumen de condiciones de la vida cotidiana en el ambiente aeroespacial como factores contribuyentes a la fatiga operacional^{33, 45-48}

EFFECTOS DE LA FATIGA EN LA SEGURIDAD AÉREA

La fatiga se encuentra envuelta de 4 – 8% de todos los incidentes en aviación civil, 12% en la aviación de la USAF⁴⁹ sin embargo este número es altamente variable debido al reporte insuficiente de casos presentados alrededor del mundo¹⁹. En el ejército de EEUU se ha reportado un numero de 4%⁵⁰, Navy 12.2%⁵¹ y 25% para aviones caza de la USAF de clase A de 1977 a 1990⁵².

Citando un ejemplo en particular, un incidente con una aeronave militar C-5 de USAF con su tripulación en jornadas de trabajo mayores a 20 horas con un periodo de descanso del piloto de 6 – 8 horas en las 40 horas previas llevo a que este grupo de gente altamente entrenada perdiera conciencia situacional, llevando a la aeronave a entrar en perdida aerodinámica en aproximación en donde la investigación llevo a que la fatiga fue un factor contribuyente⁴⁹.

Pilotos altamente preparados y experimentados no son inmunes al efecto de la fatiga y pueden cometer errores de procedimientos que han hecho por años en repetidas ocasiones, poniendo en riesgo la vida de cientos de pasajeros por una sola noche de no haber tenido la suficiente calidad de sueño y haber seguido una ordenada dieta⁵³. El problema no solo pertenece a la aviación, por ejemplo en operaciones marítimas, la fatiga ha sido citada como factor contribuyente en los desastres de Exxon Valdez⁵⁴ y World Prodigy⁵³.

La fatiga ha sido participando como factor en desastres nucleares y de operaciones espaciales como el de Three Mile Island y Bhopal, contribuyendo para afectar el proceso de decisiones de la misión del Challenger respectivamente⁵⁵.

Pilotos de rutas largas (Long-haul) frecuentemente atribuyen la fatiga a la de privación de sueño y disturbios circadianos asociados con la transición de zonas horarias en cambio aquellos pilotos con rutas cortas (short-haul) domesticas lo atribuyen a altas cargas de trabajo y privación de sueño.⁵⁶

Comúnmente, los pilotos comerciales incluyendo corporativos atribuyen su fatiga a vuelos nocturnos, jet lag, despertares tempranos, presión de tiempo, múltiples piernas y al consecutivo horario de trabajo sin descansos para recuperarse. Además de estos factores, los inherentes al trabajo consisten en ruido, vibraciones, turbulencia, irregulares horarios de descanso y alimentación también contribuyen a desarrollar fatiga.⁵²

En la aviación militar, los problemas pueden ser similares. Por Ejemplo en el Ejército de EEUU, los pilotos tienen como factores de riesgo la cantidad de sueño inadecuada⁵⁷, siendo los pilotos de la USAF igualmente afectados⁵². Desde un punto de vista fisiológico, estudios en vuelo y en simulador han documentado que la fatiga altera

negativamente el funcionamiento del sistema nervioso central, por ejemplo lapsos de vigilancia durante momentos de poca carga de trabajo en pilotos “Long-haul”⁵⁸, con periodos de somnolencia demostrados por electroencefalografía durante la cuarta y quinta hora de vuelo.

Los microsueños ocurren más frecuentemente durante la porción de crucero de un vuelo largo y 9 veces más frecuentes en vuelos nocturnos⁵⁹, en un estudio se demostró que el 87% de los pilotos experimentó al menos un microsueño >5 s de duración y en promedio, los pilotos experimentaron 6 microsueños durante los últimos 90 minutos de vuelo⁶⁰

Desde un punto de vista de seguridad en la aviación, un mal manejo de la fatiga pone en riesgo las operaciones a la tripulación, pasajeros y aeronaves.⁵². Un reporte de la National Transportation Safety Board (NTSB) de accidentes de 1978 a 1990 en parte concluyó que, las tripulaciones incluyendo Capitanes y Primer oficial cuyos horarios de despertar estaba por encima de la mediana de la posición de la tripulación, erraron y más dentro de la categoría de procedimientos y decisiones tácticas⁶¹.

OACI (organización internacional de aviación civil), definió los propósitos de servicio del controlador de tránsito aéreo dentro las cuales se encuentran, prevenir colisiones entre aeronaves y en el área de maniobras entre aeronaves y obstáculos como también mantener el orden en el flujo del tránsito aéreo. Adicionalmente una de las funciones más importantes que los controladores de tránsito aéreo tienen a cargo es guiar a los pilotos a sus destinos finales y prevenirlos de posibles peligros dados por situaciones climáticas adversas, muchas de las tareas de un controlador se relacionan con aspectos de comunicación eficiente, tener en cuenta las acciones y los deseos de los pilotos, desempeño de aeronaves, limitaciones que son impuestas por la naturaleza del espacio aéreo⁶²

Los CTA pueden sufrir limitación en la atención llevando a errores que pueden integrarse con inexactitudes auditivas, colación y tardío reconocimiento del mensaje y esta se ve afectada seriamente por trabajo sostenido, fatiga⁶³, depresión y ansiedad⁶⁴.

Los controladores aéreos de la misma manera deben atender a una gran cantidad de información de diversas fuentes relacionadas con una o más aeronaves por ejemplo en las comunicaciones con las aeronaves de acuerdo a su configuración, por ruido ambiental producido por interferencia en frecuencia de radio, ambiente de cabina, relacionados con el lugar de trabajo o incluso en emergencias enfocar su atención a comunicaciones de un avión en particular y no tener bajo su control el resto del tránsito aéreo y por lo cual su sistema integrador cognitivo específicamente referente a la vigilancia, la capacidad de filtración de la información y la atención pueden ser afectadas también por situaciones de alta carga laboral⁶⁵ y fatiga⁶³.

CONTROLADORES DE TRÁNSITO AÉREO Y CAMBIOS DE TURNO

Los Controladores de tránsito aéreo (CTA) son sometidos a turnos para asegurar la continuidad del servicio las 24 horas del día, 7 días a la semana y lógicamente al final de la jornada se sentirá cansancio y sus efectos acumulativos en fatiga afectando el sueño, el ritmo circadiano, el desempeño, las relaciones sociales y familiares tanto como el estado de salud⁶⁶.

Los turnos de los trabajadores del sector aeronáutico como pilotos, auxiliares de vuelo y CTA no son continuos ni regulares y se modifican a necesidad por sus actores, llevando a una jornada de trabajo en horarios fisiológicamente diferentes cada día obligándolos a sufrir de “Shiflag” lo cual causa un impacto en la homeostasis bioquímica de la melatonina tal como sucede en el jetlag sin embargo considerado por algunos autores como un problema más complejo⁶⁷.

El Shiftlag trae consecuencias para la salud tales como fatiga, llevando a que el individuo que trabaja en un horario programado tenga que cambiar su turno y alterar la secuencia de sus compañeros, sin contar con los efectos de salud a largo plazo y el impacto económico sobre el sistema de salud que esto puede causar sin duda poniendo en riesgo la seguridad de las operaciones aéreas ²⁹.

Es importante considerar que el diseño de los turnos puede tener un impacto directo sobre el desempeño, minimizar o exacerbar las disrupciones experimentadas por el trabajador por turnos ⁶⁸. El zeitgeber primario para los trabajadores por turnos es el primer eslabón desincronización circadiana y es importante considerar en la profesión de CTA, el buen uso de un horario es fundamental desde el punto de vista de los factores humanos en la operación aeronáutica.

Características del diseño de turnos incluye aquellos horarios fijos, rotatorios, rotatorios rápidos y lentos, rotatorios de avance (en contra de las manecillas del reloj), rotatorios de retraso (con las manecillas del reloj) y el número de noches y de mañanas incluidas, explicados a continuación ⁶⁸.

Cuando este cambio rotatorio es *lento* (ejemplo: 2 semanas en el mismo turno antes de cambiar) versus los turnos rotatorio *rápido* (2 días del mismo turno antes de cambiar). Si los turnos comienzan progresivamente más temprano, se denominan *rotatorios de avance* o si comienzan progresivamente tarde se llaman de *retraso*.

Se ha debatido en la literatura cuál de estos tendría mejor impacto adaptativo, con mejores resultados en aquellos con sistema rotatorio de retraso ⁶⁹ y rápido ⁶⁸ sin embargo, no se ha podido demostrar mejoría en el grupo de trabajo nocturno ya que el esquema de rotación fija no es suficiente para lograr un ajuste circadiano completo ⁷⁰. Los turnos de temprano comienzo previos a las 0900 resultan en periodos de sueño cortos e insuficientes ⁶⁸, con calidad de sueño reducida, disminución de la alerta durante el día, disminución de la vigilancia en pilotos de vuelos cortos ²⁹, en síntesis se puede afirmar que lo importante para mantener un desempeño adecuado en el trabajo es necesario conservar la duración del sueño con un horario permanente y tener una exposición importante a la luz solar para poder acomodarse adecuadamente a los nuevos cambios de turno ²⁹.

Enfatizar que se debe tener un sistema de turnos flexible en el tiempo de descanso dentro del turno, en grupos de tiempo autónomo, evitando por completo los cambios de turno rápidos (de noche a tarde en el mismo día o de tarde a mañana con una limitación de número de días trabajados consecutivos de 5 -7 máximo con dos días de descanso consecutivos de fin de semana completos ⁶⁸.

En el Instituto Médico Aeroespacial Civil (CAMI) perteneciente a la Administración Federal de Aviación (FAA) de los EEUU, se realizó un trabajo con CTA aplicando un esquema rotatorio 2-2-1 (esquema generalmente usado en CTA, tarde, mañana y media noche; de tipo rotatorio rápido, de comienzo *progresivamente más temprano* '1 hora': 2 tardes, 2 mañanas y 1 noche) comprimiendo una semana de 40 horas de trabajo en un total de 88 horas, 80 horas de descanso entre semanas, resultando en una aceptación por los mismos trabajadores por el hecho de dejarles más tiempo libre al final de la semana de trabajo ⁷¹, sin disrupciones circadianas importantes ya que 4/5 días tenían ciclos de sueño/vigilia normales acorde con el estímulo solar ²⁹ y sin embargo presenta problemas por periodos de descanso cortos y parciales durante la semana que pueden acumularse produciendo fatiga ²⁹.

CAMI realizó un trabajo que investigó 2893 horarios de CTA en 36 Terminales diferentes encontrando una gran variedad de sistemas, la mayoría adaptados para cubrir sus propias necesidades para cubrir las deficiencias de personal, se encontró que el 25% de los turnos rotatorios son 2-2-1 (de características de rotación rápida, de comienzo progresivamente más temprano con un turno de media noche), 36% de rotación progresivamente más temprano sin turno de media noche, 9% con esquema fijo "4 tardes – 2 días completos de descanso – 4 medias

noches – 2 días de descanso”²⁹, determinando que no existe estandarización que puede llevar a unas áreas terminales con mayor riesgo a fatigarse que otras, en Colombia no se han realizado estudios de esta índole.

En un estudio realizado por Melton en la década de los 80s en CTA con esquema fijo de turnos 2-2-1, se demostró que subjetivamente la población tuvo más fatiga previa a la jornada y mayor nivel después del trabajo (8h), la evaluación del sueño encontró una declinación lineal de 8.3 a 5.4 h, a pesar de encontrar niveles de marcadores bioquímicos de estrés no tan elevados, los niveles de fatiga si fueron significativos ⁷², sin embargo se ha visto que este esquema les permite a los controladores tener menos problemas para adaptarse y sin embargo se sigue utilizando hoy en día ²⁹.

En la década de los 90s, un estudio realizado por Schroeder y cols. en CTA en Minneapolis comparo dos grupos, uno con esquema 2-2-1 en turnos de 8 horas y otro con esquema de 10 horas, realizando comparaciones con la batería de Fatiga de NIOSH ⁷³ (National Institute of Occupational Safety and Health), complementada con tamizaje de sueño, estado de ánimo (Naval Psychiatric Research Unit’s mood scale) y sintomatología administrados al inicio del turno, 2 horas previas al final del turno, y al final del turno. Los investigadores no encontraron diferencias de desempeño entre ambos grupos, sin embargo al final de cada jornada y semana, se encontró un numero significativamente mayor de errores y una cantidad de sueño disminuido de 8 a 5 h en promedio ⁷⁴.

En turnos de avance (en contra de las manecillas del reloj) de cambio rápido se ha argumentado mayor disrupción del ritmo circadiano, menor periodo de sueño por menos tiempo entre turnos, incremento en fatiga y quejas físicas, por lo cual estudios en CTA han demostrado que al menos 55% de la población tuvieron al menos un episodio de fatiga severa, 7% la reportó de manera frecuente o constante y 50% reportó sintomatología gastrointestinal, 56% se sintieron somnolientos durante un turno al menos dos a tres veces por semana, 52% tomaron siestas en el trabajo y 33% se durmieron mientras conducían del hogar al trabajo ⁷⁵.

CONTROLADORES DE TRANSITO AÉREO Y FATIGA

Los ATC pueden tener bajo control muchas aeronaves durante procedimientos críticos tales como despegue y aterrizaje, llevando miles de vidas bajo su responsabilidad y dependientes de sus habilidades, sistema visual y auditivo. Los controladores de tránsito aéreo tienen uno de los trabajos más demandantes, que requieren alto nivel de conocimientos, experiencia y la aplicación práctica de habilidades como la atención, memoria de trabajo, razonamiento lógico, percepción espacial y aspectos para toma de decisiones⁷⁶. Un análisis hecho por Ammerman y colaboradores en 1987 que incluyó controladores de vuelo con aeronaves en ruta, en el que se lograron identificar alrededor de seis actividades principales las cuales incluyen la monitorización situacional, resolución de conflictos con aeronaves, administración de secuencias de tránsito aéreo, administración de rutas y planeamiento de vuelos, evaluando impacto climático, administrando recursos de sector y posición lo cual puede ser clasificado en al menos 46 actividades y 348 diferentes tareas ⁷⁷.

En 1996 Jones y colaboradores revisaron 143 incidentes de aviación en los cuales se identificaron 262 errores que implican consciencia situacional, 72% de errores cometidos por ATC se relacionaron con la percepción, el resto del porcentaje contempla defectos en la predicción y la comprensión ⁷⁸.

Al transpolar los efectos de la fatiga al Control de Tránsito Aéreo (CTA) se ha visto que pueden cometer errores que pueden llevar a una incursión en pista, errores en la comunicación de altitudes, rumbos y procedimientos vitales para las operaciones aéreas incluso resultando en colisión de aeronaves, entre otros que sin duda alguna afectan la seguridad aérea desde todo punto de vista y también de las personas que se encuentran en tierra.

Los CTA que laboran en grandes sectores con tráfico son generalmente sometidos a mantener un flujo continuo las 24 horas del día, lo cual obliga a cambios de turno, teniendo efectos en diferentes aspectos tales como el ciclo circadiano, impactos en las relaciones sociales con familia y amigos, errores en el puesto de trabajo más comúnmente en las noches y estrés ⁷⁹.

Costa y colaboradores examinaron 20 controladores de tránsito aéreo del centro de control regional de Roma en tres horarios sucesivos de trabajo en la tarde, mañana y noche; haciendo mediciones subjetivas sobre el estado de ánimo, estado físico y fatiga junto con mediciones objetivas que incluyeron frecuencia cardiaca, tiempo de reacción, excreción de ácido vanilil mandélico, temperatura oral entre otras y adicionalmente los sujetos estudiados llenaron cuestionarios de rasgos de personalidad que incluían neurosis y ansiedad, características de comportamiento como la rigidez en los hábitos de sueño, capacidad de superar el sueño. Los resultados de este estudio sugieren que las mediciones subjetivas como el estado físico y el ánimo bajaron similarmente a medida que pasaba el tiempo en el turno de trabajo, aumentándose la fatiga en todas las jornadas de trabajo particularmente en la noche. Las demás variables estudiadas no presentaron cambios importantes⁸⁰.

Se ha definido un síndrome tridimensional llamado "Burnout" ⁸¹⁻⁸² o agotamiento que consta de desgaste emocional, un claro signo de fatiga; despersonalización, una actitud distante hacia el trabajo; y objetivos personales, que incluyen la satisfacción con el pasado y los logros presentes en el trabajo. Se han desarrollado pruebas para medir el síndrome de agotamiento como por ejemplo el inventario de agotamiento de Maslach y de acuerdo a diversos estudios se ha determinado que este síndrome en particular se relaciona al ambiente de trabajo y sus demandas como lo son la sobrecarga de trabajo y la presión que sufre en una jornada laboral ⁸³. Otros estudios han identificado el nivel de agotamiento en controladores de tránsito aéreo comparado con otras profesiones y no se llegó a demostrar que sea significativamente mayor que en las demás labores en una muestra de trabajadores de Noruega, los autores sugieren que el nivel de entrenamiento y la gran exigencia en el momento de la selección pudo haber contribuido a los resultados, sin embargo el 5% de la muestra de controladores aéreos reportó que se sentía frecuentemente exhausto y hasta el 22% reportaron que alguna vez ya habían sentido el síndrome de agotamiento, sin embargo una de las limitaciones del estudio es su diseño fue de corte transversal por lo cual no establece causas ⁸⁴.

En la década de los 90s, el Congreso de los EEUU y el National Transportation Safety Board (NTSB) junto con NASA e investigadores de otros sectores se dieron cuenta de la importancia en la investigación de fatiga en las operaciones relacionadas con seguridad (safety)³⁸ y en 1998 el Departamento de Transporte de EEUU encomendó al programa de investigación de CAMI llevar a cabo estudios para determinar la extensión cobrada por la fatiga y el efecto de los cambios de turno dentro de su población de CTA.

Dentro de la primera fase de investigación mandada por el Congreso de EEUU, se compararon cuatro esquemas de rotación de turnos previamente diseñados y estudiados ^{17, 69, 85-87} en casi el 30% de 22,958 controladores de la FAA. Los grupos que tuvieron turnos nocturnos de medianoche tuvieron los peores resultados, especialmente fatiga crónica y adormecimiento comparados con el grupo de turnos con horario regular, al igual que mas sintomatología digestiva, sin embargo el grupo que sobresalió con los peores resultados en fatiga fueron los que realizaban turnos rotatorios rápidos con entrada temprana progresiva sin turnos noche comparado con el grupo de turnos rotatorios rápidos con entrada progresiva con turnos de noche ²⁹.

Sin embargo los esfuerzos para determinar fatiga tenían que encaminarse a la segunda fase del mandato del Congreso de EEUU y su relación con los turnos para identificar las posibles soluciones en pro de la seguridad de la aviación.

El estudio de campo AT-SAFE realizado por la FAA con la participación de 19 CTAs en Torre de Control Terminal de Aproximación Radar (TRACON), 51 sujetos del Centro de Control de Tráfico en Rutas Aéreas (ARTCC) siguiendo un protocolo de 3 semanas que incluyó mediciones de desempeño cognitivo usando el CogScreen ampliamente usado en aviación⁸⁸⁻⁹⁰, actigrafía y cuestionarios de calidad de sueño, escalas de somnolencia, ánimo subjetivo durante 21 días. Los resultados del estudio arrojaron disminución en procesos cognitivos relacionados con la velocidad de procesamiento de la información y de atención dividida siendo el más afectada la memoria de trabajo en el grupo de edad >40 años comparada con el grupo de edad de <40 años de edad. Los participantes mostraron una caída del desempeño en alerta en la mañana a las 1000 h en el cual coincidía con la 3 – 4 hora de trabajo para el grupo de turnos matutinos.

Los efectos de la fatiga se han visto en más del 33% de la población de controladores en EEUU, somnolencia durante el turno de la mañana en un 23% de los CTA estudiados, con cifras que alcanzan hasta en un 36% de somnolencia durante el trabajo al final de la jornada mostrando efectos acumulativos de fatiga con el paso del tiempo²⁹.

Los resultados de investigaciones concernientes al desempeño cognitivo y el tipo de turno han mostrado que sin importar el horario, este disminuye sobretodo en los que tienen turnos nocturno. Los que presentan mejores resultados en las pruebas son los que trabajan en turnos en contra de las manecillas del reloj, con descanso de dos días completos luego del turno nocturno, teniendo en cuenta las recomendaciones Europeas de no más de 2 – 4 turnos nocturnos deben ser trabajados consecutivamente⁹¹⁻⁹².

En resumen, la evidencia revela que la existe una pérdida importante de sueño hacia el final de la semana en horarios de turnos rotatorios rápidos en contra de las manecillas del reloj, disminución del desempeño cognitivo en los turnos nocturnos, no hay una diferencia en el desempeño entre 10 horas y los primeros 4 días de 8 horas en esquemas 2-2-1, esquemas de turno fijos matutinos resultan en pérdida de sueño tan significativo como el grupo de turnos de rápido cambio, en contra de las manecillas del reloj con turno nocturno, casi la mitad de los encuestados reporto algún tipo de fatiga y desadaptación a los horarios de trabajo y disrupción de los ritmos circadianos normales de los individuos²⁹.

PROCESOS COGNITIVOS, ESTRÉS Y FATIGA EN CONTROL DE TRÁNSITO AÉREO

Es importante considerar el análisis de los procesos cognitivos en controladores de tránsito aéreo por las implicaciones en la seguridad de las operaciones aeronáuticas.

El estrés puede convertirse en un factor de riesgo importante para la salud cuando es percibido como el imbalance entre el exceso de demandas y la habilidad individual para lidiar con este, causando perturbaciones en el equilibrio psicológico y físico, si no es posible controlar el estrés pueden presentarse consecuencias mentales, físicas y de bienestar social, con altos costos para individuos y para la sociedad⁷⁶, por ejemplo; un artículo de prensa en el año 2004 anunció que las ganancias a las empresas Norte Americanas disminuyeron alrededor de \$206 billones de dólares anuales por culpa de la fatiga¹.

En un estudio conducido en 1973, Cameron y colaboradores relacionó exitosamente la concepción de fatiga como una respuesta generalizada al estrés, resultante de la movilización excesiva de esfuerzos para mantener el desempeño⁹³, por lo cual se puede establecer que horas de trabajo en horarios extendidos por tiempo prolongado sin momentos de reposo pueden ser contraproducentes para el procesamiento de la información llevando a que el desempeño no pueda ser mantenido mediante el esfuerzo, este fenómeno es interpretado como signo de fatiga mental⁹⁴

Bajo los efectos de la fatiga, el rango información percibida se puede limitar y hay una tendencia a concentrarse en lo que parece ser los aspectos más sobresalientes, pero si la calidad de la información percibida es deficiente, lógicamente la toma de decisiones se verá afectada. Además que la priorización de tareas cuando la carga de trabajo es alta puede inducir a resolver los problemas más fáciles primero en vez de concentrarse en los más serios¹¹.

Un estudio que analizó las rotaciones de turno en las instituciones de control de tránsito aéreo y la frecuencia de síntomas relacionados con el estrés incluyó un grupo de 300 controladores de diferentes partes de Estados Unidos incluyendo Indianápolis, Atlanta, Boston, Cleveland, Buffalo, Milwaukee etc. mostrando claramente se dé dentro de los síntomas más frecuentes antes del turno se encuentran las cefaleas, dolor o ardor en los ojos, rigidez o tensión muscular, significativamente mayores en los síntomas posturno encontrándose las rigidez, sudoración, dificultad para mantenerse despierto, sin embargo debido a las limitaciones metodológicas del estudio no se pudo comprobar que la alta incidencia de los síntomas reportados fue debido a los horarios de trabajo y pueden ser relacionadas con el volumen de tránsito aéreo y ambiente operacional⁹⁵.

En un estudio realizado con controladores aéreos en una población masculina del centro de control de área y de las torres de aeródromo en Ginebra y Zurich se mostró que del 10 al 15% de los controladores mostraron valores elevados en síntomas de estrés psicológico y fatiga, indicando que pueden tener problemas serios con el trabajo y/o con su vida privada, correspondiendo a la respuesta de cortisol y su carga de trabajo objetiva, recomendando que las quejas por exceso de trabajo y estrés deben ser tomadas seriamente para mitigar los riesgos de las enfermedades psicosomáticas y de la seguridad en operaciones aéreas⁹⁶. Un grupo de controladores aéreos italianos fue sometido a un estudio de un inventario de fatiga en Roma durante su descanso en el ambiente de trabajo y se evaluaron diversos tipos de preguntas para determinar si la fatiga mental y emocional se correlacionaba con el estrés psicológico percibido que incluía ansiedad, depresión y pérdida del control de impulsos, determinando una correlación positiva entre estas dos variables sugiriéndose además que la fatiga es un constructo independiente del ansiedad clínica y la depresión⁹⁷

Dentro de las fuentes más importantes de estrés y fatiga para ATC se encuentran los momentos pico de tráfico aéreo, presión ejercida por el tiempo, la limitación y confiabilidad de los equipos, saber que las reglas tienen que ser rotas para poder realizar su trabajo⁷⁶, por lo que se evidencia que el alto número de procedimientos y decisiones que tienen que tomar convierte cualquier ambiente laboral en estresante y podría llevar a “perder la imagen” de las aeronaves bajo control incluso en situaciones de bajo tráfico⁷⁶.

Las características cognitivas requeridas para procedimientos operativos en estaciones de radar son: el escaneo espacial de aeronaves en pantalla, la detección de movimiento, reconocimiento de imágenes y patrones, priorizar, filtración visual y verbal, codificación y decodificación, razonamiento inductivo y deductivo, memoria de trabajo de corto y largo plazo, razonamiento matemático y probabilístico⁷⁶ y la reorganización constante del sistema de procesamiento cambiando métodos operacionales (conversación, coordinación con asistentes, anticipación y solución de problemas) en la medida que interactúen entre ellos bajo tiempo y presión^{76, 98}.

No es de sorprenderse que los procesos cognitivos y operacionales de los ATC varían con el número de aeronaves bajo su control y la complejidad de los problemas que tienen que solucionar⁹⁹.

En un estudio hecho por Endsley y Rodgers se evaluó la distribución de la atención y la conciencia situacional en control de tránsito aéreo usando un sistema que recrea gráficamente una pantalla del radar y los datos grabados durante control aéreo real sincronizada con el audio de las comunicaciones entre controladores y pilotos, combinado con una técnica de evaluación global de conciencia situacional modificado y ampliamente validado¹⁰⁰

en donde diversos escenarios de errores operacionales se mostraban en la pantalla en donde se congelaba la pantalla quedando en blanco y los controladores tenían que identificar la posición de todas las aeronaves en el mapa y para cada aeronave identificar una serie de datos de importancia que incluyen altitud, velocidad, rumbo, siguiente punto en la ruta entre otros y los resultados muestran que los 20 experimentados controladores identificaron el 67% las aeronaves, el error de distancia en la localización fue en promedio de nueve millas, el 60% los controladores identificó correctamente la altitud del aeronave, el 28% identificó correctamente la velocidad, el 48% identificó de forma adecuada el rumbo, el nombre código del aeronave en términos numéricos fue identificado solamente por el 38% y de acuerdo a la identificación de los errores operacionales el 23% de los controladores identificó correctamente las tareas asignadas de autorización a las aeronaves, el 86% identificó problemas de separación entre aeronaves, el 63% identificó problemas de transición al siguiente sector, y el 60% evaluó de manera indicada el impacto del clima. El estudio nos indica que a pesar que los controladores son ampliamente experimentados, se presenta variabilidad en los procesos de atención que varían de acuerdo a varias condiciones y es importante indicar que todos esos procesos pueden afectar en situaciones de estrés y fatiga operacional¹⁰¹.

La evidencia indica que el estrés asociado con la carga de trabajo y el ambiente social en el trabajo participa significativamente en el desarrollo de problemas físicos y mentales¹⁰² incluyendo riesgo incrementado de desarrollar hipertensión debido a la reactividad cardiovascular a la carga de trabajo¹⁰³, relaciones sociales conflictivas en el medio laboral, relaciones no cooperativas están relacionadas con depresión y ansiedad¹⁰⁴ y sintomatología de estrés psicológico¹⁰⁵, entonces es lógico deducir que los controladores de tránsito aéreo con grandes cantidades de ansiedad y carga de trabajo son susceptibles a enfermedades mentales como depresión¹⁰³.

Costa y colaboradores examinaron 20 controladores de tránsito aéreo del centro de control regional de Roma en tres horarios sucesivos de trabajo en la tarde, mañana y noche; haciendo mediciones subjetivas sobre el estado de ánimo, estado físico y fatiga junto con mediciones objetivas que incluyeron frecuencia cardiaca, tiempo de reacción, excreción de ácido vanilil mandelico, temperatura oral entre otras y adicionalmente los sujetos estudiados llenaron cuestionarios de rasgos de personalidad que incluían neurosis y ansiedad, características de comportamiento como la rigidez en los hábitos de sueño, capacidad de superar el sueño. Los resultados de este estudio sugieren que las mediciones subjetivas como el estado físico y el ánimo bajaron similarmente a medida que pasaba el tiempo en el turno de trabajo, aumentándose la fatiga en todas las jornadas de trabajo particularmente en la noche. Las demás variables estudiadas no presentaron cambios importantes⁸⁰.

Se ha definido un síndrome tridimensional llamado "Burnout"⁸¹⁻⁸² o agotamiento que consta de desgaste emocional, un claro signo de fatiga; despersonalización, una actitud distante hacia el trabajo; y objetivos personales, que incluyen la satisfacción con el pasado y los logros presentes en el trabajo. Se han desarrollado pruebas para medir el síndrome de agotamiento como por ejemplo el inventario de agotamiento de Maslach y de acuerdo a diversos estudios se ha determinado que este síndrome en particular se relaciona al ambiente de trabajo y sus demandas como lo son la sobrecarga de trabajo y la presión que sufre en una jornada laboral⁸³. Otros estudios han identificado el nivel de agotamiento en controladores de tránsito aéreo comparado con otras profesiones y no se llegó a demostrar que sea significativamente mayor que en las demás labores en una muestra de trabajadores de Noruega, los autores sugieren que el nivel de entrenamiento y la gran exigencia en el momento de la selección pudo haber contribuido a los resultados, sin embargo el 5% de la muestra de controladores aéreos reportó que se sentía frecuentemente exhausto y hasta el 22% reportaron que alguna vez ya habían sentido el síndrome de agotamiento, sin embargo una de las limitaciones del estudio es su diseño fue de corte transversal por lo cual no establece causas⁸⁴

DÉFICITS DE ATENCIÓN

Las limitación en la atención podrían llevar a errores en controladores de tránsito aéreo que pueden integrarse con inexactitudes auditivas, colación y tardío reconocimiento del mensaje y esta se ve afectada seriamente por trabajo sostenido, fatiga⁶³, depresión y ansiedad⁶⁴.

Los controladores aéreos de la misma manera deben atender a una gran cantidad de información de diversas fuentes relacionadas con una o más aeronaves por ejemplo en las comunicaciones con las aeronaves de acuerdo a su configuración, por ruido ambiental producido por interferencia en frecuencia de radio, ambiente de cabina, relacionados con el lugar de trabajo o incluso en emergencias enfocar su atención a comunicaciones de un avión en particular y no tener bajo su control el resto del tránsito aéreo y por lo cual su sistema integrador cognitivo específicamente referente a la vigilancia, la capacidad de filtración de la información y la atención pueden ser afectadas también por situaciones de alta carga laboral⁶⁵ y fatiga⁶³.

En un estudio realizado por Cardosi en 1993 se encontró que en 47 horas de comunicaciones en ruta, 3% de los errores fueron colaciones hechas por los pilotos pero no interpretadas, 6% fueron colaciones mal interpretadas en las cuales en el 89% de los casos fueron corregidas por el encargado controlador¹⁰⁶ y esto constituye un problema que se basa en el hecho que las colaciones hechas por los pilotos generalmente toman el doble de tiempo que la instrucción originalmente dada por el controlador¹⁰⁷, también logrando ocupar más tiempo de reacción y recursos de atención que pueden ser vitales durante las horas de alta carga de trabajo⁶⁵.

El incremento de los vuelos en todo el mundo se ha reflejado en un incremento de la carga de trabajo para los controladores de tránsito aéreo y las fallas de atención cobran gran cantidad de incidentes como el ocurrido en el aeropuerto de Heathrow el 29 de abril del 2000 en el que un Boeing 747-436 de British Airways se le instruyó abortar la aproximación porque hubo un A321 aún estaba en la pista para despegue dejándolos a corta distancia y según la investigación de accidentes aéreos, determinó que fue error del controlador de tránsito aéreo por un defectuoso planeamiento y toma de decisiones¹⁰⁸.

Errores humanos en el control de tránsito aéreo ocurre en de diferentes formas, evidenciando factores causales tales como la percepción, memoria, toma de decisiones, administración de recursos de equipo y comunicación (CRM) que pueden llevar a incidentes de seria gravedad como los expuestos en procedimientos de aproximación en el cual un controlador de sector no detectó una instrucción por su alumno lo cual puso a ambos aviones al mismo nivel sin una separación estándar (Airprox 221/99, Diciembre 14 de 1999) y que ha hecho necesario el desarrollo de una serie de aplicaciones para la identificación de errores humanos en las operaciones de control de tránsito aéreo¹⁰⁹.

VIGILANCIA

Una sobrecarga de estímulo y fallas en la vigilancia pueden igualmente causar problemas de percepción en los controladores de tránsito aéreo.

En un artículo publicado en 1989 por Thackray y Touchstone donde describen una tarea simulada de Control de tránsito aéreo, se logró realizar una operación de monitoreo bajo gran carga de trabajo por 2 horas teniendo en cuenta que para detectar aeronaves a la misma altitud se tomo más tiempo a medida que iba pasando el tiempo además de menos eficacia para detectar los errores cometidos¹⁰⁹. Es muy particular que los controladores de tránsito aéreo al aumentar la carga de trabajo tienden a disminuir su capacidad de monitoreo visual de la pantalla de radar.

En un estudio realizado por Roske-Hofstrand y Murphy en 1998 demostró que los controladores generalmente tienen sobrecarga de información en donde es necesario contar con una gran capacidad de atención selectiva y esta característica mental debe ser entrenada para adelantarse a las situaciones y no perder la conciencia situacional de todos los vuelos que están controlando¹¹⁰.

En 1999 Willems y colaboradores encontraron que con un incremento del número de tareas, la atención del controlador aéreo se enfocaba en otras áreas específicas, por ejemplo el teclado lo que sugiere que están llevando más tiempo actualizando el plan de vuelo y menos tiempo observando y escaneando el radar para ver los cambios de posición de las aeronaves¹¹¹.

En una situación en donde los controladores aéreos tienen baja carga de tareas, con pocas aeronaves en frecuencia como ocurre durante la noche, sin embargo pueden fallar en detectar los cambios de la pantalla de radar como los ascensos o descensos de nivel. La baja carga de trabajo ha sido ya relacionada con regularidades en el desempeño en controladores⁶⁵ y los problemas parecen ser relativamente menores en áreas de control en donde existe menor tránsito aéreo.

MEMORIA EN ATC

La memoria de trabajo tiene tres componentes: una función ejecutiva central de libre modalidad que se relaciona con la atención, un loop fonológico, y una imagen visoespacial. El central ejecutivo es el componente más importante y versátil, relacionándose con las tareas que más demandan procesos cognitivos, los otros son sistemas "esclavos" y se ha visto que los componentes de la memoria trabajo tienen una capacidad limitada¹¹².

Los cambios de contexto entre la codificación de la información y el almacenamiento junto con los procesos de recuperación de la memoria pueden producir reducciones en el desempeño, fenómeno que es relevante a largo plazo en los controladores de tránsito aéreo. Un controlador puede comparar el nivel de vuelo de dos aeronaves y codificar la información semánticamente pero puede que no sea posible fonéticamente recordar el nivel de vuelo exacto incluso si fue percibido por que el tipo de procesamiento a nivel de la codificación en la recuperación es diferente¹¹³. El olvido parece estar relacionado por no relacionar claves interfiriendo la recuperación de la memoria como se ha demostrado previamente¹¹⁴.

Por ejemplo, claves externas de nombre código y destino pueden desencadenar una memoria, claves internas como los estados de ánimo pueden afectar la recuperación. La interferencia ocurre cuando el aprendizaje previo interrumpe el aprendizaje tardío (interferencia proactiva) o cuando el aprendizaje tardío interrumpe el aprendizaje temprano (interferencia retroactiva). Por ejemplo en la memoria trabajo un reporte de un piloto anterior podría interferir con la recuperación de la memoria de un reporte de un piloto posterior o viceversa. A menudo los controladores inconscientemente revierten al anterior nivel de vuelo después de haber usado por un tiempo el nuevo nivel de vuelo asignado, esto se relaciona con una interferencia en la memoria a largo plazo y que es conocido como una transferencia negativa de entrenamiento. La memoria prospectiva es particularmente importante en los controladores de tránsito aéreo la cual se enfoca más incubando a ser algo y tiene un bajo contenido de información¹¹³.

En un estudio realizado en controladores de tránsito aéreo en el Reino Unido se identifican 42 escenarios de lapsos de memoria las cuales las clasifican en errores internos que incluyen fallas de la memoria prospectiva (16) (incluye olvido para monitorear), olvido de acciones previas (3), olvido de información temporal (15), olvido de información almacenada (6) y mala recuperación de la memoria almacenada (2). Dentro en los errores de fallas en la memoria prospectiva, seis de ellos fueron atribuidos a el uso de los FPS (flight progress strips) usados para cada aeronave

representando información básica como el tipo aeronave, llamada distintiva, destino, ruta planeada, nivel de vuelo o altitud. Los errores que los controladores más presentaron fueron el de marcar el nivel de vuelo y el rumbo, actualizando los datos correctos de ruta, monitoreando una situación identificada de conflicto y transfiriendo la aeronave al siguiente sector cuando el controlador se encontraba ocupado entre otros. Los controladores también fueron incapaces de recordar datos de aeronaves que iban a escalar a un nivel de vuelo específico. Todos estos procesos de memoria prospectiva se relacionaron con fallas de sobrecarga de la capacidad de memoria y por distracción¹¹³. El hecho de olvidar información temporal es otro tipo de error que en el estudio se analizó, viendo que la presencia de aeronaves que requirieron poco control de actividad como los sobre pasos, propia navegación o en ruta, los controladores no insisten en recordar sus datos y se ponen en riesgo de sesgo de infrecuencia a pesar de que se encuentran en conflicto con otras aeronaves¹¹³.

La memoria es un determinante crítico en el desempeño de los controladores de tránsito aéreo. Ellos hacen uso extensivo de la memoria de trabajo, memoria de trabajo a corto plazo con el fin de manipular la imagen mental de varios aspectos relacionados con las aeronaves y el espacio aéreo¹¹⁵. En un estudio de factores humanos que envuelven accidentalidad aeronáutica durante 1985 y 1997, Pape y Douglas encontraron que el 82% de accidentes fueron por fallas en la atención y memoria siendo el error más común cometido por el personal controlador¹¹⁶.

No se han revisado con gran extensión los accidentes e incidentes aeronáuticos relacionados con las fallas de memoria, sin embargo un estudio realizado por Cardosi en el año 2002 determinando la participación de aspectos cognitivos en las funciones de ATC, encontró que los lapsos de memoria eran un factor que contribuye significativamente a los errores operacionales que incluyen fallas en la separación estándar entre las aeronaves en torres de control de tránsito aéreo en Estados Unidos¹¹⁷.

ERRORES PERCEPTUALES EN ATC

Coloquialmente, los controladores de tránsito aéreo han llamado “Black-holing” a un fenómeno en el cual ellos se concentran de manera extrema hasta el punto que el barrido visual en la pantalla de radar y las barras de identificación de las aeronaves son intencionalmente o no intencionalmente sacrificadas para enfocarse en la información crítica en una parte de su campo visual perdiendo gran parte de la “visión periférica” para identificar las otras aeronaves en pantalla. Esto es conocido como “tunelamiento perceptual”⁶⁵. Este fenómeno ha sido conocido por más de 50 años descrito antiguamente por Broadben en 1954¹¹⁸. Al parecer se encuentra presente comúnmente en condiciones de estrés¹¹⁹ como pérdidas de separación y probablemente bajo condiciones de alta carga de tareas⁶⁵.

Un ejemplo fatal de esta falla de percepción periférica por concentrarse en una tarea específica se pudo observar en el accidente aéreo con Eastern Airlines sobre los Everglades de la Florida en 1972 donde la tripulación se concentro en un indicador de luz excesivamente a expensas de la ruta de vuelo¹²⁰, de manera similar se presentó con el vuelo Helios 522 el 14 de Agosto de 2005 donde los pilotos de un 737 – 300 por no haber hecho un adecuada lista de chequeo pre vuelo, no revisaron en el panel de presurización de la aeronave el estado de los indicadores, escalando a la zona fisiológica deficiente y sufriendo eventualmente de hipoxia hipobárica con tareas de identificación de alarma de panel que los desvió de la capacidad de reconocer sus propios síntomas de hipoxia por baja presión atmosférica entrando finalmente en inconsciencia y fatalidad¹²¹.

FRECUENTES ERRORES EN ATC EXACERBADOS POR ESTRÉS Y FATIGA

Adicionalmente, los controladores de tránsito aéreo están sujetos a cometer errores influenciados por la carga de trabajo, estrés y fatiga dentro de los cuales podemos encontrar los siguientes

ERRORES DE DETECCIÓN VISUAL

Los errores más comunes en los ATC incluyen aquellos de detección visual relacionada con el monitoreo del radar⁷⁸, en el cual Jones y colaboradores encontró que de 262 errores cometidos por controladores identificados de 143 incidentes, las variables “falta para observar datos del monitor” y “datos difíciles de detectar o discriminar” reunieron alrededor de 61% de los errores de percepción; comprensión y proyección fueron específicamente los más comunes con una proporción del 46% en esta última variable⁷⁸.

El trabajo de controlador es demandante de la misma manera en el campo visual, lo que requiere de un estado de concentración suficiente para detectar los cambios de posición y nivel de las aeronaves, el seguimiento de la información en la pantalla de radar que incluye nivel de vuelo, código alfa, velocidad, dirección de movimiento e igual número de características de varios aviones usando mecanismos cognitivos de procesamiento local y global haciendo que estos cambios en la atención deben tener un sistema bien integrado para reducir la probabilidad de errores y prevenir desastres⁶⁵.

ERRORES POR EXPECTATIVA

Los controladores también pueden errar por expectativa, las colaciones son generalmente correctas en su mayoría y duramente influenciadas por la calidad de la frecuencia de radio, la nacionalidad del piloto, acento, pronunciación y lenguaje nativo, complejidad del mensaje etc.⁶⁵, lo que inicialmente puede facilitar el desempeño guiando la atención reduciendo las demandas cognitivas, pero puede generarse un problema si la expectativa de la persona es la opuesta. Este “set perceptual” es un tipo de “procesamiento de baja inteligibilidad” que permite de forma maquiavélica, una más rápida ejecución de la maniobra de colación. En diversas ocasiones, la incorrecta expectativa sobrepasa la percepción directa.

La preocupación y la distracción también pueden ser factores que afecten sus actividades adicionalmente, un estudio realizado por Jones y Endsley en 1996, donde 33 reportes del sistema de reportes de seguridad en aviación (ASRS – Aviation Safety Reporting System) fueron analizados concluyendo que la causa más común de observar los datos en el radar fue distracción (53% de los casos)⁷⁸.

ERRORES POR CONFUSIÓN

Las confusiones originadas por el distintivo de llamada de cada aeronave debido a su similitud ocurren a diario y esto es conocido como “Confusión Espacial” o confusión perceptual y falla de discriminación; ocurre cuando dos aeronaves o más se parecen en su distintivo de llamada y el controlador le responde al piloto equivocado, igualmente cuando el controlador identifica de forma equivocada la barra donde se escribe la información del vuelo.⁶⁵ Duncan y Humphreys en 1989 encontraron que la eficiencia en la búsqueda visual se incrementa a medida que la diferencia entre blancos y distractores aumenta a medida que también se acrecientan las diferencias¹²². Los errores de discriminación perceptual fueron asociados a una información subóptima (difícil de detectar o discriminar) como cuando se transmite por un canal de radio ruidoso, un discurso sin claridad⁶⁵.

Es importante aclarar que los errores comúnmente cometidos por los ATC, no pueden ser del todo eliminados ya que son producto del desempeño humano bajo contextos cambiantes, lo que sí, es que pueden ser reducidos mediante diversos mecanismos y hacer mejoras con respecto a la seguridad aérea.

ESTRATEGIAS PARA MITIGAR LA FATIGA

La industria de la aviación en general ha fallado en incorporar las contra-medidas resultantes de las investigaciones en el área y aplicarlas a tripulaciones, además se ha hecho un llamado al cese de la prohibición de siestas estratégicas en cabina y el uso de ciertos inductores de sueño que de alguna manera impactarían en la disminución de incidentes ocasionados por fatiga¹²³. Estadísticas de accidentes de aviación, reportes de pilotos y estudios operacionales en aviación han mostrado la fatiga como un factor de preocupación creciente dentro de la industria.⁵²

Un estudio conducido por la Agencia Europea de Seguridad en la Aviación (EASA) concluyo que debe haber un llamado urgente a reducir los tiempos de trabajo ya que 180 horas en tres semanas consecutivas permite una alta densidad de horas de trabajo y deberían ser rebajadas a 100 horas en 14 días consecutivos de trabajo. Además se menciona que las horas máximas de trabajo de 13 a 14 horas al día exceden tiempos razonables¹²⁴.

REGULACIONES INTERNACIONALES ACTUALES

La FAA regula el descanso a tripulaciones bajo las regulaciones federales de aviación (FARs) de al menos 10 horas previas a labores de vuelo, que incluyen el hecho de transportarse al sitio de descanso, labores domesticas, etc. Lo que a menudo tienden a ser menos de 8 horas de sueño ininterrumpido. Para tripulaciones “aumentadas” (compuesto de más de una tripulación requerida para operar una aeronave) el tiempo de descanso es de 12 h y extendida a 18 horas para cruzar múltiples zonas horarias.

REGULACIONES NACIONALES ACTUALES

El Reglamento Aeronáutico Colombiano¹²⁵ establece que: “Todos los tripulantes al término de una asignación de vuelo, deben disfrutar de un período de descanso, que comienza a contar desde la terminación del período de servicio cumplido y cuya duración será:

En la base de residencia: Para vuelos con duración de cuatro (4) horas o menos, diez (10) horas de descanso, para vuelos con duración de ocho (8) horas o menos, doce (12) horas de descanso y para vuelos con duración mayor de ocho (8) horas, el doble de las horas voladas sin exceder de (24) horas de descanso.

Fuera de la base de residencia, para vuelos con duración de cuatro (4) horas o menos, diez (10) horas de descanso, para vuelos con duración de nueve horas (9) o menos, doce (12) horas de descanso, para vuelos con duración mayor de (9) horas y no superior a doce (12), dieciocho (18) horas de descanso. Para monomotores que operen con un solo piloto este tendrá derecho a un periodo de descanso mínimo de doce (12) horas entre uno y otro.

Las regulaciones se extienden además a otros elementos fundamentales de las operaciones aeronáuticas, tales como auxiliares de vuelo y despachadores

Con respecto Controladores de Tránsito Aéreo, no existe regulación referente a los periodos de descanso publicada en el Reglamento Aeronáutico Colombiano.

PRUEBAS PARA DETERMINAR FATIGA

La necesidad de tener un dispositivo para determinar objetivamente fatiga es imperativo en un sistema que trabaja por turnos rotatorios como lo son los CTA en cualquiera de sus posiciones.

Estudios de laboratorio han indicado que el Test de Vigilancia Psicomotora (PVT) es una forma de medir el neuro-comportamiento objetivamente para determinar fatiga independiente de su causa en individuos que han tenido privación de sueño¹²⁶ o por mala higiene del sueño en general¹²⁶⁻¹²⁹, siendo practico por sus dimensiones y su utilización para recolección de datos e interpretación de resultados¹³⁰.

El PVT es mínimamente afectado por aptitud con una curva de aprendizaje de solo 1-3 pruebas¹²⁷, usualmente toma 10 minutos, sin embargo se han hecho estudios para determinar validez de su prueba en solo 5 minutos¹³¹ y adicionalmente utilizando un test similar en una Palm Pilot Zire71 con similares resultados¹³² lo que lo hace útil en un ambiente en donde el tiempo es vital para mantener las operaciones aéreas constantes, además de no tener barreras del lenguaje ya que una gran cantidad de test para evaluar fatiga son en ingles.

Es importante que para tomar mediciones de PVT, los sujetos deben no consumir regularmente alcohol o grandes cantidades de cafeína. Los test administrados mediante el PVT incluyen tiempo de respuesta, latencia entre la aparición del estímulo y de presionar el botón, lográndose diferentes mediciones objetivas a medida que va pasando el tiempo en el turno rotatorio.

Lo importante de un test para determinar la disminución del desempeño cognitivo por falta de sueño es que sea sensible a los efectos de la pérdida de sueño, siendo capaces de mapear tareas relevantes a la actividad que realiza el individuo, que sea repetible o reproducible, que sea mínimamente intrusivo y que tenga validez interna³⁷.

Dentro de una revisión de los test anteriormente mencionados, se encontró que la mayor sensibilidad es el test de latencia de sueño modificado y la velocidad en el test de vigilancia psicomotora (PVT) con 96% y 95% respectivamente, el test "StiSim lane deviation" 59%, "10-Choice reaction time" 51% y así sucesivamente³⁷.

Se han creado alternativas al PVT con versiones electrónicas creadas para sistemas operativos PalmOS las cuales resultan de fácil uso en investigaciones de campo no solo por su tamaño sino por la fácil manipulación de los datos recolectados. El Instituto de investigación Walter Reed del ejército de EEUU desarrollo el PVT para su uso en Asistentes Personales Digitales (PDA) y validó sus resultados comparándolo con el ya tradicionalmente utilizado para determinar fatiga el PVT-192 desarrollado por Dinges y Powell¹³³. Los Tiempos de Respuesta (RT) medidos por el PalmPVT responden a los efectos de la privación del sueño y del ciclo circadiano, adicionalmente el tiempo en la tarea, fatiga y efectos de orden¹³⁴.

La universidad del Sur de Australia para las ciencias del comportamiento aplicado ha desarrollado un modelo ya validados de fatiga (FAID o Fatigue Audit InterDyne) el cual requiere información acerca de las horas de trabajo (hora de comienzo y de terminación del turno) como único dato y no requiere los records de ciclo de sueño/ vigilia, más bien este asigna un valor en tiempo de sueño para recuperarse fuera de su trabajo dependiendo de la longitud y la hora del día que ocurra¹³⁵.

FAID es un producto diseñado para asistir en la evaluación de los riesgos asociados con la fatiga en el puesto de trabajo y se basa especialmente en las horas de trabajo. Esta herramienta se enfoca especialmente en tres aspectos que se combinan para crear un ambiente potencialmente de alto riesgo: Horas de trabajo, sueño inadecuado y peligros relacionados con la fatiga. Estimaciones de la fatiga relacionada con el trabajo son basadas en un modelo estadístico de la cantidad de sueño probable obtenida por los individuos basados en la hora del día y la duración de los horarios de trabajo y de descanso en un periodo de siete días siendo el indicio de fatiga un cálculo obtenido del tiempo de sueño obtenido fundamentado en una formulación del Centro para la Investigación del Sueño en la Universidad del Sur de Australia con diversas publicaciones¹³⁵⁻¹³⁷.

Dentro de otras pruebas cabe mencionar que NIOSH utiliza la “Fatigue Test Battery – NIOSH”⁷³ usando mediciones en el tiempo de reacción, razonamiento aritmético y gramático. Actualmente se viene trabajando en la búsqueda de cambios moleculares en fatiga, trabajo liderado por CAMI, FAA en EEUU que requiere validación y más soporte estadístico.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la prevalencia de fatiga operacional en la población de Controladores de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional de Colombia durante el 2009

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la prevalencia de fatiga operacional del personal de controladores de tránsito aéreo del Ejército Nacional de Colombia mediante el software FAST (Fatigue Avoidance Scheduling Tool)
- Determinar las horas de sueño y trabajo de los controladores de tránsito aéreo del Ejército Nacional de Colombia
- Determinar la efectividad del desempeño de cada controlador, los lapsos índice, la reserva de sueño y los factores de fatiga para cada uno de los controladores de tránsito aéreo

METODOLOGÍA – MATERIALES Y PLAN DE TRABAJO

TIPO DE ESTUDIO

Estudio descriptivo de corte transversal

POBLACIÓN DEL ESTUDIO

Población total de Controladores de Tránsito Aéreo durante el mes de noviembre de 2009 del Ejército Nacional de Colombia

DURACIÓN DEL ESTUDIO

12 Meses

DISEÑO METODOLÓGICO

El presente estudio se plantea como un estudio observacional, descriptivo de corte transversal en el que se determina la frecuencia de fatiga operacional en la población de Controladores de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional de Colombia a través del modelo SAFTE y aplicaciones contenidas en FAST durante Noviembre de 2009

MEDICIONES E INSTRUMENTOS

Se utilizara un instrumento ampliamente validado para la determinación de fatiga, el modelo matemático SAFTE incorporado en el aplicativo “Fatigue Avoidance Scheduling Tool” desarrollado por la Fuerza Aérea de Estados Unidos, Ejército de Estados Unidos y el Departamento de Transporte de Estados Unidos.

La herramienta de horarios para evitar fatiga operacional (FAST) o en ingles “Fatigue Avoidance Scheduling Tool” es un software para Windows basado en el modelo SAFTE (desarrollado por el Ejército de EEUU y la Fuerza Aérea de EEUU) el cual es usado para predecir matemáticamente la efectividad del desempeño de los seres humanos basado en la cantidad de sueño permitiéndole al usuario conocer cuál es el mejor horario para evitar la fatiga operacional¹³⁸. Tiene en cuenta el tiempo de privación del sueño, horarios de sueño y variación circadiana para determinar el efecto en las tareas independiente del tipo de trabajo que realice. Este modelo permite organizar horarios y estimar el impacto de diversos esquemas de turnos rotatorios sobre su ocupación y determinar cuál es el mejor horario de descanso para no presentar fatiga.

El software requiere entrada de datos, horarios de sueño o datos de actigrafía para hacer estos cálculos estimados y cuando los niveles de fatiga no puedan ser evitados, FAST predice estos tiempos específicos permitiendo a los administradores tomar medidas adicionales para gestionar el riesgo. La interface del software provee la introducción de datos referentes al horario dando como resultados predicciones en formato tabular y grafico; además da un resultado estimado de la efectividad para hacer comparaciones objetivas¹³⁸.

Los datos mostrados en la tabulación pueden ser copiados y pegados en el ‘clipboard’ para su manipulación en Excel.

FAST tiene diversas aplicaciones, las cuales puede incluir como herramienta para investigación de accidentes, como herramienta de entrenamiento, para predecir el desempeño con diversos horarios de trabajo.

Para la interpretación de los datos, el despliegue de la información grafica se hace mediante una línea resultado del análisis matemático para predecir la efectividad en el desempeño. La grafica indica el nivel de capacidad mental (velocidad de desempeño cognitivo) por un porcentaje de desempeño normal de una persona completamente descansada¹³⁸. La información desplegada también puede ser mostrada en forma de tabla.

- a) **Zona verde:** La zona verde de la grafica que por defecto significa (100-90%) es el rango de desempeño durante un día de labor precedida de un periodo de sueño de 8 horas con buena calidad.
- b) **Zona Amarilla:** Significa un rango de 90 – 65% de desempeño, durante el periodo de 24 h después de haber perdido lo equivalente a una noche de sueño. Mientras es difícil evitar la baja circadiana durante las horas de la mañana (0000 h – 0400h), las siestas y otras contra medidas se recomiendan para mantener el desempeño en la parte superior de la zona amarilla, por encima de la línea de criterio. El desempeño en la zona amarilla por debajo de la línea del criterio representa el desempeño de una persona que ha perdido una noche entera de sueño.
- c) **Zona Roja:** Significa un rango de 65% a 0% que indica que el desempeño estaría por debajo del nivel aceptable de las operaciones. La zona roja representa la privación de dos días de sueño y una noche completa. Los

tiempos de reacción en la zona roja son más largos en más de un 50% comparativamente con la persona que se encuentra bien descansada.

- d) **Línea de Criterio:** Divide la zona amarilla en el medio (por defecto 77.5%) y es una guía para usar las contramedidas para mejorar el desempeño. Esta competencia en la línea amarilla por debajo de la línea de criterio representa el desempeño de una persona durante el día siguiente a la pérdida de una noche completa de sueño. Las tablas de resumen indican el porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio (BCL) como un método fácil para comparar cantidades de pobre desempeño a través de los horarios de trabajo.
- e) **Tabla de Resumen:** Tablas del promedio de la efectividad del desempeño para cada periodo de vigilia, trabajo y sueño y cada evento puede ser sobrepuesto en la grafica, adicionalmente las tablas también incluyen en la fila inferior, la efectividad promedio y el porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio (BCL).

MODELO SAFTE

Llamado en castellano modelo de Sueño, Actividad, Fatiga y Efectividad en las Tareas fue un modelo diseñado por Hursh¹³⁹ en 1998 y posteriormente revisado para reflejar los avances en las ciencias del sueño y de la fatiga. Este modelo predice el desempeño cognitivo humano basado en 20 años de investigación en sueño y ciclo circadiano. Se invento para el Instituto de Investigación Walter Reed del Ejército de los Estados Unidos y éste modelo es una modificación avanzada del modelo original del ejército de Estados Unidos. La versión actual del modelo hace predicciones válidas del desempeño bajo un amplio rango de condiciones horarias, teniendo en cuenta variables de privación de sueño, a cualquier hora del día y hora los sujetos normales adultos con edades desde los 20 años hasta la mitad de la década de los 50. Éste modelo es homeostático y se ajusta a sus predicciones para desempeños futuros basados en la historia reciente de sueño de la población proyectada o individuos específicos. En el modelo el proceso circadiano influencia el desempeño y la regulación de sueño. La regulación de sueño es dependiente de las horas de sueño, horas de vigilia, deuda de sueño, el ciclo circadiano y la fragmentación del sueño (periodos de despertar durante el tiempo de sueño) que reducen la calidad del sueño. El desempeño es dependiente del balance actual de la regulación del proceso de sueño, el proceso circadiano, y la inercia del sueño. Un beneficio adicional de éste modelo es que puede ser mejorado por estudios futuros para refinar los efectos de la fatiga sobre poblaciones específicas, aspectos específicos de desempeño del operador, y los efectos de las intervenciones tales como los estimulantes, sedantes y siestas estratégicas.

ARQUITECTURA DEL MODELO SAFTE

Un proceso circadiano influencia del desempeño y la regulación del sueño. La regulación de sueño dependiente de la Sarh de sueño, horas de vigilia, deuda de sueño, proceso circadiano, y la fragmentación del sueño. El desempeño es dependiente del balance actual del proceso de regulación del sueño, el proceso circadiano, y la inercia del sueño. A pesar de que se han desarrollado independientemente, el resultado del modelo tiene una similitud estructural al esquema sugerido por Acherman y Borbely¹⁴⁰ y cuando el estímulo es integrado en el tiempo se aproxima a las matemáticas del modelo homeostático de Folkard y Akerstedt¹⁴¹. De todas maneras, el nuevo modelo fue optimizado para predecir los cambios en el desempeño cognitivo e incorpora características no incluidas en modelos previos. Estas características son: un oscilador múltiple del proceso circadiano, un proceso de tendencia al sueño circadiano, un proceso de fragmentación del sueño, una fase circadiana que se ajusta a los cambios de zonas horarias, la regulación del proceso de sueño homeostático resultante de la restricción crónica de

sueño y un factor que se acomoda a la tasa de ajuste de fase basada en la exposición esperada a la luz del día. A continuación se muestra un diagrama en bloque del modelo.

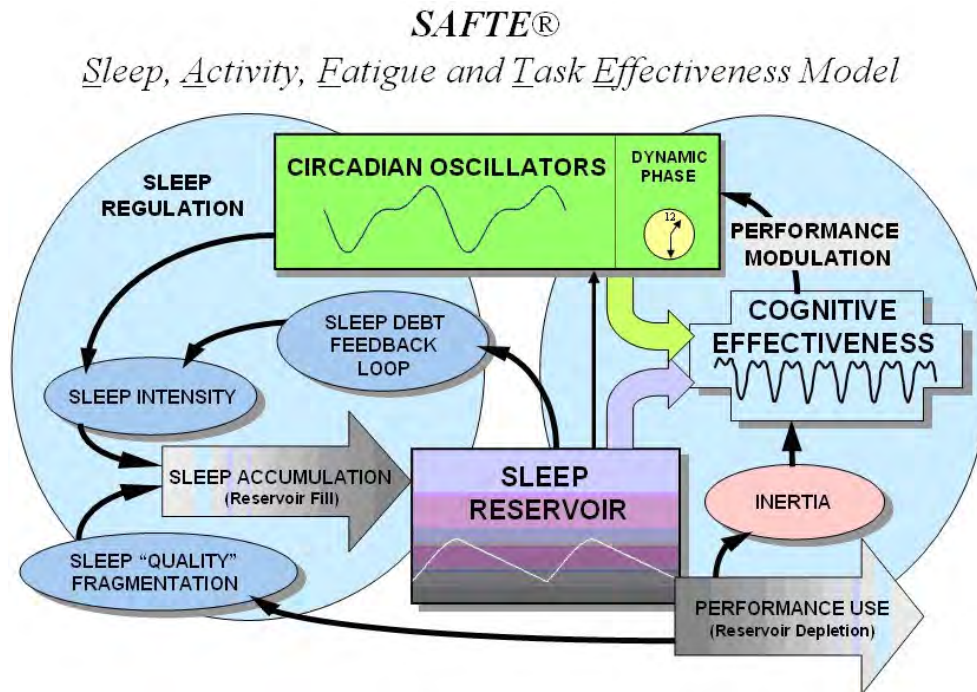


Figura 1 Modelo de sueño, actividad, fatiga y efectividad del desempeño

COMPONENTES DEL MODELO

OSCILADORES CIRCADIANOS

Mientras se está en vigilia y la tendencia a dormir se controlan, en parte, por un proceso circadiano¹⁴¹⁻¹⁴². El desempeño y la alerta alcanzan su mayor pico temprano en la noche, alrededor de las 2000 horas, y caen a un mínimo a las 0400 horas. Hay un mínimo secundario temprano en la tarde alrededor de las 1400 horas y un pico secundario en la mañana alrededor de las 1000 horas. La existencia de un pico menor y un pico mayor en el desempeño y dos bajas circadianas correspondientes en otros horarios sugieren que al menos 2 osciladores intervienen en el proceso circadiano. El modelo de sueño y desempeño incorpora un proceso circadiano que se compone de la suma de dos ondas coseno, una con un periodo de 24 horas y una con un periodo de 12 horas ambas desfasadas. Este oscilador activador lleva ambas variaciones en la efectividad cognitiva predicha y la tendencia al sueño. Estas dos traducciones del oscilador tienen frecuencia y componentes de fase idénticos, con diferencias solamente en la amplitud y en señalamiento. Un aumento en la activación (arousal) produce un incremento en el desempeño y una disminución en la tendencia a dormir.

Pasaban observaciones que la amplitud de la variación circadiano es incrementada con la suma de horas de privación de sueño, la amplitud del del ritmo de desempeño es una función lineal que incrementa de un mínimo a un máximo dependiendo del nivel de deuda de sueño. (Capacidad de reserva menos nivel de reserva actual)

FASE CIRCADIANA AJUSTADA A LA ACTIVIDAD

Cuando los sujetos se mueven a otra zona horaria o altera en los patrones de trabajo para que el sueño y el trabajo ocurran a diferentes horas del día, el oscilador circadiano interno que controla la temperatura corporal y la alerta cambia a este nuevo horario. Durante el período de ajuste, los sujetos experimentan una degradación del desempeño, mal humor y sentimientos de disforia, llamados desincronización circadiana o “jet lag”¹⁴³⁻¹⁴⁴. El modelo remeda este proceso y automáticamente se ajusta a la fase del ritmo circadiano para que coincida con la actividad patrón del sujeto. Esta característica es crítica para la predicción precisa de los efectos de moverse a una nueva zona horaria o cambiar a un patrón de trabajo regular como lo son los turnos rotatorios nocturnos.

El modelo trabaja la siguiente manera, por ejemplo cuando el sujeto se mueve de una zona central de los Estados Unidos hacia Alemania, el tiempo de despertar el sujeto avanza seis horas. En vez de despertar a las 0600 horas tiempo central Estados Unidos, el sujeto se despierta a las 0000 horas tiempo del centro lo que significa 0600 horas tiempo de Alemania. Esto causa un cambio de seis horas en la fase blanco del sujeto. El modelo ajusta a la nueva fase gradualmente en un curso de nueve días, durante ese tiempo el desempeño del sujeto mostrará degradación debido a la desincronización del ritmo circadiano interno debido al nuevo horario de trabajo y sueño. De la misma manera el viaje hacia el oeste causa una demora de la fase en el ritmo circadiano y la inversión ha mostrado que esta demora toma menos tiempo para la ajuste, más o menos 1 día por hora de cambio o seis días por un cambio de seis horas. Cambios similares en la fase de actividad pueden presentarse durante los horarios de trabajo por turnos rotatorios pero los ajustes son generalmente más lentos para un cambio transmeridiano, éste modelo detecta la forma de cambio cuando el sueño ocurre durante el día en vez de la noche y usa una tasa de cambio más lenta.

LA RESERVA DE SUEÑO Y LA REGULACIÓN HOMEOSTÁTICA DEL SUEÑO

El control del sueño y su influencia sobre la capacidad cognitiva es un proceso homeostático¹⁴⁵. En el centro de este proceso existe una reserva de sueño, diagramas como un rectángulo en la figura previa. Este modelo simula el proceso por el cual se gobierna la capacidad de desempeño. Una persona descansa tiene cierta capacidad de desempeño indicada como la capacidad de reserva, Rc. Mientras que está en vigilia, las unidades de esta reserva se agotan cada minuto de acuerdo a un desempeño lineal usando una función, indicada por la flecha saliente del reservorio. Mientras que se duerme, las unidades de capacidad son adheridas al reservorio cada minuto para completar este reservorio y la capacidad de desempeño aumenta en la vigilia. La tasa de acumulación por cada minuto de sueño se llama *intensidad del sueño* y es dirigida por dos factores:

1. la variación circadiana en la tendencia a dormir
2. el déficit actual de sueño, el cual se representa como la capacidad de reserva, Rc, menos el nivel actual de reserva en el tiempo, Rt.

Este déficit está constantemente cambiando a medida que se duerme y se recupera la reserva o se está despierto por lo tanto disminuyendo la reserva. La oscilación en el nivel de reserva se llama ciclo de sueño vigilia y refleja el déficit actual de reserva. Es importante notar que la acumulación del sueño no comienza inmediatamente se duerme. Seguido de un despertar, hay una demora mínima de más o menos -5 minutos para alcanzar el estado de descanso recuperador. Estos componentes en función de la acumulación del sueño se indican como elipses en el diagrama hacia la izquierda del la reserva de sueño alimentando la función de la acumulación de sueño. Éste modelo simula y por ende puede ser fácilmente acomodado aún patrón complejo de sueño y vigilia. Mientras que se duerme, la simulación le suma a la reserva, mientras que se está en vigilia la simulación disminuye este reservorio. Un horario puede oscilar entre estos estados tan frecuentemente como una vez en un minuto y la simulación tendrá en cuenta los efectos netos de la capacidad de desempeño como un balance en esta reserva.

Los estudios de restricciones de sueño crónicas, lo que significa horarios de sueño que dan menos del requerimiento nominal de ocho horas de sueño por día, han mostrado cambios crónicos en el desempeño y menores tasas de recuperación que pueden ser esperadas desde incluso periodos breves de privación de sueño¹⁴⁶. Estos efectos relativamente permanentes de pérdidas crónicas de sueño sugieren algunos aspectos de la homeostasis del sueño tienen un cambio gradual que es más lento en recuperar. Dentro del contexto de este modelo, una simple y gradual regulación corriente abajo de la capacidad de reserva del sueño (Rc) durante la restricción crónica puede explicar este cambio. Una ecuación simple modula la capacidad de reserva durante el sueño. No hay cambios en la capacidad de reserva durante la vigilia. La ecuación tiene el efecto de gradualmente reducir la contribución del sueño a la reserva porque la capacidad blanco ha sido reducida. Cuando la duración del sueño regresa al valor nominal de ocho horas por día, la regulación corriente abajo de éste punto es revertido gradualmente. Este proceso explica los cambios de desempeño que ocurren durante y después de una restricción crónica de sueño.

EFFECTIVIDAD COGNITIVA

Esta es consistente con la aproximación propuesta por Achermann y Monk.^{140, 142} Este modelo titula que la efectividad cognitiva y la alerta son primariamente dependientes de las variaciones en los dos procesos descritos: el ritmo circadiano endógeno (reflejado en temperatura oral) y el balance actual de la reserva de sueño resultante del ciclo de sueño y vigilia.



Figura 2 Modelo de efectividad cognitiva y alerta

Un tercer factor, es el disturbio en el desempeño temporal que ocurre inmediatamente después del despertar, llamado inercia del sueño¹⁴⁷⁻¹⁴⁸. Estas predicciones del modelo están en términos de cambios de efectividad cognitiva, expresadas como el porcentaje de desempeño de línea base cuando se está bien descansado. Esta medida corresponde al desempeño de de una tarea de adición sustracción o el promedio del rango de pruebas cognitivas estándar. Adicionalmente, los parámetros del cálculo del desempeño pueden ser ajustados para predecir otros componentes del desempeño, por ejemplo la velocidad de vigilancia, tiempo de reacción, lapsos en la atención y blancos error.

PREDICCIONES DEL MODELO

DESEMPEÑO Y ALERTA

La persona promedio se asume que requiere ocho horas de sueño por día para estar completamente efectivo al mismo tiempo para evitar la acumulación de deuda de sueño. Basado en la interacción conjunta de los ciclos del oscilador circadiano endógeno y de sueño vigilia, el desempeño se predice tener dos picos en efectividad porcentual a las 1000 horas y a las 2000 horas, una disminución menor en el desempeño a las 1400 horas y una mayor durante las horas tempranas de la mañana cuando la persona normalmente está durmiendo. Este patrón se muestra en la siguiente figura.



Figura 3 Forma de presentación de los resultados del modelo matemático

El patrón nocturno revela una disminución mayor en el desempeño hacia las 0300 horas. El patrón predicho corresponde con los resultados de Monk¹⁴⁹⁻¹⁵⁰. El promedio del puntaje de alerta para un grupo de estudio de trabajadores por turnos rotatorios reflejó alerta subjetiva alrededor del reloj sin una deuda acumulada de sueño. El patrón de alerta es cercanamente paralelo a la predicción del modelo con dos picos de alerta, una disminución de la alerta en la media tarde y uno mayor a través de las 0600 horas.

Un número de estudios ha demostrado el patrón bimodal del desempeño mostrado en esta figura anterior¹⁵¹ reportando que hubo más accidentes de tránsito en Israel entre 1984 y 1989 revelando dos picos de accidentalidad relacionadas con el sueño, uno mayor alrededor de las 0300 horas y uno menor alrededor de las 1500 horas en la tarde. Éstas corresponden a las disminuciones del desempeño predichas por el modelo en esta figura. Similarmente, Voigt y colaboradores reportaron tiempos de reacción acústicas como función de la hora del día y nuevamente de los dos picos en la disminución de los tiempos de reacción, uno mayor a las 0200 h y una menor a las 1400 horas¹⁵². Adicionalmente se ha mostrado en otros estudios dos caídas en el desempeño, una a las 0300 horas y una segunda a las 1400 horas¹⁵³.

INTENSIDAD Y TENDENCIA AL SUEÑO

la intensidad del sueño es la suma de dos procesos¹⁵¹. Como se ha descrito más atrás, el proceso circadiano produce una oscilación en la tendencia al sueño. Este ritmo es negativo al ritmo activador escalado en unidades de

sueño. La tendencia sueño se combina con la deuda de sueño actual resultante del ciclo de sueño vigilia para generar una predicción de la intensidad del sueño. Para una persona que duerme ocho horas desde media noche hasta las ocho horas, el sueño es más intenso temprano en la mañana alrededor de las 0300 horas. Hay un incremento en la media tarde de la tendencia al sueño alrededor de las 1600 horas que coincide con la disminución de la alerta de media tarde y es consistente con la observación del incremento de accidentes de tránsito relacionados con este fenómeno¹⁵¹.

ESTADO DE EQUILIBRIO

una representación homeostática de la regulación del sueño lleva a una importante implicación, incluso ora aquellos que proponen un un proceso de sueño exponencial de respuesta a la deuda de sueño¹⁵². Si un sujeto tiene programado dormir menos cada noche, por ejemplo cuatro horas, la reserva inicialmente pierde más unidades durante el periodo de vigilia de las que son construidas durante el periodo de sueño. Esto resulta en una deuda de sueño al final del periodo de sueño que se acumula con los días. De todas formas, la tasa de acumulación de sueño incrementa con la deuda de sueño, eventualmente la tasa de acumulación del sueño incrementa tanto como cuatro horas de sueño complementando para 20 horas de vigilia. En este punto la reserva alcanzó un estado de equilibrio y no se acumula más deuda, a pesar que el déficit permanezca tanto como la persona permanezca en este horario. En el sexto día del horario restringido de sueño, el desempeño cognitiva oscila a un nivel estable muy por debajo de la línea base de ocho horas de sueño. La efectividad mínima es del 64% en el séptimo día.

DEUDA PROGRESIVA DE SUEÑO BAJO HORARIOS EXTREMOS

El proceso homeostático del sueño no es infinitamente elástico, hay un límite de la tasa de acumulación de sueño (intensidad del sueño). Cualquier horario que le proveía menos de cuatro horas de sueño por día a la persona promedio no alcanzará un estado de equilibrio y una capacidad de desempeño gradualmente se disminuya a cero, a pesar de que la tasa de depleción baje en la primera semana de restricción al tiempo que la intensidad del sueño alcanza su máximo nivel. Bajo un horario de solamente dos horas de sueño al día, el desempeño mínimo disminuye al 19% en el séptimo día.

TIEMPO DE SUEÑO

Éste modelo es sensible a la hora del día para el periodo de sueño. Para vencido dadas ocho horas de sueño al día, que comienzan a las 12 horas al mediodía cada día, el desempeño alcanza un pico de 100% al comienzo de cada periodo de trabajo (2000 horas); el desempeño rápidamente disminuye durante tarde en la noche y temprano en la mañana con una caída fuerte alrededor de las 0500 horas el desempeño mínimo predicho bajo este horario se ha visto tan bajo como de un 66% comparado al desempeño mínimo bajo un horario normal de sueño del 86%. Esta alteración el patrón resulta de dos factores. Primero, la intensidad del sueño es inicialmente menor para los periodos de sueño que comienzan al mediodía. Esto resulta en una deuda anulada pequeña que rápidamente sincronizada por el mecanismo homeostático del sueño. El segundo, un efecto más persistente es el oscilador circadiano del desempeño que alcanza su mínimo en las horas tempranas de la mañana. Este patrón tiene implicaciones fuertes para los trabajos bajo horarios de turnos rotatorios que requieren un sueño diurno. Se ha documentado que la mayoría de errores en los turnos nocturnos ocurren durante las horas más tempranas de la mañana y el modelo se diseñó para predecir este resultado^{41, 154}.

El modelo incluye una representación real de los procesos circadianos, una sofisticada rutina que gobierna la intensidad del sueño como función de la hora del día, e incluye la consideración de la inercia del sueño. Para validar el modelo, las predicciones de este para los efectos de una privación de sueño total fueron comparadas con una colección independiente de datos reportados por Angus y Heslegrave¹⁵⁵.

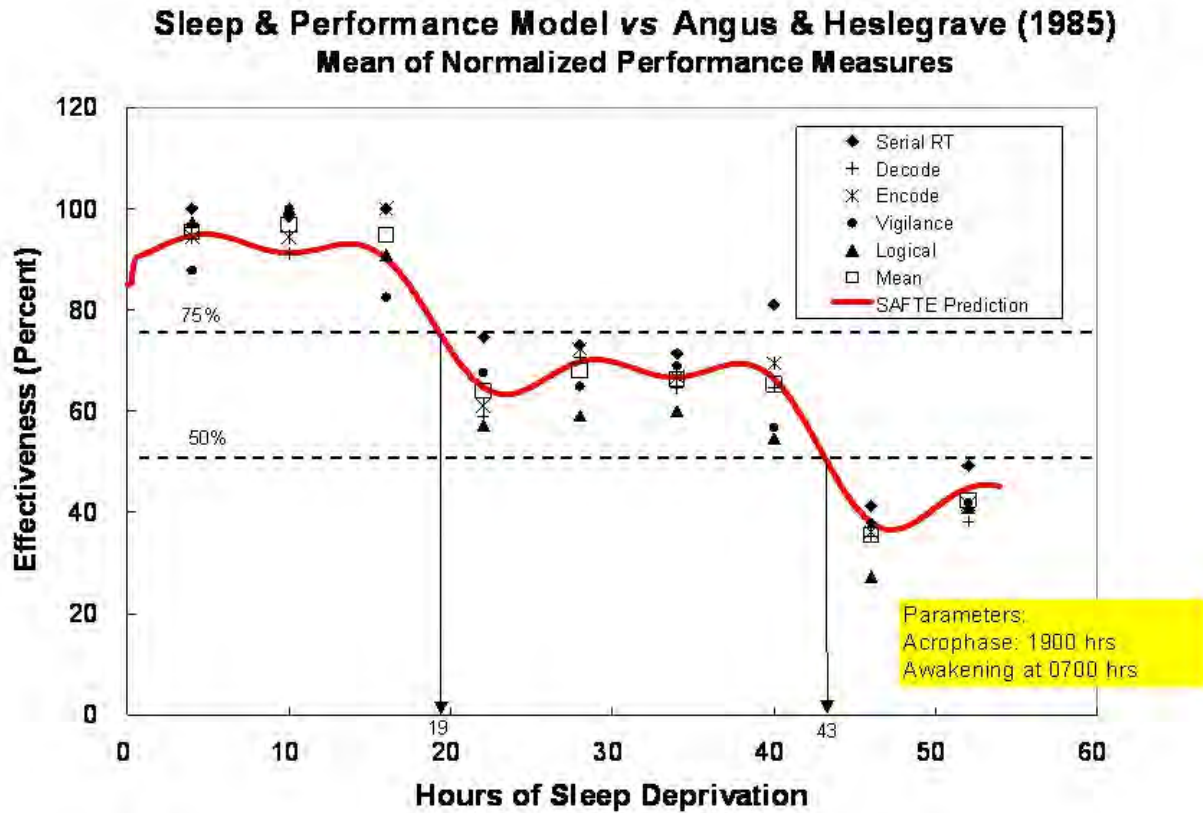


Figura 4: Modelo de sueño y desempeño comparado con los resultados de angus & heslegrave (1985) medias del desempeño normalizado

Predicciones de este modelo para el desempeño cognitivo bajo total privación de sueño representado por la línea sólida comparado con el desempeño cognitivo promedio normalizado representado por los cuadrados reportado previamente¹⁵⁵

Sus resultados fueron comparados contra las predicciones del modelo de sueño mostradas en la figura anterior. Todo los parámetros dentro del modelo fueron colocados a los valores por defecto con la acrofase (picos del ritmo circadiano de 24 horas) y el tiempo de comienzo indicado en la leyenda. Este modelo y sus predicciones para los datos actuales tienen un $R^2=0.98$.

Los horarios de actividades demandantes civiles y militares proveen menos de ocho horas óptimas de sueño al día por periodos extendidos de tiempo. Estos horarios proveen cantidades restringidas de sueño crónicamente. Un estudio de restricción crónica conducida por el ejército de los Estados Unidos en cooperación con el departamento de transporte mostró datos de horarios de 7,5, tres horas de sueño en un periodo de siete días¹⁵⁶. La regulación

corriente abajo de esta capacidad de reserva incorporada en este modelo es capaz de predecir la degradación del desempeño, sus efectos y la tasa de recuperación de esos horarios con un $R^2 = 0.94$.¹⁵⁷

Un estudio grande de 1400 accidentes de trenes patrocinado por la administración Federal de ferrocarriles de Estados Unidos ha demostrado que el modelo SAFTE es capaz de predecir incrementos en la probabilidad de accidentes por factores humanos con un $R^2 = 0.93$.¹⁵⁸ Más análisis ha indicado que el modelo también predice los incrementos en la severidad de los accidentes que acompañan la fatiga predicha o efectividad cognitiva reducida, con severidad del accidente o costo total del daño mayor para accidentes concurren con una efectividad promedio de los operadores por debajo del 77% comparado con otros accidentes.

Este modelo es ya usado de manera rutinaria por el departamento de transporte de los Estados Unidos para la evaluación de la fatiga en ferrocarriles y en operaciones de aviación.

EXTRAPOLACIÓN AL DESEMPEÑO EN LAS TAREAS OPERATIVAS

El modelo de sueño y desempeño ha sido optimizado para predecir los cambios en la capacidad cognitiva medidas por pruebas de laboratorio sobre el desempeño cognitivo. Se asume que estas pruebas en la capacidad fundamental de desempeñar una variedad de tareas dependientes más o menos de la habilidad cognitiva de discriminación, tiempo de reacción, procesamiento mental, razonamiento y comprensión del lenguaje y producción. De todas maneras las tareas operacionales específicas varían de acuerdo a estas variables y los déficit en la capacidad cognitiva pueden no producir una reducción idéntica en la capacidad para desempeñar todas las tareas militares. Es razonable asumir de todas formas que los cambios en el desempeño de tareas estarían correlacionados con los cambios en la capacidad cognitiva de base, en otras palabras si uno fuera a graficar los cambios en el desempeño de las tareas como función de los cambios medidos en la capacidad cognitiva, estos tendrían una relación monótona entre las dos variables. Es así que, si estas dos colecciones de datos fueran disponibles de una población de prueba expuesta a la privación de sueño, técnicas de regresión lineal o no lineal podrían ser aplicadas para derivar una función de transformación; traducida en los cambios cognitivos predichos dentro de los cambios en la tarea operacional. Basados en este razonamiento, el modelo puede ser extendido para predecir las variaciones en cualquier área o componentes de la tarea usando una expresión generalizada de efectividad tarea.

CAMBIOS DE FASE CIRCADIANA EN EL MODELO SAFTE

Una premisa básica del modelo actual es que los períodos de despertar tan un estímulo que sirven como base del ajuste de la fase al ritmo circadiano. Entonces, tiempo del período de despertar es el factor primario que determina la fase del ritmo circadiano. Al final de cada período de despertar el modelo computa una hora promedio de despertar la cual es el promedio del periodo despertar con el promedio de las horas de despertar de los períodos previos. A pesar de que el modelo usa el período de despertar, éste no implica que no hay otros estímulos para ajustar la fase del ritmo circadiano como por ejemplo la luz brillante, la actividad etc. También prevé despertares durante la noche los cuales solamente unos pocos minutos (menos de 20 minutos) no son tomados en cuenta.

Pasados en el promedio del ahora despertar, el modelo computa una nueva agrupación objetivo como el promedio de horas de despertares +3 horas. Para aún tiempo de despertar desde las 0600 a las 2200 horas (en promedio 1400 h) la una a acrofase de 1700 la cual es el dato por defecto actual.

El modelo se ajusta a la acrofase actual cada minuto comparando el objetivo de la acrofase actual haciendo un ajuste para cerrar la diferencia. Tiene reglas para determinar si un avance de fase o demora de fácil resultará en un cambio pequeño en el ángulo de fase y escoge la diferencia más pequeño. Para cambios Tránsmeridianos, los resultados es un modelo que ajusta más o -1 hora por día por hora de retraso de fase y una hora por 1.5 días para cada hora de avance en la fase.

Para porcentajes más grandes de luz del día durante el sueño como los períodos de sueño que las personas por turnos en la noche tienen que enfrentar, la tasa de ajuste es progresivamente reducida para reflejar las tasas más lentas de ajuste indicadas en un trabajo por turnos.

Para turnos rotatorios el modelo se ajusta continuamente para cada cambio en el horario de trabajo, en el cual la acrofase objetivo se regresa y avanza ajustando la acrofase manteniendo cerca del espacio de la fase objetivo a la tasa prescrita, pero puede que no alcance la fase objetivo a menos que el horario se estabilice.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ARROJADOS POR LA HERRAMIENTA FAST

Este software está diseñado para equilibrar los efectos de los horarios de sueño sobre la efectividad del desempeño permitiendo que el usuario introduzca sus horarios hipotéticos o reales de sueño y ver los efectos pasados en un modelo matemático del desempeño. Las predicciones efectividad en este programa se basan en el modelo SAFTE relacionando el sueño con el desempeño. La figura que se muestra a continuación, es una de las predicciones del modelo para un horario de restricción de sueño de tan solo 4 horas por noche comenzando en la 4ª noche.

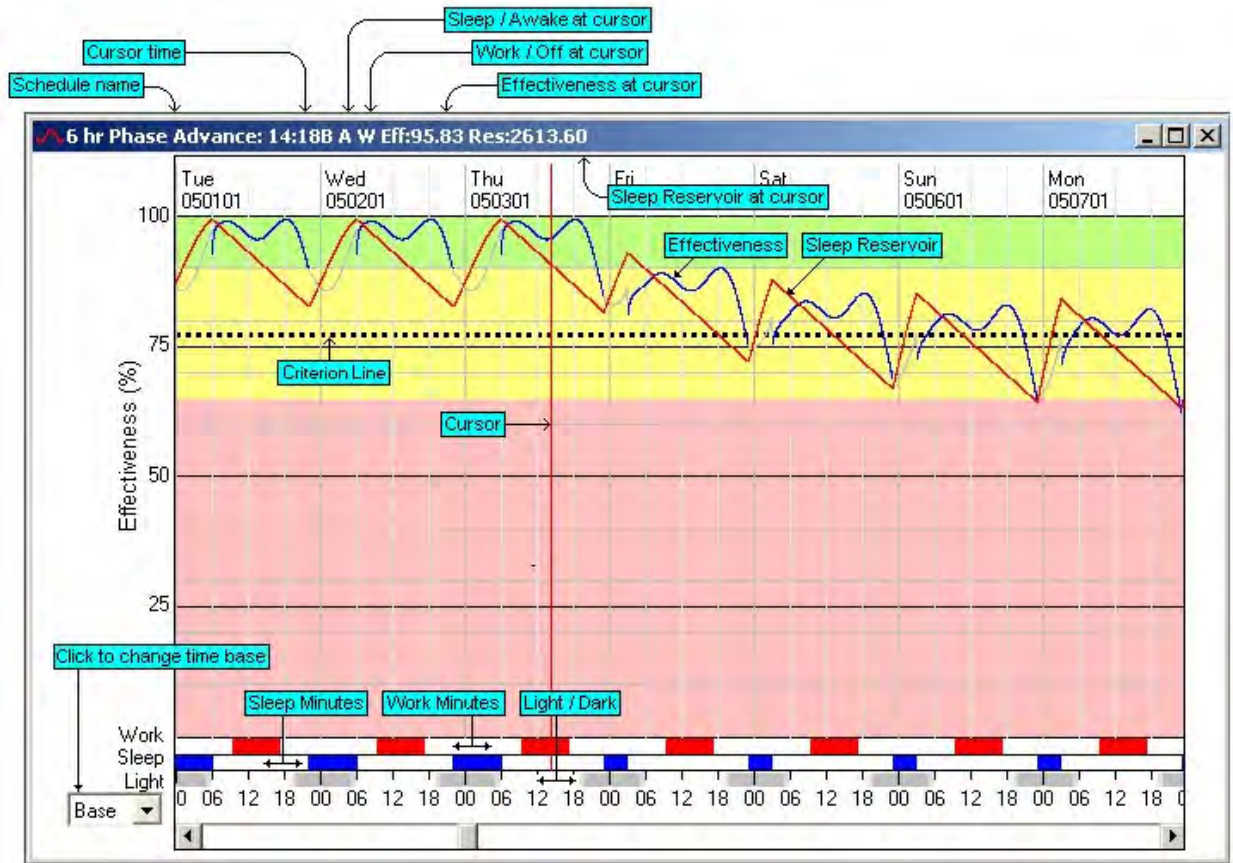


Figura 5: Formato de presentación de resultados del modelo

Otra forma de presentación de los resultados puede ser tabular la cual da el Resumen de las variables seleccionadas en el horario, la resolución de la tabla puede ser ajustada en el software para su mejor interpretación como lo explica la Figura 6.

Date	B Time	L Time	Z Time	Lat/Lon	Light	Effect.	Sleep	Work
08/05/08	00:00	00:00	06:00z	41° 59' N 87° 54' W	0	88.26	1	0
	00:30	00:30	06:30z	41° 59' N 87° 54' W	0	87.67	1	0
	01:00	01:00	07:00z	41° 59' N 87° 54' W	0	87.26	1	0
	01:30	01:30	07:30z	41° 59' N 87° 54' W	0	87.08	1	0
	02:00	02:00	08:00z	41° 59' N 87° 54' W	0	87.19	1	0
	02:30	02:30	08:30z	41° 59' N 87° 54' W	0	87.59	1	0
	03:00	03:00	09:00z	41° 59' N 87° 54' W	0	88.28	1	0
	03:30	03:30	09:30z	41° 59' N 87° 54' W	0.10	89.25	1	0
	04:00	04:00	10:00z	41° 59' N 87° 54' W	0.50	90.46	1	0
	04:30	04:30	10:30z	41° 59' N 87° 54' W	0.58	91.85	1	0
	05:00	05:00	11:00z	41° 59' N 87° 54' W	1	93.38	1	0
	05:30	05:30	11:30z	41° 59' N 87° 54' W	1	94.98	1	0
	06:00	06:00	12:00z	41° 59' N 87° 54' W	1	96.52	1	0
	06:30	06:30	12:30z	41° 59' N 87° 54' W	1	97.65	1	0
	07:00	07:00	13:00z	41° 39' N 87° 54' W	1	96.90	0	0

Schedule name: schedule1

Times are BASE time

Starting Date: 08/05/08, Zulu Delta: -6.0 hours

Starting Latitude: 41° 59' N, Starting Longitude: 87° 54' W

Events:

1 Waypoint 08/07/08 10:00
Description: Depart for London
Latitude: 41° 59' N Longitude: 87° 54' W

2 Waypoint 08/07/08 19:00
Description: arrive London LHR
Latitude: 51° 28' N Longitude: 0° 27' W

Figura 6: Formato de presentación de resultados en tabla

El tablero nos muestra un momento específico de las predicciones del modelo SAFTE sobre la pantalla gráfica, da una indicación de la efectividad indicando con banderas rojas que varios factores de fatiga han alcanzado niveles peligrosos para las operaciones en aviación. Este tablero despliega dos categorías en las que se encuentran en la columna de la izquierda el desempeño y la columna de la derecha los factores determinantes de fatiga. Dentro de la categoría de desempeño se encuentra el porcentaje de efectividad del desempeño, el puntaje cognitivo medio, los lapsos índice, el tiempo de reacción y la reserva. Los resultados se pueden observar como lo indica la Figura 7

1) Desempeño

- a) **Efectividad:** una calificación basada en la predicción del modelo de la prueba de vigilancia psicomotora (PVT).
- b) **Media cognitiva:** es un resultado del cual se aproxima al resultado de pruebas cognitivas estándar tales como el promedio de velocidad de operaciones mentales como un porcentaje del desempeño de una persona descansada.
- c) **Lapsos índice:** un parámetro representa la probabilidad de un lapso en la atención relativa a una persona adecuadamente descansada
- d) **Reserva:** el nivel actual de reserva de sueño expresada como porcentaje de la capacidad total

2) Factores de fatiga

- a) **Sueño reciente:** representa el número total de horas de sueño en las 24 horas previas
- b) **Deuda crónica de sueño:** el número acumulado de horas de sueño que se han perdido desde la última vez que la reserva de sueño era completa
- c) **Horas de vigilia:** el número de horas continuas de vigilia desde el último periodo de sueño
- d) **Hora del día:** una valoración de la vulnerabilidad al error pasada en el ajuste individual del ciclo circadiano, para una persona con una hora normal de acostarse a las 23 horas, la vulnerabilidad máxima se considera estar entre la medianoche y las 6 am en la mañana. Esta hora se muestra en la zona horaria base pero es siempre ajustada a la ritmicidad individual
- e) **Fuera del fase:** una medida del grado desincronización del ciclo circadiano individual relativa a la fase óptima para el patrón actual de sueño y de vigilia, medido como el número de horas fuera de fase, representado como una medida de jet lag o shift lag.

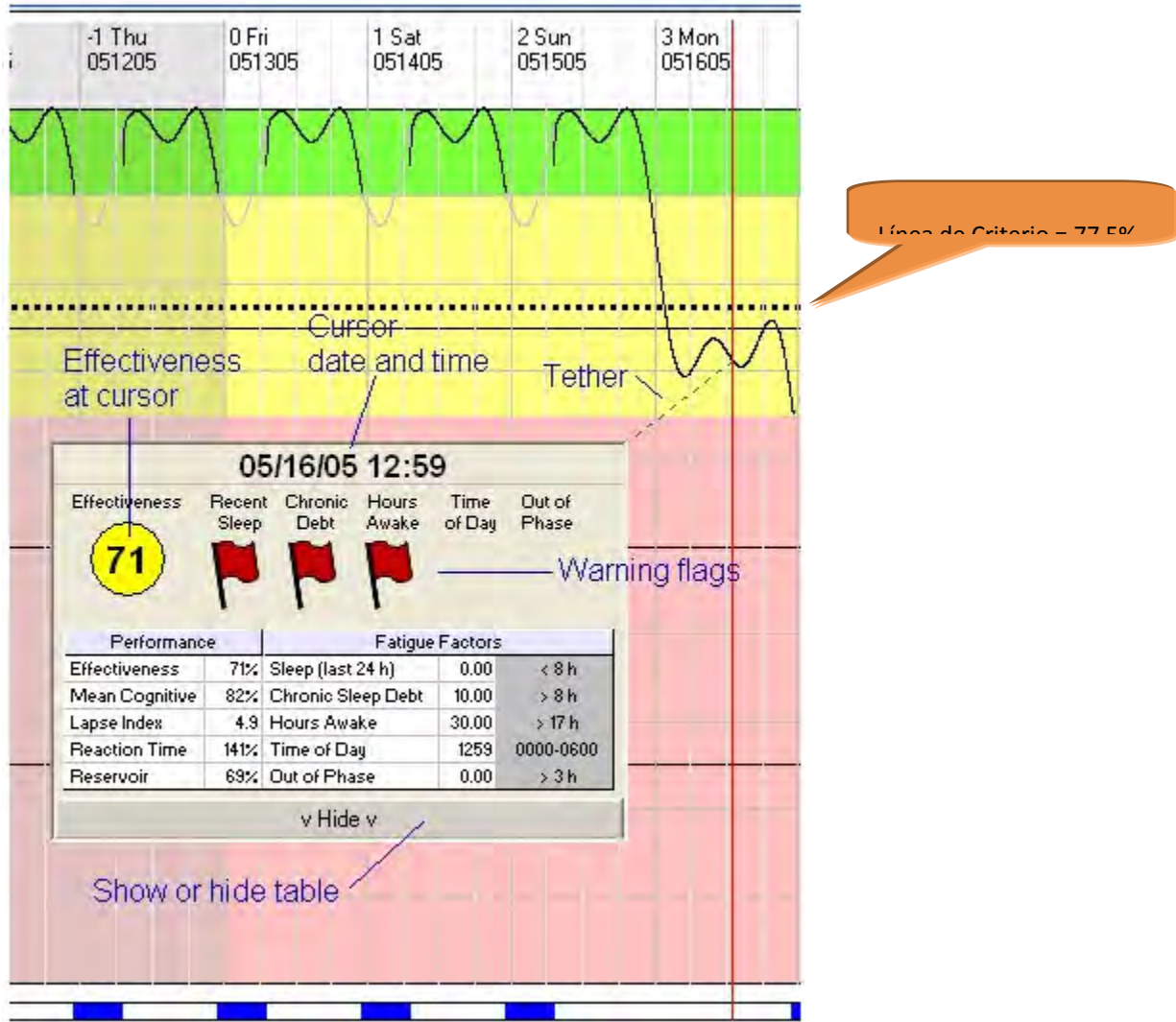


Figura 7 Presentación de resultados en forma de tablero

La **línea de criterio** por defecto en el software encuentra en **77.5** en el centro de la franja amarilla la cual representa el desempeño de 1 persona durante el día seguida de la **pérdida de 1 noche completa de sueño**, y las tablas de resumen presentadas resaltan el **porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio** como una forma fácil de comparar las cantidades de pobre desempeño a través de los horarios.

PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El protocolo de investigación será estudiado, evaluado y aprobado por parte del comité asesor de postgrado de medicina aeroespacial de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Adicionalmente se

contara con la aprobación del Ejército Nacional de Colombia y de los Controladores de Tránsito Aéreo haciéndoles entrega del formato de consentimiento informado para la obtención de la autorización de la participación en el mismo.

La recolección de datos se realizara a partir del día 1 al 30 de Noviembre de 2009 en las instalaciones de Control de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional en Tolemaida.

La recolección de los datos será realizada en el sitio descrito a diario, consignando en una bitácora los horarios de sueño y trabajo de cada controlador, durante los meses descritos anteriormente

Además se hará una revisión de las historias clínicas de los controladores de tránsito aéreo para determinar el índice de masa corporal.

La entrevista telefónica contiene la siguiente pregunta:

- Ha sentido usted en este mes que ha trabajado fatigado?

PLAN DE MUESTREO

No será necesaria una muestra ya que se utilizara el censo total de los Controladores de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional que prestaron sus servicios durante noviembre de 2009 (n=19).

SELECCIÓN DE LOS INDIVIDUOS DEL ESTUDIO

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

1. Controladores de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional de Colombia que se encuentren activos para el momento del estudio y desempeñen la labor de control en el centro de control y/o en la torre de control para el momento del estudio.
2. Aceptar la participación en el estudio.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

1. No aceptar la participación en el estudio
2. Haber diligenciado de manera incorrecta el formulario suministrado a cada controlador
3. No haber cumplido con los criterios de inclusión del estudio.

PLAN DE RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos serán almacenados recolectados en un formulario y pasados a la base de datos del software FAST licenciada al Dr. Diego Leonel Malpica durante Noviembre 1 hasta el 30 del mismo mes de 2009

El Análisis de los datos se hará mediante el software FAST y SPSS licenciada a nombre de la Universidad Nacional de Colombia estableciendo frecuencias en las variables cualitativas, se analizaran datos de horarios de sueño y trabajo con estadística descriptiva al igual que los promedios de efectividad del desempeño para cada individuo durante los meses de estudio.

A cada individuo se le asignara un archivo diferente por numero de cedula, introduciendo al FAST los horarios de sueño, trabajo y de interrupciones sueño / h el cual está definido en el manual como número de interrupciones por hora efectiva de sueño.

El modelo matemático SAFTE analiza los datos introducidos para cada individuo y nos arroja los resultados en forma de tablas y de manera grafica así como se estableció en la descripción del instrumento.

VARIABLES DEL ESTUDIO

No	Nombre	Naturaleza	Medición	Definición Operativa
1	Edad	Cuantitativa	Discreta	Años Cumplidos
2	Genero	Cualitativa	Nominal	1: Masculino 2: Femenino
3	Índice de Masa Corporal	Cualitativa	Nominal	1: Normal 2: Sobrepeso
4	Peso	Cuantitativa	Continua	Peso en Kg
5	Talla	Cuantitativa	Continua	Talla en metros
6	Sector de Control	Cualitativa	Nominal	1. Torre de Control 2. Oficina de Información aeronáutica 3. Control Superficie
7	Horario de Sueño	Cuantitativa	Discreta	Hora de acostarse (HA) Hora de levantarse (HL) Por Ejemplo: HA: 2100 HL: 0500

8	Horario de Control de Transito	Cuantitativa	Discreta	Hora de Inicio Turno (HIT) Hora de Terminación de Turno (HTT) Por Ejemplo HIT: 1900 HTT: 0700
9	Interrupciones de Sueño / hora	Cuantitativa	Discreta	0 : Excelente 2: Bueno 4: Regular 6: Malo
10	Sensación subjetiva de fatiga	Cualitativa	Nominal	1: Si 2: No
11	Horas de sueño	Cuantitativa	Continua	Hora de sueño en cada noche
12	Horas de trabajo	Cuantitativa	Continua	Horas de trabajo al día/noche
13	Fatiga Operacional	Cualitativa	Nominal	1:Presencia de fatiga operacional 2:Ausencia de Fatiga Operacional
14	Sueño post turno	Cuantitativa	Continua	Horas dormidas en el pos turno

Tabla 2 Variables del estudio

PLAN DE TRABAJO

PERSONAL

1. Investigador Principal
2. Coinvestigador
3. Asesor metodológico
4. Asesor estadístico
5. Un ayudante

FUNCIONES

1. Investigador principal y Coinvestigador
 - a. Elaboración y presentación del proyecto de investigación
 - b. Aplicación de los instrumentos a los individuos
 - c. Recolección de la información del cuestionario y recolección de los datos para el FAST
 - d. Análisis de datos
 - e. Elaboración de informe final
 - f. Redacción del informe final de investigación para su entrega a la Universidad Nacional y organismos del estado
 - g. Previa autorización de Ejercito Nacional de Colombia presentación de resultados en congresos nacionales e internacionales
 - h. Redacción de un artículo para publicación en una revista indexada nacional y/o internacional
2. Asesor Metodológico y estadístico
 - a. Asesoría en la elaboración del protocolo de investigación
 - b. Asesoría en el análisis de la información de los cuestionarios
 - c. Asesoría en el procesamiento estadístico de los datos
 - d. Asesoría en el análisis de los datos
 - e. Asesoría en la elaboración del informe final
 - f. Asesoría en la redacción del informe final de investigación
3. Ayudante
 - a. Colaborar con la recolección de los datos de forma completa y diligenciar a diario los horarios de trabajo y sueño de cada controlador de tránsito aéreo del Ejercito Nacional

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MESES 2009											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elaboración del Proyecto de Investigación	x	x	x	x	x							

Revisión del proyecto por División de Investigación							x						
Recolección de Datos								X	x	X	x		
Procesamiento y análisis de los datos												x	
Presentación del informe definitivo												x	
Presentación del trabajo de investigación													x

Tabla 3 Cronograma de trabajo

MATERIALES

- a. Computador portátil con procesador Intel Core 2 Duo con 80 Gb de Capacidad de disco duro, Memoria de 2 GB de RAM, sistema operativo Windows Vista, conexión con internet inalámbrico ya sea por 802.11 a/b/g o HPSDA con lector de memorias SD y Office 2007.
 - Se utilizara para la recolección de la información inicial y como elemento para bajar los datos grabados en una tarjeta SD por las pruebas basadas en PalmOS
 - Se utilizara para la manipulación de base de datos, redacción del informe, correcciones y presentación del proyecto final incluyendo artículos que se generen
- b. Impresora de Inyección de tinta negra para la impresión de cuestionarios, proyecto y demás materiales escritos pertinentes como consentimiento informado
- c. Material Bibliográfico y de documentación: Consulta a traves de la base de datos de la Universidad Nacional de las revistas electrónicas disponibles.
- d. Suscripción a la revista Aviation, Space and Environmental Medicine de la Asociación de Medicina Aeroespacial de EEUU
- e. Material de papelería y recursos de oficina: Papel, tinta para impresora y hojas para la presentación de los diferentes informes
- f. Software para pruebas:
 - FAST: Fatigue Avoidance Scheduling Tool
 - SPSS

RECURSOS FÍSICOS

- Oficina para el procesamiento de los datos, realización de cuestionarios a los individuos objeto de estudio dotada con conexión a internet, luz eléctrica, escritorio, dos sillas ya acceso a baño.

PRESUPUESTO

Tipo de Recurso	Dedicación y Actividad	Recurso Solicitado a Entidad Pública o Privada
Investigador Principal	12 horas por semana por 12 meses	16.200.000
Coinvestigador	8 horas por semana por 12 meses	10.800.000
Epidemiólogo	3 horas semana por 7 meses	2.362.500
MATERIALES		
Computador Portátil Descrito		2.543.000
Impresora descrita		310.000
Material Bibliográfico y de Consulta		1.200.000
Software FAST		7.500.000
Papelería y perecederos		1.500.000
Internet 12 meses		936.000
Total		43.3510.500

Tabla 4 Cálculo del presupuesto

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La realización de la presente investigación se adecuó a las recomendaciones para investigación biomédica de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial y estuvo en conformidad con todos los artículos dispuestos en la resolución No 8430 de 1993 del Ministerio de Salud Colombiano, en la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación. Los procesos de la investigación, se llevaron a cabo por personas calificadas y competentes desde el punto de vista clínico. La responsabilidad del estudio recae sobre el investigador principal, quien cuenta con los recursos técnicos y científicos para hacerlo clínicamente competente. Ninguno de los informantes fue sometido a intervenciones experimentales.

En todo momento de la investigación se atendió la dignidad y protección de los derechos y bienestar de los informantes, se protegió la privacidad del individuo sujeto de investigación, identificándolo solo cuando los resultados lo requirieron y él lo autorizó.

Las personas que participaron en la presente investigación lo hicieron de manera voluntaria y dieron su autorización mediante consentimiento informado por escrito, previa explicación de las características de la investigación.

A través de la presente investigación no se persiguió beneficio individual alguno.

Los resultados solo serán publicados en documentos de tipo académicos y científicos, preservando la exactitud de los mismos y haciendo referencia a datos globales y no a individuos particulares. La información recogida en esta investigación es confidencial. En los casos en que se encontraron condiciones requirentes de tratamiento se dieron las recomendaciones pertinentes. Esta investigación se considera de riesgo mínimo para los participantes.

RESULTADOS ESPERADOS

Se espera que por los antecedentes de estudios en Controladores de Tránsito Aéreo descritos anteriormente como factor de riesgo para fatiga, se encuentre una alta frecuencia del mismo que sea consecuente con la prevalencia de fatiga en otras poblaciones de control de tránsito aéreo del mundo.

Adicionalmente se espera que se implemente en las Fuerzas Militares de Colombia una herramienta que ayude a tomar decisiones administrativas con respecto a los cambios de turno y regule los horarios de descanso para Controladores de Tránsito aéreo del Ejército Nacional de Colombia.

IMPACTO

Este estudio permitirá determinar la prevalencia de fatiga de los Controladores de Tránsito Aéreo del Ejército Nacional de Colombia por el esquema de turnos rotatorios con el fin de cuantificar, analizar y discutir los efectos de la fatiga en la seguridad aérea Colombiana y desarrollar estrategias de prevención de accidentes y de prevención primaria para mejorar la salud de la población objetivo, mejorar la calidad de vida y de servicios que presta este grupo a la comunidad logrando un adecuado balance económico vs seguridad en aviación.

Además, sirve de punto de partida para reformar o redactar regulaciones pertinentes a los periodos de descanso y de trabajo de los Controladores de Tránsito Aéreo dependientes del Ejército Nacional de Colombia.

Estos resultados serán usados para publicación internacional si el Ejército Nacional lo considera pertinente para el crecimiento de la medicina de aviación en el país y de Latinoamérica.

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la población de Controladores de Tránsito aéreo del Ejército Nacional durante Noviembre de 2009.

De la población total de controladores (N=25), durante el mes de noviembre controlaron únicamente 19, lo que constituye un 76% del universo. El resto de controladores se encontraban en otro tipo de labores que incluyen estudio, vacaciones y re-entrenamiento, teniéndose en cuenta que durante estas labores no hacen turnos de control de tránsito aéreo.

La distribución del género en la población de controladores de tránsito aéreo corresponde a un 94.7% (n=18/19) de hombres y un 5.3% (n=1/19) de personal femenino.

La variable estado civil fue contestada por el 5.3% de la población, por lo cual fue excluida del análisis.

Statistics

Genero		
N	Valid	19
	Missing	0

Genero					
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Femenino	1	5.3	5.3	5.3
	Masculino	18	94.7	94.7	100.0
	Total	19	100.0	100.0	

Tabla 5: Distribución de la población según género

En el análisis de la variable edad, se encontró una media de 34.47 años con una desviación estándar de 7.2, un mínimo de 26 y un máximo de 52 años.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Edad	19	26	52	34.47	7.206
Valid N (listwise)	19				

Tabla 6: Estadística descriptiva de la población según la edad

Al hacer una categoría de edad por rangos, el 42.1% de la población se encuentra en el rango de 31 a 36 años seguido por un 31.6% en el rango de 25 a 30 años de edad, seguido por el rango de los 37 a los 42 años el cual representa un 15.8% y de 49 a 54 años un 10.5% de la población analizada.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	25 - 30	6	31.6	31.6	31.6
	31 - 36	8	42.1	42.1	73.7
	37 - 42	3	15.8	15.8	89.5
	49 - 54	2	10.5	10.5	100.0
Total		19	100.0	100.0	

Tabla 7: Distribución por rangos de edad

Utilizando las pruebas de Kolmogorov – Smirnov y Shapiro-Wilk para establecer normalidad de las variables, se encontró que las variables peso, índice de masa corporal, horas de control en Torre, total de horas de control de tránsito aéreo, promedio de horas de sueño diarias, el promedio de horas de trabajo diarias, el porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio en el trabajo, el promedio de horas de vigilia por día al mes, promedio de horas dormidas diarias en el mes, número episodios de fatiga en Torre y número episodios de fatiga total en turnos por mes tuvieron una distribución normal. Las variables de talla, edad, tiempo de sueño posturno, horas de control Superficie, horas de información aeronáutica, promedio de horas trabajadas al día en el mes, efectividad promedio del trabajo, efectividad promedio en vigilia, porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio en vigilia, número episodios de fatiga en control Superficie y número de turnos nocturnos tienen una distribución no normal.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Peso	.154	19	.200 [*]	.929	19	.164
Talla	.275	19	.001	.783	19	.001
Índice de masa corporal	.169	19	.159	.916	19	.096

Edad	.205	19	.035	.836	19	.004
Tiempo de sueño post-turno	.268	19	.001	.846	19	.006
Horas de control de Superficie (mensual)	.205	19	.035	.869	19	.014
Horas de control de Torre (mensual)	.132	19	.200 *	.948	19	.360
Horas de Información Aeronáutica (mensual)	.213	19	.023	.803	19	.001
Total de Horas Controladas (mensual)	.155	19	.200 *	.937	19	.235
Promedio de horas de sueño diarias	.125	19	.200 *	.952	19	.432
Promedio de horas de trabajo diarias	.140	19	.200 *	.919	19	.109
Promedio de horas trabajadas al día en el mes	.290	19	.000	.705	19	.000
Efectividad promedio en el trabajo	.206	19	.033	.900	19	.048
Porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio en el trabajo	.175	19	.130	.851	19	.007
Promedio de horas de vigilia por día al mes	.196	19	.054	.917	19	.100
Efectividad promedio en vigilia	.231	19	.009	.892	19	.035
Porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio en vigilia	.219	19	.017	.758	19	.000

Promedio de horas dormidas diarias en el mes	.170	19	.148	.920	19	.112
Fatiga en Torre	.182	19	.097	.915	19	.093
Fatiga en Control superficie	.498	19	.000	.292	19	.000
Numero de episodios de fatiga total en turnos por mes	.158	19	.200*	.870	19	.014
Numero de turnos nocturnos	.229	19	.010	.905	19	.060

A. CORRECCIÓN DE SIGNIFICANCIA DE LILLIEFORS.

*. NIVEL INFERIOR DE SIGNIFICANCIA VERDADERA.

B. FATIGA EN OFICINA DE INFORMACIÓN AERONÁUTICA ES CONSTANTE Y HA SIDO OMITIDA

Tabla 8: Pruebas de normalidad de las variables

La talla media la población estudiada de control de tránsito aéreo del ejército es de 1.68 m con una desviación estándar de 0.055 y un rango entre 1.52 y 1.80 m. La media del peso de la población es de 70.74 kg con unas de un estándar de 8.51 entre 58 y 85 kg.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Peso	19	58	85	70.74	8.510
Talla	19	1.52	1.80	1.6895	.05592
Valid N (listwise)	19				

Tabla 9: Estadística descriptiva de peso y talla

La media del índice de masa corporal es de 24.8 con una desviación estándar de 3.1 entre 19.4 y 29.4.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Índice de masa corporal	19	19.4	29.4	24.832	3.0802
Valid N (listwise)	19				

Tabla 10: Estadística descriptiva del índice de masa corporal

Al agruparse por categorías de peso normal y sobrepeso según el cálculo del índice de masa corporal se tiene que el 42% de la población tiene un peso normal y el 58% de la población estudiada tiene sobrepeso.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Peso Normal	8	42.1	42.1	42.1
	Sobrepeso	11	57.9	57.9	100.0
	Total	19	100.0	100.0	

Tabla 11: Distribución del índice de masa corporal discriminada en peso normal y sobrepeso

En el grupo de controladores, la media de horas de control de Superficie mensual es de 20.42 con una desviación estándar de 19.8 con un rango entre cero y 61 horas, las horas de control Torre en promedio son 73.1 y una desviación estándar de 47.4, un mínimo de cero y un máximo de 150. En la población estudiada los controladores hicieron sus funciones de información aeronáutica en una media de 9.47 con una desviación estándar de 11.9 entre 0 y 43 horas máximo.

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Horas de control de Superficie (mensual)	19	0	61	20.42	19.803
Horas de control de Torre (mensual)	19	0	150	73.11	47.446

Horas de Información Aeronáutica (mensual)	19	0	43	9.47	11.899
Valid N (listwise)	19				

Tabla 12: Estadística descriptiva de las horas de control de tránsito aéreo

En la variable de turnos nocturnos, la media participación mensual es de 3.42 noches con una desviación estándar de 2.7 entre cero y 8 turnos rotatorios nocturnos mensuales.

N	Valid	19
	Missing	0
Mean		3.42
Std. Error of Mean		.613
Median		2.00
Mode		1 ^a
Std. Deviation		2.673
Variance		7.146
Range		8
Minimum		0
Maximum		8

A. EXISTEN MODAS MÚLTIPLES. SE MUESTRA EL MENOR VALOR.

Tabla 13: Número de turnos nocturnos en el mes de noviembre

En la población de control de tránsito aéreo, la media de horas de sueño diarias es de 6.5 h con una desviación estándar de 0.56 entre 5.03 y 7.53. La media de horas de trabajo diarias es de 7.6 con una desviación estándar de 0.7 con un mínimo de 6.2 y un máximo de 8.6 h. La media de horas de trabajo al mes es de 230 por controlador.

		Horas de sueño diarias	Horas de trabajo diarias
N	Valid	19	19
	Missing	0	0
Mean		6.5179	7.6632
Std. Error of Mean		.12823	.16108
Median		6.5500	7.8300
Mode		6.55	7.00 ^a
Std. Deviation		.55896	.70215
Variance		.312	.493
Range		2.50	2.38
Minimum		5.03	6.20
Maximum		7.53	8.58

A. Existen múltiples modas. El valor más pequeño es mostrado.

Tabla 14: Estadística descriptiva de las horas de sueño y trabajo de la población estudiada

A continuación se presentan los resultados del análisis de manera individual para los controladores resultado del modelo matemático SAFTE utilizado para determinar fatiga operacional en control de tránsito aéreo del ejército nacional.

Summary	Work	Wake	Sleep	Events	
Entire schedule		Intervals			
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	11/1/2009	N	24	31	29
Last	11/30/2009	Mean	643.8	1052.9	336.2
Average Sleep per Day	352	Median	660.0	1080.0	360.0
Average Work per Day	515	SD	130.7	255.0	88.6
Average Effectiveness	77.57	Shortest	300	60	60
Average Reservoir	2161.46	Longest	780	1620	555
		Avg. Eff.	79.14	79.37	71.29
		Avg. Res.	2178.67	2148.93	2180.32

Tabla 15 Estadística descriptiva del modelo matemático en el controlador número uno

Como se puede observar en la Tabla 15 y en la Figura 5 el controlador de tránsito aéreo se analizó durante un total de 30 días durante el mes de noviembre con una media de sueño por día de 352 minutos, un tiempo medio de trabajo por día de 515 minutos para una efectividad del desempeño promedio de 77.57%, 0.07% por encima de la línea de criterio para la definición de fatiga operacional. De acuerdo con el análisis de intervalos de trabajo, tuvo 24 jornadas de trabajo con una media duración de 643.8 minutos una desviación estándar de 131 minutos y un rango entre 300 y 780 minutos con una efectividad del desempeño promedio de 79% según el modelo.

De acuerdo al intervalo de vigilia el tiempo medio fue de 1053 minutos con una desviación estándar de 255, un mínimo de 60 y un máximo de 1620 minutos con una efectividad del desempeño promedio de 79%. Esta controlador de tránsito aéreo tuvo 29 intervalos de sueño con una media de duración de 336 minutos, una desviación estándar de 88.6 un mínimo de 60 y un máximo de 555 minutos con un promedio calculado de efectividad del desempeño de 71% durante periodos sueño. Durante el mes, el controlador de tránsito aéreo estuvo el 20% del tiempo de trabajo por debajo de la línea de criterio, la cual es equivalente en términos de vigilancia psicomotora al 77.5% por defecto según los autores del modelo matemático y además el controlador se encontró el 29% del tiempo analizado por debajo de la línea de criterio de 77.5%.

Como se puede observar en la Figura 5 se resaltan 3 caídas del porcentaje de desempeño siendo la primera alrededor de las 4 de la mañana, marcada por una efectividad del desempeño del 58%, un tiempo de reacción en 173% (siendo él 100% normal), un lapso índice de 8.7, una media cognitiva del 72 %, con factores de fatiga importante de mencionar como lo son las deudas crónica de sueño de 10.7 horas, un periodo continúa vigilia de 22 horas y 1.8 horas de sueño en las últimas 24 horas. (Éstos resultados son variables y dependen de la hora en que se indique en el software F.A.S.T).

Posteriormente este descenso es acentuado en un turno nocturno alrededor de las 4:45 de la mañana donde su desempeño se ve comprometido en un porcentaje de efectividad del 40%, una media cognitiva del 60%, unos lapsos índices de 10, un tiempo de reacción del 250%, con una reserva el desempeño del 50%, factores de fatiga por una deuda crónica de sueño de 16 horas, horas de vigilia de 24 horas aproximadamente. Es importante mencionar que el software muestra 4 banderas rojas las cuales indican alertas definidas para concientizar a la persona que tiene una deuda crónica de sueño mayor de 8 horas al día, no ha dormido lo suficiente recientemente (menos de 8 horas al día), el tiempo de vigilia es mayor a 17 horas, y por la baja circadiana se encuentra a una hora que le suma probabilidad a cometer errores operacionales.

Es importante notar que a pesar de haber tenido tiempo de sueño posterior del turno nocturno del 20 noviembre 2009, se demoró 4 días en superar la línea de criterio para operaciones seguras de control de tránsito aéreo. La Figura 5 además contiene información de la equivalencia de alcohol sanguíneo en términos de tiempo de reacción explicado anteriormente en el marco teórico siendo la línea que atraviesa el 70% de efectividad del desempeño equivalente a tener un contenido de alcohol en la sangre de 0.08%, por lo cual se puede observar que en 5 jornadas de trabajo, este controlador realizó operaciones de aviación de manera insegura.

En la Figura 9 se puede observar el resultado de los lapsos índice representando 1 valor de la probabilidad de los lapsos en la atención de esta persona particular relativos a 1 persona adecuadamente descansada, nótese que hace el día 20 noviembre posterior a la medianoche, estos lapsos índice llegan al valor de 10 y los 3 días posteriores teniendo jornadas de control de tránsito aéreo tiene indicadores en los rangos entre 8 - 6 y 6 - 4.

En la Figura 10 se puede observar con la línea roja la reserva actual de sueño expresada como el porcentaje de la capacidad total.

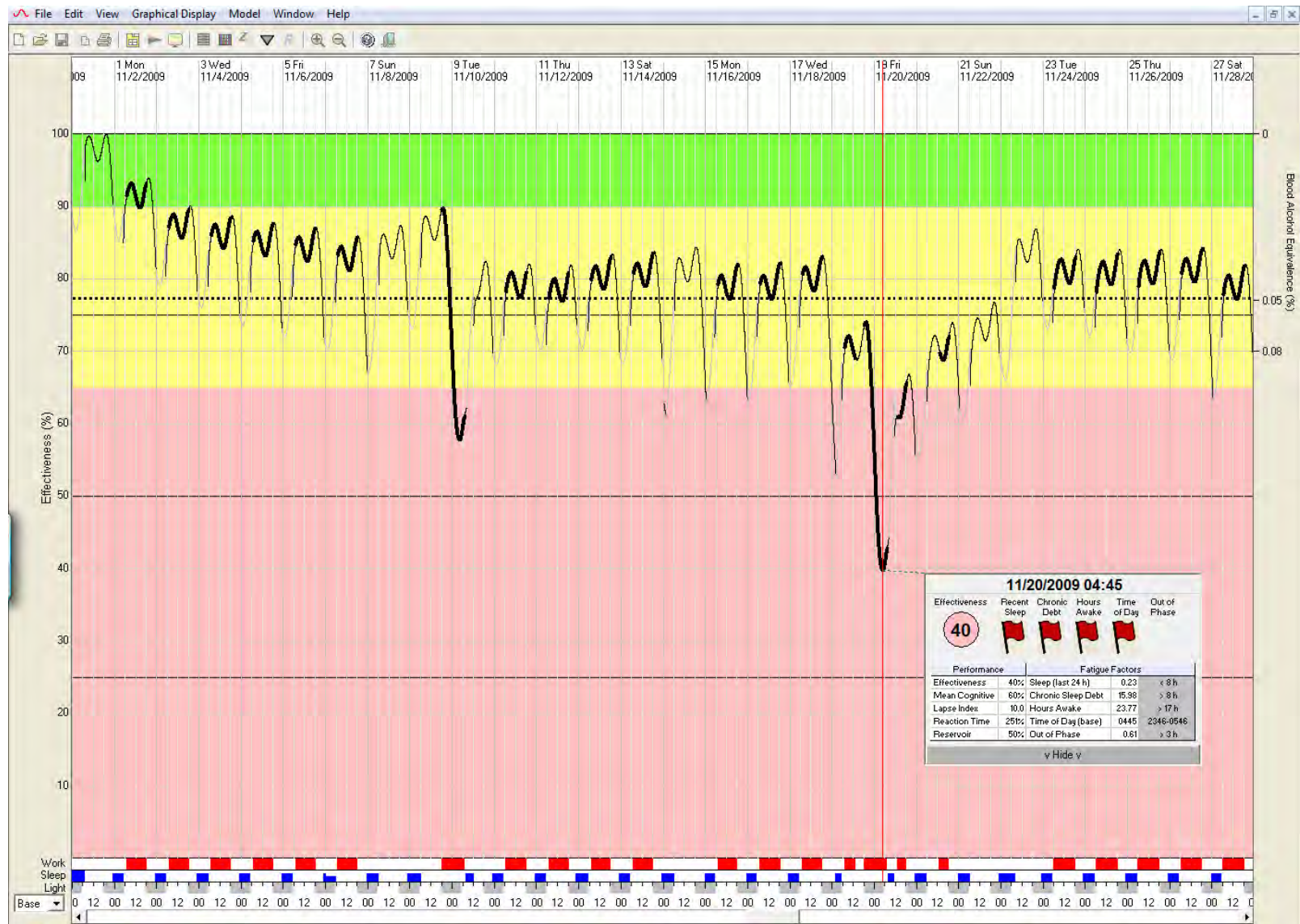


Figura 8: Resultado del análisis controlador de tránsito aéreo número uno

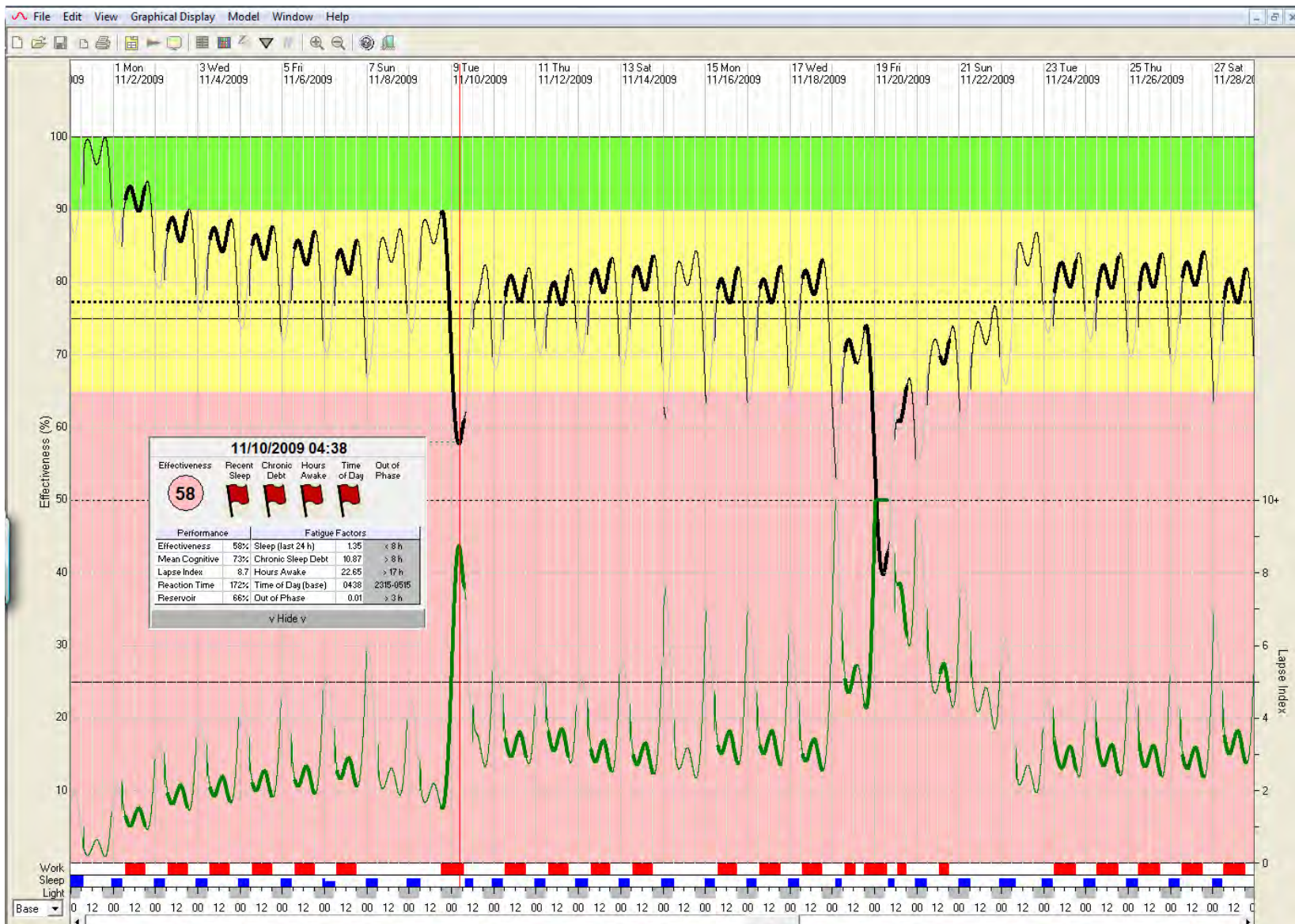


Figura 9 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número uno

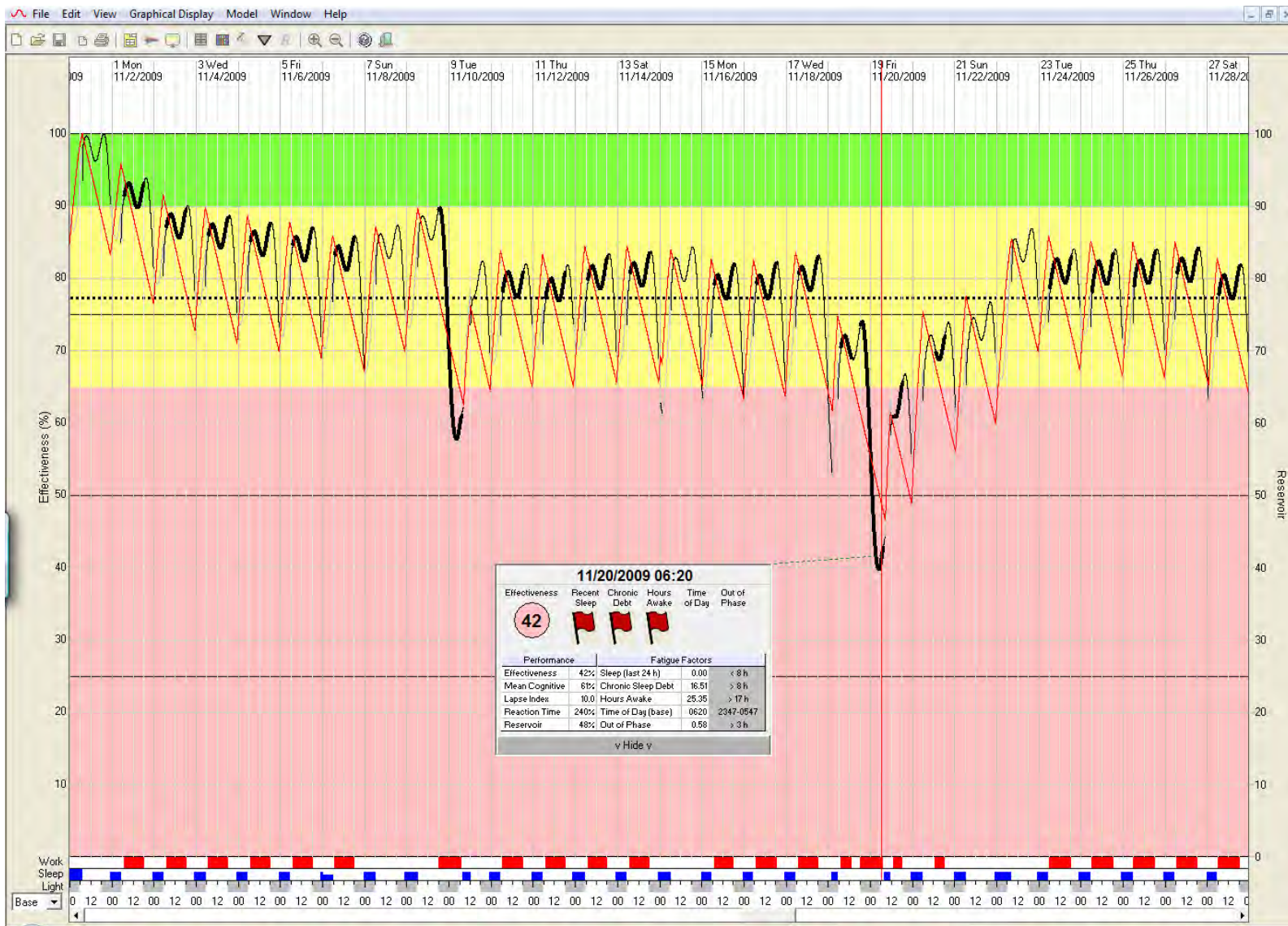


Figura 10 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número uno

En el controlador de tránsito aéreo número 2 tal como se puede observar en la Tabla 16 tuvo 1 media de sueño por día de 393 minutos, la media de trabajo por día de 416 minutos con una efectividad del desempeño promedio de 85% y sus intervalos de trabajo durante el mes tienen una media duración de 367 minutos con una desviación estándar de 161, un mínimo de 240 y máximo de 1095 minutos con una efectividad del desempeño promedio de 86.7% .

De acuerdo a los resultados para el tiempo de vigilia, su duración media es de 1047 minutos con una desviación estándar de 89 entre 855 y 1185 minutos y una efectividad promedio de 87%. En los intervalos de sueño la media duración de episodios en el mes fue de 383.6 minutos con una desviación estándar de 88, entre 255 y 585 minutos y una efectividad calculada del desempeño del 79%.

En el tiempo de trabajo, este controlador se encontró 14% por debajo de la línea de criterio, en el tiempo de vigilia se encontró 12. 5% del tiempo por debajo de la línea de criterio.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	34	30	28
Last	30/11/2009	Mean	366,6	1047,5	383,6
Average Sleep per Day	393	Median	300,0	1065,0	382,5
Average Work per Day	416	SD	161,1	89,3	88,3
Average Effectiveness	85,20	Shortest	240	855	255
Average Reservoir	2372,85	Longest	1095	1185	585
		Avg. Eff.	86,79	87,13	79,51
		Avg. Res.	2346,80	2355,28	2406,67

Tabla 16 Estadística descriptiva de los resultados del modelo en el controlador de tránsito aéreo número 2

Este controlador de tránsito aéreo realizó al menos 7 turnos nocturnos durante un mes, mostrando en el tablero en la categoría desempeño una efectividad en el último turno nocturno del 60%, con una media cognitiva del 64%, unos lapsos índices de 8, el tiempo de reacción en 166%, una reserva de sueño del 67% y banderas rojas alertando de un periodo reciente de sueño menor de 8 horas en las últimas 24 horas con un calculado de 4 horas 15 minutos, una deuda crónica de sueño mayor de 8 horas igual a 10. 6 horas con una desfase del ciclo circadiano mayor de 3 horas de 0.6-tiempo de vigilia que supera las 17 horas al día. Durante este periodo de tiempo de control de tránsito aéreo estuvo aproximadamente 14% por debajo de la línea de criterio como se puede observar en la Figura 11, nótese la equivalencia en términos de tiempos de reacción con el contenido de alcohol en la sangre de 0.05%. En términos generales este controlador de tránsito aéreo estuvo con un horario de trabajo en donde alcanzó unos lapsos índices de aproximadamente 8 durante su último turno nocturno como se puede observar en la Figura 12.

En la Figura 13 como se puede observar que en el 7º turno nocturno representado por la línea roja delgada la reserva ha caído aproximadamente al 65%.

En cada una de las gráficas se representa con triángulos invertidos los eventos críticos, es decir todos los turnos de control de tránsito aéreo diurnos y nocturnos.

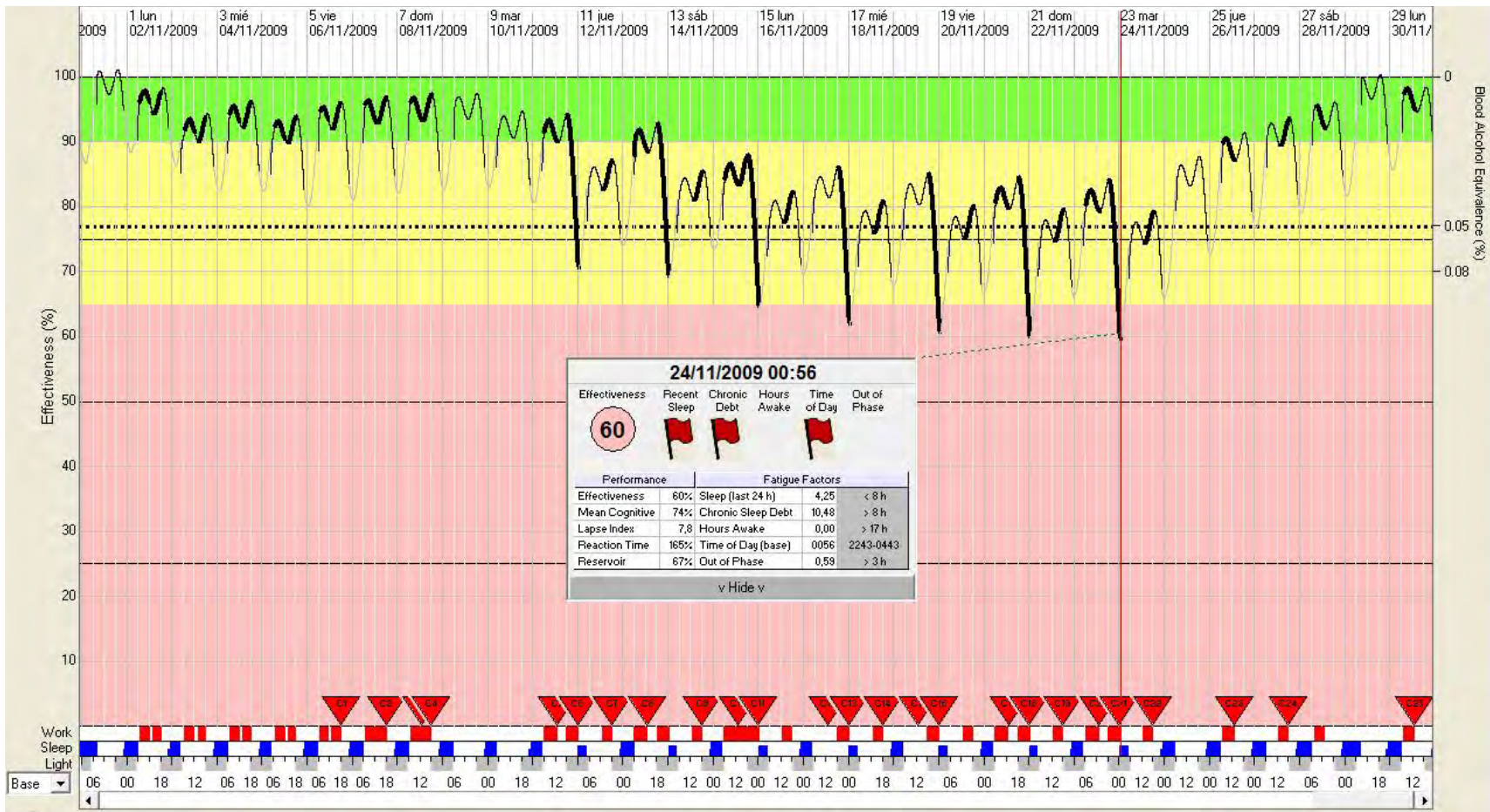


Figura 11 Resultados el controlador de tránsito aéreo número 2

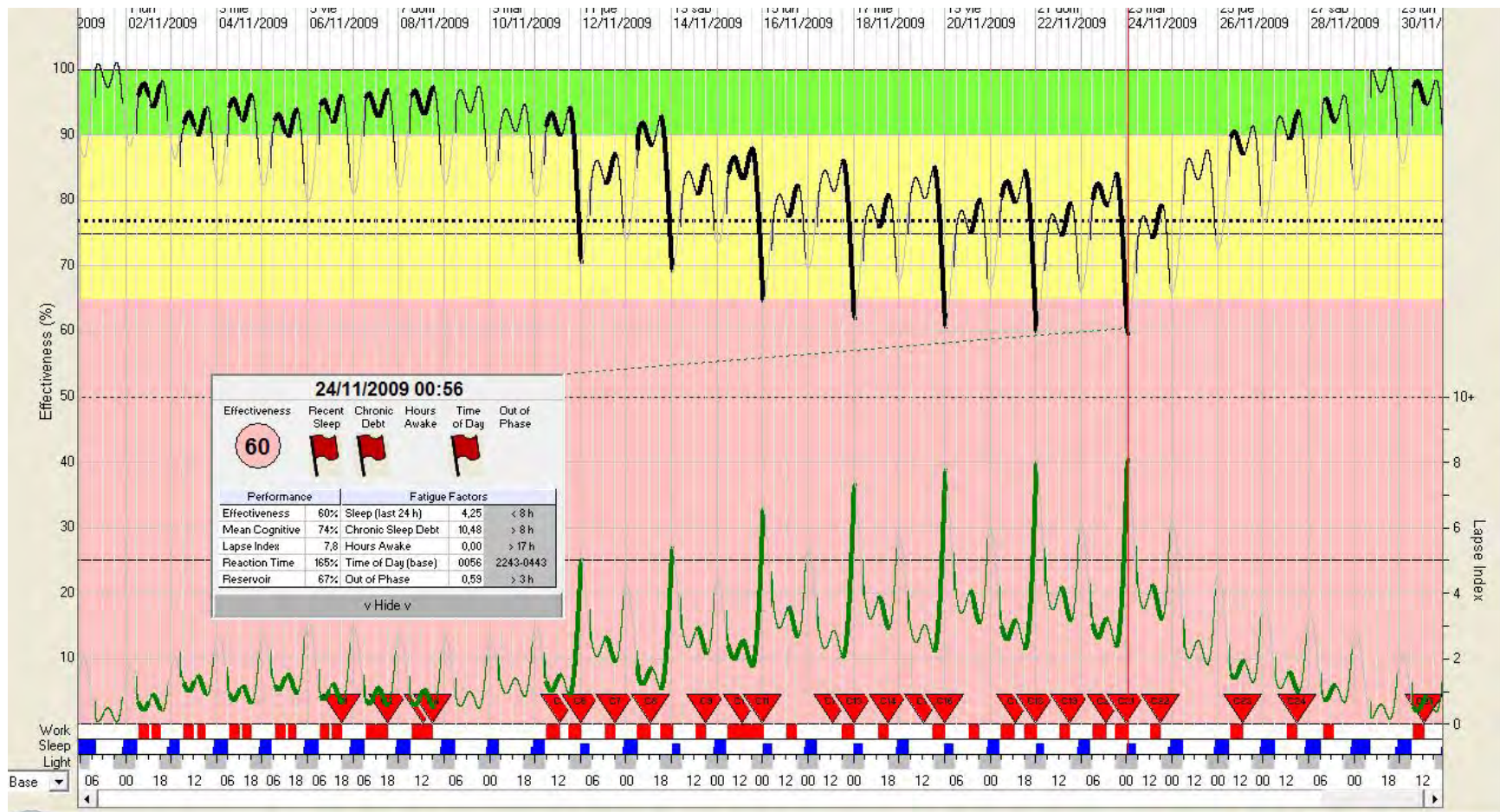


Figura 12 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 2

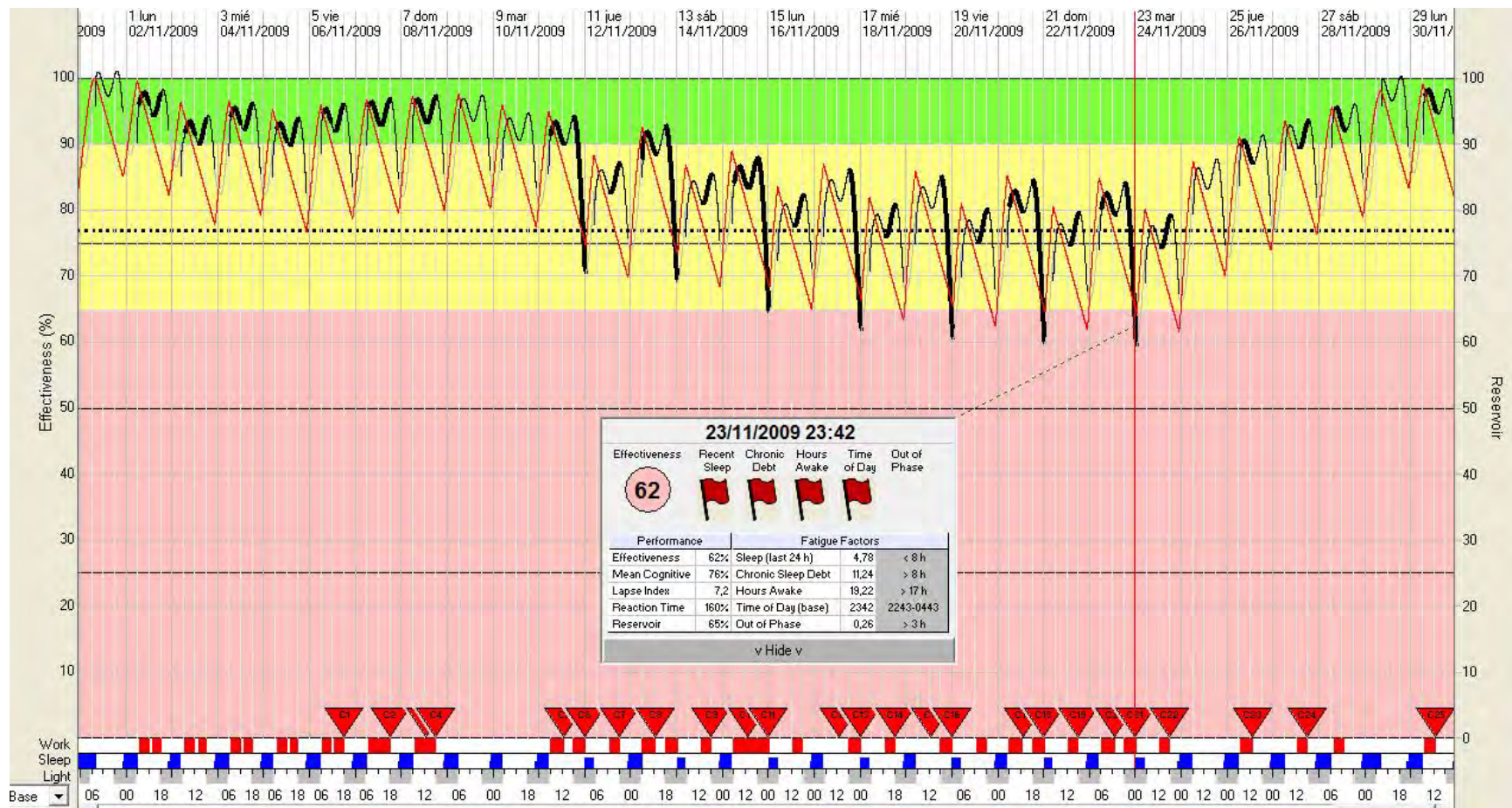


Figura 13 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 2

En el controlador de tránsito aéreo número 3, la Tabla continuación describe el promedio de sueño por día de 418 minutos, una media de trabajo por día de 501 minutos con una efectividad promedio de 87% en el mes. De acuerdo a los intervalos de trabajo este controlador tuvo una media de 367 minutos con una desviación estándar de 175 entre 240 y 780 minutos, una efectividad promedio del desempeño en el horario de trabajo de 87%. En el intervalo de vigilia tuvo una media de 1022 minutos con una desviación estándar de 314, un mínimo de 600 y un máximo de 1620 minutos y una efectividad promedio del desempeño del 88%. En el periodo de sueño o una media de 420 minutos con una desviación estándar de 132, un mínimo de 180 y un máximo de 660 minutos con una efectividad calculada del desempeño de 83%

Dentro del periodo de trabajo este controlador estuvo un 19% del tiempo por debajo de la línea de criterio, eso periodo de vigilia estuvo un 11% bajo la línea de criterio y una calculada en el tiempo de sueño bajo la línea de criterio del 17%.

Summary Work Wake Sleep Events						
Entire schedule			Intervals			
Total Days	30		Work	Wake	Sleep	
First	11/1/2009	N	40	30	28	
Last	11/30/2009	Mean	366.8	1022.0	420.0	
Average Sleep per Day	418	Median	300.0	960.0	480.0	
Average Work per Day	501	SD	175.5	314.4	132.4	
Average Effectiveness	86.68	Shortest	240	600	180	
Average Reservoir	2413.92	Longest	780	1620	660	
		Avg. Eff.	86.83	87.99	83.37	
		Avg. Res.	2405.79	2400.95	2440.75	

Tabla 17 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 3

Durante el mes analizado el controlador de tránsito aéreo número 3 realizó 7 turnos nocturnos como lo muestran los eventos en la Figura 14, resaltando que en el 2º turno nocturno alrededor de las 4:52 de la mañana tuvo una efectividad del desempeño del 60% con una media cognitiva del 74%, unos lapsos índices de 8, el tiempo de reacción en 166%, y una reserva de sueño del 68%, con 4 banderas rojas determinadas por un periodo de sueño menor de 8 horas en las formas 24 horas de 0.12 h, una deuda crónica de sueño mayor de 10 horas, aproximadamente 24 horas de vigilia y una desfase del ritmo circadiano de 1.27 horas.

En la Figura 15 se pueden observar los lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 3 y llegan hasta 8 en el 2º turno nocturno y se mantienen variables durante el resto de los turnos nocturnos del mes sin embargo en su mayoría son mayores a 5.

En la Figura 16 se puede observar cómo se modula la reserva de sueño de acuerdo al tiempo dormido en las últimas 24 horas llegando aproximadamente 68% durante el 2º turno nocturno.

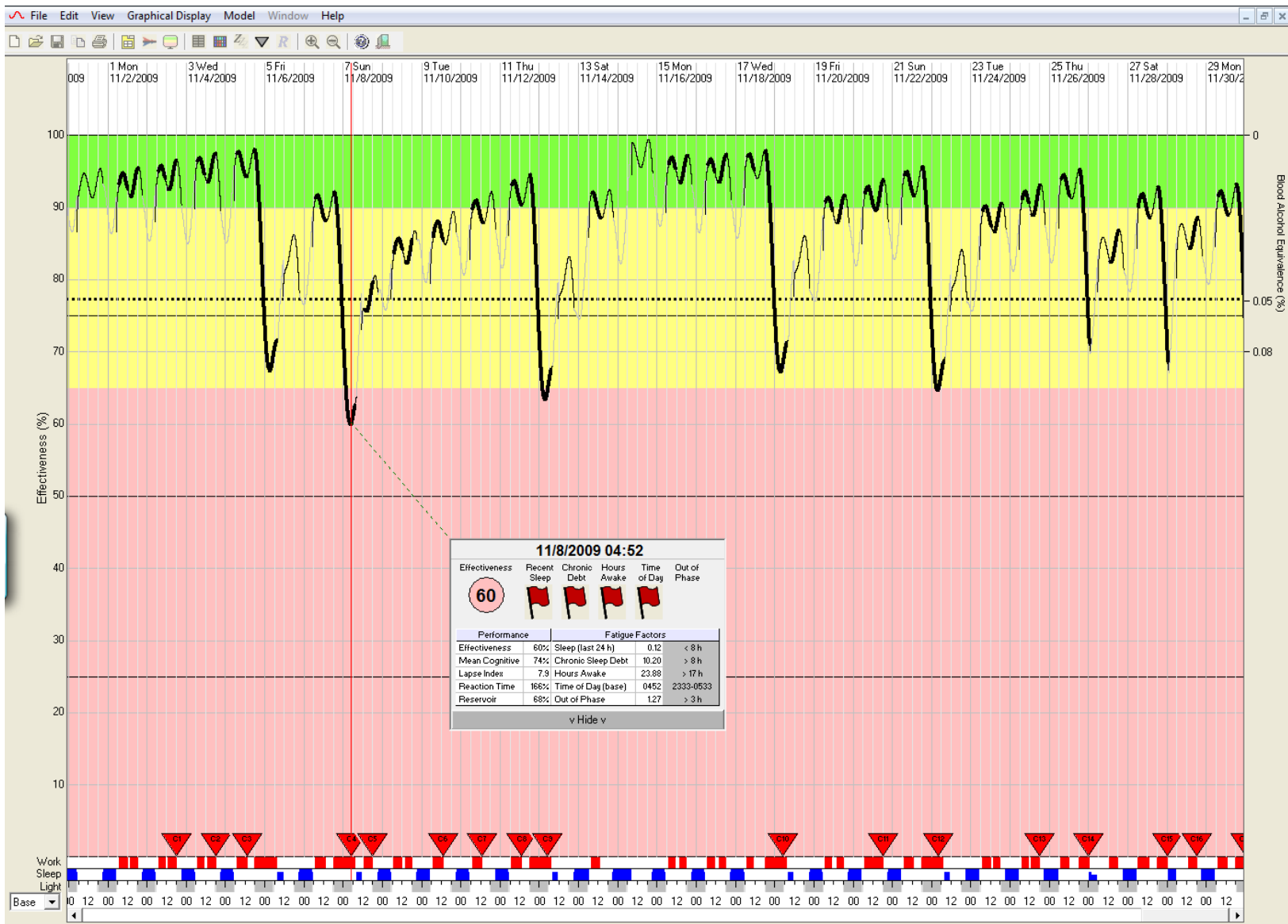


Figura 14 Resultados del controlador de tránsito aéreo número 3

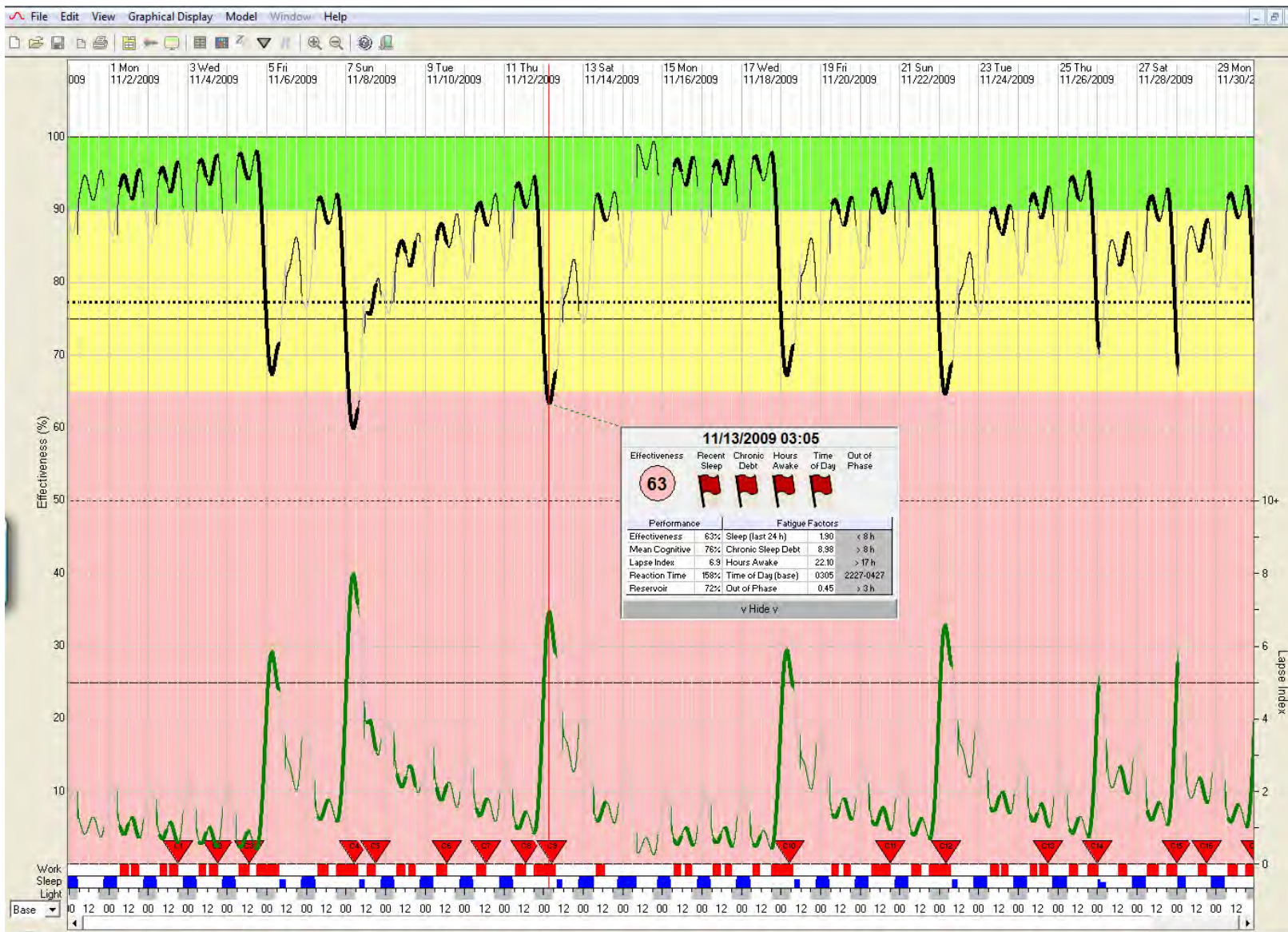


Figura 15 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 3

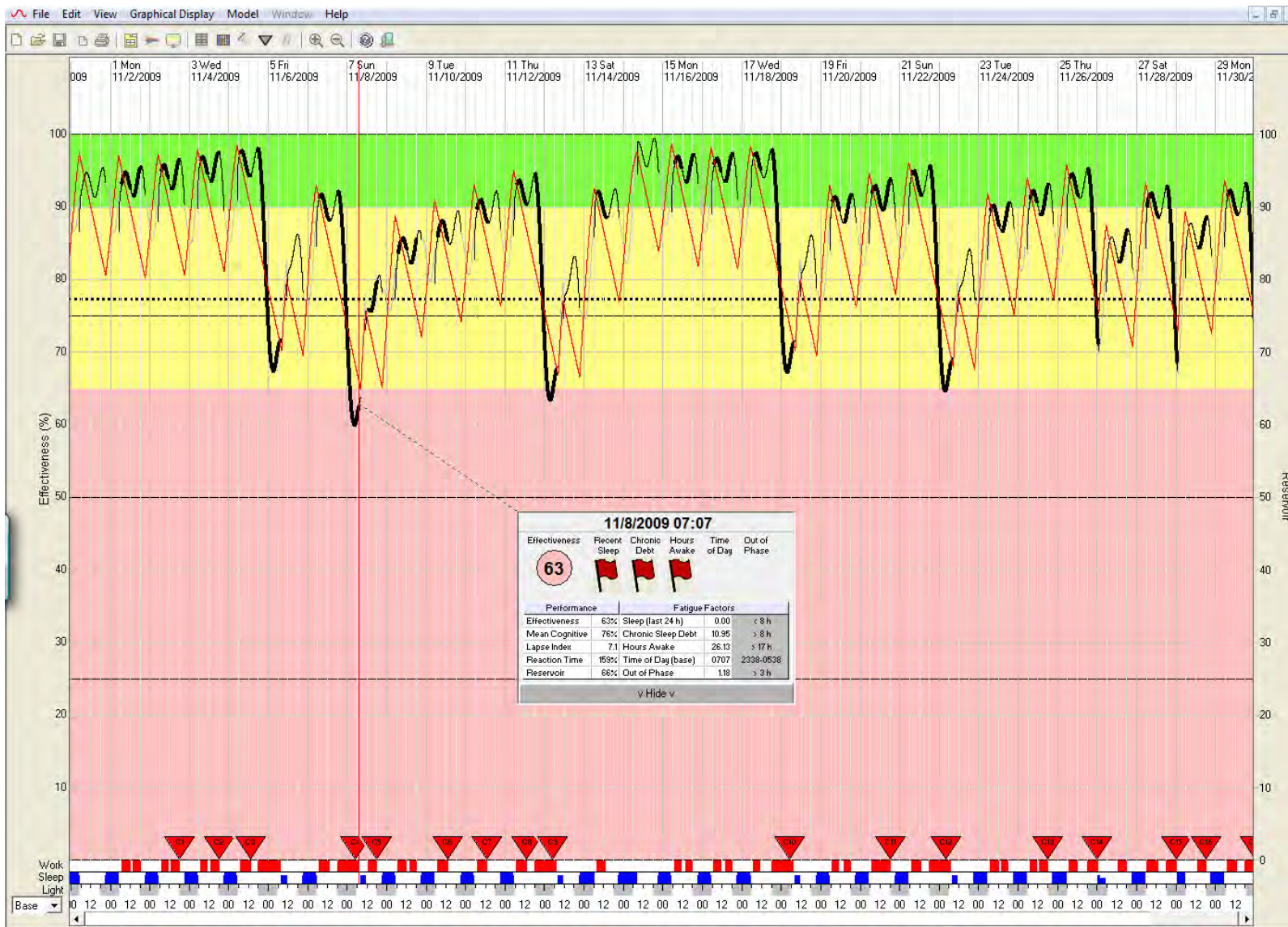


Figura 16 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 3

En el controlador de tránsito aéreo número 4 la media de sueño por día es de 368 minutos, un promedio de tiempo de trabajo por día de 484 minutos y un efectividad del desempeño promedio de 85%. Los intervalos de trabajo se caracterizan por tener una media de 323 minutos con una desviación estándar de 115, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos, teniendo en cuenta una efectividad promedio del desempeño del 87%.

En los intervalos de vigilia, la media se encuentra en 1037 minutos, una desviación estándar de 181, un mínimo de 480 y un máximo de duración de 1605 minutos y una efectividad media del 87%. En el periodo de sueño la media se encuentra entre 171 minutos, una desviación estándar de 63, un mínimo tiempo de sueño de 210 minutos y un máximo de 540 con una efectividad media calculada según el modelo de 79.68%.

Durante el tiempo de trabajo el controlador de tránsito aéreo número 4 estuvo aproximadamente el 10% de tiempo bajo la línea de criterio, en vigilia estuvo 6% aproximadamente del tiempo bajo la línea de criterio y durante el sueño aproximadamente un 33% bajo la línea de criterio.

Entire schedule		Intervals			
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	01/09/2009	N	45	31	29
Last	30/09/2009	Mean	322,7	1037,4	370,9
Average Sleep per Day	368	Median	300,0	1065,0	375,0
Average Work per Day	484	SD	114,6	181,4	63,0
Average Effectiveness	85,22	Shortest	240	480	210
Average Reservoir	2373,41	Longest	780	1605	540
		Avg. Eff.	86,71	87,12	79,68
		Avg. Res.	2388,26	2364,10	2401,64

Tabla 18 Estadística descriptiva de los resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 4

En la Figura 17 se observa este controlador estuvo sometido a 6 turnos nocturnos durante el mes llamando la atención el 2º y el 6º turno puesto que durante el 2º turno alrededor de las 4:11 de la mañana tuvo una efectividad del desempeño del 72% con una media cognitiva del 75%, unos lapsos índice de 7, el tiempo de reacción en 162%, la reserva de sueño 71%, 4 banderas rojas identificadas como los factores de fatiga por haber tenido un periodo de sueño en las últimas 24 horas menor a 4 horas, la deuda crónica de sueño mayor de 9 horas, las horas de vigilia aproximadamente 16 horas y una desfase del ciclo circadiano de aproximadamente 8.5 horas. En esta misma gráfica se puede observar que en el último turno nocturno del mes el día 27 noviembre la efectividad del desempeño caen a 62% alrededor del primer 4º de hora de las 4 de la mañana, una media cognitiva del 75%, un lapso índice de 7, los tiempos de reacción en 172%, la reserva de sueño 70%, 4 banderas rojas identificadas como los factores de fatiga, un periodo de sueño en las últimas 24 horas menor a una hora, las deudas crónica de sueño mayor de 9 horas y media, las horas de vigilia se aproximan a las 23 horas con una desfase del ciclo circadiano de 0.11 h.

En la Figura 18 se observan los lapsos índice que en el 2º y último turno del mes se encuentran en el rango de 6 a 8, teniendo su pico máximo de 7. 4 en el último turno alrededor de los primeros 30 minutos de las 4 de la mañana. En la Figura 19 se resaltan que la reserva de sueño durante el último turno nocturno alcanza un valor del 70%.

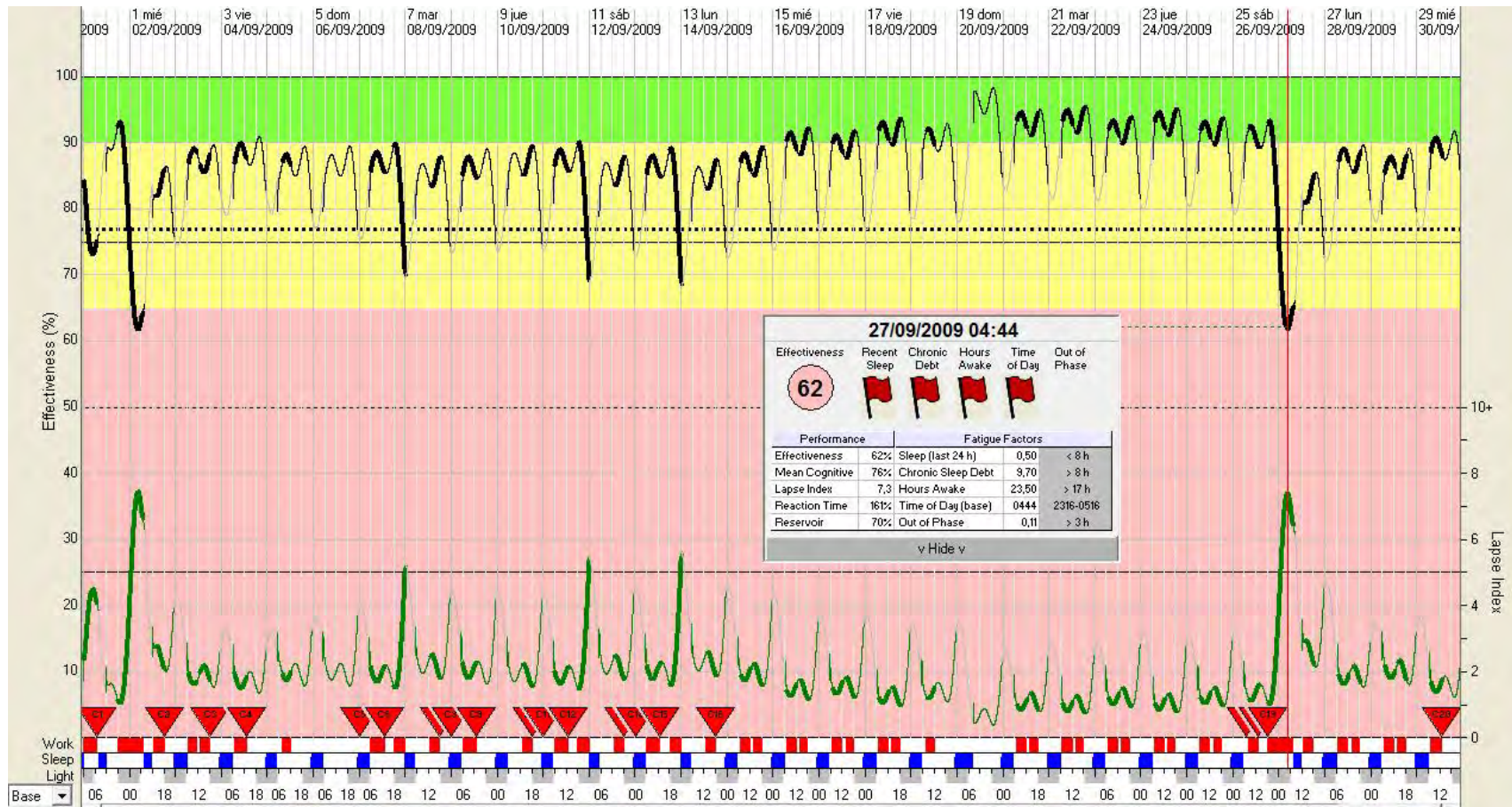


Figura 18 Resultados de los lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 4

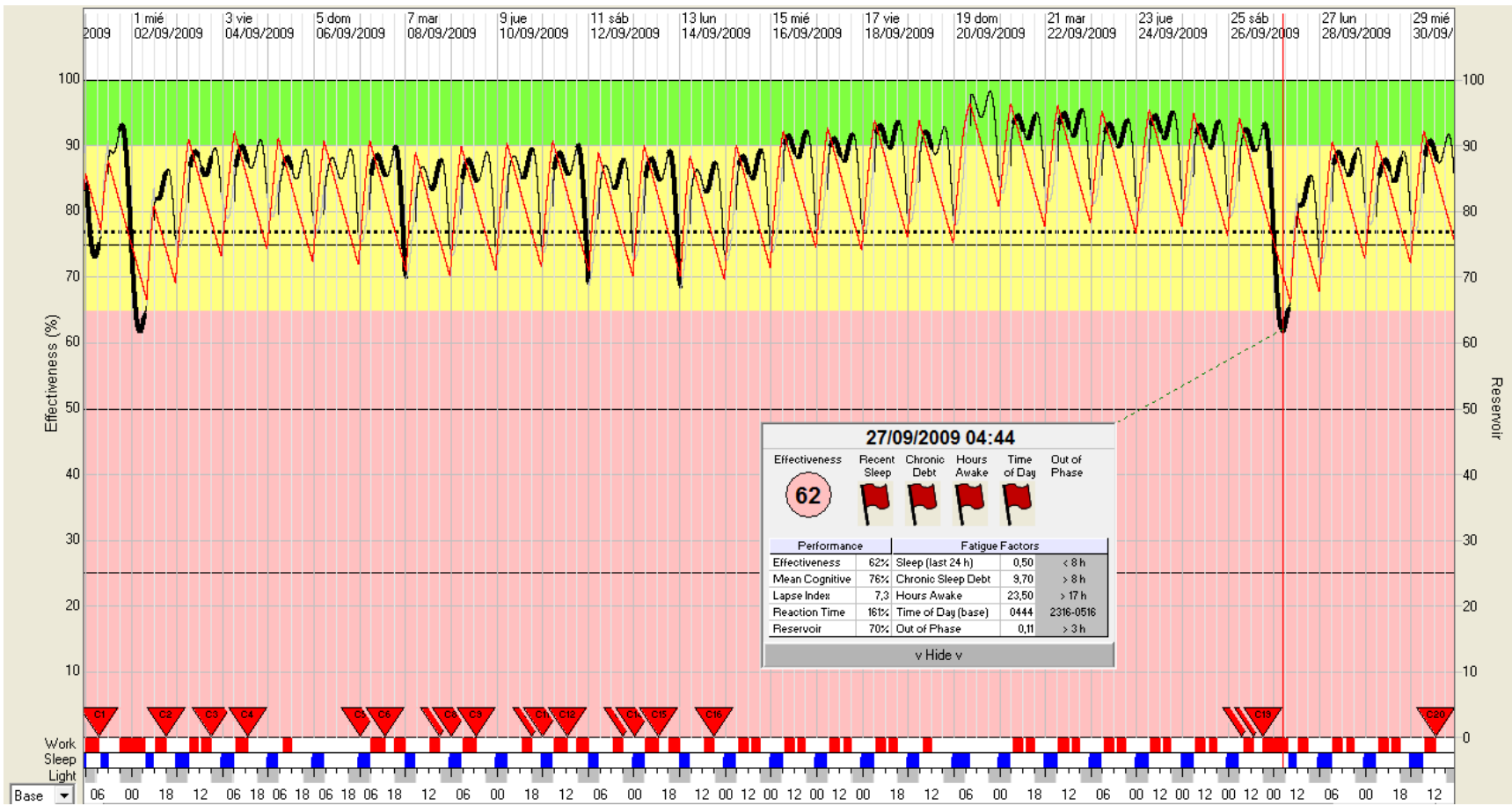


Figura 19 Resultados de la reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 4

El controlador de tránsito aéreo número 5 tuvo un promedio de tiempo de sueño por día de 384 minutos, una media de trabajo por día de 420 minutos y un efectividad promedio del desempeño del 87% aproximadamente. Los intervalos de trabajo muestran una media de tiempo de 323 minutos, la desviación estándar en 130 aproximadamente, siendo el periodo más corto de trabajo de 240 minutos y un máximo de 780 minutos. Este controlador de tránsito aéreo durante el tiempo de trabajo estuvo el 7% del tiempo bajo la línea de criterio.

El tiempo de vigilia media de este controlador fue de 1056 minutos, la desviación estándar en 207 con un mínimo tiempo de vigilia de 585 minutos y un máximo de 1680, la efectividad del desempeño en vigilia aproximadamente 88.6%. La efectividad promedio del desempeño durante el tiempo de trabajo fue de 88.47%. Esta controlador tuvo una media de sueño al día de 382 minutos, una desviación estándar de 49, un mínimo periodo de sueño de 240 minutos y un máximo de 435 minutos y un efectividad del desempeño calculada por el modelo de aproximadamente 81%.

El porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio en vigilia durante el mes fue de 3.72% y el porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio durante el sueño de 22% aproximadamente.

Entire schedule		Intervals			
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	39	30	28
Last	30/11/2009	Mean	323,1	1056,0	382,5
Average Sleep per Day	384	Median	300,0	1065,0	375,0
Average Work per Day	420	SD	129,6	207,4	48,6
Average Effectiveness	86,54	Shortest	240	585	240
Average Reservoir	2409,94	Longest	780	1680	435
		Avg. Eff.	88,47	88,56	80,74
		Avg. Res.	2448,64	2401,44	2426,54

Tabla 19 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 5

En la Figura 20 se puede observar que en los turnos nocturnos la efectividad del desempeño cae por debajo del 65%, vale la pena resaltar en el 2º turno nocturno alrededor de las 4 de la mañana bajó a 62%, con una media cognitiva del 75%, unos lapsos índice de 7.4, el tiempo de reacción de 161% y una reserva de sueño del 70%. Los factores de fatiga con bandera de alerta se identifican por un periodo de sueño en las últimas 24 horas menor a una hora, la deuda crónica de sueño mayor a 9 horas, las horas de vigilia de aproximadamente 23 horas con un desfase del ciclo circadiano de 0.13h, este último no constituyendo la alerta por lo que no es mayor de 3 horas.

En la Figura 21 se pueden identificar lapsos índice en el rango de 6 a 8 correspondientes a los 2 turnos nocturnos realizados durante el mes siendo mayor en el 2º turno nocturno en donde alcanza un valor pico de 7.4. En la Figura 22 se puede observar que la reserva de sueño durante el 2º turno nocturno cae hasta el 66%.

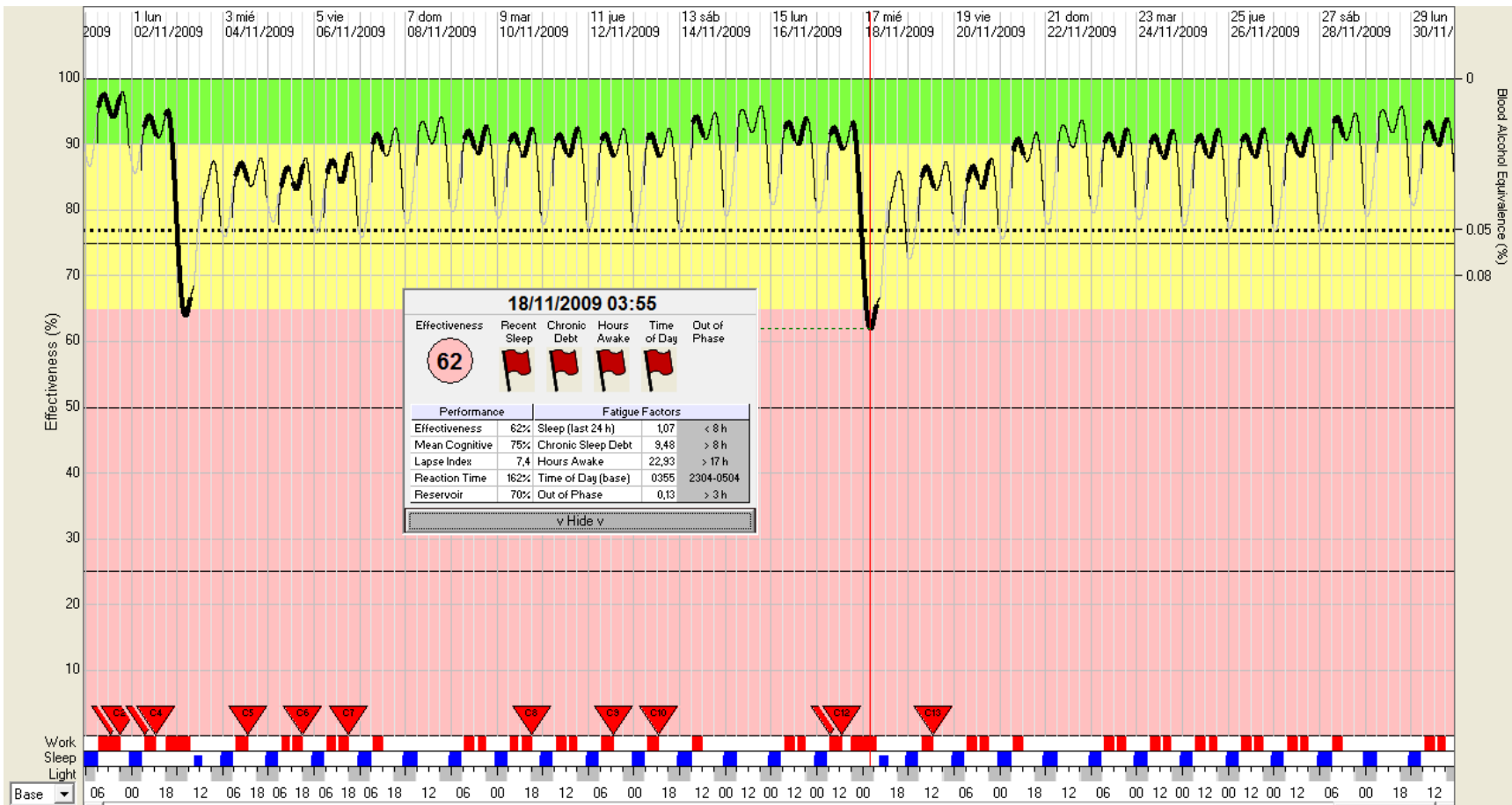


Figura 20 Resultados para el controlador de tránsito aéreo número 5

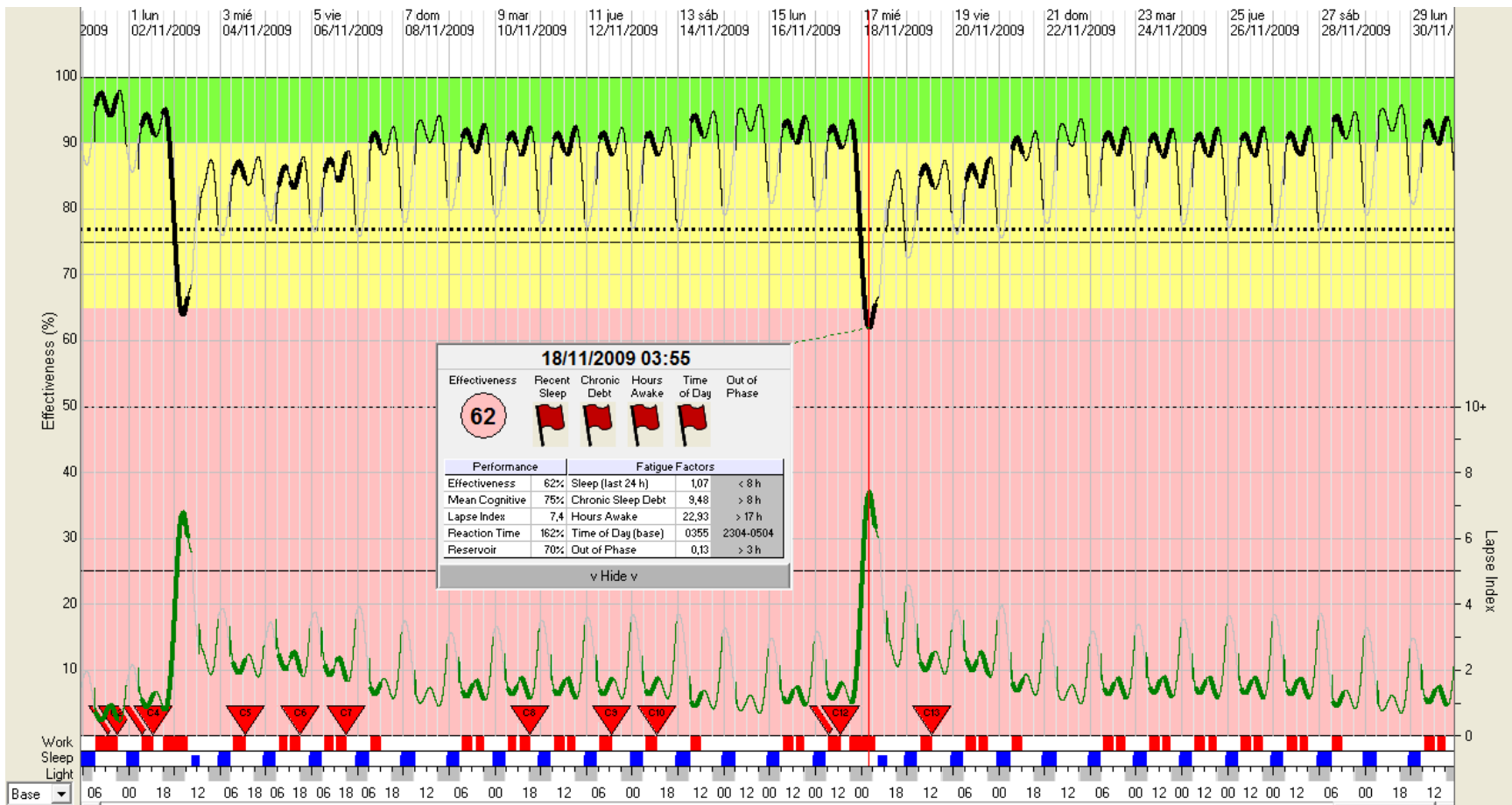


Figura 21 Resultados de lapsos índices para el controlador de tránsito aéreo número 5

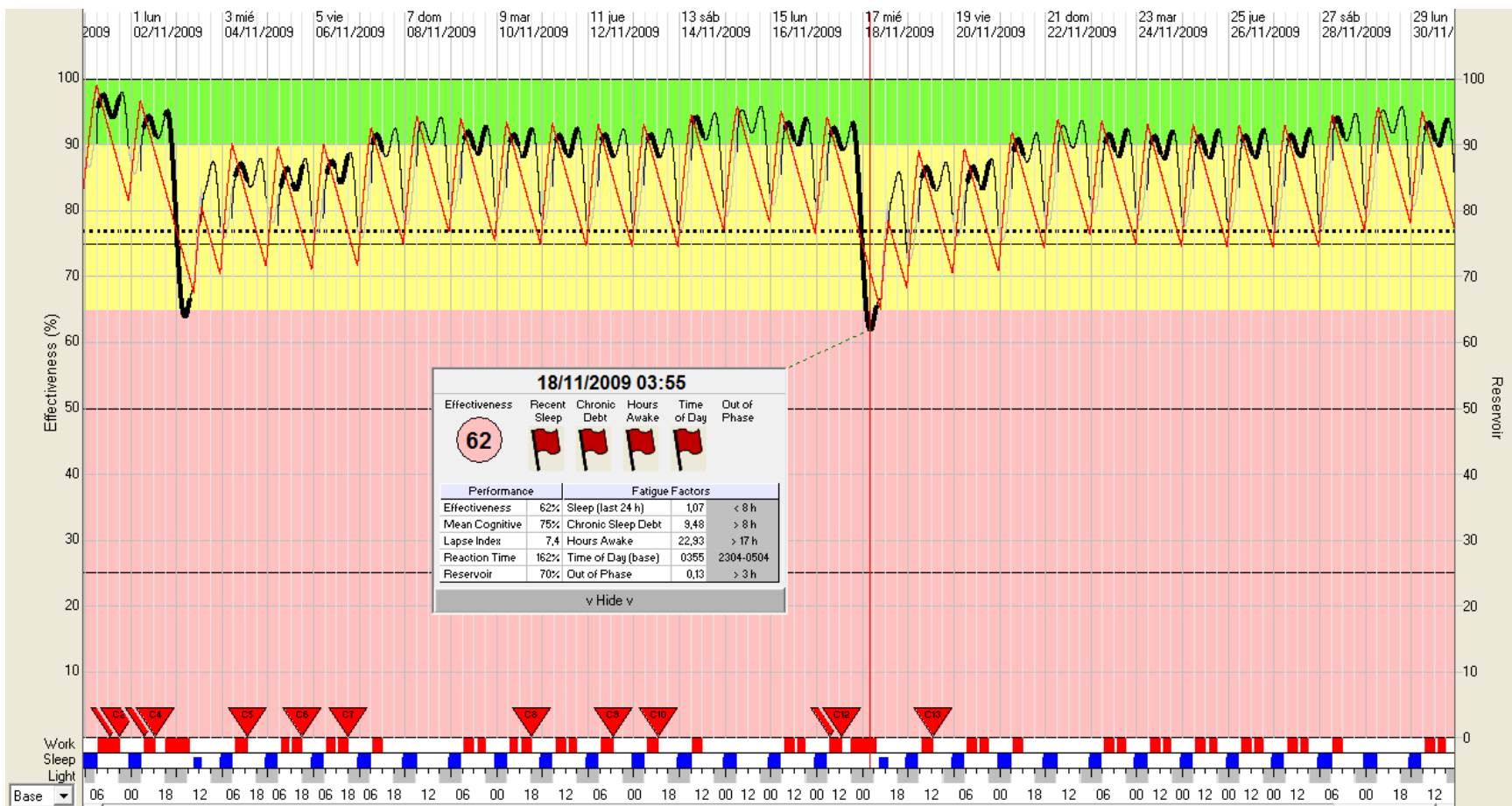


Figura 22 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 5

El controlador de tránsito aéreo número 6 en la media de sueño por día de 380 minutos, una media de trabajo por día de 486 minutos y una efectividad del desempeño promedio de 85%. Durante el periodo de trabajo se puede resaltar que la media de duración en el mes es de 316 minutos, con una desviación estándar de 116, un mínimo de duración de 180 minutos con un máximo de 780 minutos y una efectividad promedio del desempeño durante el trabajo de 87.5%.

La media de duración del periodo de vigilia fue de 1136 minutos con una desviación estándar de 377, un mínimo de 960 y un máximo de 2460 minutos y la efectividad del desempeño en 87%. La media de duración del sueño en el mes fue de 405 minutos con una desviación estándar de 54 un periodo corto de sueño de 270 como mínimo y el más largo de 480 minutos con una efectividad del desempeño calculada por el modelo en promedio del 80%.

Durante las labores de trabajo de controlador de tránsito aéreo número 6 estuvo aproximadamente el 11% del tiempo bajo la línea de criterio, 12% del tiempo bajo la línea de criterio para periodos de vigilia y 29% bajo la línea de criterio calculado para el tiempo de sueño.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	46	28	26
Last	30/11/2009	Mean	316,6	1136,3	405,6
Average Sleep per Day	380	Median	300,0	1035,0	420,0
Average Work per Day	486	SD	115,6	377,0	54,2
Average Effectiveness	85,28	Shortest	180	960	270
Average Reservoir	2374,51	Longest	780	2460	480
		Avg. Eff.	87,50	87,00	80,34
		Avg. Res.	2398,68	2357,24	2420,32

Tabla 20 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 6

En la Figura 23 se puede observar que hizo 5 turnos nocturnos al mes con mayor impacto en la disminución del porcentaje de efectividad del desempeño durante los 2 primeros turnos nocturnos del mes, y faltando alrededor de 15 minutos para las 4 de la mañana del 2º turno nocturno del mes se puede identificar una caída del desempeño hasta el 60%, con una media cognitiva del 74 %, el lapso índice a esta hora alrededor de 8, un tiempo de reacción de 167%, la reserva de sueño 68%, 4 banderas rojas de alerta por un periodo de sueño en las últimas 24 horas de una hora, una deuda crónica de sueño de 10 horas, las horas de vigilia en 23 horas lo que constituye un riesgo operacional por la mayor probabilidad a cometer errores.

En la Figura 25 se puede identificar la caída de la reserva de sueño en el día posterior del turno número 2 alrededor de las 10 de la noche hasta del 50%, en la Figura 24 se puede observar que los 2 primeros turnos nocturnos del mes tuvieron unos lapsos índice que oscilaban en el tiempo de trabajo nocturno entre 6 y algo más de 8 sin embargo estos son mayores alcanzando valores hasta de 9 sin embargo no constituyen un horario de trabajo de control de tránsito aéreo por lo que estos últimos valores no se consideran peligrosos para la seguridad en la aviación.

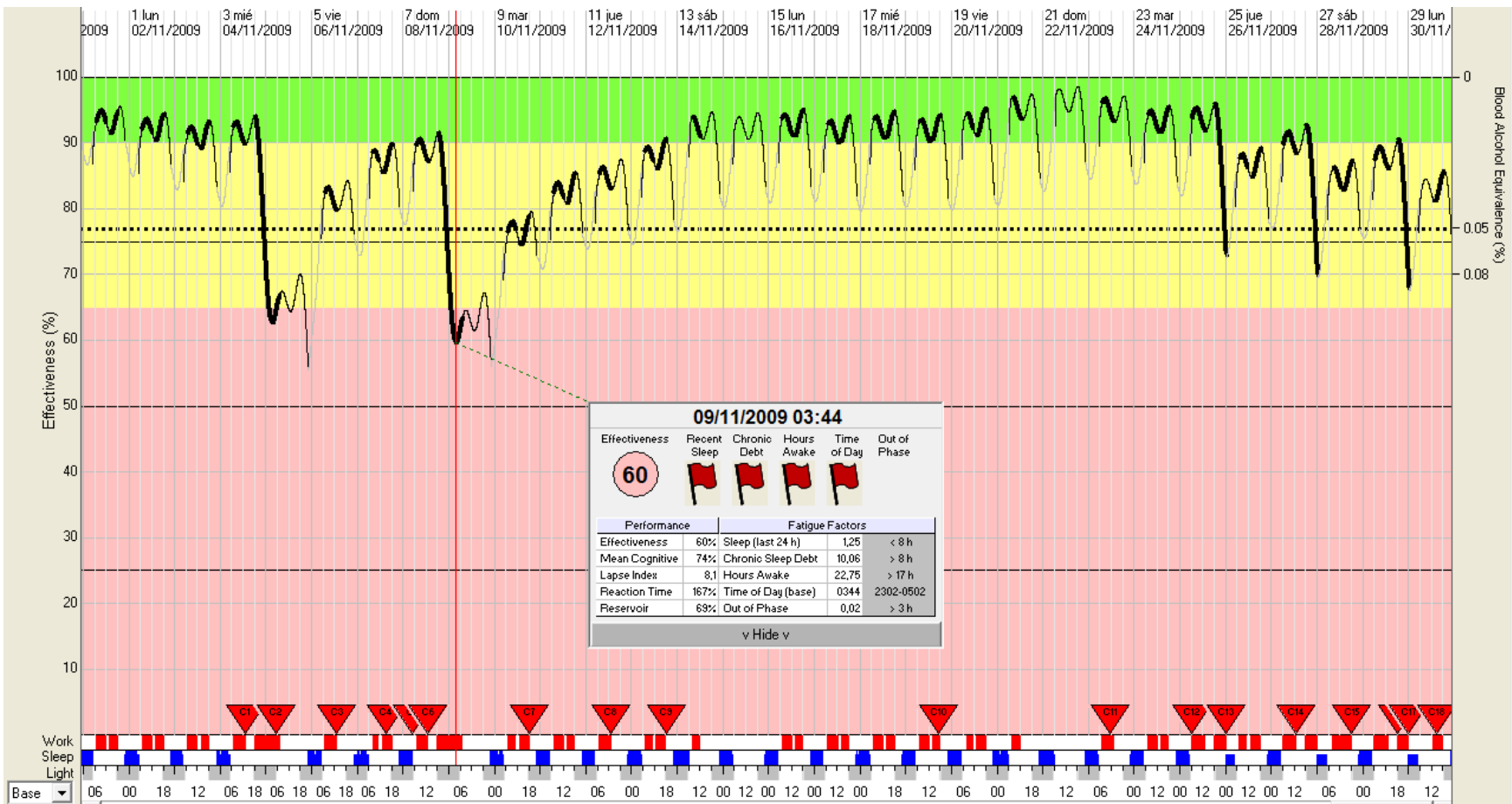


Figura 23 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 6

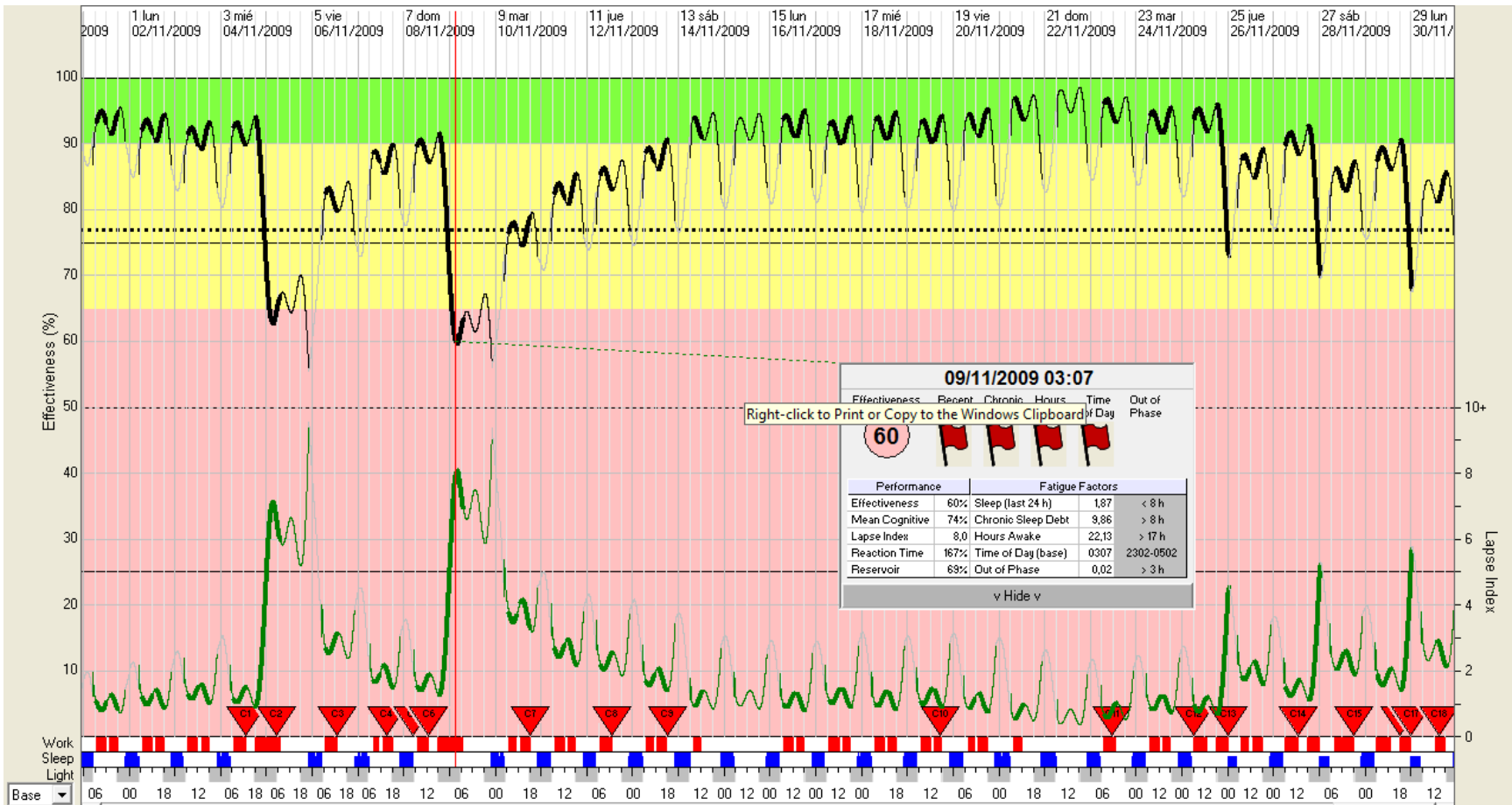


Figura 24 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 6

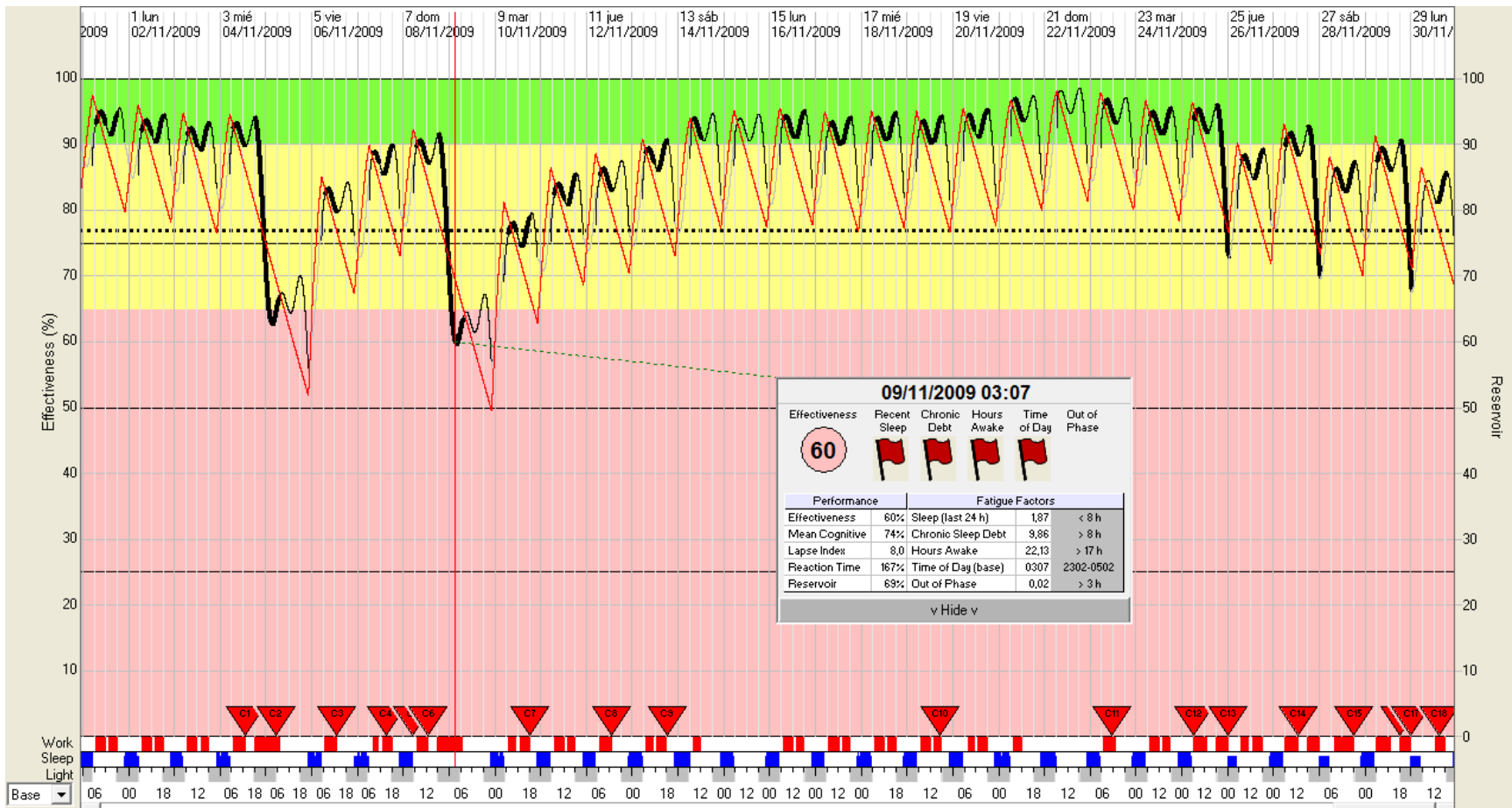


Figura 25 Reserva de sueño para el controlador de tránsito aéreo número 6

El controlador de tránsito aéreo número 7 tuvo una media de duración del sueño por día de 397 minutos, una media de duración de trabajo por día de 502 minutos con una efectividad promedio del desempeño del 86% aproximadamente. Según los datos mostrados en la Tabla 21 la media del tiempo de trabajo en el mes fue de 350 minutos con una desviación estándar de 114, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos de duración, una efectividad promedio del desempeño en el tiempo de trabajo del 88%. Durante el periodo de vigilia la media de duración fue de 1080 minutos con una desviación estándar de 272, un mínimo de 810 y un máximo de 2430 minutos y una efectividad promedio del desempeño del 88%.

La media de duración del sueño en el mes fue de 404 minutos con una desviación estándar de 71 un mínimo de 300 y un máximo de 645 minutos con una efectividad promedio del desempeño calculada por el modelo de 80%, el tiempo permanecido bajo la línea de criterio para el periodo de trabajo fue del 7%, durante vigilia el 6% del tiempo estuvo bajo la línea de criterio y durante el tiempo de sueño lo hizo en un 30%.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	43	29	27
Last	30/11/2009	Mean	349,9	1079,5	404,4
Average Sleep per Day	397	Median	300,0	1005,0	405,0
Average Work per Day	502	SD	114,5	271,6	70,8
Average Effectiveness	86,15	Shortest	240	810	300
Average Reservoir	2399,00	Longest	780	2430	645
		Avg. Eff.	88,34	88,19	80,51
		Avg. Res.	2412,99	2385,55	2427,64

Tabla 21 Estadística descriptiva el controlador de tránsito aéreo número 7

En la Figura 26 se puede identificar una disminución por debajo de la línea de criterio en aproximadamente 8 turnos nocturnos en las horas de la madrugada, importante notar la caída del desempeño durante el 4º turno nocturno dado que el desempeño disminuyó al 67% con una media cognitiva del 79%, un lapso índice de 6, un tiempo de reacción de 150% y una reserva de sueño del 72%. Se identifican 3 banderas rojas de alerta por el periodo de sueño de las últimas 24 horas y fue de 5 horas aproximadamente y la deuda crónica de sueño mayor a 8 horas.

En la Figura 27 se puede observar cómo los lapsos índice en el primer turno nocturno cae en hasta alrededor de 6 y posteriormente sigue aumentando hasta casi 8 pero sin embargo no en el horario de trabajo ya que no constituyen un riesgo operacional.

En la Figura 28 se puede identificar una caída del la reserva de sueño posterior al turno no turno del día 7 noviembre hasta el 55%. Posterior a esto el controlador consiguió sueño y aumenta su reserva de sueño.

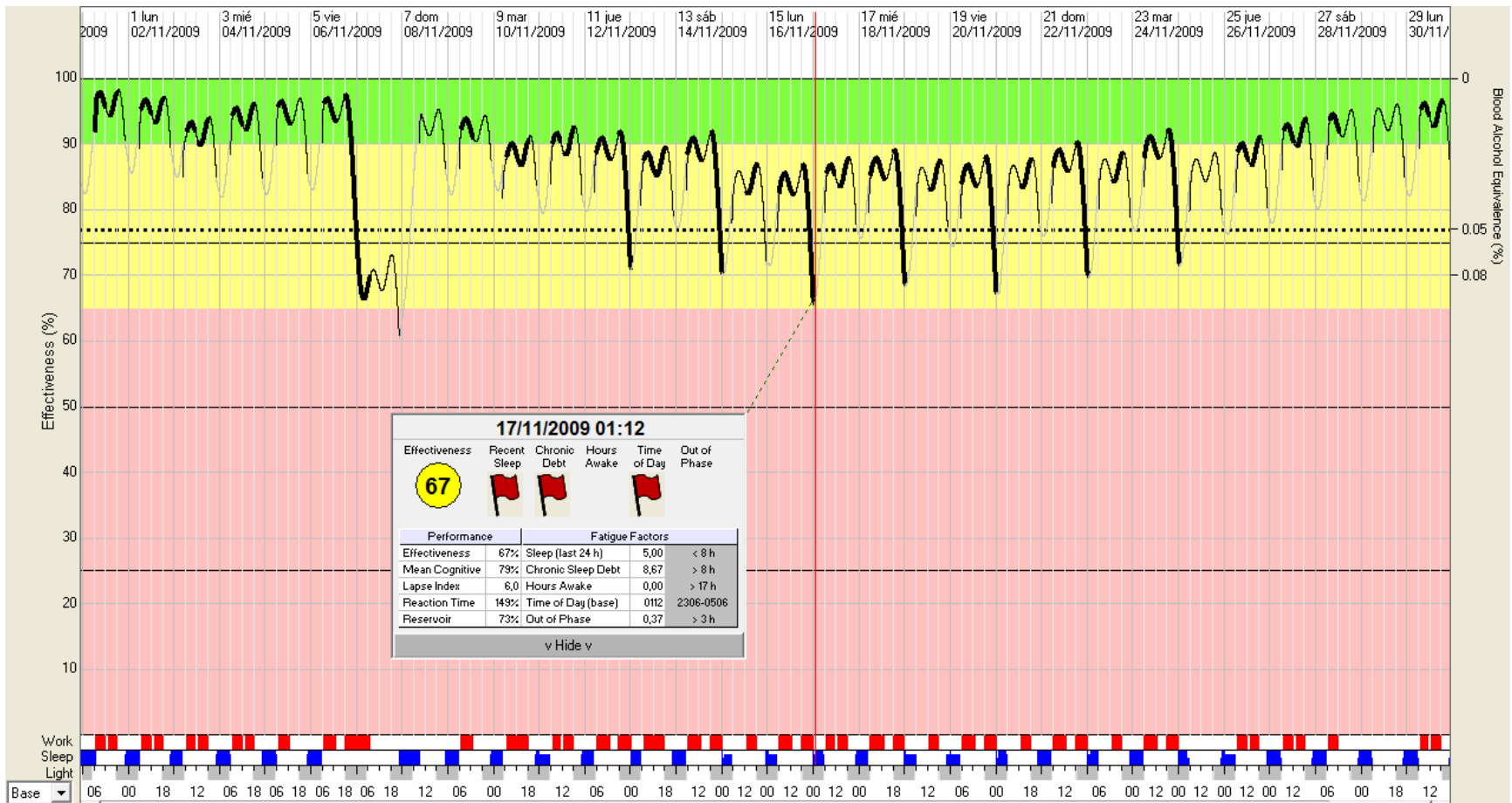


Figura 26 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 7

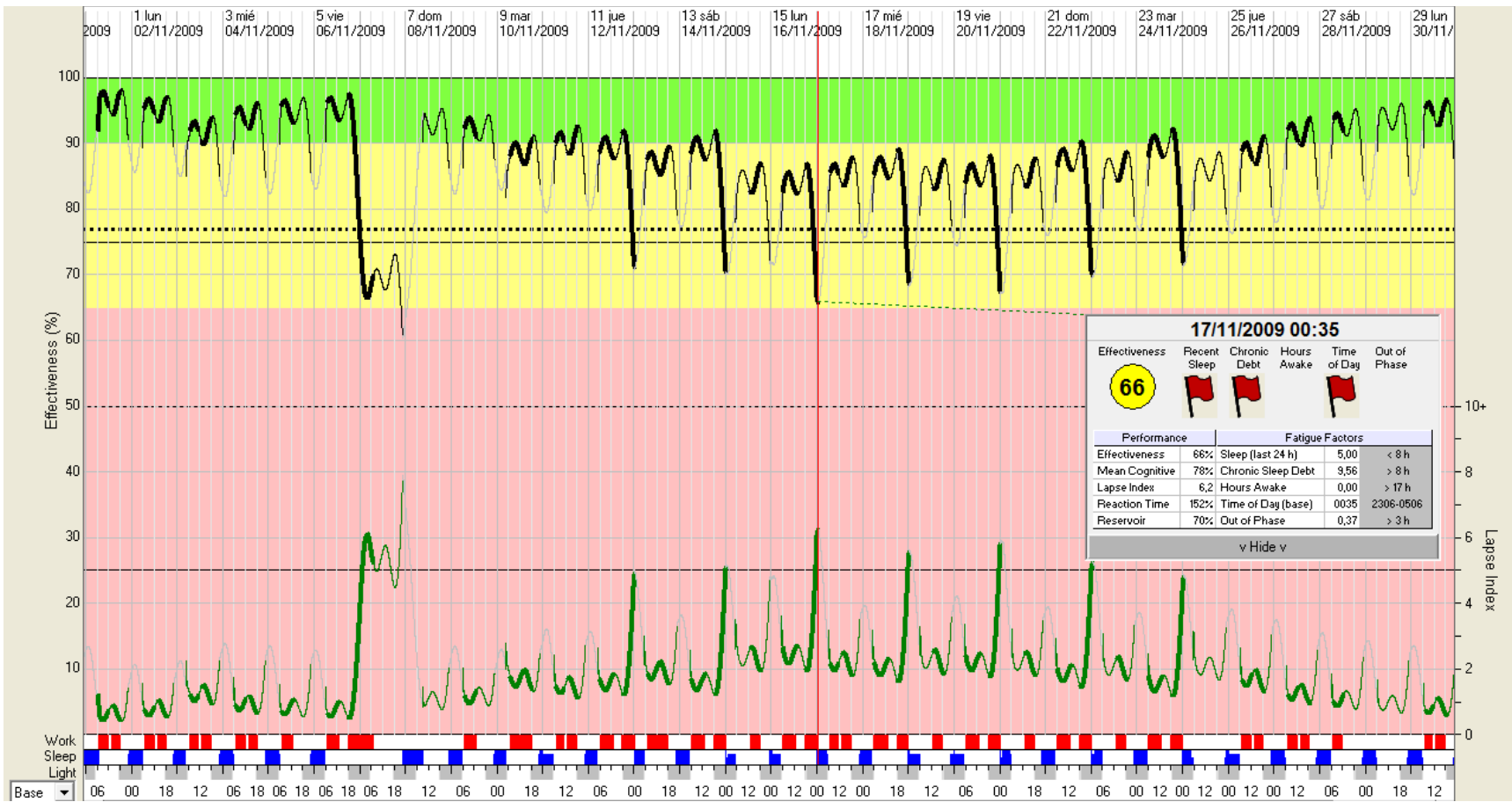


Figura 27 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 7

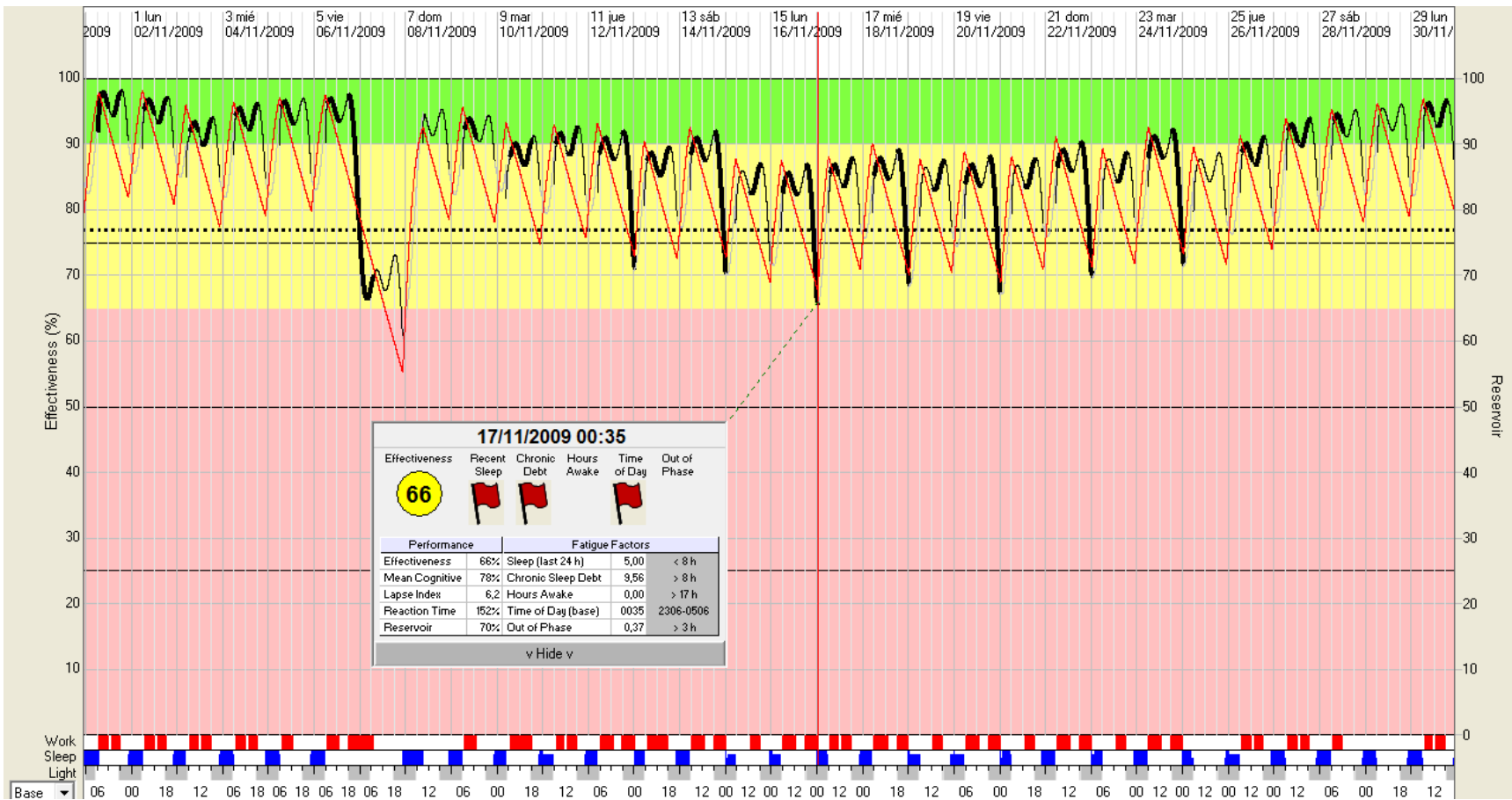


Figura 28 Reserva de sueño para controlador de tránsito aéreo número 7

El controlador de tránsito número 8 tuvo un promedio de sueño por día de 452 minutos, un promedio de tiempo de trabajo por día de 432 minutos con una efectividad promedio del desempeño de 92% aproximadamente. Tuvo una media del tiempo de trabajo de 288 minutos con una desviación estándar de 82, un periodo mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos y una efectividad del desempeño promedio de 95% aproximadamente. Este controlador de tránsito aéreo se encontró en el tiempo de trabajo en un 3% bajo la línea de criterio durante el mes, tuvo una media de vigilia de 1022 minutos con una desviación estándar de 266, un mínimo de 960 y un máximo de 2400 minutos con una efectividad promedio el desempeño de 94% durante este periodo. Durante el sueño no una media duración de 467 minutos, una desviación estándar de 25, un mínimo de 420 y un máximo de 480 minutos con una efectividad calculada del desempeño del 87%.

Durante vigilia en el mes estuvo aproximadamente el 4% del tiempo por debajo de la línea de criterio a diferencia del periodo de sueño en el que se encontró un 3% del tiempo bajo la línea criterio.

Entire schedule		Intervals			
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	45	29	27
Last	30/11/2009	Mean	288,0	1022,1	466,7
Average Sleep per Day	452	Median	300,0	960,0	480,0
Average Work per Day	432	SD	82,5	266,2	25,4
Average Effectiveness	91,76	Shortest	240	960	420
Average Reservoir	2554,69	Longest	780	2400	480
		Avg. Eff.	94,59	94,07	86,66
		Avg. Res.	2596,13	2542,70	2579,82

Tabla 22 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 8

En la Figura 29 puede identificar fácilmente que solamente hizo un turno nocturno durante el mes el cual alrededor de las 4 de la mañana tuvo una efectividad del desempeño del 69% con una media cognitiva del 80%, un lapso índice de 5. 5, un tiempo de reacción de 55% y una reserva de sueño del 76% con 3 banderas rojas de alerta identificadas por un periodo de sueño en las últimas 24 horas de 2 horas aproximadamente, el tiempo de vigilia superando las 22 horas al día y la hora del día constituyendo un riesgo operacional.

En la Figura 30 y la Figura 31 se puede identificar que los lapsos índice durante este turno nocturno alcanzan durante el tiempo de trabajo un pico de 5. 5 y sin embargo se ven aumentados en un momento posterior del turno sin embargo este ya no se encuentra haciendo labores de control de tránsito aéreo, la reserva de sueño cae posterior este turno nocturno hasta aproximadamente el 61%.

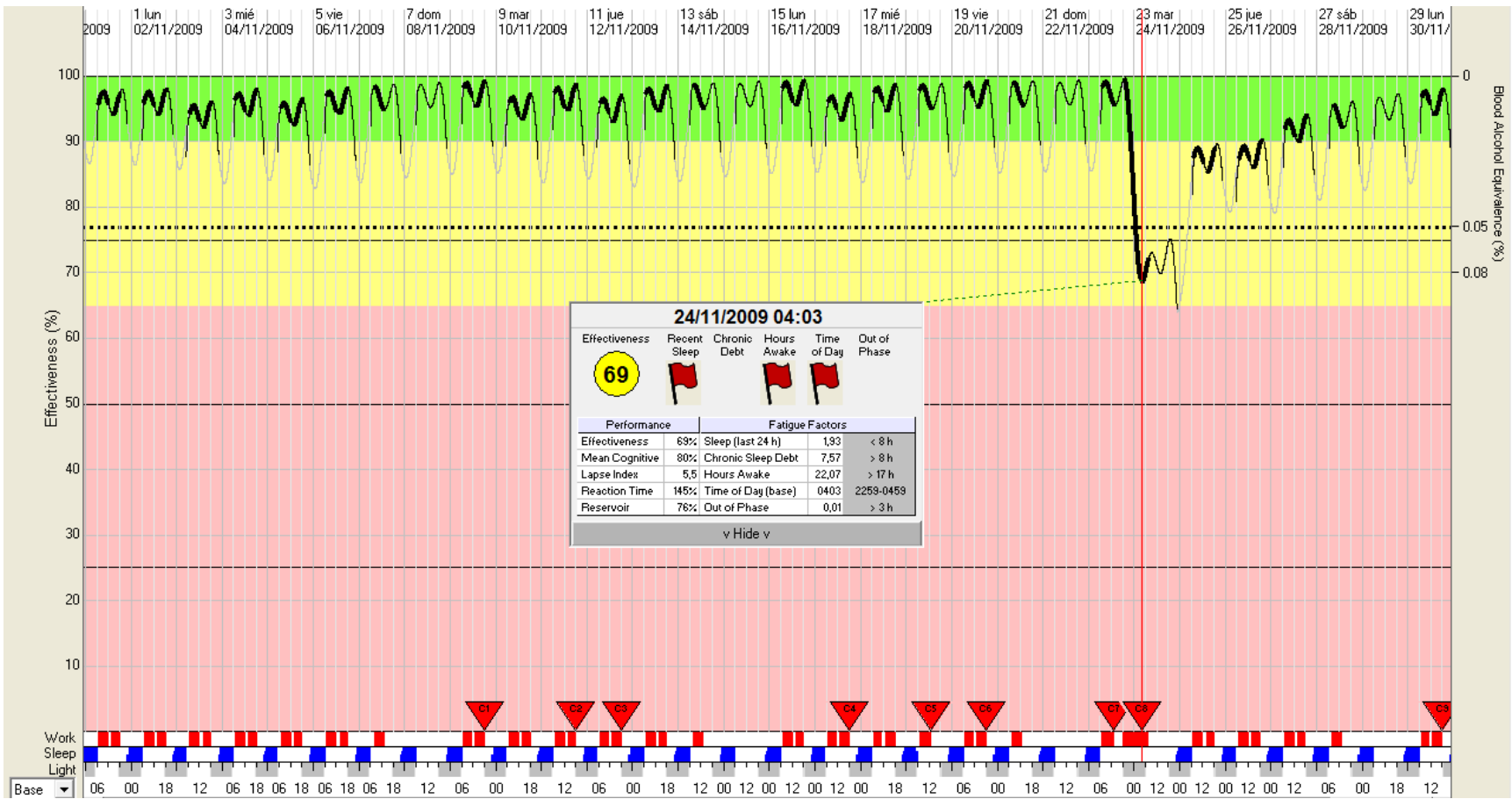


Figura 29 Resultados para controlador de tránsito número 8

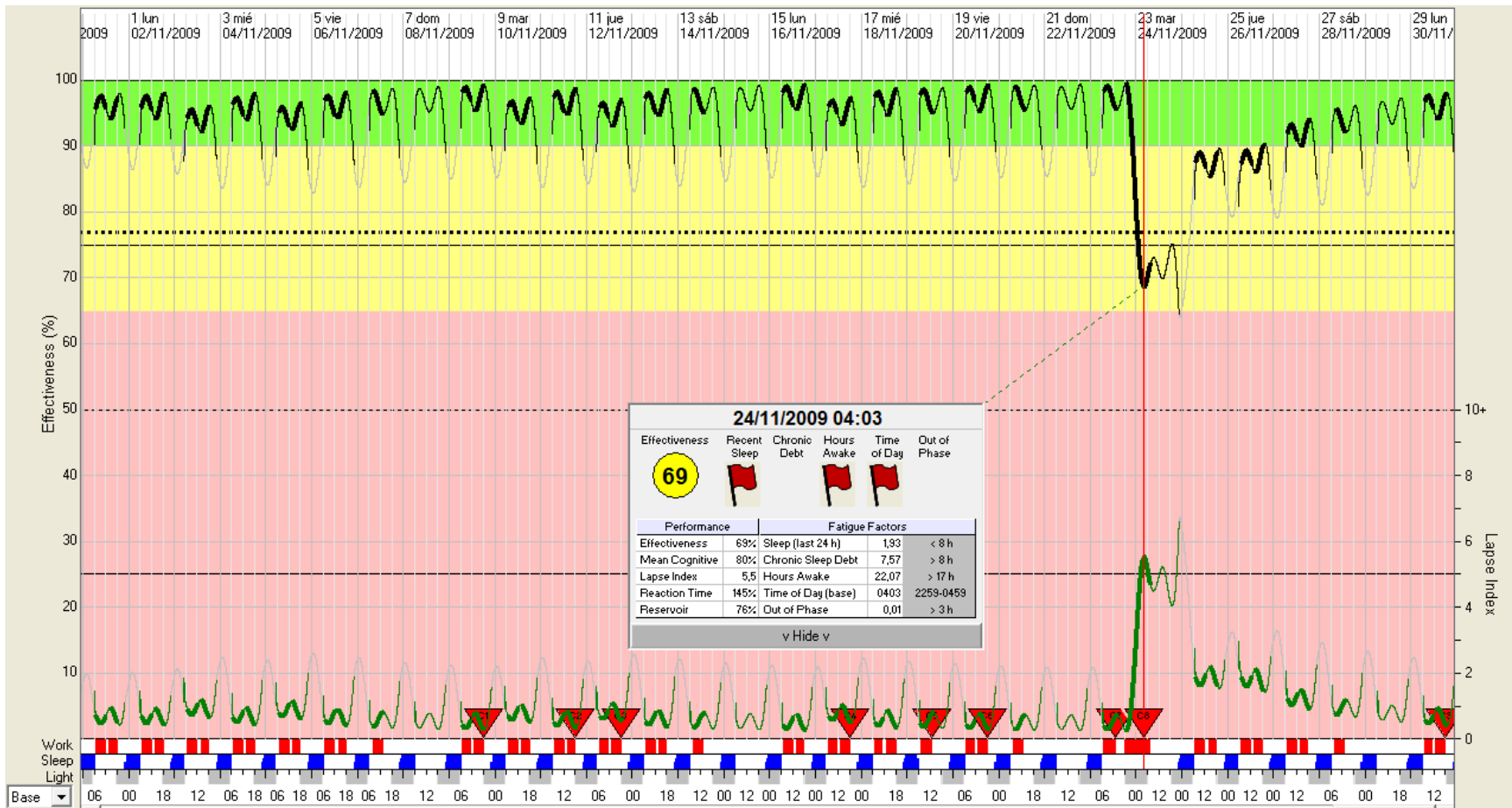


Figura 30 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 8

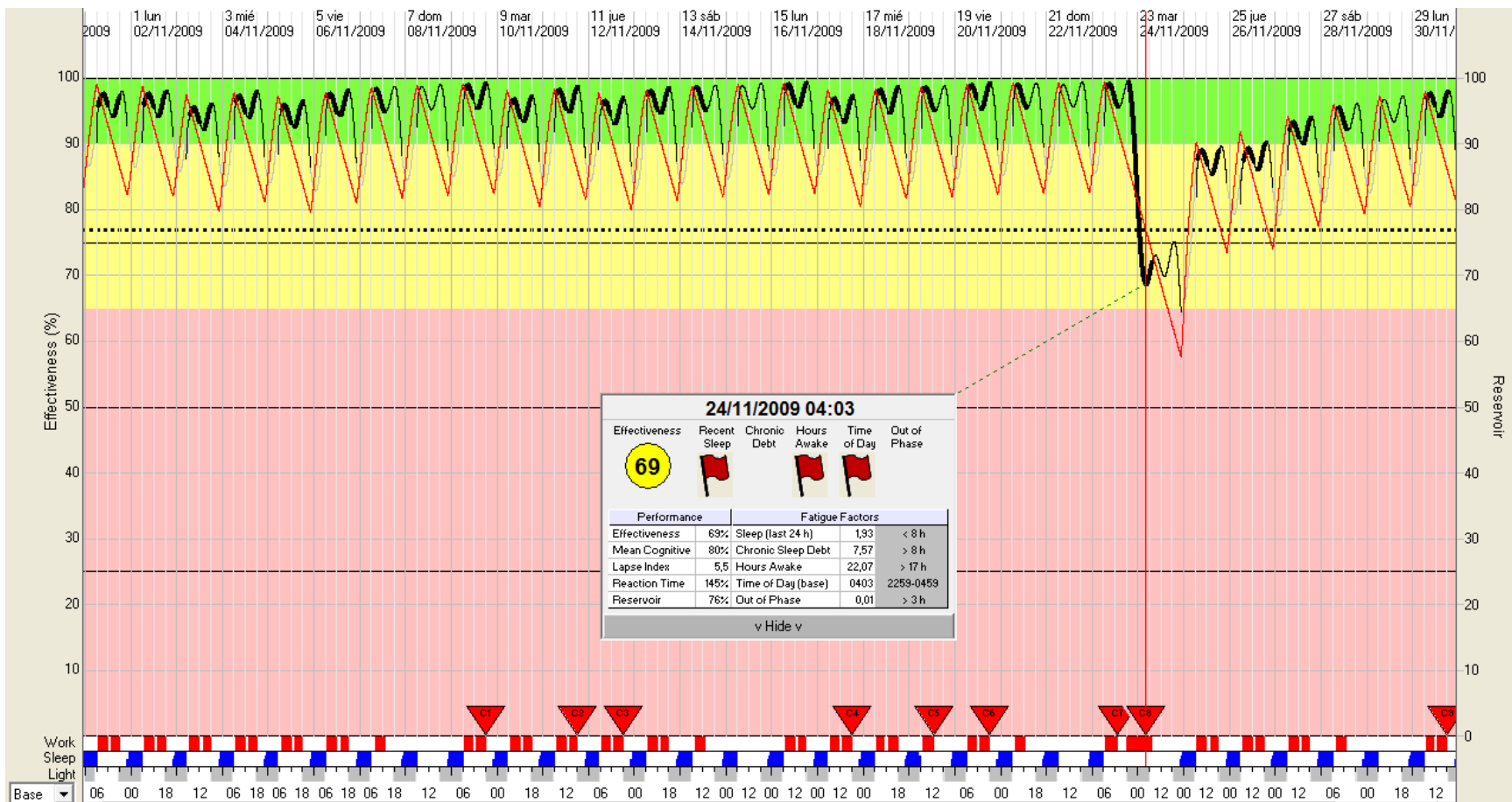


Figura 31 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 8

El controlador de tránsito número 9 tuvo un promedio de sueño por día de 403 minutos, un promedio de trabajo por día de 383 minutos, una efectividad promedio del desempeño del 89% aproximadamente y durante los períodos de trabajo, vigilia y sueño tuvo las siguientes características: el periodo de trabajo tuvo una media de 295 minutos aproximadamente con una desviación estándar de 70, un periodo mínimo de 240 minutos con una máximo de 660 minutos y una efectividad promedio del 92%.

Para el periodo de vigilia, tuvo una media de duración de 1037 minutos con una desviación estándar de 65, un mínimo de 900 y un máximo de 1095 minutos y una efectividad del desempeño promedio de 92%, comparado con el periodo de sueño el 4º una media duración de 399 minutos con una desviación estándar de 62, un mínimo de 345 y un máximo de 540 minutos con una efectividad promedio del desempeño de 84%.

Entire schedule		Intervals			
Total Days			Work	Wake	Sleep
2009	30	N	39	30	28
Last	30/11/2009	Mean	294,6	1037,0	398,6
Average Sleep per Day	403	Median	300,0	1050,0	390,0
Average Work per Day	383	SD	70,1	65,3	62,1
Average Effectiveness	89,51	Shortest	240	900	345
Average Reservoir	2492,18	Longest	660	1095	540
		Avg. Eff.	92,04	91,73	83,48
		Avg. Res.	2523,03	2480,42	2515,18

Tabla 23 Estadística descriptiva para controlador de tránsito aéreo número 9

El control de tránsito aéreo número 9 no presentó un porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio para los horarios de trabajo al igual para el periodo de vigilia. El periodo de sueño tuvo un porcentaje de tiempo por debajo de la línea de criterio de aproximadamente 3% durante el mes.

Como se puede observar en la Figura 32 Este controlador de tránsito aéreo no realizó ningún turno nocturno durante el mes y ninguna de las curvas de trabajo representa un riesgo operacional en la aviación dado que se maneja en sus tiempos de trabajo por encima de la línea de criterio en el 100% de las jornadas. Similarmente pasa en la Figura 33 y la Figura 34 donde no presenta lapsos índices importantes para mencionar. Es necesario resaltar que este tipo de horarios de trabajo es el ideal para todos los seres humanos sin embargo en aviación se requiere en cada persona encargada del turno nocturno ya consciente que a estas horas de trabajo donde se presenta la baja circadiana ya hay un riesgo latente y debe estar alerta a cualquier error para no comprometer las misiones aéreas

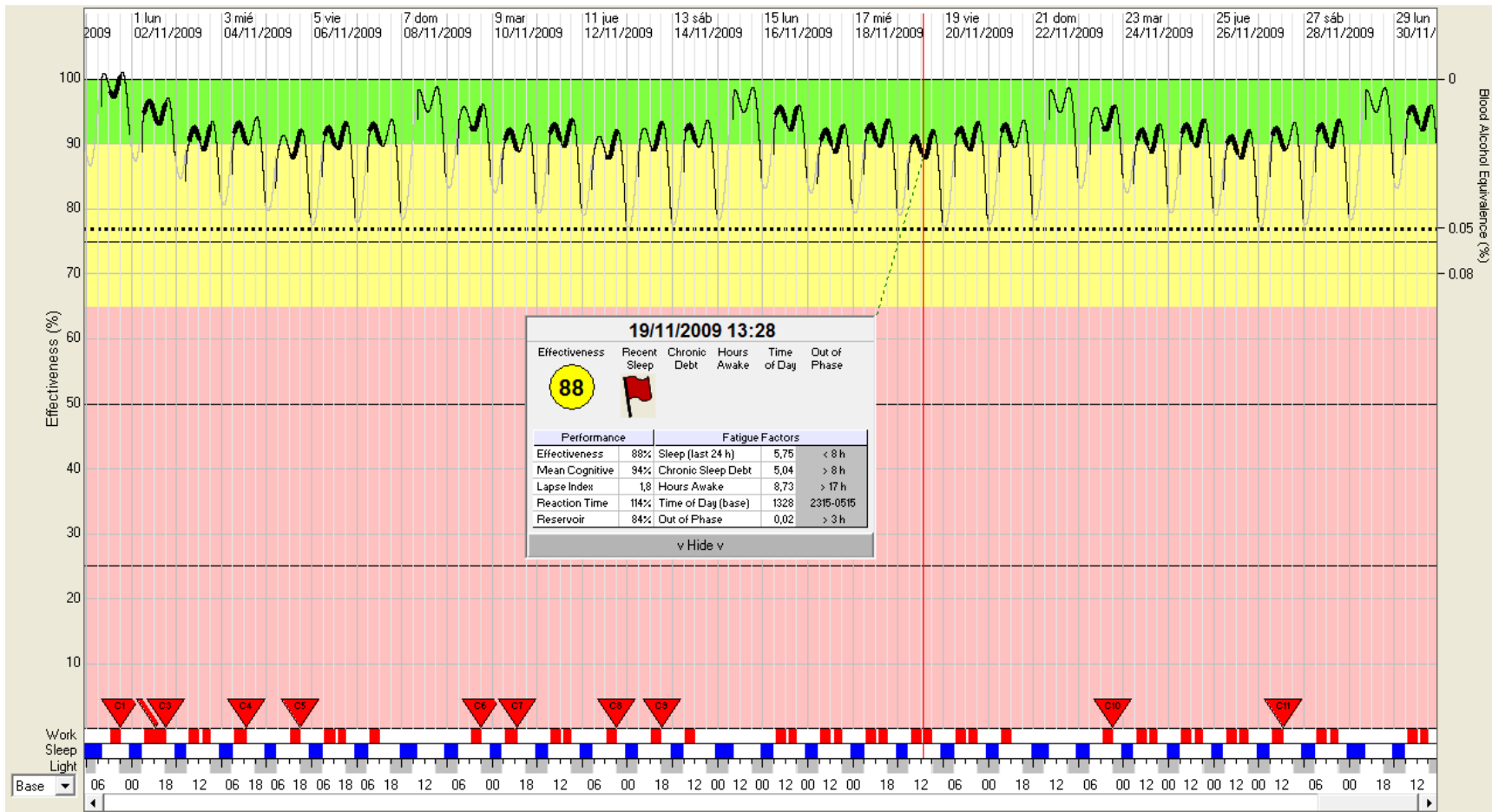


Figura 32 Resultados del modelo para controlador de tránsito aéreo número 9

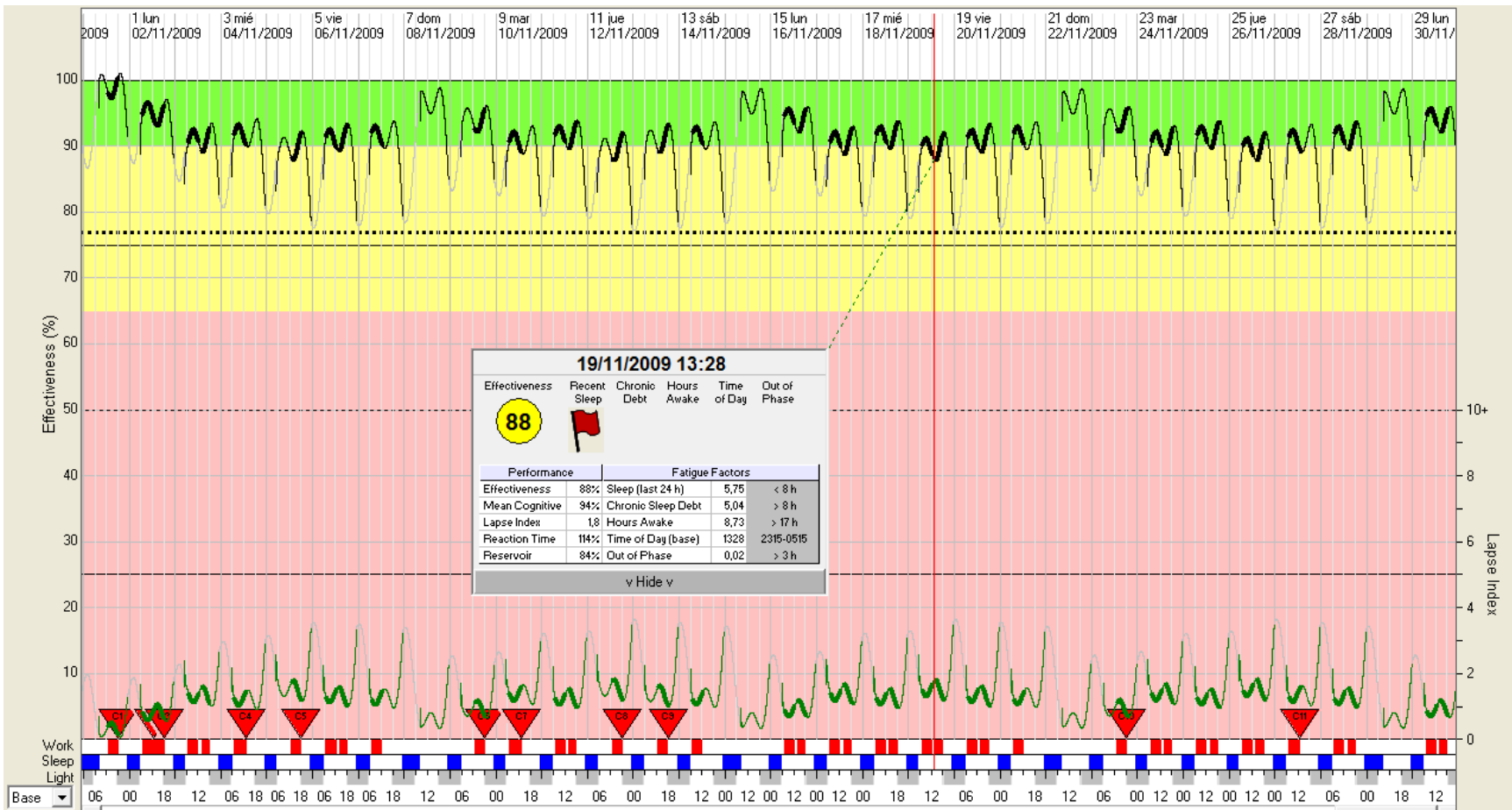


Figura 33 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 9

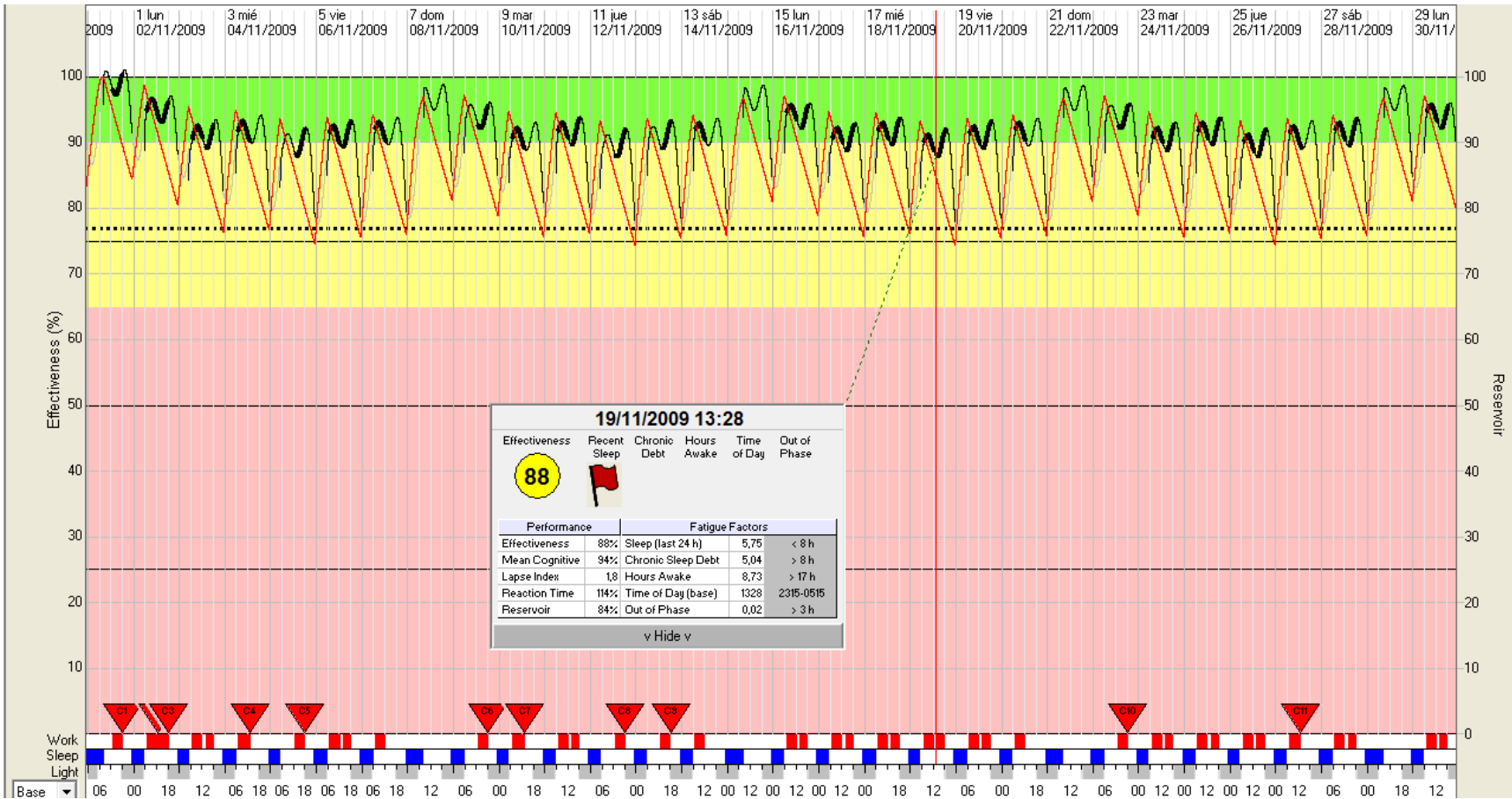


Figura 34 Reserva de sueño para el contador de tránsito aéreo número 9

El controlador de tránsito aéreo número 10 tuvo un promedio de sueño por día de 400 10 minutos, un promedio de tiempo de trabajo por día de 470 minutos con una efectividad del desempeño promedio de 89%. Con respecto al tiempo de trabajo, la media se encuentra en 300 minutos con una desviación estándar de 127 un periodo de trabajo a corto 240 y el máximo de 980 minutos con una efectividad promedio del desempeño de 91% comparado con el periodo de vigilia del cual tuvo una media de duración en el medio de 1030 minutos con una desviación estándar de 136, un mínimo de 735 y un máximo de 1620 minutos con una efectividad promedio el desempeño de 91%.

La media de sueño para controladores de 410 minutos con una desviación estándar de 83, el tiempo mínimo de 120 minutos y un máximo de 585 minutos con la efectividad promedio del desempeño calculado por el modelo de 84%. El software calculó el porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio para él en el trabajo del cual fue de 4.3%, durante el periodo de vigilia el porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio fue de alrededor del 3%, y durante el sueño estuvo en 10%.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	47	30	28
Last	30/11/2009	Mean	300,0	1030,0	410,4
Average Sleep per Day	410	Median	300,0	1035,0	405,0
Average Work per Day	470	SD	127,0	136,4	83,6
Average Effectiveness	89,02	Shortest	240	735	120
Average Reservoir	2478,57	Longest	960	1620	585
		Avg. Eff.	90,77	91,10	83,65
		Avg. Res.	2477,94	2466,07	2507,58

Tabla 24 Estadística descriptiva de los resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 10

El controlador de tránsito número 10 hizo un turno nocturno se puede observar en la Figura 35 de alrededor del primer 4º de las 3 de la mañana la efectividad del desempeño se encontraba en 64% con una media cognitiva del 77%, unos lapsos índices 6.8, un tiempo de reacción estimado de 156% y una reserva de sueño del 72% con este controlador tiene 4 banderas rojas en ese momento determinados por el periodo de sueño en las últimas 24 horas menor a 1 hora y media, una deuda crónica de sueño mayor a 8 horas, un periodo de vigilia de aproximadamente 22 horas y media y adicionalmente se encuentra en un horario de trabajo que no es fisiológico.

En la Figura 37 se puede observar en la reserva de sueño del día 15 noviembre previo a la conciliación del sueño de ese día disminuye hasta un 64%, y en la Figura 36 se observa como en el turno nocturno que realiza los lapsos índice superan el límite de los 6 exposición alrededor del 6.8.

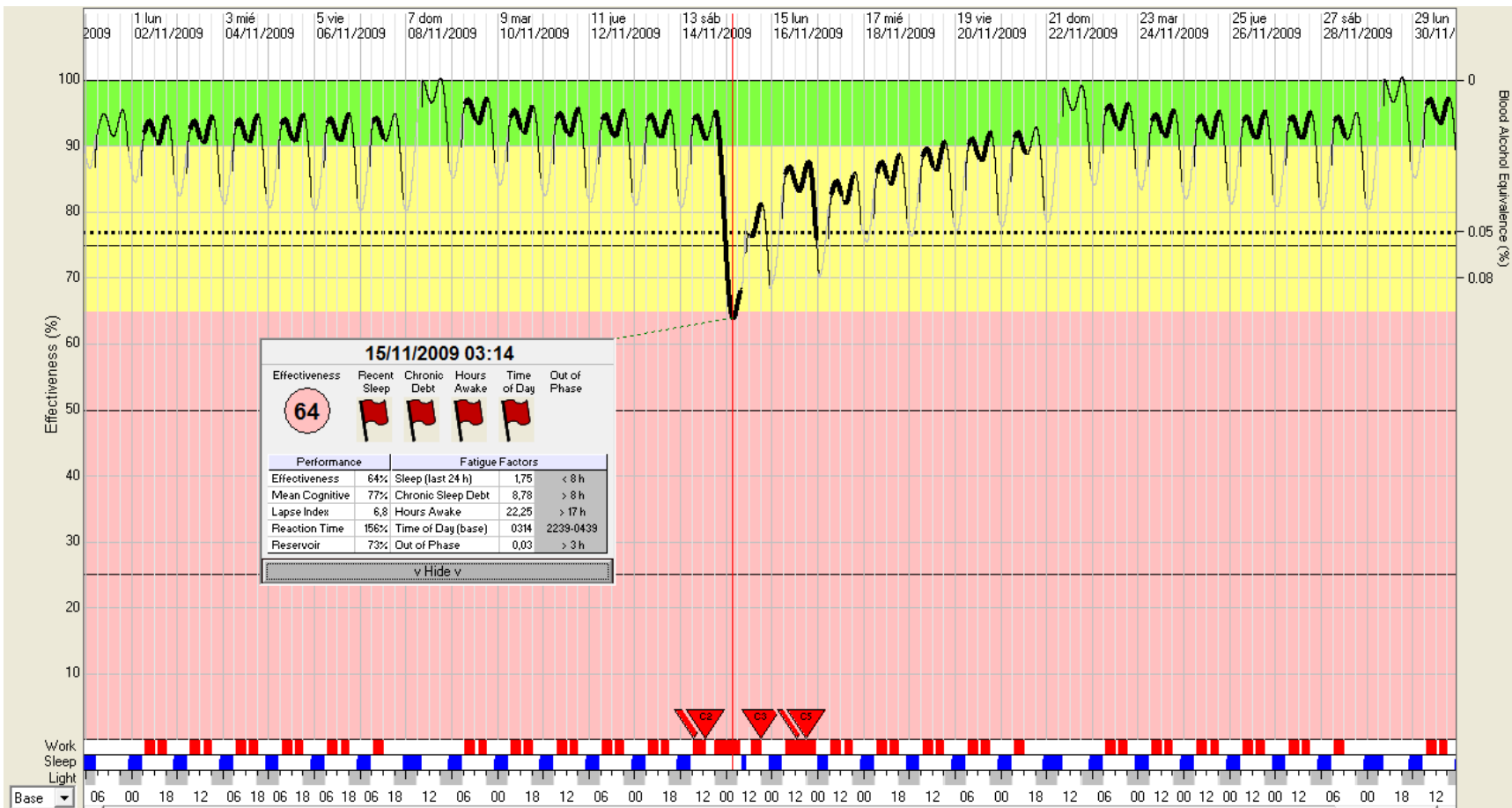


Figura 35 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 10

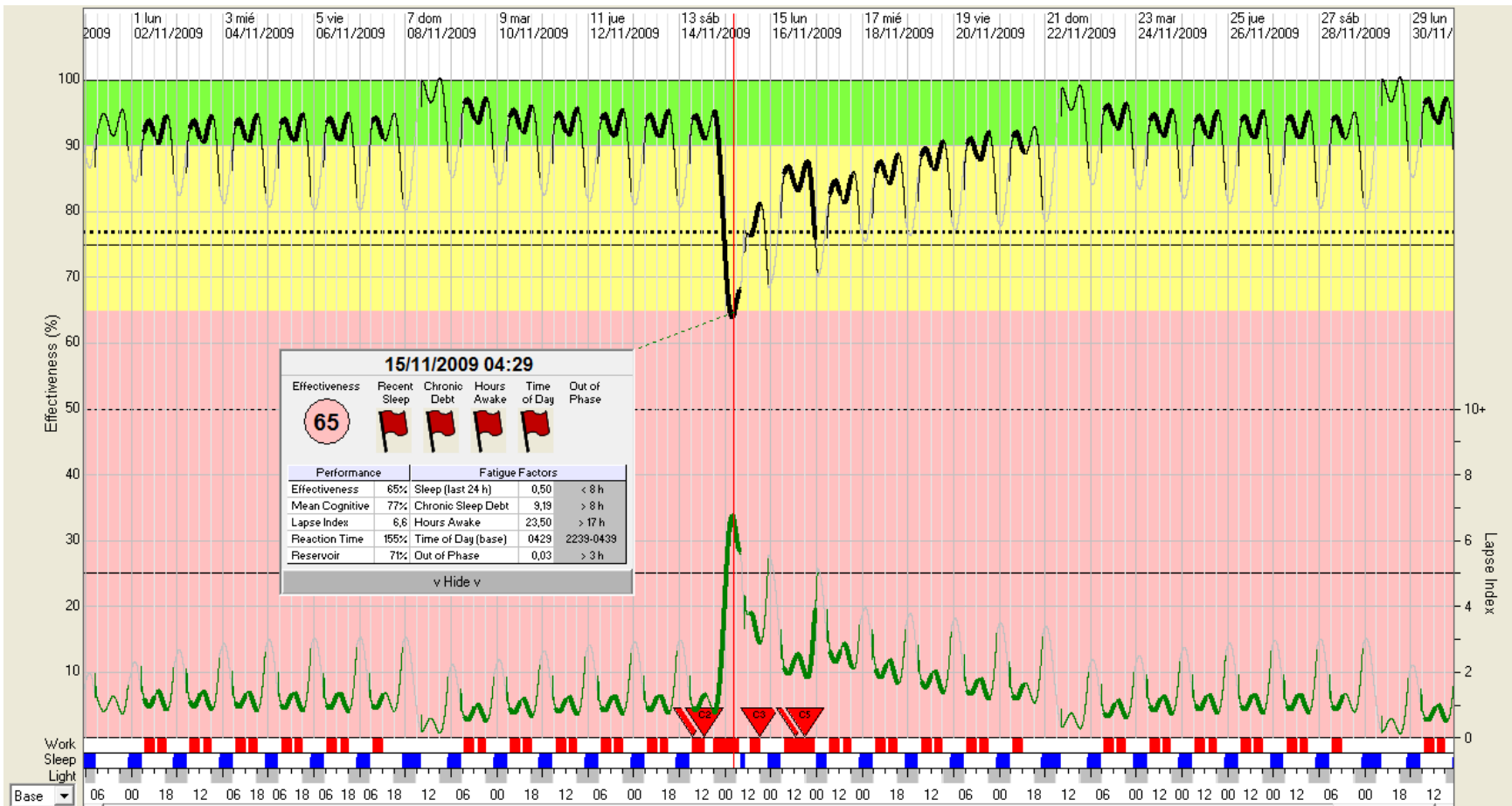


Figura 36 Lapsos índice para el controlador de tránsito número 10

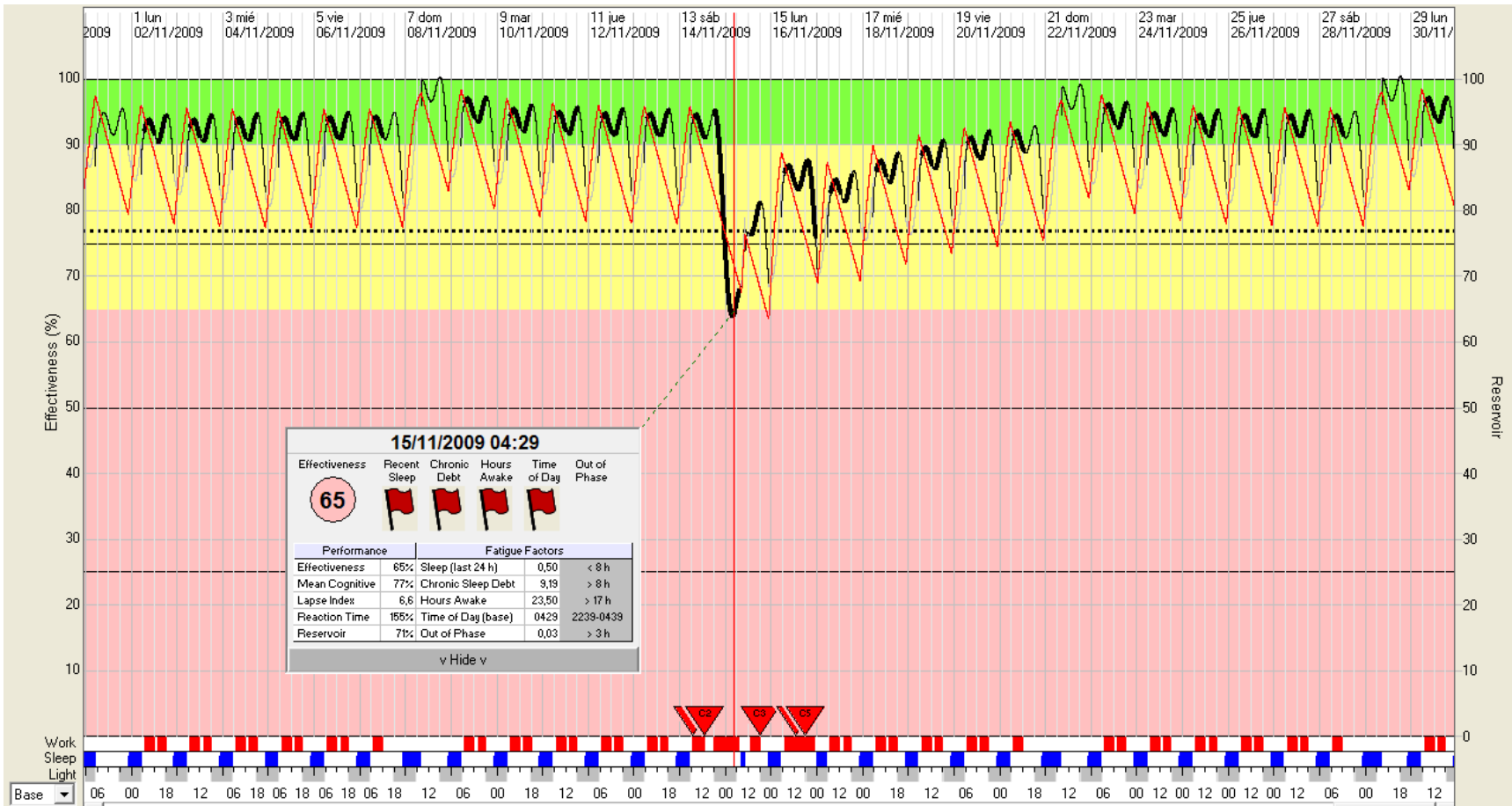


Figura 37 Reserva de sueño por el controlador de tránsito aéreo número 10

El controlador de tránsito aéreo número 11 tuvo un promedio sueño por día de 429 minutos, un promedio de trabajo por día de 448 minutos con una efectividad promedio el desempeño de 91%, la media de duración de trabajo en el mes es de 480 minutos con una desviación estándar de 195, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos con una efectividad promedio del desempeño en el trabajo de 94%, en el periodo de vigilia tiene una media duración de 978 minutos con una desviación estándar de 115, una mínima de 495 y una máxima de 1050 minutos de duración con una efectividad promedio del desempeño de 94%.

El sueño, de una media duración de 411 minutos con una desviación estándar de 70, un mínimo de 120 y un máximo de 465 minutos de duración con una efectividad promedio el desempeño calculado por el modelo de 86%. Este controlador de tránsito aéreo estuvo aproximadamente el 3% bajo la línea de criterio para el tiempo en el trabajo mensual, 1.5% del tiempo de vigilia lo tuvo bajo la línea de criterio y para el sueño estuvo un 0.4 por ciento bajo la línea de criterio.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	28	31	29
Last	30/11/2009	Mean	480,0	978,4	411,2
Average Sleep per Day	429	Median	660,0	1005,0	435,0
Average Work per Day	448	SD	195,3	114,8	70,0
Average Effectiveness	91,37	Shortest	240	495	120
Average Reservoir	2544,08	Longest	780	1050	465
		Avg. Eff.	94,01	93,72	85,85
		Avg. Res.	2583,77	2534,67	2567,22

Tabla 25 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 11

Como se puede observar en la Figura 38 el controlador hizo un turno nocturno y únicamente el 3% del tiempo de trabajo estuvo por debajo de la línea de criterio eso quiere decir que alrededor de las 4:30 de la mañana del día del turno se desempeñó con una efectividad promedio del 71%, con una media cognitiva del 82%, unos lapsos índice de 5, un tiempo de reacción de 141% con una reserva de sueño el 78%, 3 banderas rojas que constituyen el periodo de sueño en las últimas 24 horas alrededor de 3 horas y media, una deuda crónica de sueño de 7 horas la cual no constituye bandera roja del software, la hora del día siendo las 4:30 de la mañana se identifican como alerta por la propia entidad a cometer errores, y una desfase del ciclo circadiano mayor de 3 horas. Los lapsos índice de este controlador se encuentran alrededor de 5 para la misma hora analizada como se puede observar en la Figura 39.

Esta gráfica nos muestra que a pesar que el controlador tuvo fatiga operacional lo cual es difícil evitar en un turno nocturno dado que no es un horario fisiológico de trabajo, el software nos ayuda a identificar el horario donde el controlador de tránsito aéreo debe tener más cuidado con las operaciones debe diseñar la manera de descansar para poder re-sincronizar su ciclo circadiano.

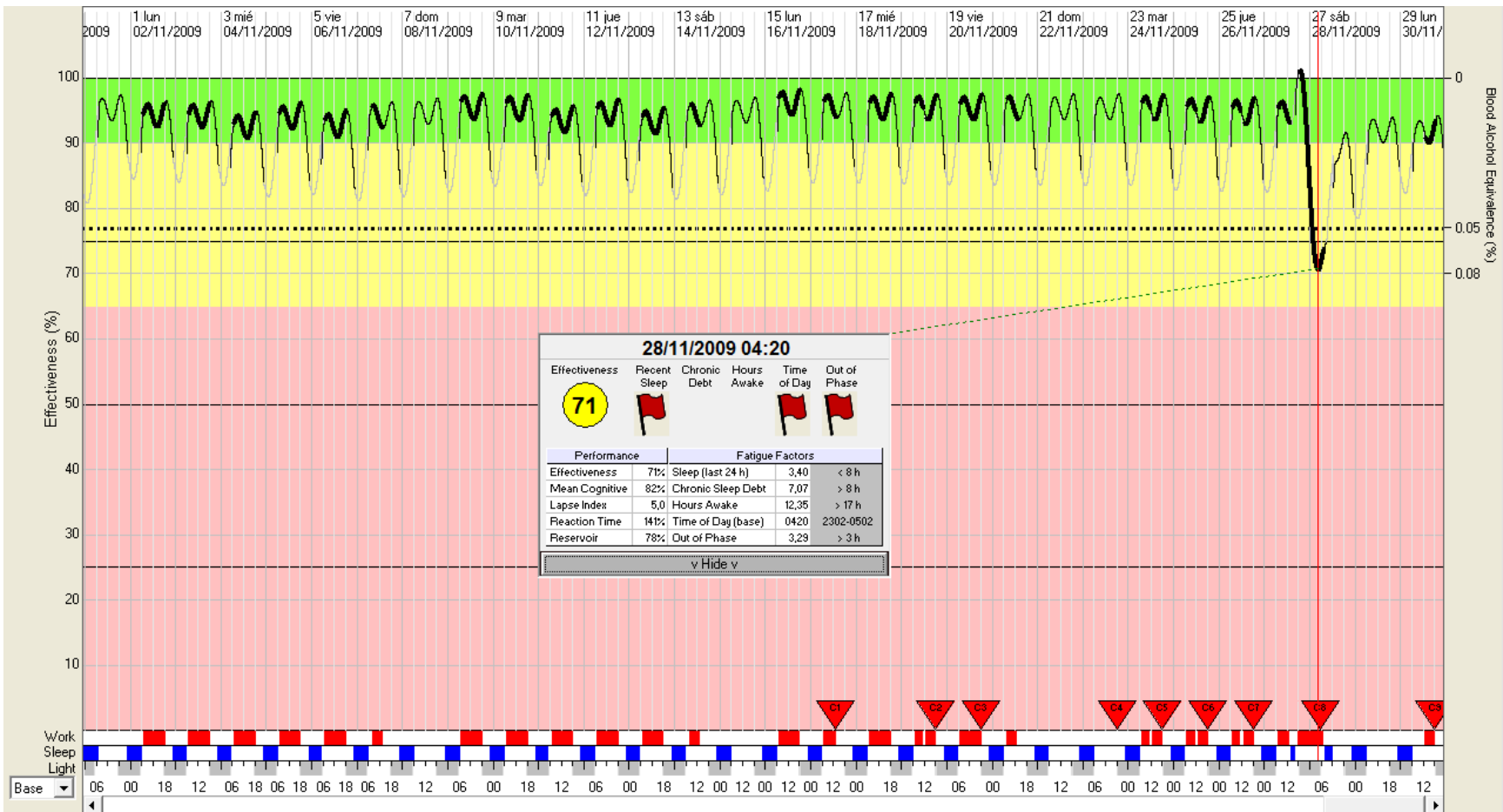


Figura 38 Resultado del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 11

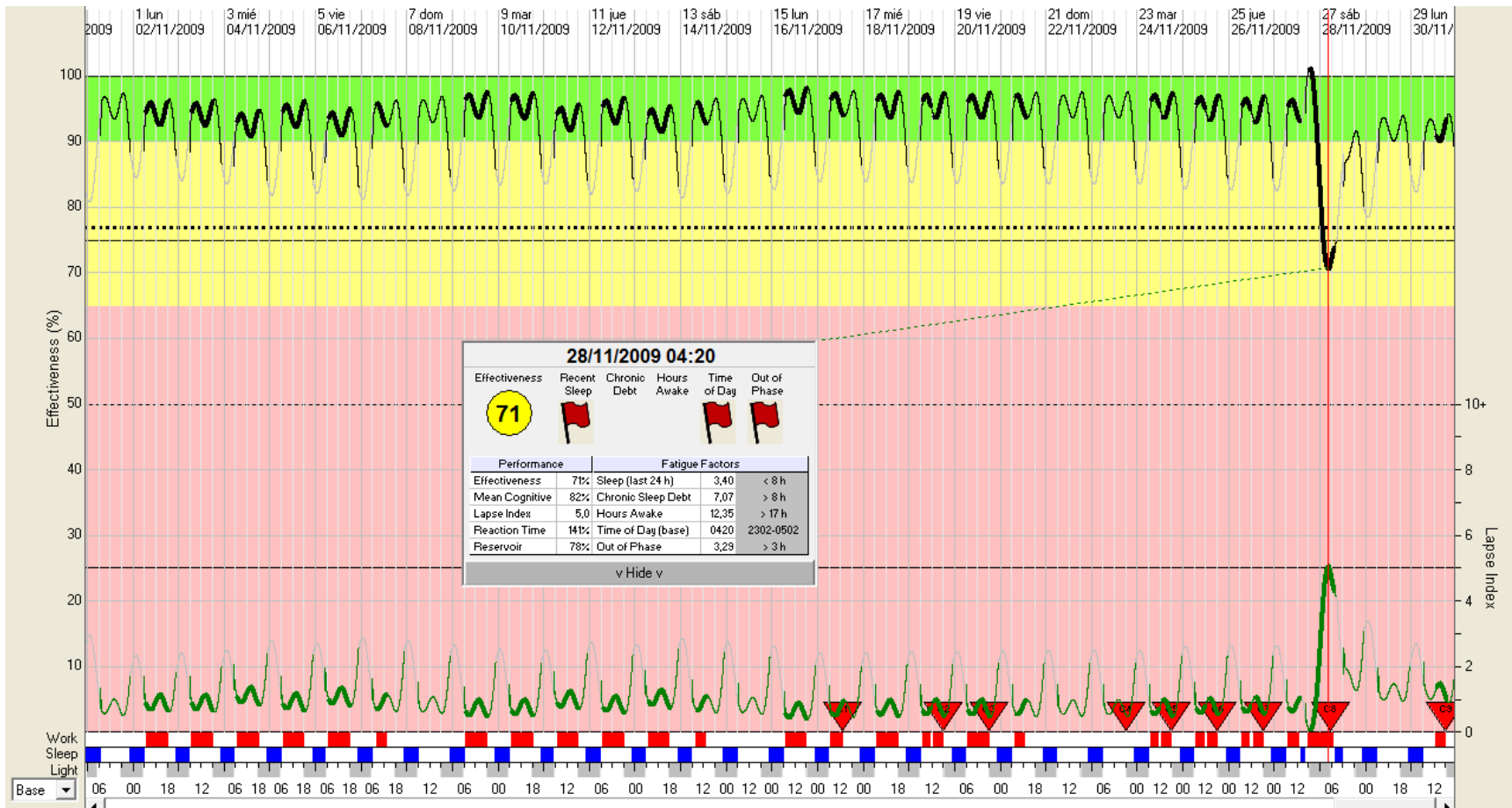


Figura 39 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 11

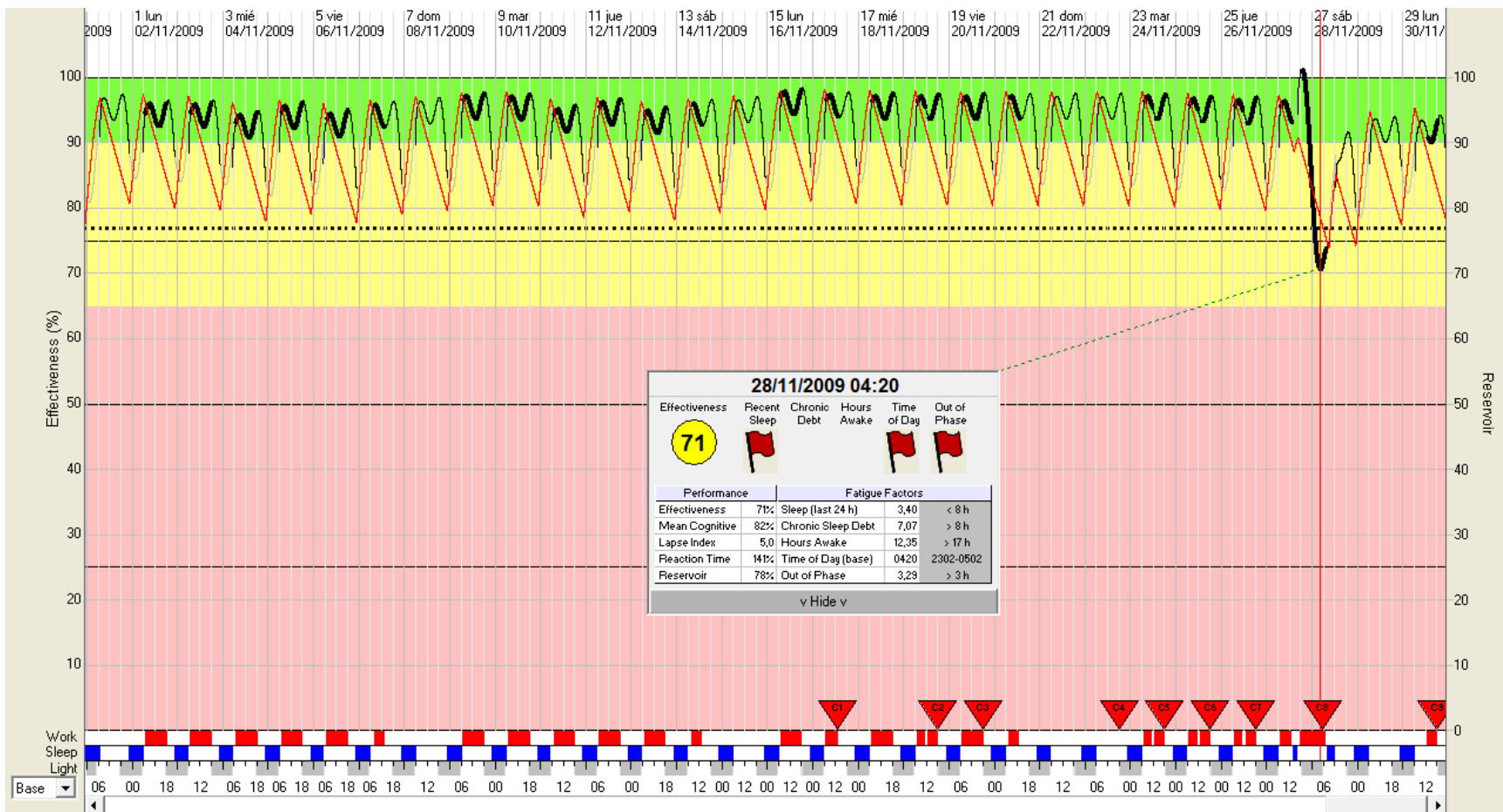


Figura 40 Reserva de sueño para controlador de tránsito aéreo en 11

Este controlador de tránsito aéreo tuvo una duración media de sueño por día de 393 minutos, una media de duración de trabajo por día de 493 minutos con una efectividad promedio del 88%. Para su horario de trabajo con una media de 321 minutos con una desviación estándar de 128, un mínimo de 240 y un máximo de 1080 minutos y una efectividad promedio del desempeño de 90%.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	46	30	28
Last	30/11/2009	Mean	321,2	1047,0	397,0
Average Sleep per Day	393	Median	300,0	1020,0	420,0
Average Work per Day	493	SD	128,4	48,3	43,1
Average Effectiveness	87,89	Shortest	240	1020	300
Average Reservoir	2447,19	Longest	1080	1155	420
		Avg. Eff.	90,13	90,12	81,77
		Avg. Res.	2455,19	2435,75	2474,23

Tabla 26 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 12

Para el tiempo de vigilia, este controlador tuvo una media de 1047 minutos con una desviación estándar de 48, una mínima de 1020 y un periodo máximo de vigilia de 1155 minutos con una efectividad promedio el desempeño del 90%, el tiempo de sueño se caracteriza por tener una media de 397 minutos con una desviación estándar de 43, un mínimo de 300 y un máximo de 420 minutos con una efectividad promedio del desempeño calculado por el modelo de 82%.

Este controlador estuvo un 3% por debajo de la línea de criterio en el tiempo de trabajo el mes, para vigilia estuvo un 2% bajo la línea de criterio y para el sueño estuvo alrededor del 20% bajo la línea de criterio. Se puede observar en la Figura 41 este controlador hizo 6 turnos nocturnos rápidamente rotatorios en los cuales se puede identificar en el último turno que hizo nocturno alrededor de las 23 horas y media la efectividad del desempeño aproximadamente un 70%, con una media cognitiva del 81%, un lapso índice de 5. Uno, un tiempo de reacción de 142%, y una reserva de sueño del 70%, adicionalmente un periodo de sueño en las últimas 24 horas menor a 6 horas, una deuda crónica de sueño de 9. 7 horas aproximadamente, un periodo de vigilia de 18 horas y media aproximadamente una desfase de del ciclo circadiano de 0.23 h. Es importante reconocer las nocturnos rápidamente rotatorios como se muestra en esta figura, fisiológicamente se construyó una deuda acumulativa de sueño que sobre pasa la línea de criterio dando la equivalencia en tiempos de reacción a 1 contenido de alcohol en la sangre mayor al 0.05% lo que supone un riesgo de las operaciones de aviación, sin embargo muchas veces esta situación no se puede evitar por la necesidad de las operaciones militares por lo que es importante conocer la situación actual y realizar estrategias para mitigar el riesgo latente. En la Figura 42 se puede observar el controlador de tránsito aéreo el momento de hacer turnos nocturnos rápidamente rotatorios sobrepasa el límite de lapsos índice de 5 en los últimos 4 turnos nocturnos llegando casi a un puntaje de 6 en los 2 últimos turnos nocturnos, en la Figura 43 se puede observar cómo la reserva de sueño va disminuyendo a medida que se va creando una deuda crónica de sueño y se representa por la línea roja.

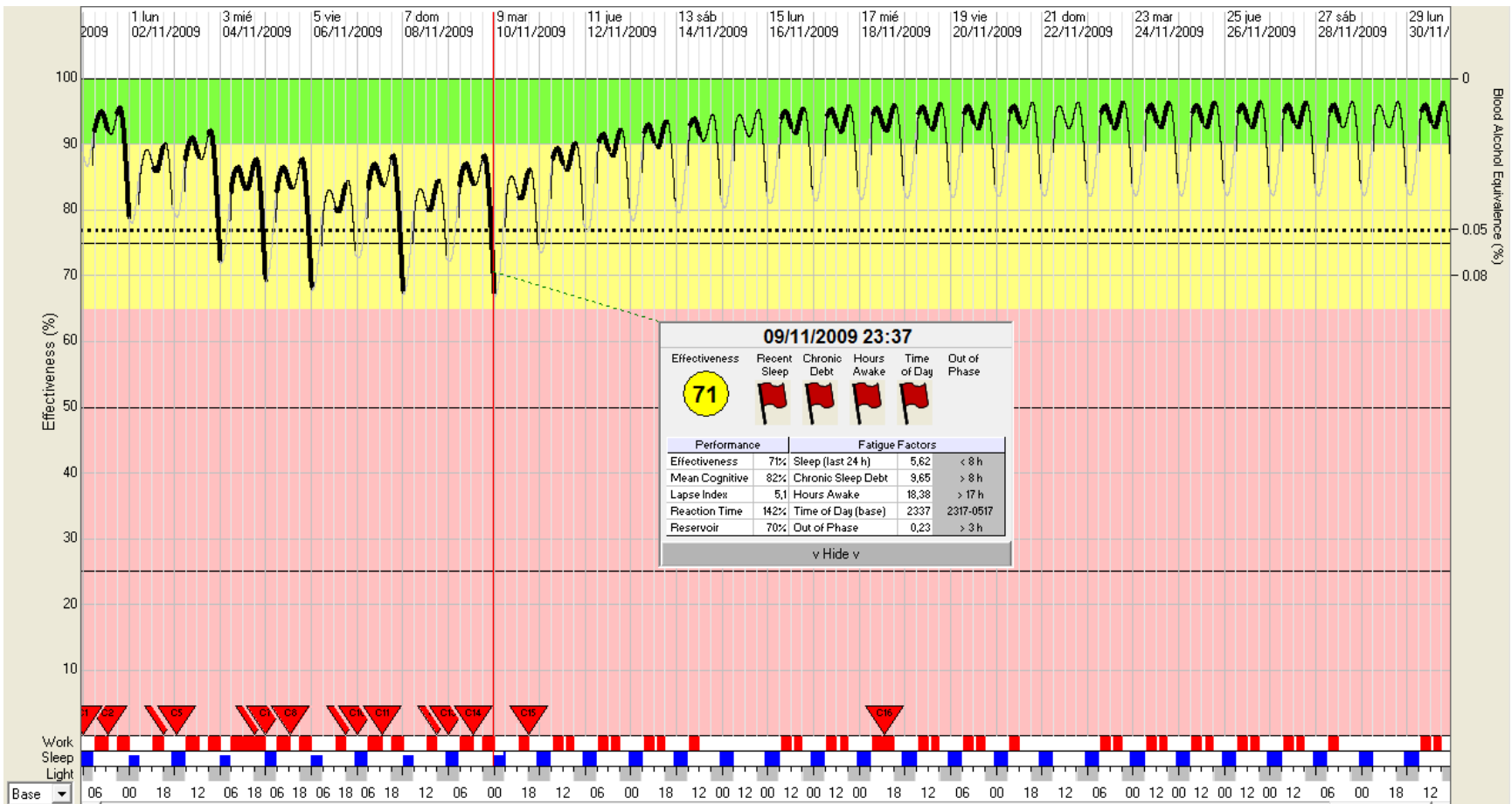


Figura 41 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 12

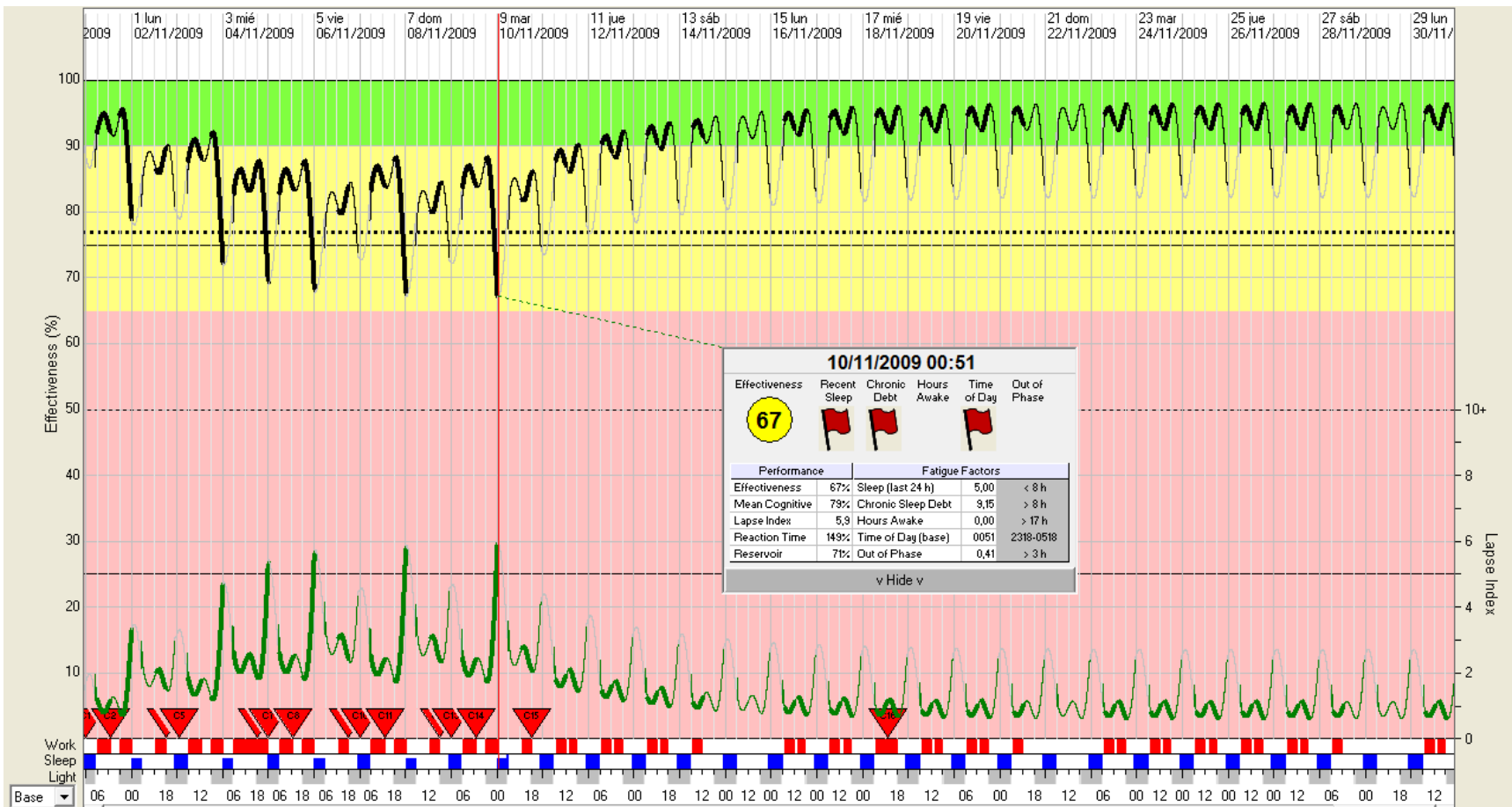


Figura 42 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 12

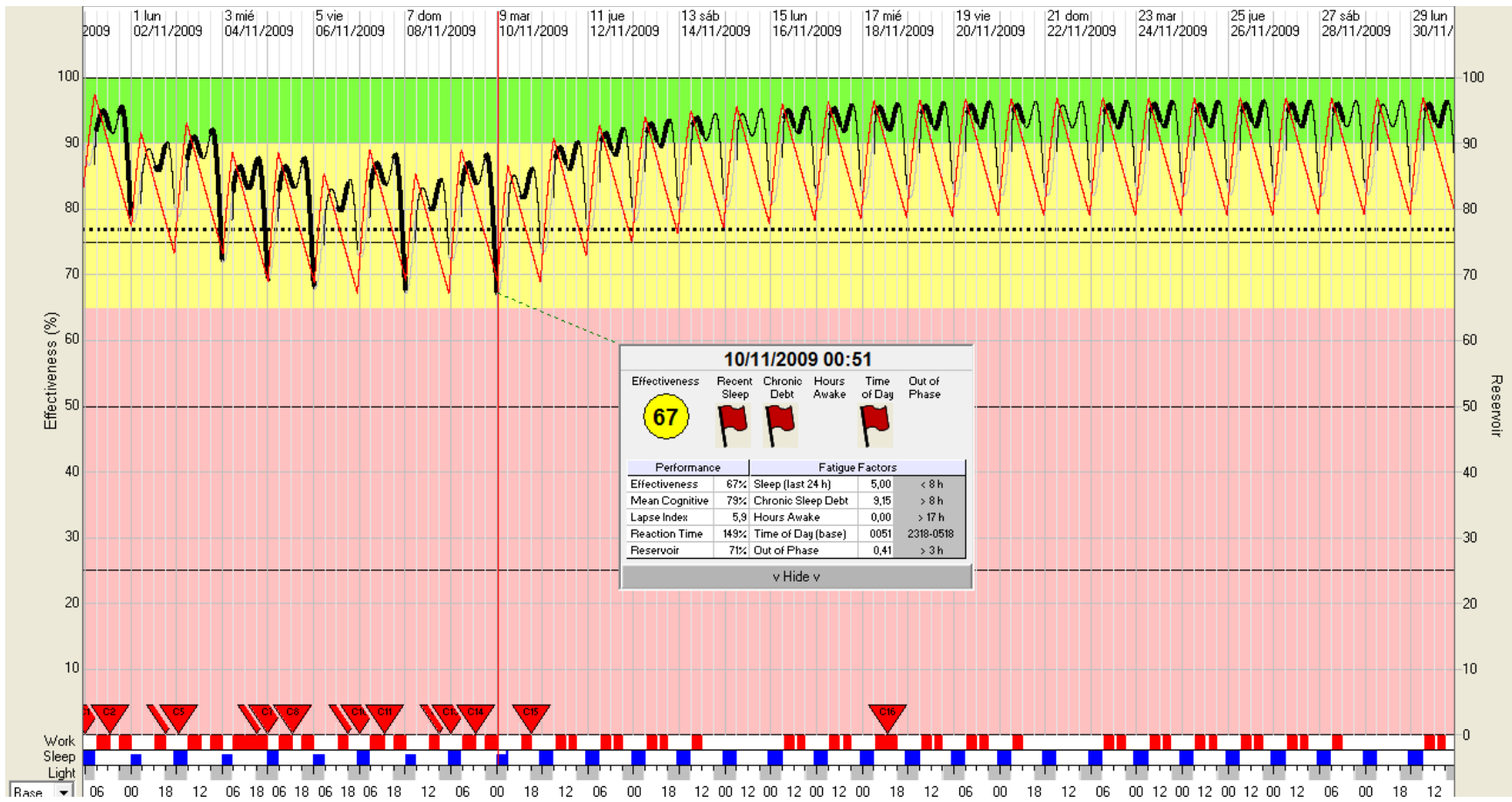


Figura 43 Reserva de sueño para controlador de tránsito aéreo número 12

El controlador de tránsito aéreo número 13 tuvo un promedio de sueño por día de 395 minutos, un promedio de trabajo por día al 477 minutos con una efectividad promedio del desempeño de 88%. Para el tiempo de trabajo tuvo una media de 318 minutos con una desviación estándar de 92, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos de duración con una efectividad promedio del desempeño para el trabajo de 90.9%, este controlador tuvo durante el mes una media de duración de vigilia de 1045 minutos con una desviación estándar de 120, un mínimo de 825 y un máximo de 1575 minutos con una efectividad promedio del desempeño de 90%, al sueño tuvo una media duración de 396 minutos con una desviación estándar de 76, un mínimo de 135 y un máximo de 450 minutos con una efectividad promedio del desempeño calculada por el modelo del 83%.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	45	30	28
Last	30/11/2009	Mean	317,7	1045,0	395,9
Average Sleep per Day	395	Median	300,0	1020,0	435,0
Average Work per Day	477	SD	91,8	120,0	75,9
Average Effectiveness	88,36	Shortest	240	825	135
Average Reservoir	2460,39	Longest	780	1575	450
		Avg. Eff.	90,90	90,37	82,86
		Avg. Res.	2480,64	2445,90	2493,50

Tabla 27 Resultados del modelo para controlador de tránsito aéreo número 13

En el tiempo de trabajo del mes, el controlador de tránsito aéreo estuvo aproximadamente 5.32 por ciento del tiempo bajo la línea de criterio, para el período vigilia estuvo un 3.2% bajo la línea de criterio y para el sueño se encontró estuvo aproximadamente en 18% bajo la línea de criterio.

Como se puede observar en la Figura 44 este controlador hizo 6 turnos nocturnos los cuales 5 fueron al comienzo del mes y el último al final de este, se observa cómo en la figura del controlador de tránsito aéreo va construyendo una deuda crónica de sueño y va disminuyendo el desempeño ubicándose en 4 turnos nocturnos de los 5 bajo la línea de criterio, en el último turno nocturno el controlador de tránsito aéreo muestran entablar una efectividad del 68%, con una media cognitiva próxima al 80%, unos lapsos índice de 5.8, un tiempo de reacción de 148% y una reserva de sueño del 74% para la hora indicada en la figura. Adicionalmente, se construye una deuda crónica de sueño de 8.4 horas, un periodo de sueño en las últimas 24 horas de 0.8 h aproximadamente, un tiempo de vigilia de 23 horas lo que constituye 4 banderas rojas de alerta por el riesgo operacional que significa encontrarse bajo la línea de criterio a esa hora de la madrugada.

Las figuras posteriores muestran que al inicio del los turnos nocturnos se va creando una deuda crónica de sueño con una disminución de la reserva de sueño que posteriormente recupera a lo largo del mes dado que sus períodos de descanso fueron adecuados y además notado en la figura de los lapsos índice se muestra como superan la barrera puntaje de 5 en los turnos número 3, 4 y 5 con un pico de lapsos índice de 5.6 en el 5º turno nocturno.

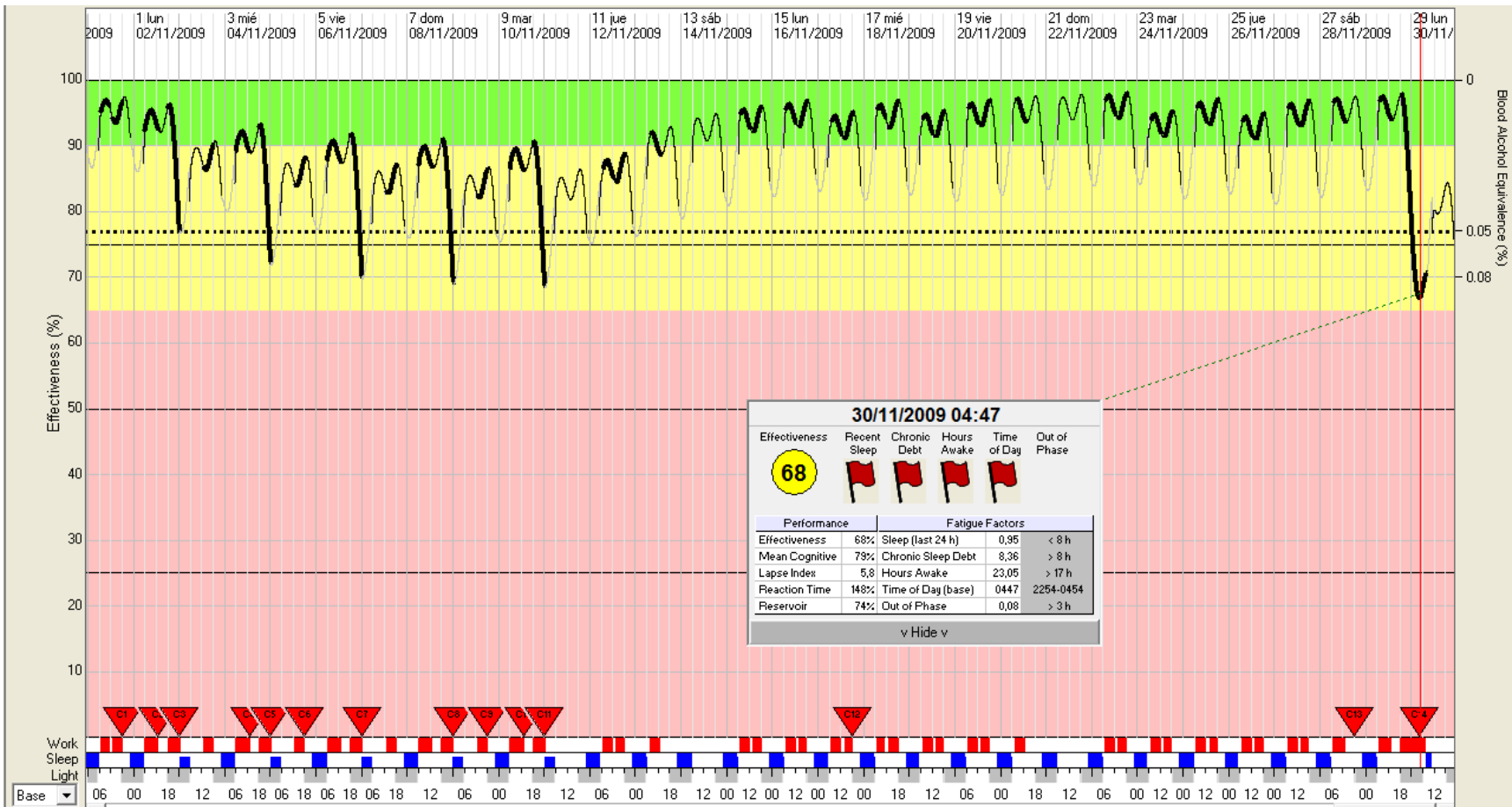


Figura 44 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 13

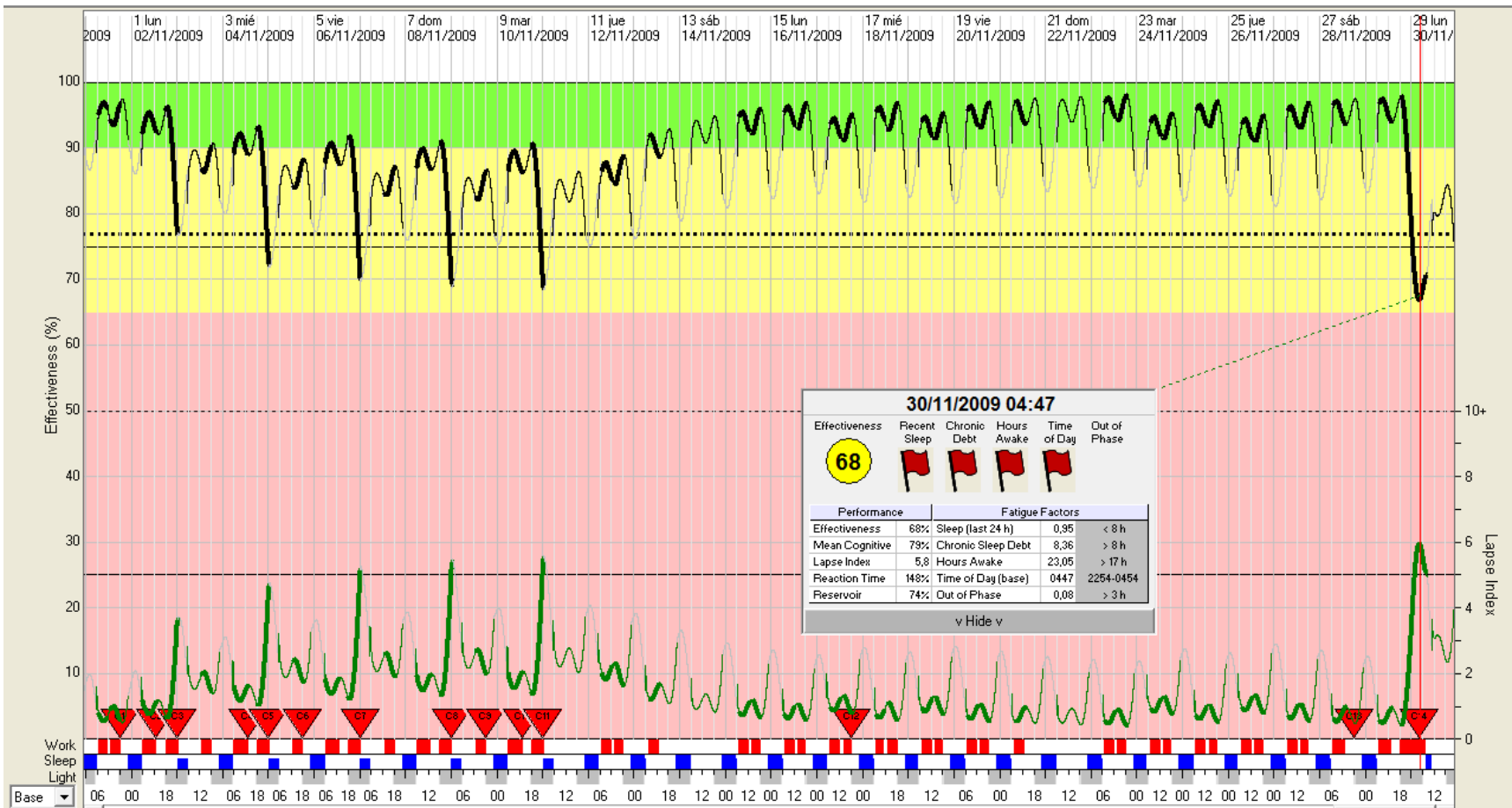


Figura 45 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 13

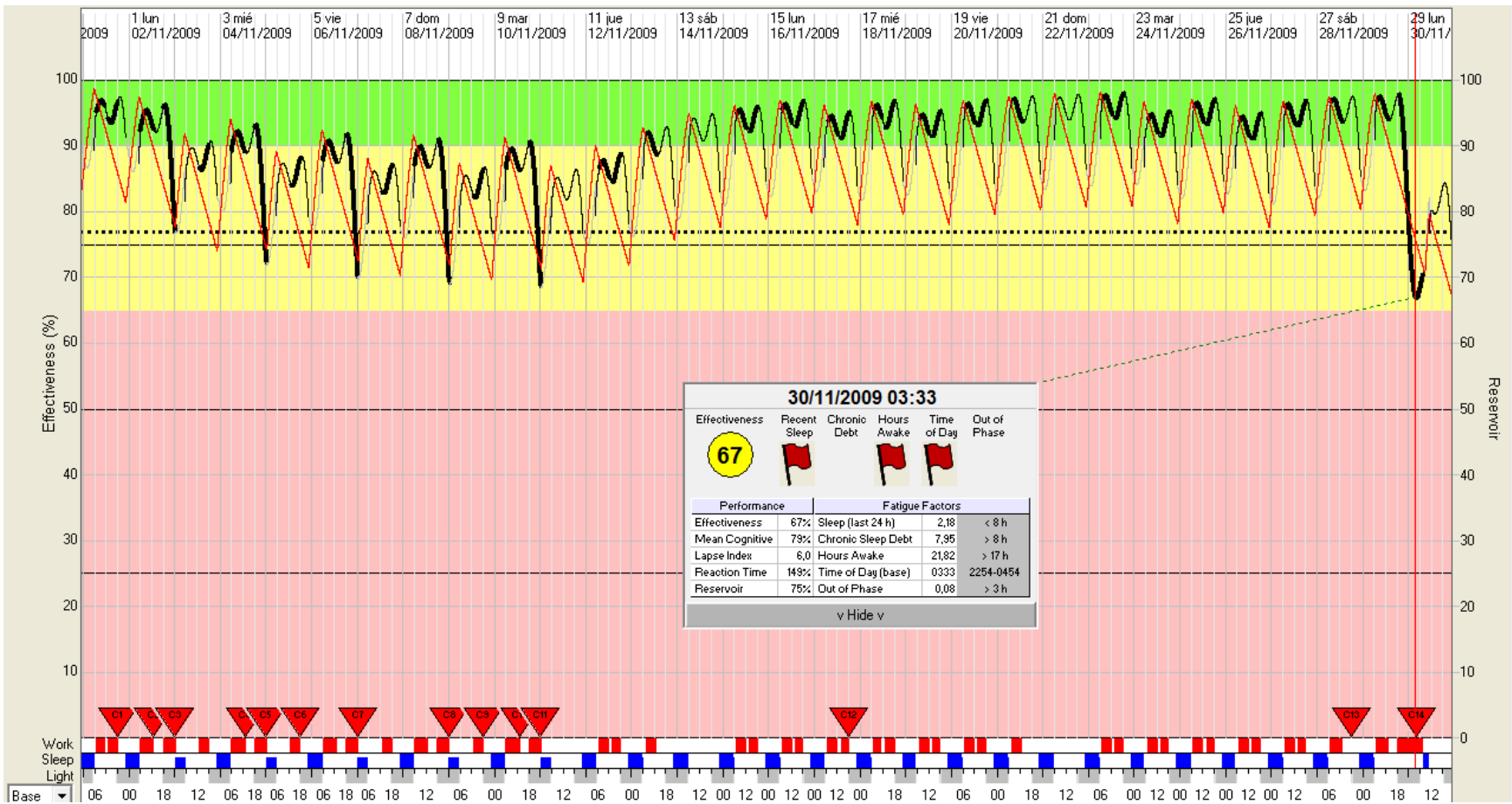


Figura 46 Reserva de sueño para el controlador de tránsito aereo número 13

El controlador de tránsito aéreo número 14 tuvo un promedio de sueño por día de 388 minutos, un promedio de trabajo por día de 372 minutos con una efectividad promedio del desempeño del 87 % aproximadamente. Para el tiempo de trabajo tuvo una media de 294 minutos con una desviación estándar de 91, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos con una efectividad promedio del desempeño de 89.7 por ciento.

Para el periodo de vigilia tuvo una media duración de 1088 minutos con una desviación estándar de 278, un mínimo de 945 y un máximo de 2505 minutos con una efectividad promedio de 89. 4%, el sueño se caracterizó por tener una media de duración de 398 minutos con una desviación estándar de 56, un mínimo de 345 y un máximo de 495 minutos con una efectividad promedio del desempeño calculada por el modelo en 82%.

El controlador de tránsito aéreo para el periodo de trabajo se encontró en 3. 8% bajo la línea de criterio, para el tiempo de vigilia mensual se encontró bajo la línea de criterio un 5. 1%, para el sueño encontró aproximadamente un 20. 5% de tiempo bajo la línea de criterio.

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	38	29	27
Last	30/11/2009	Mean	293,7	1088,8	398,3
Average Sleep per Day	388	Median	300,0	1065,0	375,0
Average Work per Day	372	SD	91,3	278,3	56,0
Average Effectiveness	87,42	Shortest	240	945	345
Average Reservoir	2433,99	Longest	780	2505	495
		Avg. Eff.	89,65	89,37	81,83
		Avg. Res.	2461,80	2418,71	2467,97

Tabla 28 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 14

Como se puede observar en la Figura 47 el controlador de tránsito aéreo realizó un turno nocturno únicamente el cual alrededor de las 4:30 de la mañana disminuye a 1 efectividad del desempeño del 64%, con una media cognitiva del 77%, un lapso índice de 6. 7, un tiempo de reacción de 156%, una reserva de sueño del 72%, con 4 banderas rojas de alerta por un periodo de sueño en las últimas 24 horas de 0.27 h, una deuda crónica de sueño de aproximadamente 9 horas, un tiempo de vigilia mayor a 23 horas, contribuyendo la disminución de la alerta por la hora no fisiológica de trabajo.

En la Figura 47 durante el turno nocturno que realice este controlador el lapso índice sobrepasa el límite de 5 exposición a en 6. 7 alrededor de las 4:30 de la mañana, bajando hasta la franja roja siendo un riesgo latente para las operaciones de aviación.

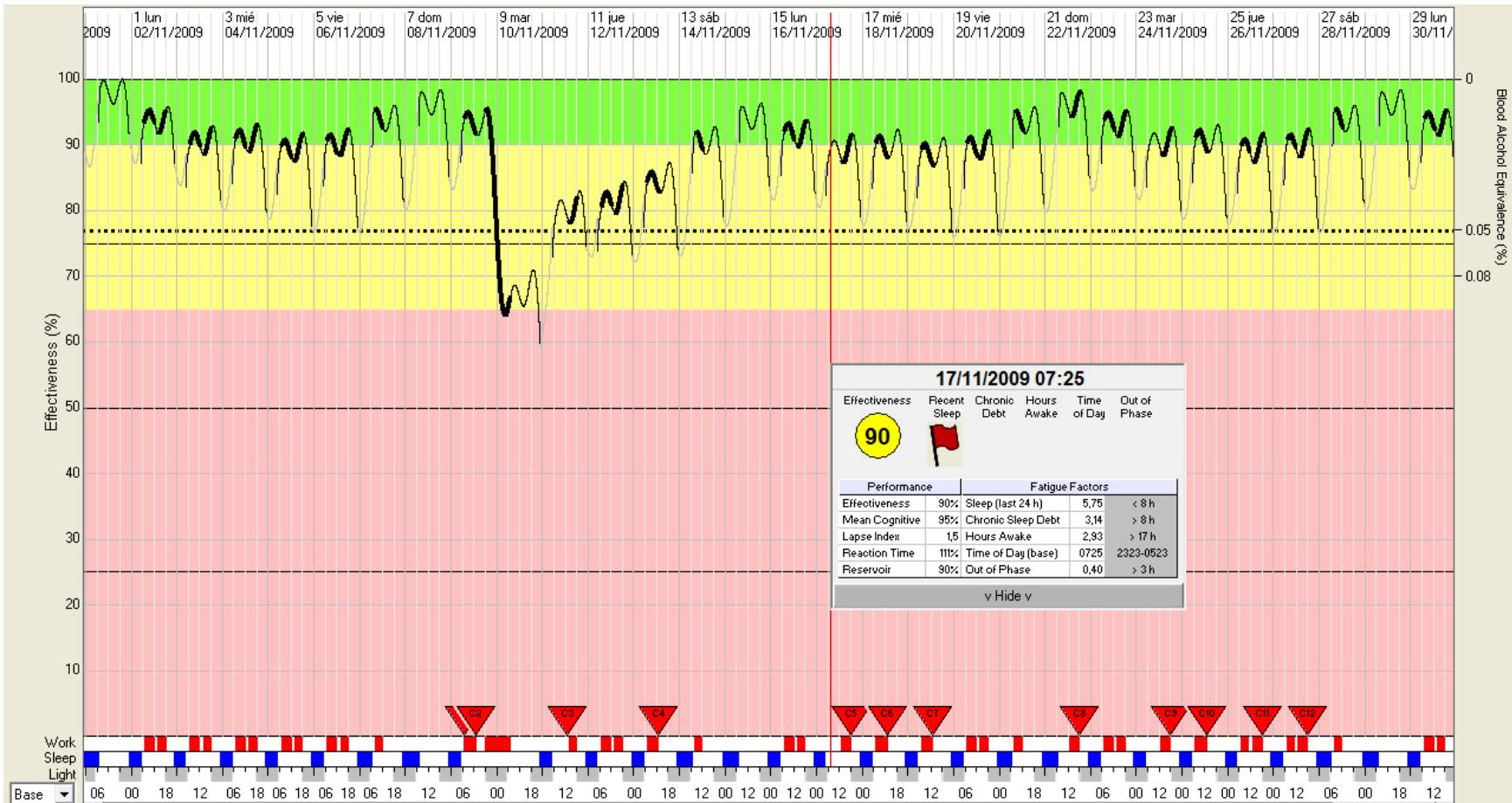


Figura 47 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 14

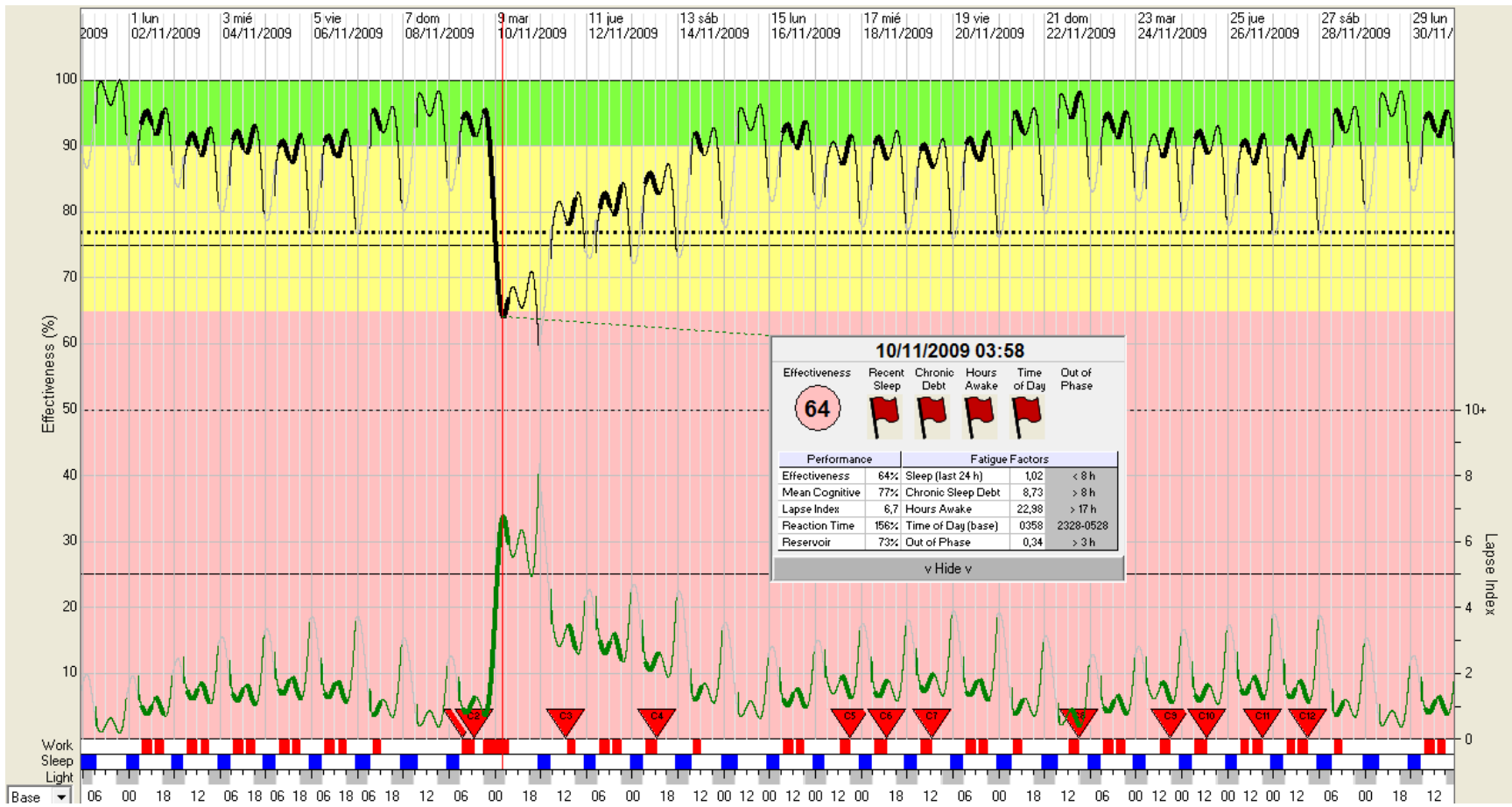


Figura 48 Lapsos índice para el controlador de tránsito aereo número 14

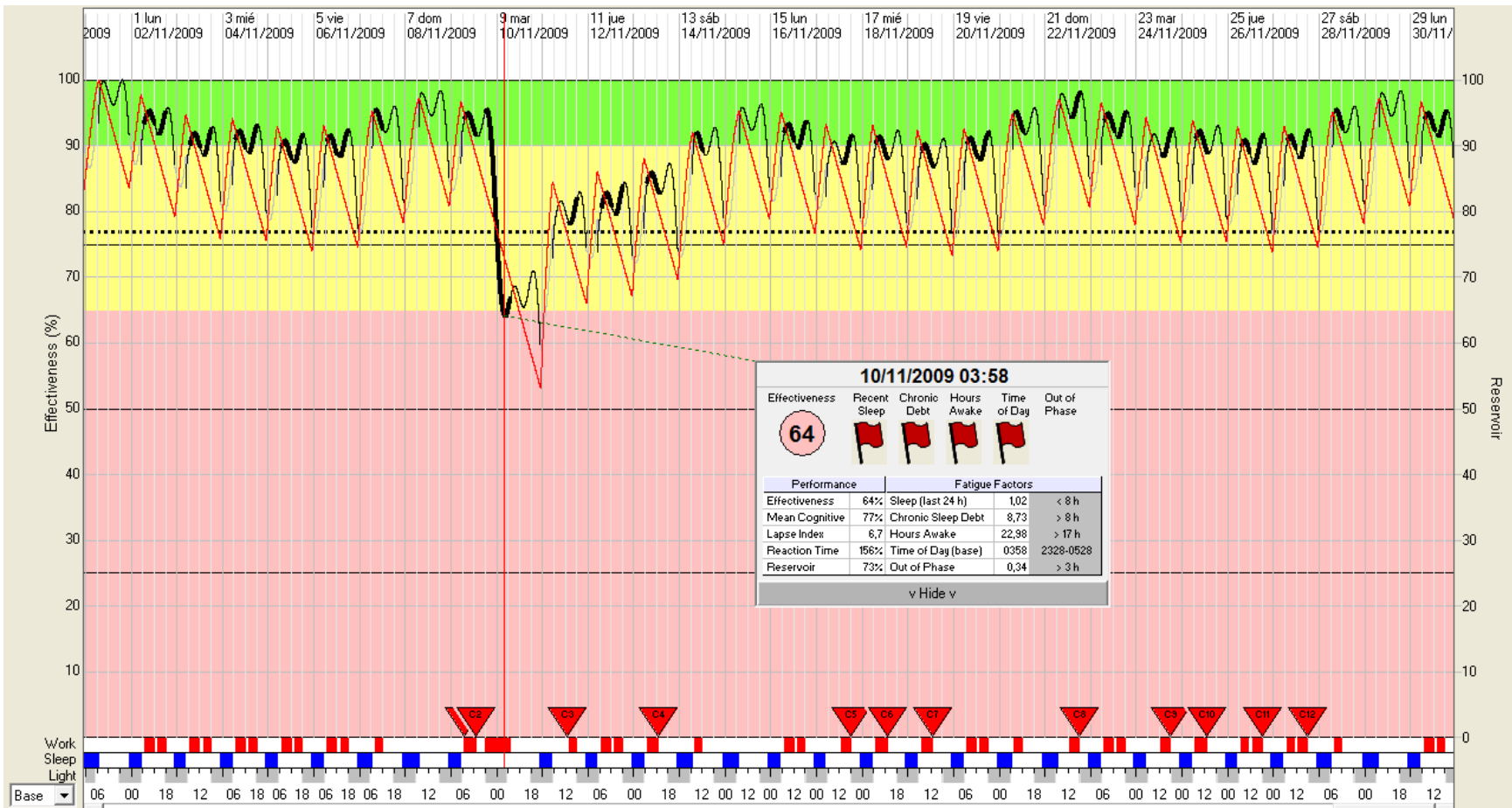


Figura 49 Reserva de sueño para el controlador de tránsito a número 14

Este controlador de tránsito aéreo tuvo una duración promedio de sueño por día de 440 minutos, un promedio de trabajo por día de 498 minutos con una efectividad promedio del desempeño del 89%. En el tiempo de trabajo tuvo una duración media de 498 minutos con una desviación estándar de 357 minutos, un mínimo de 240 y un máximo de 2100 minutos y una efectividad promedio en el intervalo de trabajo aproximadamente el 90%

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	30	30	28
Last	30/11/2009	Mean	498,0	1000,0	438,8
Average Sleep per Day	440	Median	360,0	945,0	495,0
Average Work per Day	498	SD	357,3	355,3	129,5
Average Effectiveness	88,75	Shortest	240	495	120
Average Reservoir	2471,30	Longest	2100	2385	570
		Avg. Eff.	89,93	90,47	85,14
		Avg. Res.	2487,13	2456,08	2510,86

Tabla 29 Estadística descriptiva para el controlador de tránsito aereo número 15

El tiempo de trabajo se caracterizó por tener un 15.6% por debajo de la línea de criterio, en vigilia esta cifra disminuyó a 11.0% bajo la línea de criterio y en sueño se ubicó en 9.6%. Como se puede observar en la Figura 50 el controlador de tránsito aéreo hizo 4 turnos nocturnos, llama la atención la continuidad de trabajo posterior al tercer turno del mes. Durante el último turno del mes alrededor de las 3:30 de la mañana el controlador presentó una efectividad del desempeño del 66%, con una media cognitiva del 78%, un lapso índice de 6.2, un tiempo de reacción de 152%, y una reserva de sueño al 74%. Se presenta con factores de fatiga caracterizados por un periodo de sueño en las últimas 24 horas de 2 horas aproximadamente, una deuda crónica de sueño de 8.2 horas, un periodo de vigilia extendido mayor a 21 horas y la hora del día contribuyente para el riesgo latente operacional.

En los 4 turnos nocturnos que realizó junto con un turno diurno, trabajo aproximadamente el 15.6% del tiempo bajo la línea de criterio pero sin embargo ninguno de los turnos sobrepasó la franja amarilla. Los lapsos índice superaron la barrera marcaban el software de 5 con un pico en el horario de trabajo de 6.1 en el último turno del mes. Se denota en la gráfica de la reserva de sueño que en el tercer turno nocturno ésta cae por debajo del 60%.

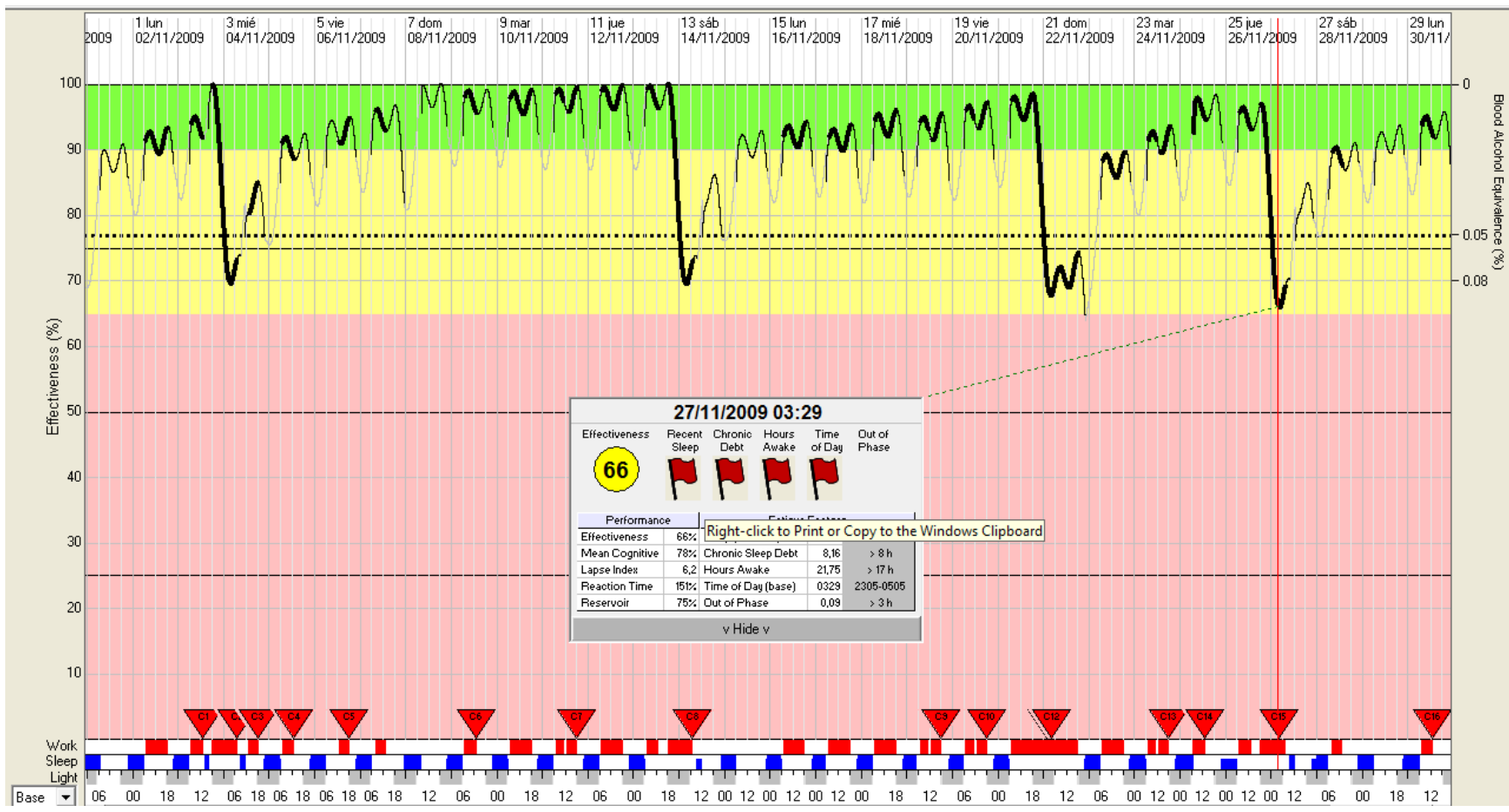


Figura 50 Resultados para el controlador de tránsito aereo número 15

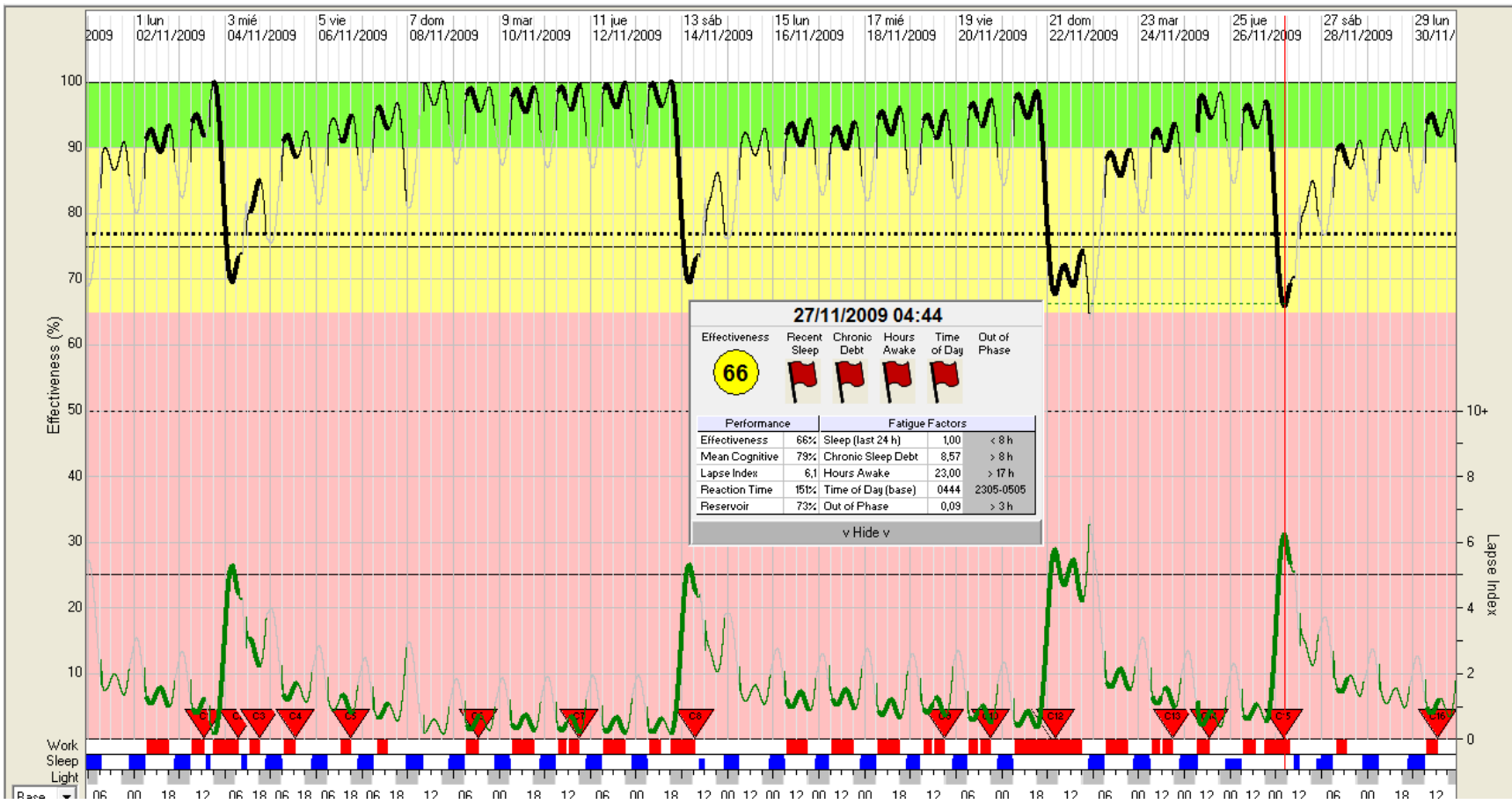


Figura 51 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 15

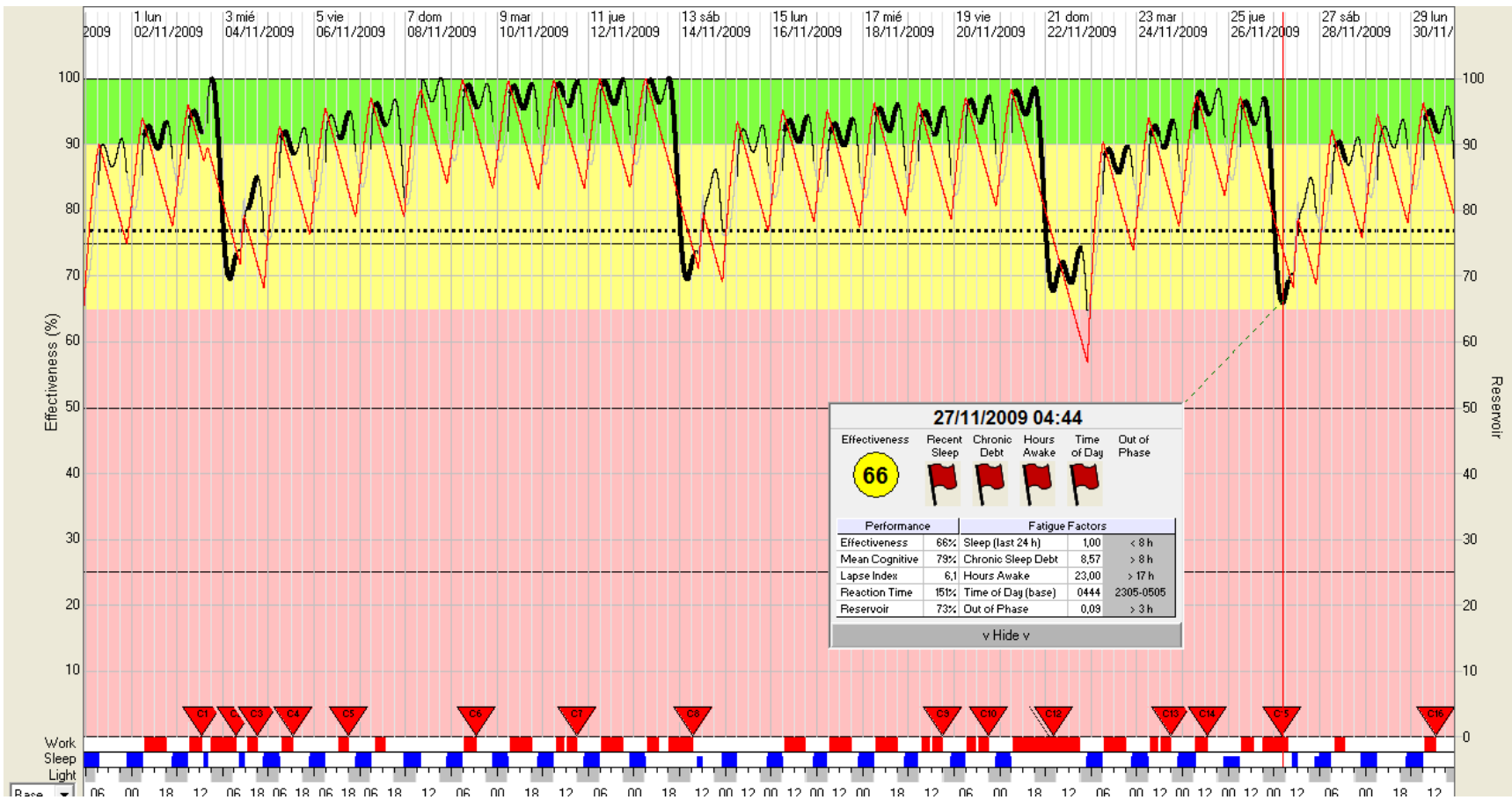


Figura 52 Reserva de sueño para el controlador de tránsito aereo número 15

El controlador de tránsito ario número 16 tuvo una duración promedio del sueño por día de 300 91 minutos, un promedio de trabajo por día de 420 minutos con una efectividad promedio del 87% aproximadamente

Entire schedule			Intervals		
Total Days			Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	45	30	28
Last	30/11/2009	Mean	280,0	1049,5	391,1
Average	391	Median	300,0	1050,0	390,0
Average Work per Day	420	SD	67,7	16,5	30,8
Average Effectiveness	87,30	Shortest	240	975	270
Average Reservoir	2431,10	Longest	660	1095	465
		Avg. Eff.	90,39	89,61	80,97
		Avg. Res.	2452,48	2423,29	2449,84

Tabla 30 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 16

En el horario de trabajo tuvo una duración media de 280 minutos con una desviación estándar de 68, un mínimo de 240 y un máximo de 660 minutos con una efectividad promedio calculada de 90.4%, en el tiempo de vigilia tuvo una media duración de 1049 minutos con una desviación estándar de 16.5, un mínimo de 975 y un máximo de 1095 minutos con una efectividad promedio del desempeño calculada de 89.6% y para el periodo de sueño este se caracterizó por tener una media de duración de 300 91 minutos con una desviación estándar de aproximadamente 31, un mínimo de 270 y un máximo de 465 minutos con una efectividad promedio del desempeño calculada en 81%.

Este controlador de tránsito aéreo no presentó ningún porcentaje de tiempo bajo la línea de criterio, sin embargo en tiempo de vigilia tuvo un 0.29% por debajo de la línea de criterio. Como se observa en la Figura 53 no presentó caídas importantes del desempeño dado que su jornada de trabajo no fue en la noche ni en la madrugada por lo que no representa un riesgo latente para las operaciones de control de tránsito aéreo. En la Figura 54 se puede ver claramente que no sobrepasa el límite de lapsos índice y se mueve entre cero y 3 la mayor parte del mes.

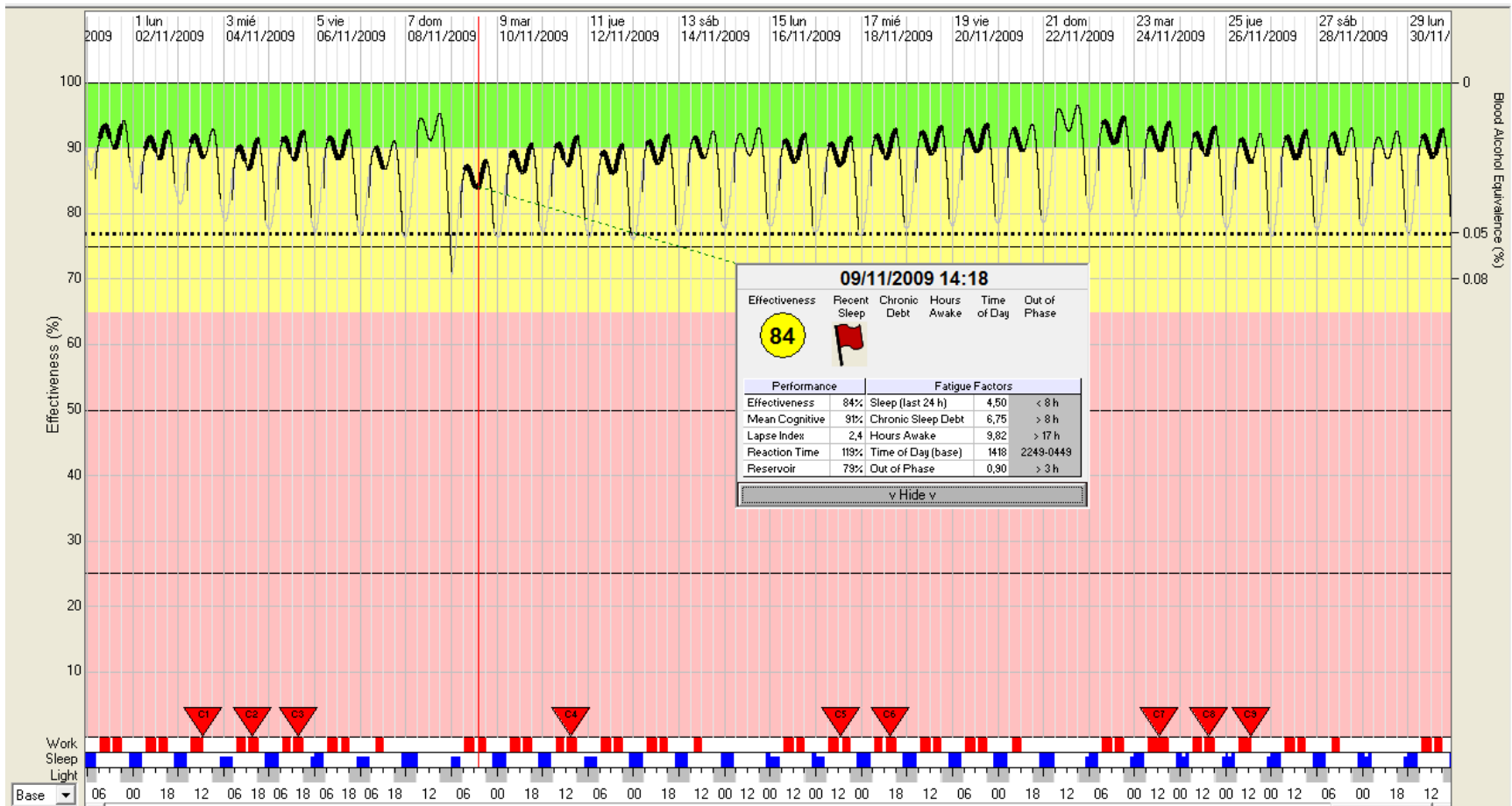


Figura 53 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 16

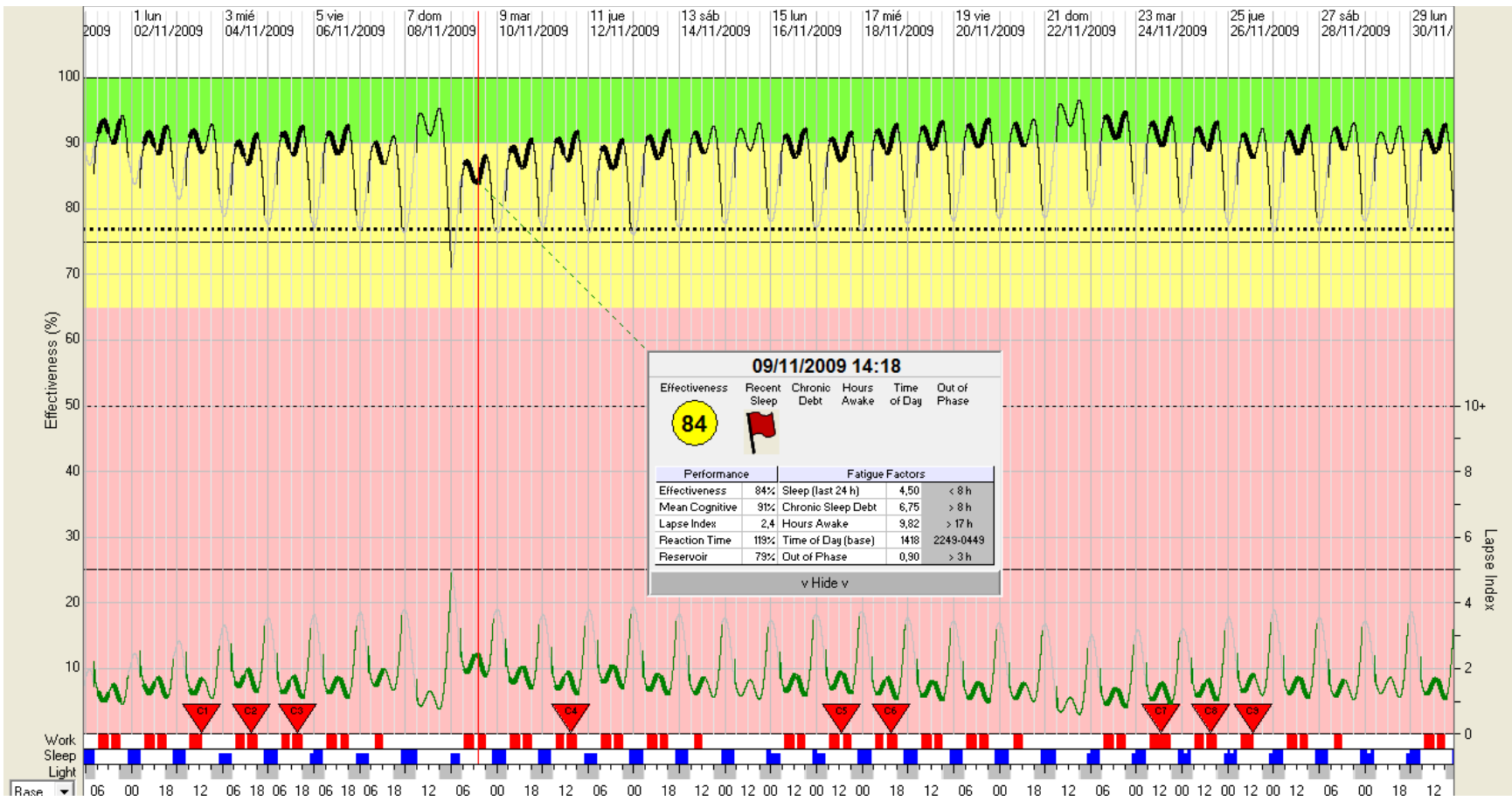


Figura 54 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 16

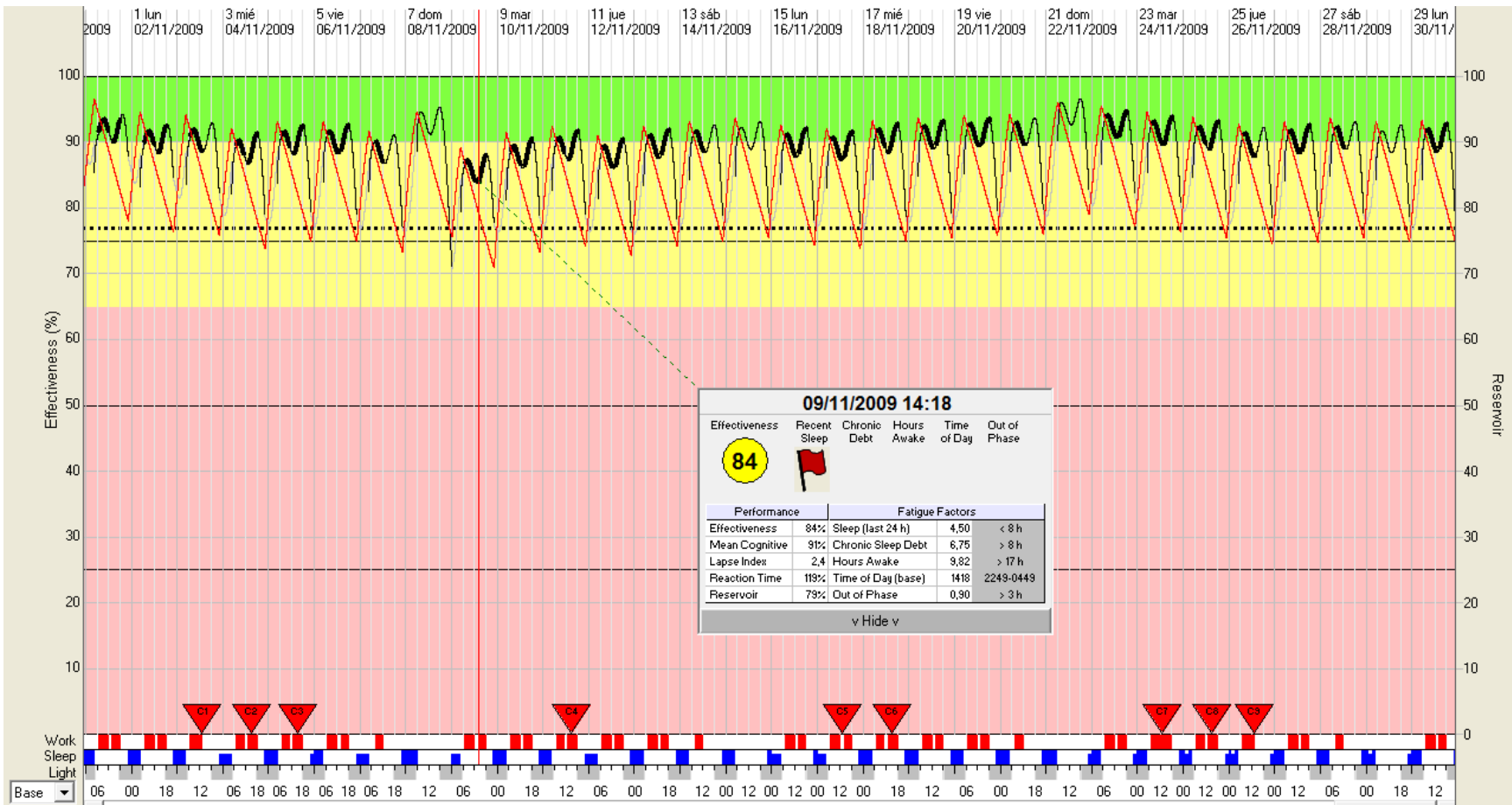


Figura 55 Reserva de sueño para controlar tránsito aéreo número 16

El controlador de tránsito aéreo número 17 tuvo una duración media de sueño por día de 359 minutos, una duración media de jornada de trabajo por día de 455 minutos con una efectividad promedio de 85.3%. En el sitio de trabajo tuvo una duración media de 303 minutos con una desviación estándar de 111, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos y una efectividad promedio del desempeño calculada en 87% aproximadamente.

Entire schedule			Intervals		
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	45	28	26
Last	30/11/2009	Mean	303,0	1158,2	381,9
Average Sleep per Day	359	Median	315,0	1050,0	390,0
Average Work per Day	455	SD	111,0	376,6	13,6
Average Effectiveness	85,31	Shortest	240	990	360
Average Reservoir	2375,26	Longest	780	2490	390
		Avg. Eff.	87,48	87,12	79,63
		Avg. Res.	2390,30	2360,34	2415,13

Tabla 31 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 17

Para el tiempo de vigilia tuvo una media de 1158 minutos con una desviación estándar de 376, un mínimo de 990 y un máximo de 2490 minutos y una efectividad promedio del desempeño en vigilia del 87%. Para el intervalo de sueño tuvo una media de 380 y 2 minutos con una desviación estándar de 14 aproximadamente, un mínimo de 360 y un máximo de 390 minutos con una efectividad promedio calculada del desempeño de 80%.

Este controlador de tránsito aéreo estuvo el 11% del tiempo en el trabajo por debajo de la línea de criterio, en vigilia lo estuvo en un 9% y durante el sueño estuvo en un 26%. En la Figura 56 se puede ver el cambio en el desempeño en el turno nocturno a comienzo del mes y al final del mes. La caída del desempeño según el modelo es mayor en el último turno del mes como se puede ver en el tablero donde demuestra una efectividad de 62% alrededor de las 3:20 de la mañana, una media cognitiva 76%, un lapso índice de 7.3, un tiempo de reacción de 161% y una reserva de sueño del 71%. Como factores de fatiga se enuncian 4 banderas rojas en las cuales la primera corresponde al periodo de sueño en las últimas 24 horas de aproximadamente 1.4 horas, la segunda corresponde a una deuda crónica de sueño de 9.4 horas, la tercera a un periodo de vigilia mayor de 22 horas y la hora de trabajo como cuarta.

En la Figura 57 se puede observar cómo en el primer turno y en el último turno sobrepasan el límite de lapsos índice por defecto ubicándose en el primer turno con un pico de 6.6 y en el último turno nocturno del mes en 7.3. La reserva de sueño cae significativamente después del turno nocturno hasta aproximadamente 54% y en el último turno nocturno del mes cae hasta aproximadamente 52%.

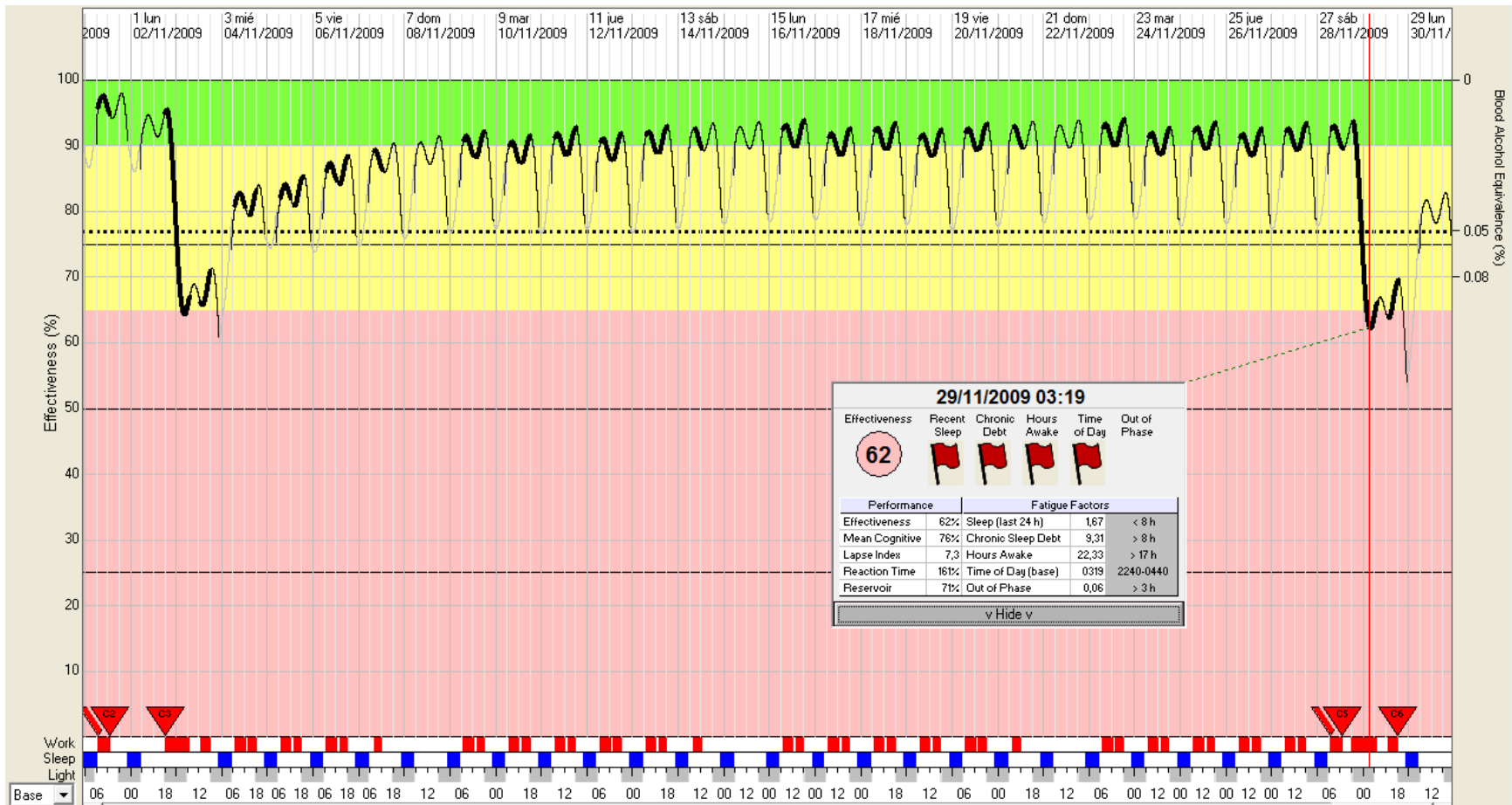


Figura 56 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 17

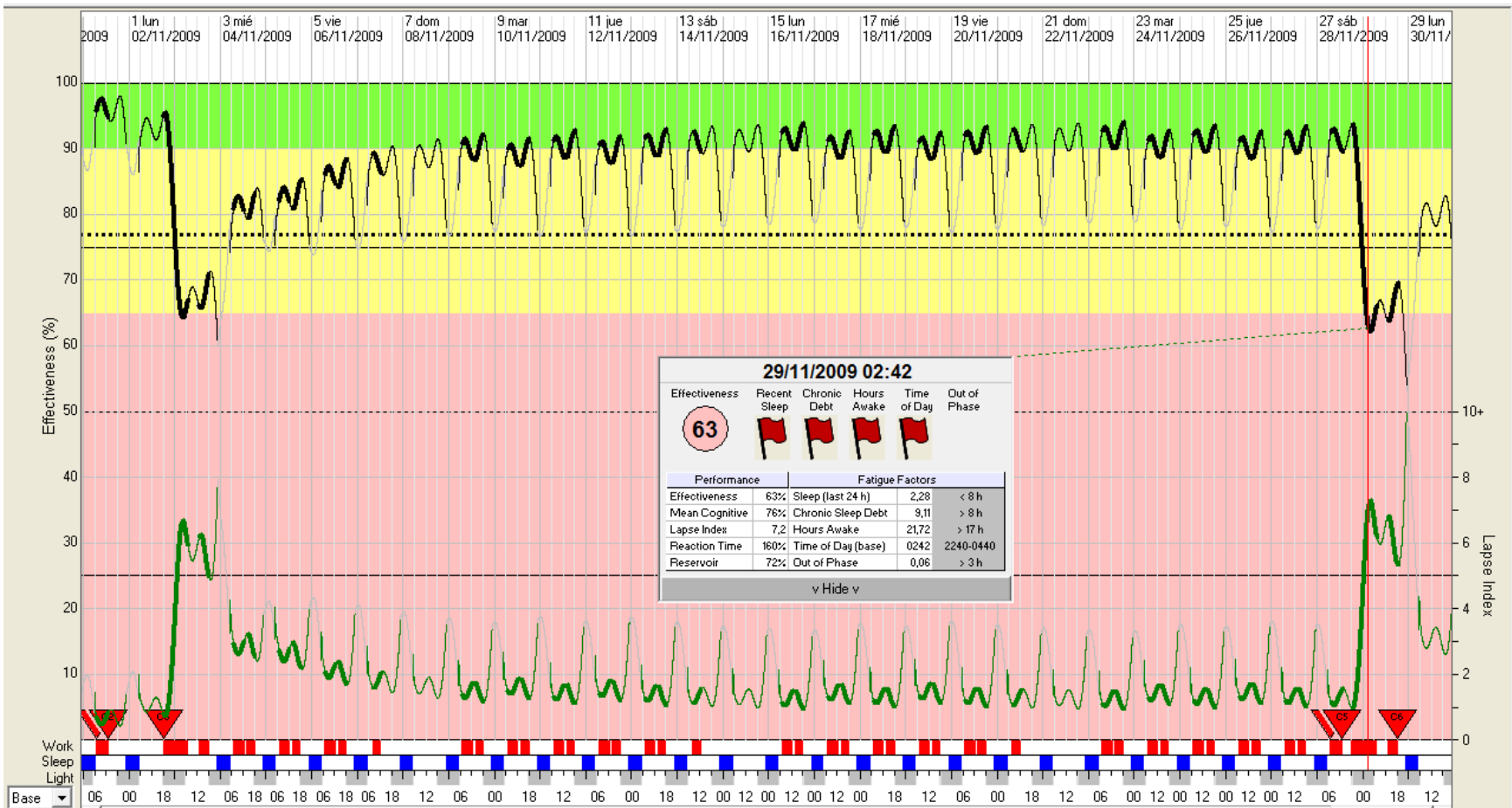


Figura 57 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 17

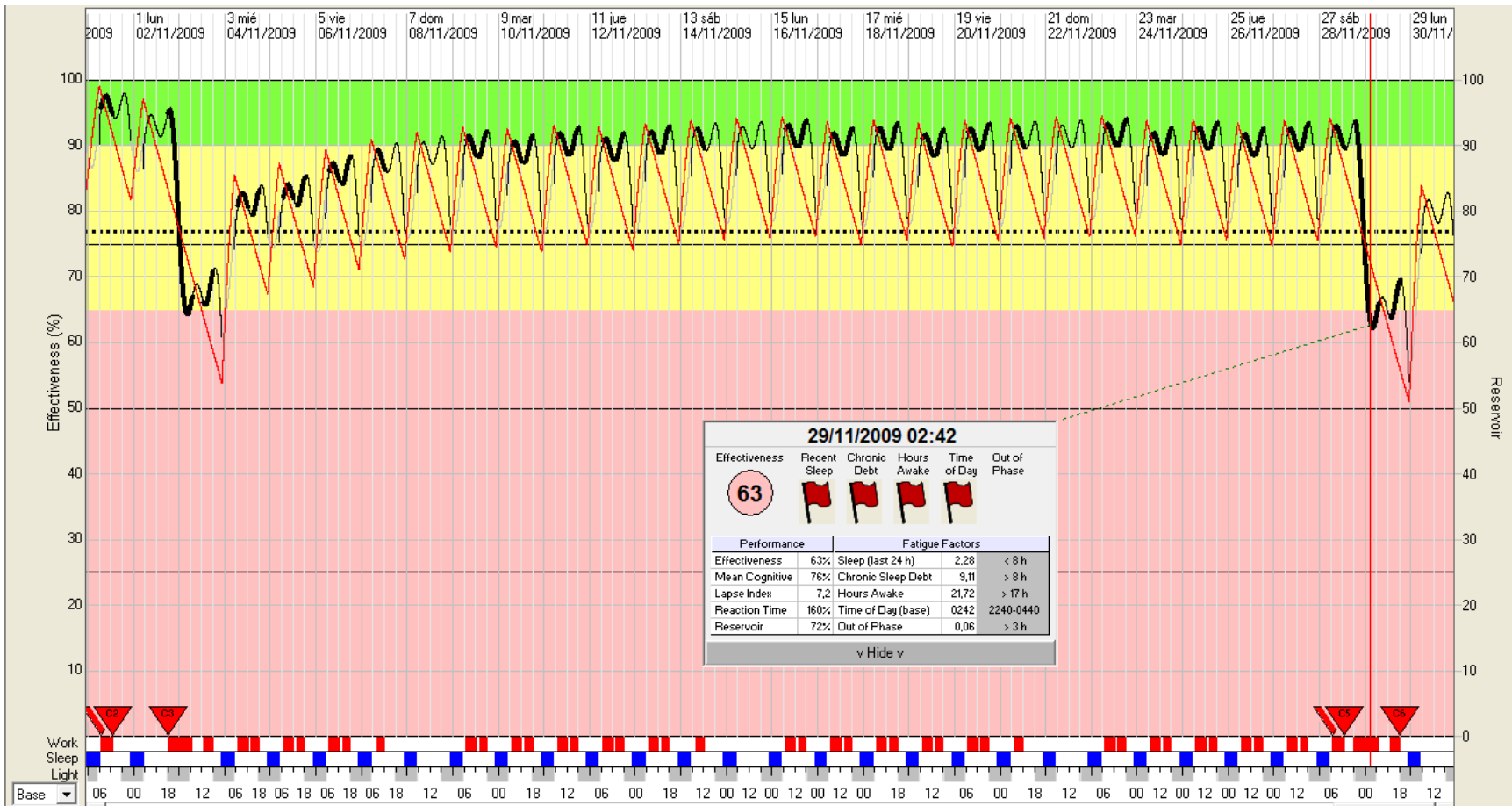


Figura 58 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 17

El controlador de tránsito aéreo número 18 tuvo un tiempo de sueño promedio por día de 377 minutos, un tiempo promedio de trabajo por día de 498 minutos con una efectividad promedio del 82%. En el horario de trabajo tuvo una duración media de 339 minutos con una desviación estándar de 135, un mínimo de 240 y un máximo de 780 con una efectividad promedio de 85%.

Entire schedule		Intervals			
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	44	30	28
Last	30/11/2009	Mean	339,2	1063,0	375,5
Average Sleep per Day	377	Median	360,0	1050,0	390,0
Average Work per Day	498	SD	134,6	216,2	79,2
Average Effectiveness	82,11	Shortest	240	630	120
Average Reservoir	2286,87	Longest	780	1755	450
		Avg. Eff.	84,77	84,09	76,21
		Avg. Res.	2334,41	2275,01	2311,88

Tabla 32 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 18

Para el intervalo de vigilia tuvo una duración media de 1063 minutos con una desviación estándar de 216 un mínimo de 330, y un máximo de 1755 minutos con una efectividad promedio calculada del desempeño 84%, para el intervalo de sueño tuvo una duración media 365 minutos con una desviación estándar de 79, un mínimo de 120 y un máximo de 450 minutos con una efectividad promedio calculada de 76%. Este controlador de tránsito aéreo estuvo aproximadamente 10% del tiempo del mes en el horario de trabajo por debajo de la línea de criterio, en vigilia transcurrió el tiempo bajo la línea de criterio en un 13. 8% y para sueño lo estuvo alrededor de 61%

en la Figura 59 se puede observar que tuvo 2 jornadas de trabajo nocturnas en las cuales su desempeño se vio comprometido dado que a las 4 de la mañana del segundo turno nocturno tuvo una efectividad del 53%, una media cognitiva del 70% aproximadamente, un lapso índice de 10 el cual como lo muestra la Figura 60 es el máximo valor por lo que el error humano se incrementa en probabilidad, el tiempo de reacción en 189% y la reserva de sueño en 62% verificable además en la Figura 61 por la línea roja. El desempeño de este controlador a esta hora se encuentra amenazado por el cansancio del turno nocturno dado que las últimas 24 horas ha tenido apenas 0.30 horas de sueño, tiene una deuda crónica de sueño de aproximadamente 12 horas y ha estado en vigilia durante las últimas 23 horas y media.

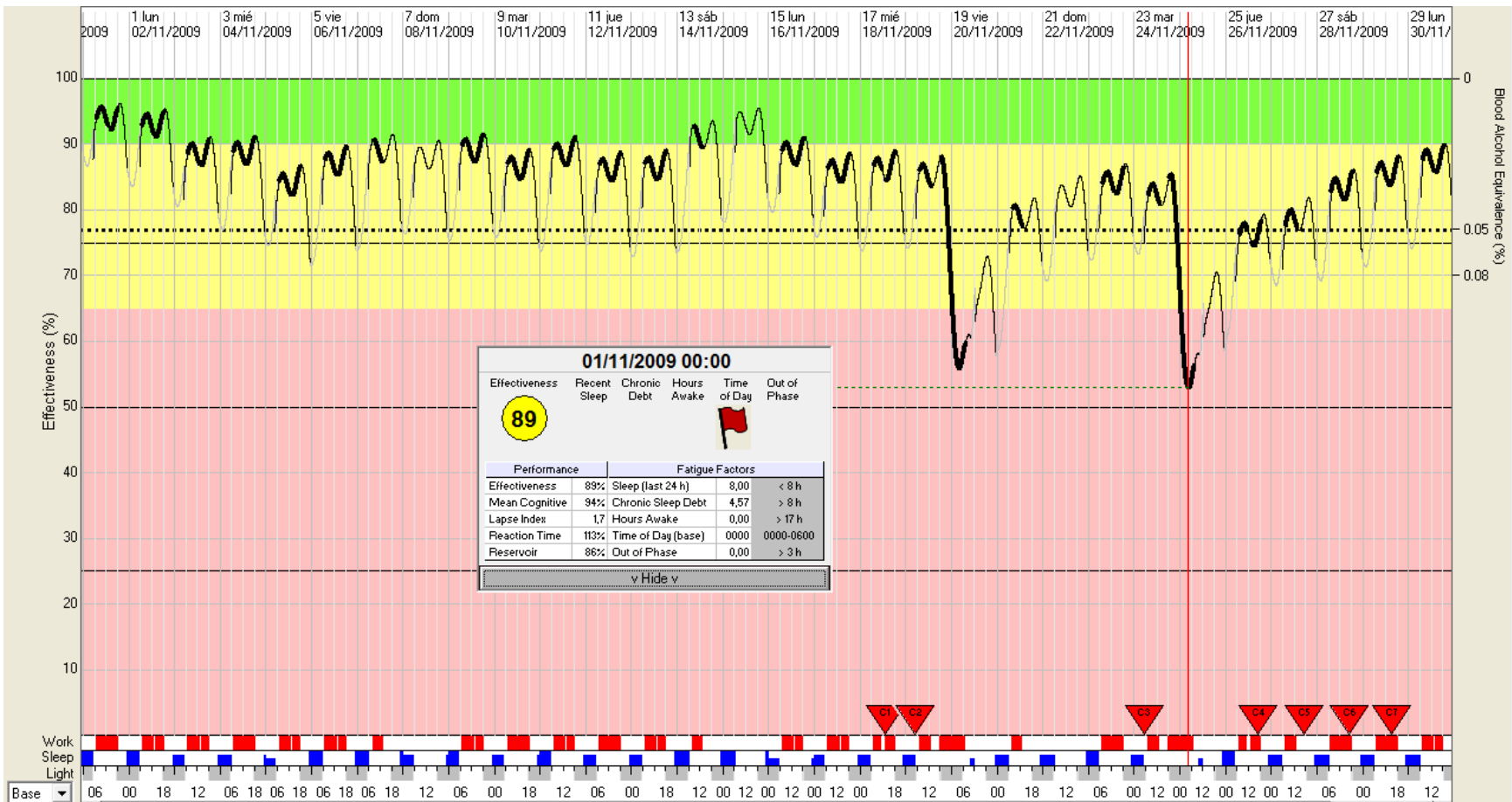


Figura 59 Resultados del controlador de tránsito ario número 18

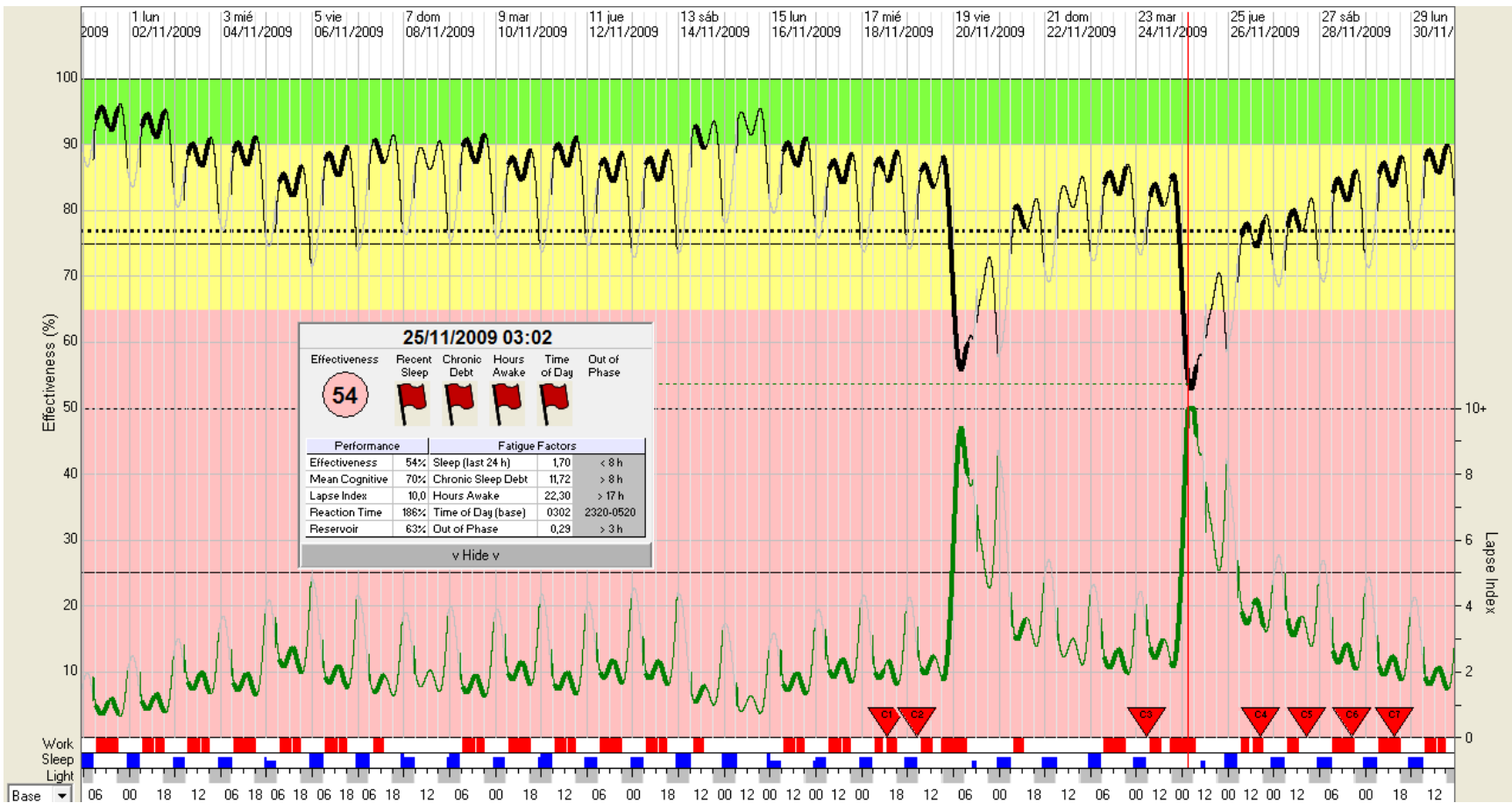


Figura 60 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 18

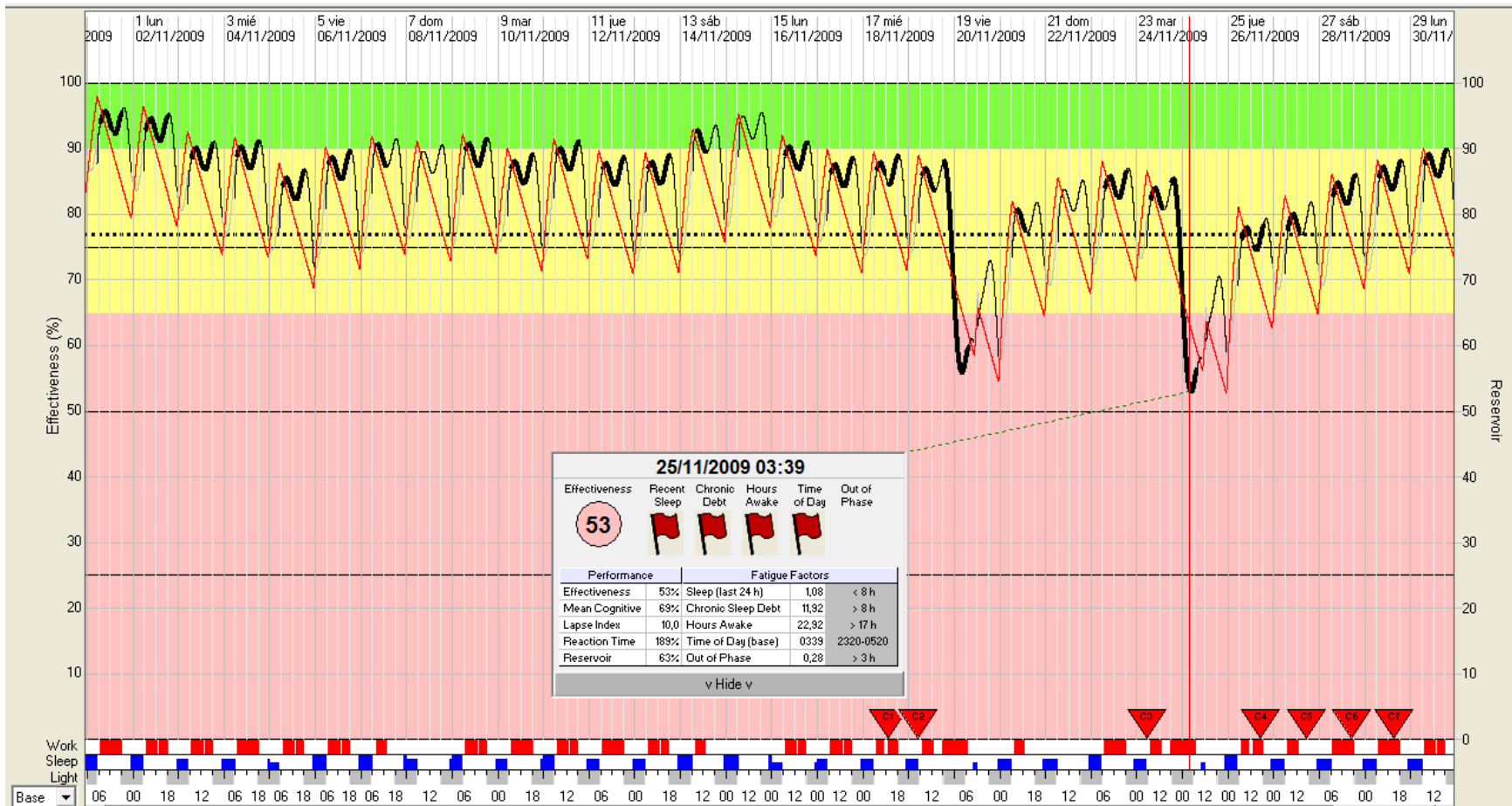


Figura 61 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 18

El controlador de tránsito aéreo número 19 tuvo un tiempo de sueño promedio por día de 302 minutos, un tiempo promedio de trabajo por día de 466 minutos con una efectividad del desempeño promedio de 76.5%, para el intervalo de trabajo tuvo una media de duración de 330 y 2 minutos con una desviación estándar de 146, un mínimo de 240 y un máximo de 780 minutos con una efectividad promedio en el trabajo de 77. 5%.

Entire schedule			Intervals		
Total Days	30		Work	Wake	Sleep
First	01/11/2009	N	41	30	28
Last	30/11/2009	Mean	331,8	1138,0	297,9
Average Sleep per Day	302	Median	300,0	1140,0	300,0
Average Work per Day	466	SD	145,6	345,7	57,1
Average Effectiveness	76,49	Shortest	240	450	180
Average Reservoir	2130,75	Longest	780	1950	450
		Avg. Eff.	77,49	77,95	70,09
		Avg. Res.	2143,54	2118,54	2151,06

Tabla 33 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 19

Para el intervalo de vigilia el controlador de tránsito aéreo tuvo una media duración de 1138 minutos con una desviación estándar de 346, un mínimo de 450 y un máximo de 1950 minutos y una efectividad del desempeño promedio del 78% aproximadamente, el sueño tuvo una media de duración de 298 minutos, una desviación estándar de 57, un mínimo de 180 y un máximo de 450 minutos con una efectividad promedio calculada el desempeño de 70%. Para el horario de trabajo este controlador estuvo aproximadamente el 36.8% del tiempo bajo la línea de criterio, para vigilia estuvo en un 40. 4% bajo la línea de criterio y durante el sueño estuvo alrededor del 85% bajo la línea de criterio.

En la Figura 62 se puede observar como progresivamente se va construyendo una deuda acumulativa de sueño y una disminución de la efectividad del desempeño en términos de tiempo de reacción dado que a diario este controlador dormía en promedio 5 horas por lo que al enfrentarse al turno nocturno el modelo ha calculado una disminución del desempeño en el primer turno nocturno del 52%, con una media cognitiva 68%, y unos lapsos índice de 10 a través de los 3 turnos nocturnos que hizo en el mes, un tiempo de reacción de 193% de la reserva de sueño del 61%. Es notable que durante los 3 turnos nocturnos del mes estuvo bajo la línea de criterio y adicionalmente prestando servicios de control de tránsito aéreo al día también presentaba fatiga operacional que empeoraba a medida que los turnos nocturnos se van presentando hasta que el último turno nocturno tiene una efectividad del desempeño hacia las 4:30 de la mañana de aproximadamente 47% con una media cognitiva del 65%, un tiempo de reacción del 212% con una reserva de sueño del 56%, en este momento una deuda crónica de sueño de 14 horas con cero horas dormidas en las últimas 24 horas y un periodo de vigilia mayor a 24 horas. Estos hallazgos también se pueden observar en detalle en la Figura 63 y la Figura 64.

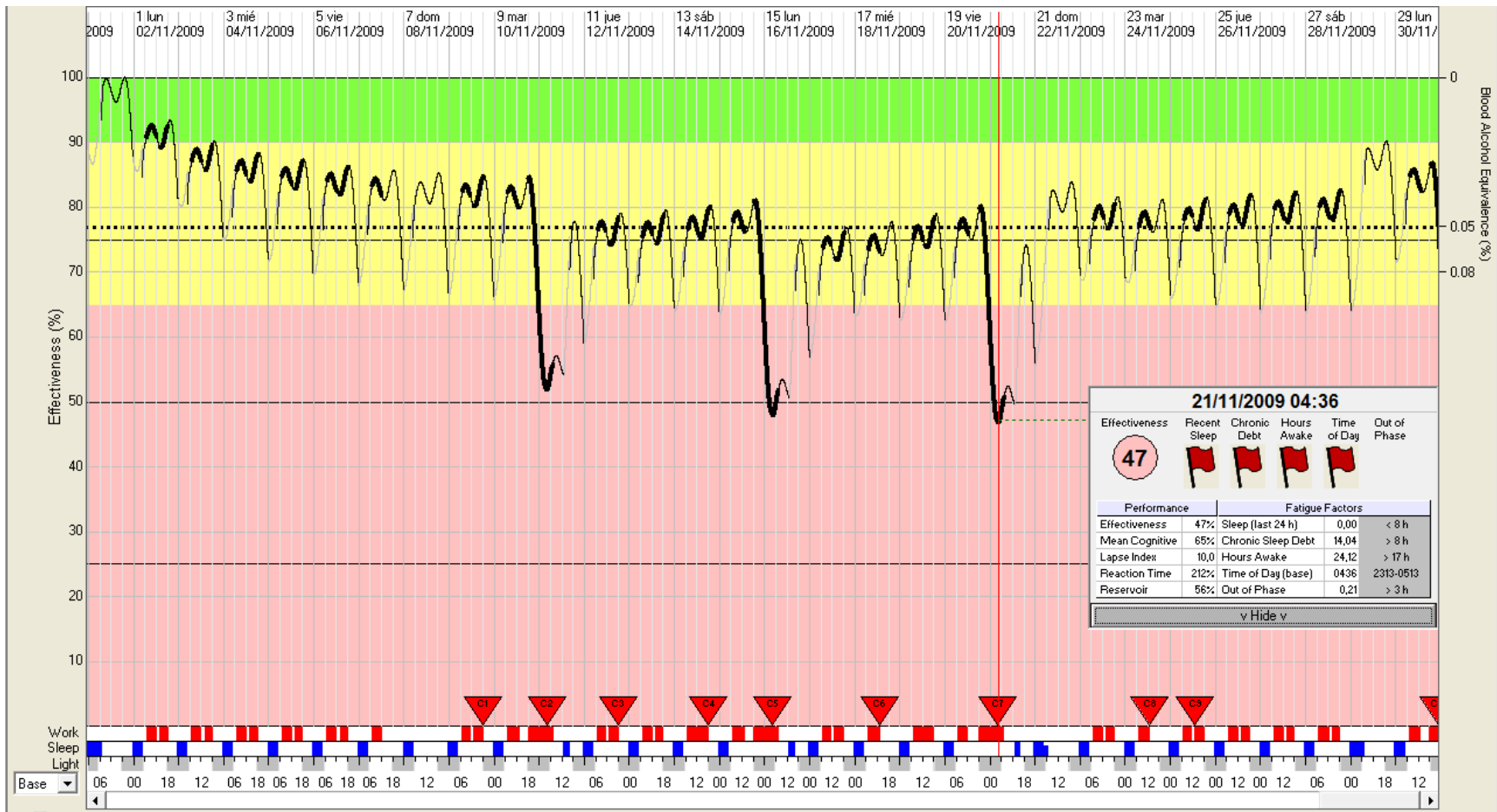


Figura 62 Resultados para el controlador de tránsito aéreo número 19

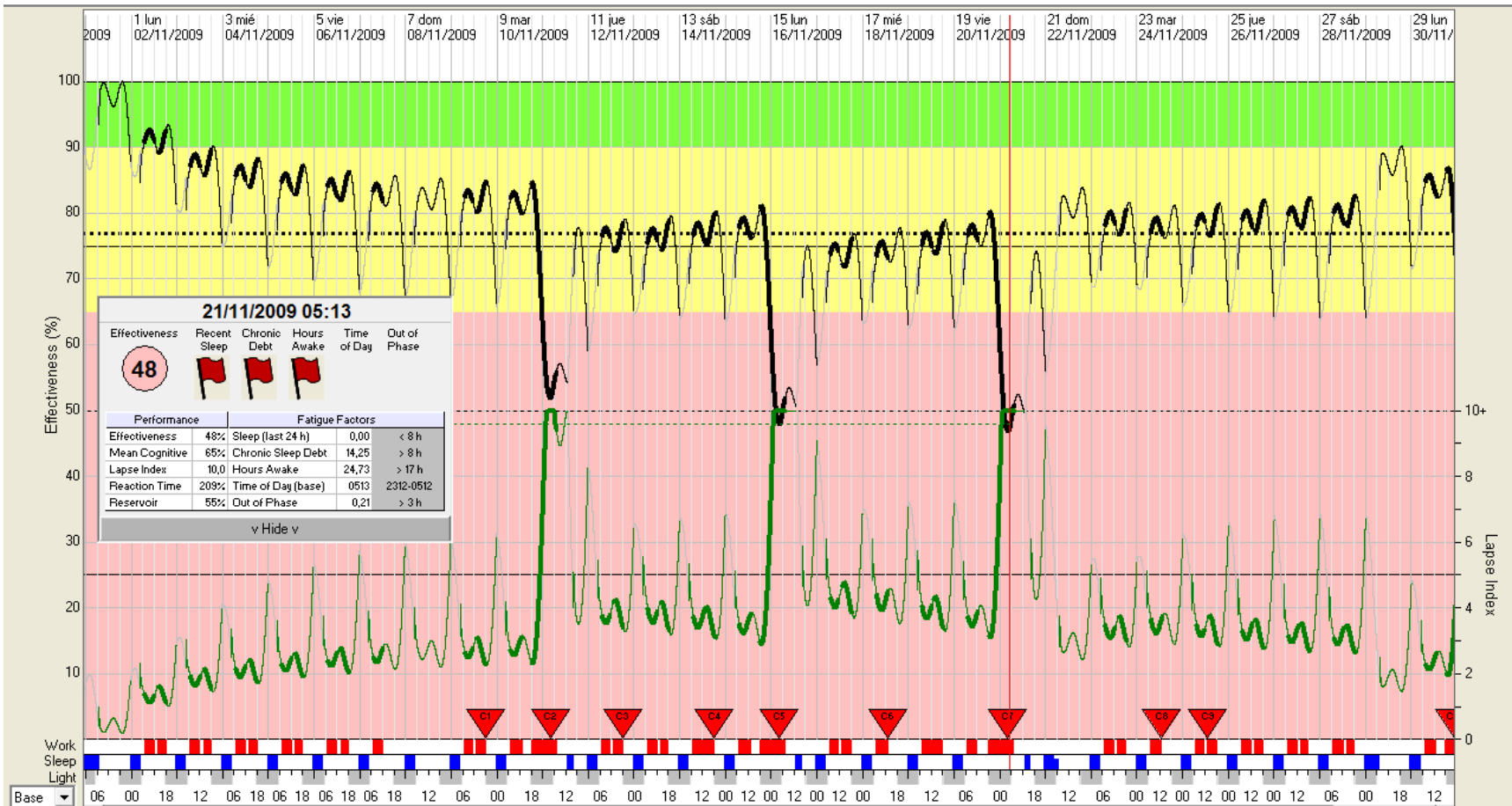


Figura 63 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 19

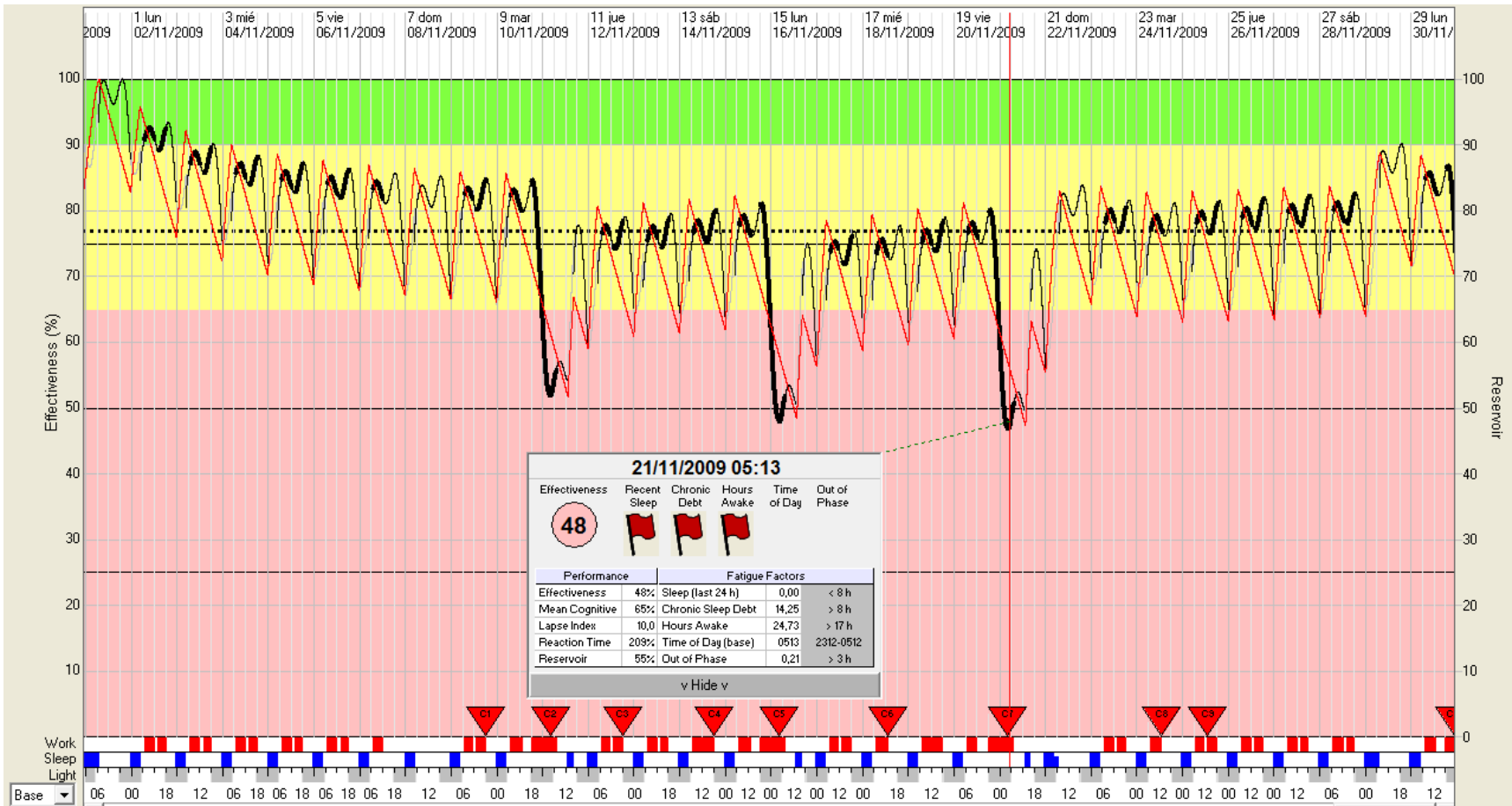


Figura 64 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 19

El 52.6% de los controladores no se sintió cansado durante control de tránsito aéreo del mes de noviembre, en contraste con el 47.4% el cual contestó que si había trabajado cansado.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	no	10	52.6	52.6	52.6
	si	9	47.4	47.4	100.0
Total		19	100.0	100.0	

Tabla 34 Sensación subjetiva de fatiga de control de tránsito aéreo

El 42.1% de la población no duermen durante el día posterior al turno nocturno, a diferencia del 57.9% y que si lo hace como se puede observar en la Tabla 35.

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	no	8	42.1	42.1	42.1
	si	11	57.9	57.9	100.0
Total		19	100.0	100.0	

Tabla 35 Frecuencia de personas que duermen posturno nocturno en control de tránsito aéreo

La media de horas dormidas posterior al turno nocturno en el grupo de controladores de tránsito aéreo es de 1.74 horas con una desviación estándar de 1.7, un mínimo de cero y un máximo de 5 horas

N	Valid	19
	Missing	0
Mean		1.74
Median		2.00
Mode		0
Std. Deviation		1.695
Minimum		0
Maximum		5

Tabla 36 Estadística descriptiva del número de horas dormidas posturno

La media de episodios de fatiga operacional para control de tránsito aéreo en el mes de noviembre es de 3.74 con una desviación estándar de 3.6 con un mínimo de cero y un máximo de 14 episodios

N	Valid	19
	Missing	0
Mean		3.74
Median		3.00
Mode		1
Std. Deviation		3.619
Minimum		0
Maximum		14

Tabla 37 Episodios de fatiga operacional en el mes de noviembre

Discriminando el número episodios de fatiga operacional según el puesto de control, en la torre la media episodios es de 3.4 con una desviación estándar de 2.6, un mínimo de cero y un máximo de 8. En control de superficie la media episodios es de 0.42 con una desviación estándar de 1.6, un mínimo de cero y un máximo de 7 episodios. En la oficina de información aeronáutica no se presentaron episodios de fatiga operacional.

		Fatiga en Torre	Fatiga en Control superficie	Fatiga en Oficina de Información aeronáutica
N	Valid	19	19	19
	Missing	0	0	0
Mean		3.42	.42	.00
Median		3.00	.00	.00
Mode		1	0	0
Std. Deviation		2.589	1.610	.000
Minimum		0	0	0
Maximum		8	7	0

Tabla 38 Episodios de fatiga operacional en posiciones de control

La frecuencia de fatiga operacional en la población estudiada es del 84.2%, el restante 15.8% no presenta fatiga durante el mes de noviembre de 2009

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ausencia de Fatiga Operacional	3	15.8	15.8	15.8
	Fatiga Operacional	16	84.2	84.2	100.0

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ausencia de Fatiga Operacional	3	15.8	15.8	15.8
	Fatiga Operacional	16	84.2	84.2	100.0
Total		19	100.0	100.0	

Tabla 39 Frecuencia de fatiga operacional en control de tránsito aéreo durante noviembre

La frecuencia de fatiga operacional en la torre de control es el 89.5%, en contraste con el 10.5% presentada en control de superficie y ningún caso de fatiga en la oficina de información aeronáutica como se puede observar en la Tabla 40, Tabla 41 y Tabla 42

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ausencia de Fatiga Operacional	2	10.5	10.5	10.5
	Fatiga Operacional	17	89.5	89.5	100.0
Total		19	100.0	100.0	

Tabla 40 Frecuencia fatiga operacional en torre de control

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ausencia de Fatiga Operacional	17	89.5	89.5	89.5
	Fatiga Operacional	2	10.5	10.5	100.0
Total		19	100.0	100.0	

Tabla 41 Frecuencia fatiga operacional en control de tránsito de superficie

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ausencia de Fatiga Operacional	19	100.0	100.0	100.0

Tabla 42 Frecuencia de fatiga operacional en la oficina de información aeronáutica

DISCUSIÓN

No es frecuente encontrar en la literatura indexada estudios que muestran objetivamente la frecuencia de fatiga operacional de control de tránsito aéreo civil y militar a pesar que este problema ha sido reconocido ampliamente en el mundo científico por sus implicaciones con respecto a la atención, vigilancia psicomotora, memoria de trabajo y aumento en la frecuencia del error humano no solamente en la aviación sino en todos los trabajadores que se somete a horarios de difícil adaptación fisiológica como lo son los turnos nocturnos.

La población de control de tránsito aéreo del ejército nacional fue estudiada durante el mes de noviembre de 2009 con el 100% de la población en ese margen de tiempo, 94.7% de la población es masculino con una media de la edad de 34 años, 4 años menos que lo encontrado en otros estudios descriptivos colombianos¹⁵⁹, adicionalmente con un índice de masa corporal medio de 24.8 a pesar que el 58% de la población tiene sobrepeso sin embargo menor a la población civil la cual está alrededor de 26.¹⁵⁹

La media de horas trabajadas por mes de 230 horas por controlador teniendo en cuenta horario administrativo y de control de tránsito aéreo en contraste con el control de tránsito aéreo civil colombiano que se ha encontrado que la mediana de horas trabajadas por mes es de 210 horas con un máximo estimado de 156 horas¹⁵⁹, reflejándose un déficit de personal para cubrir las necesidades, siendo un condicionante para hacer turnos a conveniencia social y de necesidades operativas, dejando a un lado el soporte científico para optimizar la efectividad del personal, disminuyendo la probabilidad del error humano.

Este estudio demostró que la frecuencia fatiga operacional en control de tránsito aéreo es del 84.2% a diferencia de estudios descriptivos mediante encuesta se han demostrado en población canadiense que se encuentra alrededor de 50.2% y en el 33% en CTA de la FAA en EEUU²⁹ y 40% en otro estudio¹⁶⁰ presentando una disminución del desempeño significativo al final de los turnos nocturnos a pesar que métodos de medición hayan sido diferentes¹⁶¹ y hasta del 80% en trabajadores por turnos en general a diferencia de los trabajadores diurnos cuya frecuencia es del 15 -20%^{162 163}, sin embargo muchos de los estudios de frecuencia son encuestas las cuales no reflejen de manera adecuada el ciclo circadiano a través de los días y como se modifica con los horarios de sueño, su calidad y horarios de trabajo.

En la población de control de tránsito aéreo del ejército la media de sueño reportada voluntariamente fue de 6.5 horas con una desviación estándar de 0.56 entre 5 y 7.5 h, consistente con los hallazgos sugestivos de un estudio de controladores de tránsito aéreo de la fuerza aérea de Estados Unidos que tuvieron una media de aproximadamente 6.3 horas medidas subjetivamente, sin embargo este valor bajó a 3.6 horas cuando se midió objetivamente en personal con unos rápidamente rotatorios¹⁶⁴⁻¹⁶⁵, considerando el tiempo de la población general en Estados Unidos de 6.5 en días de trabajo y de 7.2 los fines de semana¹⁶⁶ pero probablemente los resultados se verían afectados si el instrumento de captura de datos fuera un actígrafo en cada controlador.

Como se pudo observar en cada una de las gráficas de los resultados del modelo SAFTE cada vez que se presentaba un turno nocturno, la efectividad del desempeño disminuye en respuesta a la deuda de sueño¹⁶⁷⁻¹⁶⁹ orquestado con la curva de temperatura corporal¹⁷⁰⁻¹⁷¹ en más del 90% de los turnos nocturnos a partir de la media noche, por debajo de la línea de criterio, al igual que en estudios hechos en CTA de la Administración Federal de Aviación, Fuerza Aérea de EEUU y CTA Italianos^{72, 80, 164, 172-173}, estableciendo así un riesgo acumulativo de accidentes por factor humano de aproximadamente del 14% a diferencia de estar por encima del 90% de efectividad donde este valor es -16%¹⁵⁸.

Esta caída del desempeño en turnos nocturnos de Control de tránsito aéreo ha sido demostrada igualmente en reportes oficiales de la Administración Federal de Aviación y de entidades académicas, con incrementos en tiempos de reacción con una media del 12%¹⁷⁴, disminuyendo el desempeño neurocognitivo progresivamente hasta del 23% al final de un turno nocturno¹⁷⁵, consistente con los resultados arrojados por el modelo ya que en diversos casos se pudo describir caídas de hasta el 30% e incrementos de los tiempos de reacción hasta del 100%.

La hora en donde la disminución del desempeño se hace evidente en turnos nocturnos es a partir de las 12 am – 6 am, siendo consistente con el resultado del modelo SAFTE en cada uno de los sujetos del estudio. La disminución del tránsito aéreo en los aeródromos, la hora de trabajo predisponen a la somnolencia, micro sueños, inercia del sueño y posiblemente parálisis del sueño lo cual es un riesgo latente para operaciones de control de aeronaves³⁵ ya que producen lapsos de atención, disminución de la memoria de trabajo, disminución de los tiempos de reacción, tiempo promedio de operaciones mentales que lleva a disminución de la conciencia situacional, mala interpretación de las comunicaciones o del radar que son exacerbados por horas de trabajo inusuales y son responsables hasta del 60% de errores en CTA^{23, 148, 176-178}.

La mayoría de controladores de tránsito aéreo de la fuerza aérea de Estados Unidos y pertenecientes a la administración Federal de aviación de Estados Unidos trabajan en patrones de turno rápidamente rotatorios lo cual significa que no se gastan más de 3 días en un turno de control de tránsito aéreo específico antes de cambiar¹⁷ sin embargo esto no sucede en los controladores de tránsito aéreo del ejército ya que además de las labores de control, tienen posiciones administrativas y otras labores militares orientadas a trabajar en un horario diurno la mayor parte del tiempo y a pesar de la gran variabilidad de esquemas de turnos usados internacionalmente ninguno de ellos se basa en datos científicos de sueño y trabajo, dejando el criterio social por encima del conocido en las investigaciones referentes al ciclo circadiano³⁵.

A pesar de esta observación, cuando los controladores de tránsito aéreo entran en comisión para trabajar en bases aéreas alejadas de su hogar habitual, hacen uso de los turnos nocturnos rápidamente rotatorios, con sesiones de control nocturno día de por medio, construyendo de esta manera una deuda acumulativa de sueño, predisponiéndolos a sufrir fatiga operacional como fue demostrado por un estudio hecho por Luna et al. 1997 de turnos rápidamente rotatorios (día de por medio) en donde se demostró que se incrementa fatiga significativamente vs. Turnos diurnos únicamente ($p < 0.0001$) y la confusión ($p = 0.003$)¹⁶⁵.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El estudio está limitado por el sesgo de introducción de los datos en la bitácora de sueño y trabajo de que si este no fue llenado a diario no se conoce con exactitud a qué hora concilió el sueño por lo que se hace indispensable que para que introduzcan los datos al modelo matemático de manera adecuada se requiere de un actígrafo por cada participante que por costos no fue posible cubrir el presente estudio

El software utilizado se diseñó para pronosticar el desempeño basados en la restricción de sueño y la hora del día sin embargo las predicciones del programa es posible que no sean precisas para cierto individuo o situación por lo cual es necesario analizar cada caso como un universo, es posible que la habilidad de evaluar la fatiga de manera precisa en todos los casos se vea limitada por las siguientes situaciones:

1. La media de sueño de la población se considera de 8 horas, sin embargo esto puede variar individualmente cambiando parámetros de análisis del modelo multivariado resultando en falsos positivos
2. Algunas personas pueden tener trastornos del sueño es por no tomar en consideración como lo son por ejemplo la narcolepsia o la apnea del sueño, la prescripción de medicamentos inductores del sueño o estimulantes del sistema nervioso central para mejorar la alerta por lo cual los resultados del modelo SAFTE pueden ser erróneos.
3. No todas las tareas de control transitorio requieren el mismo grado de atención, este software predice el desempeño de una persona promedio en una tarea específicamente sencilla la fatiga y pueden sobreestimar la efectividad de una persona en particular a una tarea particular sin embargo es diseñado para hacer predicciones razonablemente ordinales para la mayoría de las personas.
4. Esta herramienta predice el desempeño de una persona promedio desde una línea basal normal es decir desde el momento de la administración de los datos de sueño y trabajo la corona puede tener una deuda acumulativa de sueño por lo cual los resultados iniciales se verán comprometidos.
5. Esta herramienta solamente predice el promedio de desempeño para qué se tomen decisiones administrativas con el fin de reducir la probabilidad de error pero no puede garantizar a cualquier particular bajo una serie específica de circunstancias lleve a un lapso en la atención inusual bajo condiciones no favorables llevando a un error, incidente o accidente.
6. Esta herramienta puede pronosticar los efectos del sueño y del ritmo circadiano sobre el desempeño pero no puede tomar en cuenta otros factores que alteran el desempeño como por ejemplo lo es la experiencia, la motivación, las condiciones ambientales, el estrés, el aburrimiento, la enfermedad, el entrenamiento y otras variables que son bien conocidas por afectar el desempeño más que la fatiga operacional.
7. La fatiga puede resultar de factores adicionales diferentes a la deuda de sueño o disrupción circadiana como por ejemplo la carga de trabajar excesiva, la medicación, el síndrome de fatiga crónica, el ejercicio, la hipoxia, la aceleración, las vibraciones, la temperatura, el estrés y las infecciones. Estas variables mencionadas anteriormente no se consideran dentro de la programación del modelo por lo cual es necesario evaluar cada caso individualmente.

Este estudio tiene la limitación de haber sido diseñado para medir únicamente el mes de noviembre, es necesario llevar un registro de sueño y de trabajo más prolongado con el fin de mejorar las predicciones del software. Adicionalmente este estudio tiene las limitaciones propias de un estudio observacional.

Se recomienda basado en estas observaciones considerar el tamizaje de trastornos del sueño en esta población específica con la escala de somnolencia de Epworth y el índice de calidad de sueño de Pittsburgh validada en la población colombiana. Adicionalmente se sugiere realizar estudios con mayor nivel de evidencia con el fin de determinar adecuadamente si los controladores de tránsito aéreo presentan problemas de fatiga operacional a lo largo del año por lo cual se recomienda el uso de herramientas como el FAST y captura de datos mediante actigrafía durante diciembre-enero, mayo-junio y agosto-septiembre.

CONCLUSIONES

Se encontró una frecuencia de fatiga operacional en control de tránsito aéreo del ejército nacional del 84.2%, a diferencia de la población de control de tránsito aéreo canadiense de 50. 2% y de la población estadounidense del 33%, a pesar que en la población de trabajadores por turnos en general está sea del 80% aproximadamente.

Se encontró que la media de horas de sueño es de 6.5 horas a diferencia del control de tránsito aéreo de la fuerza aérea de Estados Unidos quienes tienen una media de horas de sueño de aproximadamente 6.3 horas por día y de 6. 5 horas en la población general de Estados Unidos

Las posiciones en las cuales se presenta más frecuencia fatiga es en el puesto de control de torre con una media de 3.4 episodios por mes seguido por el control de superficie con cero. 42 y sin presentarse casos en la oficina de información aeronáutica teniendo en cuenta que la media de turnos al mes fue de 3.74.

La media de horas trabajadas por mes en la población estudiada es de 230 horas lo cual incluye trabajo administrativo y de control de tránsito aéreo, comparándose con la mediana de horas de trabajo de control de tránsito aéreo civil debuta el cual está en aproximadamente 210 horas con un máximo esperado de 156 lo cual sugiere una sobrecarga de trabajo.

En la mayoría de turnos nocturnos de los controladores de tránsito aéreo, se encontró la presencia de fatiga operacional en la madrugada lo cual es un riesgo latente en las operaciones de aviación por la mayor probabilidad a cometer errores.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de la investigación deben hacerse ciertas recomendaciones para contrarrestar la fatiga en control de tránsito aéreo y a pesar de todas las bases científicas sobre los trabajadores por turnos, éstos efectos se seguirán presentando. Es muy importante tener en cuenta que la fatiga no puede ser prevenida por cambios de personalidad, inteligencia, educación, entrenamiento, aptitudes, motivación, fuerza o profesionalismo.

De acuerdo a la curva de alerta según el ciclo circadiano individual es bien conocido que ésta se encuentra reducida entre las 2 y las 5 de la tarde y entre las 12 de la noche y las 6 de la mañana por lo cual si una persona duerme 8 horas en promedio y no es posible conseguirlas se creará una deuda de sueño. Es necesario recordar que las fiestas pueden reducir los efectos de la pérdida de sueño. De acuerdo a un estudio de la universidad de Pensilvania, voluntarios limitados a 6 horas de sueño-noche se quedaban dormidos en contra de su voluntad mientras se les realizaban pruebas de desempeño cognoscitivo en el sexto día. Es importante enseñar que la exposición repetida a la privación de sueño no lo hace resistente a la fatiga.

Las estrategias se dividen en 3 fases:

1. Sueño
2. Alerta

3. Familia

SUEÑO PARA CONTRARRESTAR LOS EFECTOS DE LA FATIGA

Duerma todo lo que pueda antes de los turnos de media noche, haga del sueño una prioridad cuando trabaja en las noches. Cuando trabaja en turnos de noche trate de ir a la cama lo más pronto posible después de regresar a casa y mantenga en mente que el cuerpo resiste a no dormir durante el día. El promedio de la longitud del sueño depende del tiempo que vaya a la cama.

Si trabaja en turnos rápidamente rotatorios, trate de mantener una orientación hacia la actividad del día y en la noche duerma, maximizar el tiempo de dormir en la noche lo que más pueda. Descansar sin dormir no es suficiente. El cerebro tiene que tener sueño o tendrá fatiga durante el día o durante el turno de media noche. Todas las estrategias tienen que ser descubiertas por el individuo ya que varían de persona a persona.

La mejor clave para el manejo de la fatiga es darle prioridad al sueño y darle la mayor importancia. Esto beneficiara todas las actividades que siguen y se lograra mayor eficiencia en las tareas. Tenga en cuenta que para usted cómo controlador de tránsito aéreo tiene una labor de cuidar la seguridad de la aviación y esto se encuentra por encima de cualquier otra actividad. Haga una lista de cosas por hacer y tengan en la parte superior de su lista dormir, no remplace el tiempo de sueño con otro tipo de actividades.

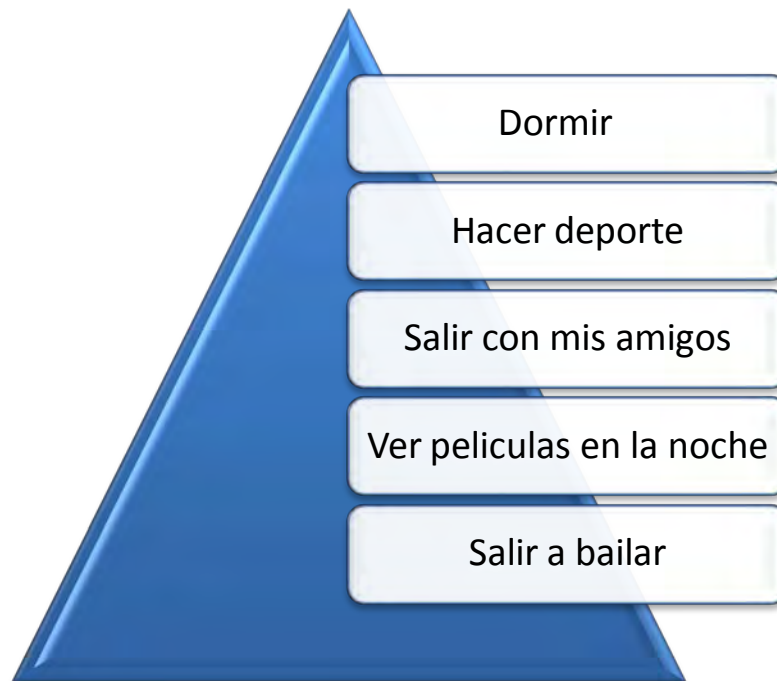


Figura 65 ejemplo de jerarquía de actividades

En general, 8 horas de sueño al día son recomendados. Asegúrese que Ud. obtenga lo que Ud. necesita para dormir, una buena prueba es si se siente lleno de energía y vitalidad después de dormir y si no siente eso, es probable que no tuviera suficiente en cantidad o calidad de sueño. Las siestas son necesarias y están aceptadas para recuperar el sueño que durante la noche se ha perdido. Es necesario dormir antes de un turno nocturno.

HIGIENE DEL SUEÑO

- Es también importante que se tome en serio el tiempo de descanso, no piense en quedarse dormido mientras ve TV, quiere conciliar el sueño.
- Establezca una rutina para la preparación del sueño. Siga esa rutina siempre así sea que Ud. duerma de día.
- Buena higiene del sueño significa que Ud. tenga una rutina para dormir y asegúrese que nada interrumpa su sueño.
- El Alcohol NO es una manera adecuada de conciliar el sueño. Esto puede alterar la arquitectura del sueño con aumento de la frecuencia de despertares y fragmentación, ya sea por diuresis o por dañar las fases del sueño.
- Muchas personas tienen dificultades para dormir, otras tratan de compensar durmiendo durante el día. Ambos grupos pueden beneficiarse de manejar EL AMBIENTE donde duermen
- Una manera de mejorar el ambiente de sueño es hacerla OSCURA y SILENCIOSA
 - Usando un ventilador u otro tipo de sonido monótono y relajante para usted.
 - Usar tapones de oídos
 - Apagando teléfonos y otros dispositivos electrónicos
 - Usando audífonos de CANCELACIÓN DE RUIDO
 - Asegúrese de usar almohadas, colchón y cobijas confortables
 - Asegúrese de tener una temperatura adecuada en el cuarto según su preferencia

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO DE LA ALERTA

La persona tiene que aprender cuáles son sus propios patrones de alerta y fatiga. El ambiente puede influenciar el desempeño y promover la somnolencia. Si su área de trabajo es típicamente oscura, emplee un poco de su tiempo en un cuarto con mucha luz antes de llegar al turno y mientras toma un descanso. Esta exposición corta a luz artificial puede prevenir la somnolencia durante la siguiente hora.

- El ruido de fondo, las vibraciones, el uso de equipos electrónicos puede reducir el desempeño.
- Hable en su trabajo con su compañero **si es posible** para romper con la monotonía de los sonidos de ambiente.
- Haga ejercicio, los resultados de investigaciones en fatiga demuestran que ejercitarse temporalmente incrementa la alerta y mantiene un buen nivel de desempeño.

- La mejor manera de incrementar su alerta en cualquier actividad es tomando un descanso. Si no puede salir de su lugar de trabajo, estire diversos grupos musculares.
- Finalmente, cuando como y beba piense que esto puede afectar su nivel de alerta y desempeño, aliméntese con comidas ricas en proteínas y onces "light". Evite comidas con alto contenido de grasas sobretodo en los turnos de noche porque además de producir discomfort gastro intestinal, puede alterar su nivel de alerta.
- El consumo de cafeína incrementa la alerta durante el turno
 - No se sobre dosifique de cafeína (>300 mg cafeína/día)
 - Evite volverse dependiente, entre más café consuma mas tolerancia desarrolla.
 - Consuma café cuando realmente sienta que lo necesita
 - No consuma café de 3 - 5 horas antes de conciliar el sueño
 - Recordar la vida media de la cafeína es de 3.5 h.
 - Aumenta la capacidad para esfuerzo intelectual sostenido
 - Disminuye los tiempos de reacción
 - Incrementa la vigilancia
 - Privación temporal del sueño
 - 200 mg dosis única en el día o 300 mg/día
 - Una taza de café = 100 mg
 - Una taza de té = 30 mg
 - Una Coca Cola = 50 mg
 - Medicamentos cafeinados = 15 - 30 mg
 - Cafegot = 100 mg
 - Descafeinado = 3 mg

ACCIDENTALIDAD POSTURNO

- Los trabajadores por turnos tienen alta probabilidad de accidentarse.
- Las investigaciones han mostrados que el 79% de CTA tienen al menos un lapso en la atención.
- 36% han reportado que se han quedado dormidos conduciendo al menos una vez después de un turno nocturno

- Debe estar atento a estos signos de alarma:
 - Sus ojos se cierran involuntariamente o pierden el foco
 - Tiene problemas para mantener su cabeza en posición de vigilia
 - No puede parar de bostezar
 - Tiene pensamientos volátiles o "desconectados"
 - No recuerda que ha estado manejando
 - Se cambia de carril involuntariamente
 - Se pasa las señales de tránsito
 - Se ha salido de la vía y ha corregido su posición
 - Ha casi colisionado con otro vehículo

- Para minimizar el riesgo de accidente de tránsito por fatiga:
 - a) Use el sistema de transporte público
 - b) Pida que lo lleve un colega que no esté cansado, las conversaciones pueden prevenir quedarse dormido
 - c) Mantenga la temperatura fría dentro del vehículo
 - d) Escuche música
 - e) Tome una siesta en el camino antes de seguir conduciendo

FAMILIA

Uno de los factores más importantes para reducir los efectos negativos de los turnos es lograr COORDINAR el horario para familia y amigos. **Es necesario prevenir los problemas antes de que aparezcan.**

Explique a su familia lo importante que es para Ud. mantener un horario de sueño adecuado. Mantenga actualizada a su familia ya amigos de sus horarios de trabajo y sus periodos de sueño

DESCANSAR ADECUADAMENTE ES LA CLAVE

- Los CTA tienen que ser conscientes de los efectos de la fatiga durante sus turnos de trabajo especialmente durante turnos nocturnos.
- Menos tiempo de reacción
- Disminución de la conciencia situacional

- Una queja frecuente de los trabajadores por turnos es el impacto que sus horarios de trabajo afectan sus relaciones sociales y parecen que les importa menos, están alterados de hecho = CANSANCIO
- **El dormir es una prioridad, no es un lujo**

ANEXO 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO:

Yo, _____ he sido informado(a) que la Universidad Nacional de Colombia, unidad de Medicina Aeroespacial está realizando un estudio que busca determinar la prevalencia de fatiga operacional de Controladores de Tráfico Aéreo del Ejército Nacional de Colombia. Se me informó que dentro de la investigación se recolectara información en un formulario, el cual debe ser diligenciado a diario.

Yo he elegido libremente participar en el estudio.

Entiendo que mi participación es enteramente voluntaria y que si me rehúso a contestar cualquier pregunta se respetará mi elección, así como que puedo retirarme voluntariamente en cualquier momento del estudio sin que esto ocasione algún tipo de sanción.

Entiendo que participar en el estudio no conlleva riesgo alguno, que no se obtendrá beneficio individual y que la información recolectada será utilizada con fines meramente científicos, y con perspectivas de beneficio para la Ejército Nacional de Colombia y de la población de Controladores de Tráfico Aéreo

Entiendo que la información obtenida de mí será tratada de manera confidencial y que yo no voy a ser personalmente identificado en los resultados del estudio.

Se me ha preguntado si tengo alguna duda acerca del estudio en este momento.

Sé que si en un futuro tuviera alguna duda del mismo puedo contactar al Dr. Diego Leonel Malpica al teléfono 6089540 o 3012945305 o al correo electrónico dimalpica@yahoo.com

Firma del participante en el estudio.

Firma del Investigador.
C.C.

Firma Testigo
C.C.

ANEXO 2

FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Número de Identificación: _____

Edad en Años: _____

Estado Civil:

- a. Soltero
- b. Casado
- c. Viudo
- d. Unión Libre
- e. Separado

Bitácora de Sueño	Hora de Acostarse	Hora de Levantarse	Número de Interrupciones del Sueño por hora	Horario de Control de Transito Aéreo (Turno)	Posición de Control de Transito Aéreo
Ejemplo: Lunes	10:00 pm	5:00 am	0 2 4 6	7:00 am – 1:00 pm	Torre de Control
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					

Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Bitácora de Sueño	Hora de Acostarse	Hora de Levantarse	Número de Interrupciones del Sueño por hora	Horario de Control de Tránsito Aéreo (Turno)	Posición de Control de Tránsito Aéreo
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					

Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					
Lunes					
Martes					
Miércoles					

Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					

DECLARACIÓN DE HELSINKI DE LA ASOCIACIÓN MÉDICA MUNDIAL

Recomendaciones para guiar a los médicos en la investigación biomédica en personas. Adoptadas por la décima octava Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia, junio de 1964, y enmendada por la vigésima novena Asamblea Médica Mundial realizada en Tokio en octubre de 1975, trigésima quinta Asamblea Médica Mundial en Venecia, octubre de 1983 y la cuadragésima primera Asamblea Médica Mundial en Hong Kong, septiembre de 1989 y la cuadragésima octava Asamblea General Somerset West, República de Sudáfrica, octubre de 1996.

INTRODUCCIÓN

Es misión del médico proteger la salud de la población. Sus conocimientos y conciencia están dedicados al cumplimiento de esa misión.

La Declaración de Ginebra de la Asociación Médica Mundial compromete al médico con las palabras "La salud de mi paciente será mi primera consideración", y el Código Internacional de Ética Médica declara que "Un médico debe actuar sólo en el interés del paciente al proporcionar atención profesional que pudiese tener el efecto de debilitar el estado físico y mental del paciente".

El propósito de la investigación médica con seres humanos debe ser mejorar los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos y la comprensión de la etiología y la patogénesis de la enfermedad.

En la práctica médica actual la mayor parte de los procedimientos diagnósticos, terapéuticos y profilácticos involucran riesgos. Esto se aplica especialmente a la investigación biomédica.

El progreso de la medicina se basa en la investigación, la que en último término, debe cimentarse en parte en la experimentación en seres humanos.

En el campo de la investigación biomédica debe reconocerse una distinción fundamental entre la investigación médica cuyo objetivo es esencialmente diagnóstico o terapéutico para el paciente, y la investigación médica cuyo objetivo esencial es puramente científico y no representa un beneficio diagnóstico o terapéutico directo para la persona que participa en la investigación.

Durante el proceso de investigación, deben considerarse especialmente los factores que puedan afectar al medio ambiente, y debe respetarse el bienestar de los animales utilizados con fines de investigación.

Dado que es esencial que los resultados de los experimentos de laboratorio se apliquen a seres humanos a fin de ampliar el conocimiento científico y así aliviar el sufrimiento de la humanidad, la Asociación Médica Mundial ha redactado las siguientes recomendaciones para que sirvan de guía a cada médico que realiza investigación en seres humanos. Estas deben someterse a futuras revisiones. Hay que hacer hincapié en el hecho de que las normas tal como están redactadas son sólo una forma de orientación para los médicos de todo el mundo. Ellos no están exentos de las responsabilidades criminales, civiles y éticas en virtud de las leyes de sus propios países.

I. PRINCIPIOS BÁSICOS

1. La investigación biomédica en seres humanos debe atenerse a principios científicos generalmente aceptados y debe basarse tanto en experimentos de laboratorio y con animales, realizados en forma adecuada, como en un conocimiento profundo de la literatura científica pertinente.
2. El diseño y la ejecución de cada procedimiento experimental en seres humanos deben formularse claramente en un protocolo experimental que debe enviarse a un comité independiente debidamente designado para su consideración, observaciones y consejos. Dicho comité debe ajustarse a las leyes y regulaciones del país en que se lleva a cabo la investigación.
3. La investigación biomédica en seres humanos debe ser realizada sólo por personas científicamente calificadas y bajo la supervisión de un profesional médico competente en los aspectos clínicos. La responsabilidad por el ser humano debe siempre recaer sobre una persona médicamente calificada, nunca sobre el individuo sujeto a la investigación, aunque él haya otorgado su consentimiento.
4. La investigación biomédica en seres humanos no puede realizarse legítimamente a menos que la importancia del objetivo guarde proporción con el riesgo inherente para la persona que toma parte en ella.
5. Todo proyecto de investigación biomédica en seres humanos debe ir precedido de una minuciosa evaluación de los riesgos predecibles en comparación con los beneficios previsibles para el participante o para otros. La preocupación por el interés del individuo debe siempre prevalecer sobre los intereses de la ciencia y de la sociedad.
6. Siempre debe respetarse el derecho del participante en la investigación a proteger su integridad. Deben tomarse todas las precauciones del caso para respetar la vida privada del participante y para reducir al mínimo el impacto del estudio en la integridad física y mental del participante y en su personalidad.
7. Los médicos deben abstenerse de emprender proyectos de investigación en seres humanos a menos que tengan la certeza de que los peligros que entrañan se consideran previsibles. Los médicos deben interrumpir toda investigación si se determina que los peligros sobrepasan los posibles beneficios.
8. Al publicar los resultados de su investigación, el médico está obligado a mantener la exactitud de los resultados. Los informes sobre investigaciones que no se ciñan a los principios descritos en esta Declaración no deben ser aceptados para su publicación.
9. En toda investigación en seres humanos, se debe dar a cada posible participante suficiente información sobre los objetivos, métodos, beneficios previstos y posibles peligros del estudio y las molestias que puede acarrear. Se le debe informar que es libre de abstenerse de participar en el estudio y que es libre de revocar en cualquier momento el consentimiento que ha otorgado para participar.
10. Al obtener el consentimiento informado para el proyecto de investigación, el médico debe ser especialmente cuidadoso para darse cuenta si en el participante se ha formado una condición de dependencia con él o si consiente bajo coacción. En ese caso el consentimiento informado debe obtenerlo un médico que no tome parte en la investigación y que tenga completa independencia de esa relación oficial.
11. En el caso de incapacidad legal, el consentimiento informado debe obtenerse del tutor legal de conformidad con la legislación nacional. Cuando la incapacidad física o mental hacen imposible obtener un consentimiento informado, o cuando el participante es menor de edad, un permiso otorgado por un pariente responsable reemplaza al del participante de conformidad con la legislación nacional. Cuando el menor de edad está de hecho capacitado para otorgar su consentimiento, debe obtenerse además del consentimiento por parte del menor, el consentimiento otorgado por su tutor legal.

12. El protocolo de investigación debe siempre contener una declaración de las consideraciones éticas que van aparejadas y debe indicar que se cumple con los principios enunciados en la presente Declaración.

II. INVESTIGACIÓN MEDICA COMBINADA CON ATENCIÓN PROFESIONAL (Investigación clínica)

1. En el tratamiento de la persona enferma, el médico debe tener la libertad de usar un nuevo método diagnóstico y terapéutico, si a su juicio ofrece la esperanza de salvar una vida, restablecer la salud o aliviar el sufrimiento.

2. Los posibles beneficios, peligros y molestias de un nuevo método deben compararse con las ventajas de los mejores métodos diagnósticos y terapéuticos disponibles.

3. En cualquier investigación médica, a todos los pacientes --incluidos aquéllos de un grupo de control, si los hay-- se les debe garantizar el mejor método diagnóstico y terapéutico probado.

4. La negativa del paciente a participar en un estudio no debe nunca interferir en la relación médico-paciente.

5. Si el médico considera esencial no obtener el consentimiento informado del individuo, él debe estipular las razones específicas de esta decisión en el protocolo que se enviará al comité independiente (I.2)

6. El médico puede combinar la investigación médica con la atención profesional, con el propósito de adquirir nuevos conocimientos, sólo en la medida en que la investigación médica se justifique por su posible valor diagnóstico o terapéutico para el paciente.

III. INVESTIGACION BIOMEDICA NO TERAPEUTICA EN SERES HUMANOS (Investigación biomédica no clínica)

1. En la aplicación puramente científica de la investigación médica realizada en un ser humano, es el deber del médico ser el protector de la vida y de la salud de esa persona en la cual se lleva a cabo la investigación biomédica.

2. Los participantes deben ser voluntarios, ya sea personas sanas o pacientes cuyas enfermedades no se relacionen con el diseño experimental.

3. El investigador o el equipo investigador debe interrumpir la investigación si a su juicio continuar realizándola puede ser perjudicial para la persona.

4. En la investigación en seres humanos, el interés de la ciencia y de la sociedad nunca debe tener prioridad sobre las consideraciones relacionadas con el bienestar de la persona.

Tomado de: Pautas Éticas Internacionales para la Investigación y Experimentación Biomédica en Seres Humanos. ISBN 92 9036 056 9. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS), 1993, Ginebra, pp.53-56

BIBLIOGRAFÍA

1. Tech C. Companies with extended hours operations losing major profit gains [press release]. Circadian Technologies retrieved from <http://www.circadian.com/media/Release-03Jul14.html> in 13/04/2007.
2. Rajaraman S, Arendt J. Health in a 24-h society. *Lancet* 2001;358:999 - 1005.
3. Representatives Ho. Maggie's Law: National Drowsy Driving Act of 2003. In: America HoRUSo, ed. 968; 2003.
4. Istook. Report with Additional Views. In: Representatives Ho, ed. 5025. United States of America; 2005.
5. Committee on Transportation and Infraestructure. Subcommittee Hearing on Pilot Fatigue. House of Representatives, 1999. (Accessed April 21, 2006, at http://commdocs.house.gov/committees/Trans/hpw106-33.000/hpw106-33_0.htm.)
6. Sleep report opens eyes. *Nature*, 2006. (Accessed Oct 20, 2008, at <http://www.nature.com/news/2006/060403/full/060403-6.html>.)
7. Shephard JM, Kho S, Chen J, Kosslyn SM. MiniCog: a method for administering psychological tests and experiments on a handheld personal digital assistant. *Behav Res Methods* 2006;38:648-55.
8. ICAO. Human Factors Training Manual. First Edition ed. Montreal: International Civil Aviation Organization.; 1998.
9. Dodge R. Circadian rhythms and fatigue: a discrimination of their effects on performance. *Aviation, space, and environmental medicine* 1982;53:1131-7.
10. Akerstedt T, Knutsson A, Westerholm P, Theorell T, Alfredsson L, Kecklund G. Mental fatigue, work and sleep. *J Psychosom Res* 2004;57:427-33.
11. Rainford D, Gradwell DP, Ernsting J. Ernsting's aviation medicine. 4th ed. London
New York: Hodder Arnold ;
Oxford University Press Inc.; 2006.
12. DeHart RL, Davis JR. Fundamentals of aerospace medicine. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
13. Rosekind MR, Gander PH, Gregory KB, et al. Managing fatigue in operational settings. 1: Physiological considerations and countermeasures. *Behav Med* 1996;21:157-65.
14. Nesthus TS, D. Flight Attendant Fatigue. Oklahoma City: Civil Aerospace Medical Institute; 2007. Report No.: DOT/FAA/AM-07/21.
15. Jeffrey RDMD, Jan Stepanek MD, Robert Johnson MD, Jennifer A Fogarty, PhD. Fundamentals of Aerospace Medicine. Fourth Ed ed. Galveston, TX: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
16. Durmer JS, Dinges DF. Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in neurology* 2005;25:117-29.

17. Cruz C, Della Rocco P, Hackworth C. Effects of quick rotating shift schedules on the health and adjustment of air traffic controllers. *Aviation, space, and environmental medicine* 2000;71:400-7.
18. Smith MC, M. A review of the psychological stress research carried out by NIOSH: 1971 to 1976. Washington DC; 1980 1980. Report No.: DHHS (NIOSH)-81-102.
19. Caldwell JA. Fatigue in aviation. *Travel medicine and infectious disease* 2005;3:85-96.
20. Williamson AM, Feyer AM. Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication. *Occup Environ Med* 2000;57:649-55.
21. Lamond N, Dawson D. Quantifying the performance impairment associated with fatigue. *J Sleep Res* 1999;8:255-62.
22. Dawson D, Reid K. Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature* 1997;388:235.
23. Mitler MM, Carskadon MA, Czeisler CA, Dement WC, Dinges DF, Graeber RC. Catastrophes, sleep, and public policy: consensus report. *Sleep* 1988;11:100-9.
24. Powell NB, Schechtman KB, Riley RW, Li K, Troell R, Guilleminault C. The road to danger: the comparative risks of driving while sleepy. *Laryngoscope* 2001;111:887-93.
25. Klein KE. Significance of Circadian Rhythms in Aerospace Operations. London: NATO; 1980.
26. Maruff P, Falletti MG, Collie A, Darby D, McStephen M. Fatigue-related impairment in the speed, accuracy and variability of psychomotor performance: comparison with blood alcohol levels. *J Sleep Res* 2005;14:21-7.
27. Roach GD, Dorrian J, Fletcher A, Dawson D. Comparing the effects of fatigue and alcohol consumption on locomotive engineers' performance in a rail simulator. *J Hum Ergol (Tokyo)* 2001;30:125-30.
28. Williamson AM, Feyer AM, Mattick RP, Friswell R, Finlay-Brown S. Developing measures of fatigue using an alcohol comparison to validate the effects of fatigue on performance. *Accident; analysis and prevention* 2001;33:313-26.
29. Nesthus PSDRaTE. *Human Factors Impacts in Air Traffic Management*: Ashgate; 2005.
30. Basner M, Fomberstein KM, Razavi FM, et al. American time use survey: sleep time and its relationship to waking activities. *Sleep* 2007;30:1085-95.
31. Leddy S. Sleep and phase shifting of biological rhythms. *International journal of nursing studies* 1977;14:137-50.
32. Spiegel K, Leproult R, Van Cauter E. [Impact of sleep debt on physiological rhythms]. *Rev Neurol (Paris)* 2003;159:6S11-20.
33. Caldwell JA, Jr. Fatigue in the aviation environment: an overview of the causes and effects as well as recommended countermeasures. *Aviation, space, and environmental medicine* 1997;68:932-8.
34. Caldwell JA, Caldwell JL. Fatigue in military aviation: an overview of US military-approved pharmacological countermeasures. *Aviation, space, and environmental medicine* 2005;76:C39-51.
35. Luna TD. Air traffic controller shiftwork: what are the implications for aviation safety? A review. *Aviation, space, and environmental medicine* 1997;68:69-79.

36. Carskadon MA, Dement WC, Mitler MM, Roth T, Westbrook PR, Keenan S. Guidelines for multiple sleep latency test (MSLT): a standard measure of sleepiness. *Sleep* 1986;9:519 - 24.
37. Balkin T, Bliese PD, Belenky G, et al. Comparative utility of instruments for monitoring sleepiness-related performance decrements in the operational environment. *Journal of Sleep Research* 2004;13:219 - 27.
38. Dinges D, Graeber, R., Rosekind, M. Principles and Guidelines for Duty and Rest Scheduling in Commercial Aviation. In. Moffett Field, California: National Aeronautics and Space Administration (NASA) - Ames Research Center; 1996.
39. Efinger J, Nelson LC, Starr JM. Understanding circadian rhythms: a holistic approach to nurses and shift work. *J Holist Nurs* 1995;13:306-22.
40. Garbarino S, Mascialino B, Penco MA, et al. Professional shift-work drivers who adopt prophylactic naps can reduce the risk of car accidents during night work. *Sleep* 2004;27:1295-302.
41. Ribak J, Ashkenazi IE, Klepfish A, et al. Diurnal rhythmicity and Air Force flight accidents due to pilot error. *Aviation, space, and environmental medicine* 1983;54:1096-9.
42. Kandel Eric SJ, Jessell Thomas. *Principles of Neural Science*. 4th ed. New York City: McGraw Hill; 2000.
43. Ganong W. *Review of Medical Physiology*. 21st ed. New York: Mac Graw Hill; 2003.
44. Fauci A KD, Longo D, Braunwald E. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 17th Edition ed: The McGraw-Hill; 2008.
45. Rosekind MR, Gander PH, Miller DL, et al. Fatigue in operational settings: examples from the aviation environment. *Hum Factors* 1994;36:327-38.
46. Henane R. [Heat adaptation and operational fatigue]. *Rev Corps Sante Armees Terre Mer Air* 1967;8:809-24.
47. Rotondo G. [Operational fatigue in helicopter pilots]. *Rivista di medicina aeronautica e spaziale* 1976;39:91-116.
48. de Oliveira CG, Nadal J. Back muscle EMG of helicopter pilots in flight: effects of fatigue, vibration, and posture. *Aviation, space, and environmental medicine* 2004;75:317-22.
49. Armentrout JJ, Holland DA, O'Toole KJ, Ercoline WR. Fatigue and related human factors in the near crash of a large military aircraft. *Aviation, space, and environmental medicine* 2006;77:963-70.
50. Caldwell JA, Gilreath SR. A survey of aircrew fatigue in a sample of U.S. Army aviation personnel. *Aviation, space, and environmental medicine* 2002;73:472-80.
51. Ramsey CS, McGlohn SE. Zolpidem as a fatigue countermeasure. *Aviation, space, and environmental medicine* 1997;68:926-31.
52. Caldwell JA, Mallis MM, Caldwell JL, Paul MA, Miller JC, Neri DF. Fatigue countermeasures in aviation. *Aviation, space, and environmental medicine* 2009;80:29-59.
53. Guest Editorial: The Effects Of Fatigue On Performance And Safety. *AirlineSafety.Com*, 2000. (Accessed Oct 19, 2008, at <http://www.airlinesafety.com/editorials/PilotFatigue.htm>.)
54. NTSB. Marine Accident Report-Grounding of the US Tankship Exxon Valdez on Blingh Reef, Prince William Sound, Near Valdez. In: Board NTS, ed. Washington DC: NTSB; 1990:1 - 256.

55. Congress U. Biological Rhythms: Implications for the worker. In: Assessment OoT, ed. Washington DC: US Government Printing Office; 1992:1 - 249.
56. Bourgeois-Bougrine S, Carbon P, Gounelle C, Mollard R, Coblantz A. Perceived fatigue for short- and long-haul flights: a survey of 739 airline pilots. *Aviation, space, and environmental medicine* 2003;74:1072-7.
57. Caldwell JL, Gilreath SR. Work and sleep hours of U.S. Army aviation personnel working reverse cycle. *Military medicine* 2001;166:159-66.
58. Cabon P, Coblantz A, Mollard R, Fouillot JP. Human vigilance in railway and long-haul flight operation. *Ergonomics* 1993;36:1019-33.
59. Wright N, McGown A. Vigilance on the civil flight deck: incidence of sleepiness and sleep during long-haul flights and associated changes in physiological parameters. *Ergonomics* 2001;44:82-106.
60. Rosekind MR, Graeber RC, Dinges DF, et al. Crew factors in flight operations IX : effects of planned cockpit rest on crew performance and alertness in long-haul operations. Washington, DC: NASA Headquarters; 1994.
61. NTSB. A review of flight crew involved, major accidents of U.S. air carriers, 1978 through 1990. Washington DC: National Transportation Safety Board; 1994.
62. ICAO. Air Traffic Services. 13th ed. Montreal: International Civil Aviation Organization; 2001a.
63. Krueger GP. Sustained work, fatigue, sleep loss and performance: a review of the issues. *Work & Stress* 1989;3:139 -41.
64. Ballard J. Assessing attention: comparison of response-inhibition and traditional continuous performance tests. *J Clin Exp Neuropsychol* 2001;23:331-50.
65. Shorrock ST. Errors of perception in air traffic control. *Safety Science* 2006;doi:10.1016/j.ssci.2006.08.018.
66. Schroder DJ, Goulden D.R. A Bibliography of Shift Work Research: 1950 - 1982. Washington D.C: Federal Aviation Administration / Office of Aviation Medicine; 1983.
67. Comperatore CA, Krueger GP. Circadian rhythm desynchronization, jet lag, shift lag, and coping strategies. *Occup Med* 1990;5:323-41.
68. Knauth P. The design of shift systems. *Ergonomics* 1993;36:15-28.
69. Barton J, Folkard S. Advancing versus delaying shift systems. *Ergonomics* 1993;36:59-64.
70. Knauth P, Rutenfranz J, Schulz H, et al. Experimental shift work studies of permanent night, and rapidly rotating, shift systems. II. Behaviour of various characteristics of sleep. *International archives of occupational and environmental health* 1980;46:111-25.
71. Della Rocco PC, C. Shiftwork, Age, and Performance: Investigation of the 2-2-1 shift schedule used in Air Traffic Control Facilities 2: Laboratory Performance Measures. DOT/FAA/AM-96/23. Washington D.C: Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine; 1996.
72. Melton CE. Physiological responses to unvarying (steady) and 2-2-1 shifts: Miami International Flight Service Station. DOT/FAA/AM-85 Washington D.C: Federal Aviation Administration - Civil Aeromedical Institute; 1985. Report No.: DOT/FAA/AM-85
73. Rosa RR, Colligan MJ. Long workdays versus restdays: assessing fatigue and alertness with a portable performance battery. *Hum Factors* 1988;30:305-17.

74. Schroeder D, Rosa RR, Witt LA. Some Effects of 8 vs 10-hour Work Schedules on the Test Performance/Alertness of Air Traffic Control Specialists. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1998;21:307-21.
75. Cruz, Rocco D. Sleep Patterns in Air Traffic Controllers Working Rapidly Rotating Shifts: A field Study. DOT/FAA/AM-95/12. Washington D.C: Federal Aviation Administration - Office of Aviation Medicine; 1995.
76. Costa G. Occupational stress and stress prevention in air traffic control. Institute of Occupational Medicine and International Labour Office 1995.
77. H.L. Ammerman LJB, D.K. Davies, C.M. Hostetler, E.E. Inman and G.W. Jones. FAA air traffic control operations concepts. Washington 1987;6.
78. Jones DG, Endsley MR. Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation, space, and environmental medicine* 1996;67:507-12.
79. Moore-Ede MC, Czeisler CA, Richardson GS. Circadian timekeeping in health and disease. Part 1. Basic properties of circadian pacemakers. *The New England journal of medicine* 1983;309:469-76.
80. Costa G. Evaluation of workload in air traffic controllers. *Ergonomics* 1993;36:1111-20.
81. Maslach C, Schaufeli WB, Leiter MP. Job burnout. *Annu Rev Psychol* 2001;52:397-422.
82. Rafferty JP, Lemkau JP, Purdy RR, Rudisill JR. Validity of the Maslach Burnout Inventory for family practice physicians. *J Clin Psychol* 1986;42:488-92.
83. Lee RT, Ashforth BE. A meta-analytic examination of the correlates of the three dimensions of job burnout. *The Journal of applied psychology* 1996;81:123-33.
84. Martinussen M, Richardsen AM. Air traffic controller burnout: survey responses regarding job demands, job resources, and health. *Aviation, space, and environmental medicine* 2006;77:422-8.
85. Barton J, Smith L, Totterdell P, Spelten E. Does individual choice determine shift system acceptability? *Ergonomics* 1993;36:93 -9.
86. Iskra-Golec I, Folkard S, Marek T, Noworol C. Health, well-being and burnout of ICU nurses on 12h and 8h shifts. *Work and stress* 1996;10:251-6.
87. Bohle P, Tilley A. Early Experience of shiftwork: Influences on attitudes. *Journal of Occupational and Organizational Psychology* 1998;71:61 - 9.
88. Callister JD, King RE, Retzlaff PD. Cognitive assessment of USAF pilot training candidates. *Aviation, space, and environmental medicine* 1996;67:1124-9.
89. Taylor JL, O'Hara R, Mumenthaler MS, Yesavage JA. Relationship of CogScreen-AE to flight simulator performance and pilot age. *Aviation, space, and environmental medicine* 2000;71:373-80.
90. King RE, Flynn CF. Defining and measuring the "right stuff": neuropsychiatrically enhanced flight screening (N-EFS). *Aviation, space, and environmental medicine* 1995;66:951-6.
91. Monk TH. The relationship of chronobiology to sleep schedules and performance demands. *Work and stress* 1990;4:227-36.
92. Wedderburn AA. How fast should the night shift rotate? A rejoinder. *Ergonomics* 1992;35:1447-51.

93. Cameron C. A theory of fatigue. *Ergonomics* 1973;16:633-48.
94. Meijman TF. Mental fatigue and the efficiency of information processing in relation to work times. *International Journal of Industrial Ergonomics* 1997;20:31 - 8.
95. Hauty GT. Frequency of Shift Rotation at Air traffic Control Facilities and Incidence of Stress Related Symptoms. *Aerospace medicine* 1965;April:350 - 6.
96. Zeier H. Workload and psychophysiological stress reactions in air traffic controllers. *Ergonomics* 1994;37:525-39.
97. Dell'Erba G, Venturi P, Rizzo F, Porcu S, Pancheri P. Burnout and health status in Italian air traffic controllers. *Aviation, space, and environmental medicine* 1994;65:315-22.
98. Sperandio JC. The regulation of working methods as a function of work-load among air traffic controllers. *Ergonomics* 1978;21:195-202.
99. Gent SRaH. The quantitative description of a traffic control process. *Journal of Navigation* 1974; 27:317-22.
100. Endsley MR. A methodology for the objective measurement of situation awareness in aerospace operations. Neuilly Sur Seine: France: NATO; 1990.
101. Endsley MR. Attention Distribution and situational awareness in air traffic control. In: 40th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society. Santa Monica CA; 1996:82 - 5.
102. Repetti RL. The effects of workload and the social environment. *Handbook of stress* 1993;2nd Edition:368-85.
103. Rose RM JC, Hurst MW. Health change in air traffic: a prospective study. *Psychosomatic Med* 1978;40:142-65.
104. Billings AG, & Moos, R. H. Work stress and the stress buffering roles of work and family resources. *Journal of Occupational Behavior* 1982;3:215-32.
105. Bromet EJ, Dew, M. A., Parkinson, D. K., & Schulberg, H. C. Predictive effects of occupational and marital stress on the mental health of a male workforce. *Journal of Organizational Behavior* 1988;9:1-13.
106. Cardosi K. An Analysis of En Route Controller-Pilot Voice Communications. Department of Transportation, Federal Aviation Administration 1993;Report DOT/FAA/RD-93/11.
107. D. Morrow AL, M. Rodvold. Analysis of problems in routine controller-pilot communication. *International Journal of Aviation Psychology* 1993;3:285-302.
108. AAIB. Incident involving Boeing 747-436, GBNLY and Airbus A321, GMIDF at London Heathrow Airport on 28 April 2000; 2001.
109. Shorrock ST, Kirwan B. Development and application of a human error identification tool for air traffic control. *Applied ergonomics* 2002;33:319-36.
110. Roske-Hofstrand - R.J. M. Human information processing in air traffic control. San Diego California: Academic Press; 1998.
111. B W, R.C Allen, E.S Stein. Air traffic control specialist visual scanning II: Task load, visual noise and intrusions into controlled airspace. Washington 1999;Report No.DOT/FAA/CT-TN99/23.

112. Baddeley A. The concept of working memory: a view of its current state and probable future development. *Cognition* 1981;10:17-23.
113. Shorrock S. Errors of memory in air traffic control. *Safety Science* 2005;43:571 - 88.
114. Tulving E. Cue-dependent forgetting. *American Scientist* 1974;62:74 - 82.
115. Ericsson KA, Kintsch W. Long-term working memory. *Psychol Rev* 1995;102:211-45.
116. Anthony Pape and Douglas A W. AIR TRAFFIC CONTROL (ATC) RELATED ACCIDENTS AND INCIDENTS: A HUMAN FACTORS ANALYSIS. Civil Aeromedical Institute - Federal Aviation Administration 2001.
117. Cardosi K. Operational Errors in air traffic control towers. *Air traffic Control Quarterly* 2002;2:147-63.
118. Broadbent DE. The role of auditory localisation in attention and memory span. *Journal of Experimental Psychology* 1954;47:191-6.
119. Sheridan T. Understanding human error and aiding diagnostic behaviour in nuclear power plants. *Human Detection and Diagnosis of System Failures* Plenum Press, New York 1981.
120. NTSB. Aircraft accident report: Eastern Airlines Inc. L-1011, N310EA, Miami, Florida, December 29, 1972. National Transportation Safety Board, Washington DC, 20591 1973;Report number NTSB-AAR-73-14.
121. Tsolakis CAD. Accident of the a/c 5B-DBY of Helios Airways, Flight HCY522 on August 14, 2005, in the area of Grammatiko, Attikis, 33 km Northwest Of Athens International Airport. The Accident Investigation and Aviation Safety Board 2006.
122. Duncan J, Humphreys, G.W. . Visual search and visual similarity. *Psychological Review* 1989;96:433-58.
123. Werfelman L. Easing Fatigue. *Aviation Safety World* 2009:23 - 7.
124. Philipp M. Consensus Report Prepared by ECASS: Scientific and Medical Evaluation of Flight Time Limitations. In: European Committee for Aircrew Scheduling and Safety and MOEBUS Aviation. Zurich: Moebus Aviation; 2008:47.
125. Aerocivil. Reglamentos Aeronauticos de Colombia. In: Colombia UAEdACd, ed. http://portal.aerocivil.gov.co/portal/page/portal/Aerocivil_Portal_Internet/normatividad/rac/indice_general; 2009:2531.
126. Jewett ME, Dijk DJ, R.E. K. Dose-response relationship between sleep duration and human psychomotor vigilance and subjective alertness. *Sleep* 1999;22:171 - 80.
127. Dinges DF, Pack F, Williams K, et al. Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep* 1997;20:267-77.
128. Doran SM, Van Dongen HP, Dinges DF. Sustained attention performance during sleep deprivation: evidence of state instability. *Arch Ital Biol* 2001;139:253-67.
129. Lamond N, Dorrian J, Burgess H, et al. Adaptation of performance during a week of simulated night work. *Ergonomics* 2004;47:154-65.
130. Dorrian J, Rogers NL, Dinges D. Psychomotor Vigilance Performance: neurocognitive assay sensitive to sleep loss. In: *Sleep Deprivation*. New York: Marcel Dekker Inc; 2004:39 - 68.

131. Lamond N, Roach GD, Dawson D. Is there an alternative to the 10-minute PVT for field studies?: Udayana University Press; 2002.
132. Lamond N, Dawson D, Roach GD. Fatigue assessment in the field: validation of a hand-held electronic psychomotor vigilance task. *Aviation, space, and environmental medicine* 2005;76:486-9.
133. Dinges D. Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* 1985;17:652 - 5.
134. Thorne DR, Johnson DE, Redmond DP, Sing HC, Belenky G, Shapiro JM. The Walter Reed palm-held psychomotor vigilance test. *Behav Res Methods* 2005;37:111-8.
135. Roach GD, Fletcher A, Dawson D. A model to predict work-related fatigue based on hours of work. *Aviation, space, and environmental medicine* 2004;75:A61-9; discussion A70-4.
136. Fletcher A, Dawson D. A quantitative model of work-related fatigue: empirical evaluations. *Ergonomics* 2001;44:475-88.
137. Dawson D, Fletcher A. A quantitative model of work-related fatigue: background and definition. *Ergonomics* 2001;44:144-63.
138. Hursh SR, Redmond DP, Johnson ML, et al. Fatigue models for applied research in warfighting. *Aviation, space, and environmental medicine* 2004;75:A44-53; discussion A4-60.
139. Hursh S. Modeling Sleep and Performance within the Integrated Unit Simulation System (IUSS). Natick, Massachusetts: Natick Research, Development and Engineering Center; 1998.
140. Achermann P, Borbely AA. Combining different models of sleep regulation. *J Sleep Res* 1992;1:144-7.
141. Akerstedt T, Ingre M, Kecklund G, Folkard S, Axelsson J. Accounting for partial sleep deprivation and cumulative sleepiness in the Three-Process Model of alertness regulation. *Chronobiol Int* 2008;25:309-19.
142. Monk TH. The arousal model of time of day effects in human performance efficiency. *Chronobiologia* 1982;9:49-54.
143. Klein KE, Wegmann HM, Athanassenas G, Hohlweck H, Kuklinski P. Air operations and circadian performance rhythms. *Aviation, space, and environmental medicine* 1976;47:221-30.
144. Ticher A, Sackett-Lundeen L, Ashkenazi IE, Haus E. Human circadian time structure in subjects of different gender and age. *Chronobiol Int* 1994;11:349-55.
145. Akerstedt T, Folkard S. Validation of the S and C components of the three-process model of alertness regulation. *Sleep* 1995;18:1-6.
146. Belenky G, Wesensten NJ, Thorne DR, et al. Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose-response study. *J Sleep Res* 2003;12:1-12.
147. Tassi P, Muzet A. Sleep inertia. *Sleep Med Rev* 2000;4:341-53.
148. Naitoh P, Kelly T, Babkoff H. Sleep inertia: best time not to wake up? *Chronobiol Int* 1993;10:109-18.
149. Monk TH, Weitzman ED, Fookson JE, Moline ML. Circadian rhythms in human performance efficiency under free-running conditions. *Chronobiologia* 1984;11:343-54.

150. Monk TH, Buysse DJ, Reynolds CF, 3rd, et al. Circadian rhythms in human performance and mood under constant conditions. *J Sleep Res* 1997;6:9-18.
151. Lavie P, Zvuluni A. The 24-hour sleep propensity function: experimental bases for somnotypology. *Psychophysiology* 1992;29:566-75.
152. Borbely AA, Achermann P. Concepts and models of sleep regulation: an overview. *J Sleep Res* 1992;1:63-79.
153. Monk TH, Knauth P, Folkard S, Rutenfranz J. Memory based performance measures in studies of shiftwork. *Ergonomics* 1978;21:819-26.
154. Hamelin P. Lorry driver's time habits in work and their involvement in traffic accidents. *Ergonomics* 1987;30:1323-33.
155. Angus RaRH. Effects of sleep loss on sustained cognitive performance during a command and control simulation. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers* 1985;17:55-67.
156. Balkin T, Thorne, D., Sing, H., Thomas, M., Redmond, D., Wesensten, N., Williams, J., Hall, S., and Belenky, G. Effects of sleep schedules on commercial driver performance. Washington D.C: U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carrier Safety Administration; 2000.
157. Hursh SR, Redmond, D.P., Johnson, M.L., Thorne, D.R. Belenly, G., Balkin, T.J., Miller, J.C., Eddy, D.R., Storm, W.F. The DOD Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness Model. *Aviation, space, and environmental medicine* 2004;75:A44-A53.
158. Hursh SR, Raslear, T.G., Kaye, A.S., and Fanzone, J.F. Validation and calibration of a fatigue assessment tool for railroad work schedules, summary report. Washington D.C: U.S. Department of Transportation; 2006.
159. Diab Y. Prevalencia de trastornos del sueño en controladores de tránsito aéreo del aeropuerto internacional El Dorado de la ciudad de Bogotá [Tesis de grado]. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; 2007.
160. Grandjean EP, Wotzka G, Schaad R, Gilgen A. Fatigue and stress in air traffic controllers. *Ergonomics* 1971;14:159-65.
161. Helesgrave RJ RW, Szlapetis I. Subjective performance deficits in air traffic controllers as a function of nightshift, chronobiological typology, and age. *Shiftwork International Newsletter* 1995;12.
162. Rutenfranz J, Knauth, P., and D. Angersbach. Shift Work Research Issues. In: Johnson L, Texas, W., Colquhoun, W., and M. Colligan, editor. *The Twenty-Four Hour Workday -Proceedings of a Symposium on Work-Sleep Schedules*; 1981; Washington DC: US Government Printing Office OHHS Publication Number 1981.
163. Fitzpatrick JM, While AE, Roberts JD. Shift work and its impact upon nurse performance: current knowledge and research issues. *Journal of advanced nursing* 1999;29:18-27.
164. Luna TFJMJK. Forward rapid rotation shiftwork in USAF air traffic controllers: sleep, activity, fatigue and mood analyses. Brooks Air Force Base, TX: United States Air Force; 1994.
165. Luna TD, French J, Mitcha JL. A study of USAF air traffic controller shiftwork: sleep, fatigue, activity, and mood analyses. *Aviation, space, and environmental medicine* 1997;68:18-23.
166. Rosekind TJBGBCDRRM. 2008 SLEEP IN AMERICA POLL. Washington DC: National Sleep Foundation; 2008.
167. Bonnet MH. The effect of varying prophylactic naps on performance, alertness and mood throughout a 52-hour continuous operation. *Sleep* 1991;14:307-15.

168. Lorenzo I, Ramos J, Arce C, Guevara MA, Corsi-Cabrera M. Effect of total sleep deprivation on reaction time and waking EEG activity in man. *Sleep* 1995;18:346-54.
169. Samkoff JS, Jacques CH. A review of studies concerning effects of sleep deprivation and fatigue on residents' performance. *Acad Med* 1991;66:687-93.
170. Froberg JE. Twenty-four-hour patterns in human performance, subjective and physiological variables and differences between morning and evening active subjects. *Biol Psychol* 1977;5:119-34.
171. Lavie P. The search for cycles in mental performance from Lombard to Kleitman. *Chronobiologia* 1980;7:247-56.
172. Melton CE, Bartanowicz RS. Biological rhythms and rotating shift work: some considerations for air traffic controllers and managers. Washington DC: Federal Aviation Administration; 1986.
173. Melton CE. Physiological responses to unvarying (steady) and 2-2-1 shifts: Miami International Flight Service Station. Washington DC: Federal Aviation Administration; 1985.
174. Schroeder DJ RR, Witt LA. Effects of 8- vs. 10-hour work schedules on the performance/alertness of air traffic control specialists. Washington DC: Federal Aviation Administration; 1995.
175. PS DR. Shift work, age and performance: investigation of a counterclockwise, rapidly rotating shift schedule used in air traffic control facilities. Oklahoma City, OK: University of Oklahoma Health Sciences Center; 1994.
176. Naitoh P KT, Babkoff H. Sleep inertia: is there a worst time to wake up? Bethesda: Naval Medical Research and Development Command; 1992.
177. Redding R. Analysis of operational errors and workload in air traffic control. In: Human Factors Society 36th Annual Meeting; 1992; Atlanta, GA: Human Factors Society; 1992.
178. Stager P HD, Jubis R. Underlying factors in air traffic control incidents. In: Proceedings of the Human Factors Society; 1989 Oct 16-20; 33rd Annual Meeting, Denver, CO: Human Factors Society; 1989.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de sueño, actividad, fatiga y efectividad del desempeño.....	33
Figura 2 Modelo de efectividad cognitiva y alerta.....	35
Figura 3 Forma de presentación de los resultados del modelo matemático	36
Figura 4: Modelo de sueño y desempeño comparado con los resultados de angus & heslegrave (1985) medias del desempeño normalizado	38
Figura 5: Formato de presentación de resultados del modelo	41
Figura 6: Formato de presentación de resultados en tabla	41
Figura 7 Presentación de resultados en forma de tablero.....	43
Figura 8: Resultado del análisis controlador de tránsito aéreo número uno.....	60
Figura 9 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número uno.....	61
Figura 10 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número uno	62
Figura 11 Resultados el controlador de tránsito aéreo número 2.....	64
Figura 12 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 2.....	65
Figura 13 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 2	66
Figura 14 Resultados del controlador de tránsito aéreo número 3.....	68
Figura 15 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 3.....	69
Figura 16 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 3	70
Figura 17 Resultados del controlador de tránsito aéreo número 4.....	72
Figura 18 Resultados de los lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 4.....	73
Figura 19 Resultados de la reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 4.....	74
Figura 20 Resultados para el controlador de tránsito aéreo número 5.....	76
Figura 21 Resultados de lapsos índices para el controlador de tránsito aéreo número 5.....	77
Figura 22 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 5	78
Figura 23 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 6	80
Figura 24 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 6	81

Figura 25 Reserva de sueño para el controlador de tránsito aéreo número 6.....	82
Figura 26 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 7	84
Figura 27 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 7	85
Figura 28 Reserva de sueño para controlador de tránsito aéreo número 7	86
Figura 29 Resultados para controlador de tránsito número 8	88
Figura 30 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 8.....	89
Figura 31 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 8	90
Figura 32 Resultados del modelo para controlador de tránsito aéreo número 9	92
Figura 33 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 9	93
Figura 34 Reserva de sueño para el contador de tránsito aéreo número 9.....	94
Figura 35 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 10	96
Figura 36 Lapsos índice para el controlador de tránsito número 10.....	97
Figura 37 Reserva de sueño por el controlador de tránsito aéreo número 10	98
Figura 38 resultado del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 11.....	100
Figura 39 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 11	101
Figura 40 Reserva de sueño para controlador de tránsito aéreo en 11.....	102
Figura 41 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 12.....	104
Figura 42 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 12	105
Figura 43 Reserva de sueño para controlador de tránsito aéreo número 12	106
Figura 44 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 13	108
Figura 45 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 13	109
Figura 46 Reserva de sueño para el controlador de tránsito aereo número 13.....	110
Figura 47 Resultados para controlador de tránsito aéreo número 14.....	112
Figura 48 Lapsos índice para el controlador de tránsito aereo número 14	113
Figura 49 Reserva de sueño para el controlador de tránsito a número 14.....	114
Figura 50 Resultados para el controlador de tránsito aereo número 15.....	116
Figura 51 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 15	117

Figura 52 Reserva de sueño para el controlador de tránsito aereo número 15.....	118
Figura 53 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 16.....	120
Figura 54 Lapsos índice para el controlador de tránsito aéreo número 16	121
Figura 55 Reserva de sueño para controlar tránsito aéreo número 16.....	122
Figura 56 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 17.....	124
Figura 57 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 17	125
Figura 58 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 17	126
Figura 59 Resultados del controlador de tránsito ario número 18.....	128
Figura 60 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 18	129
Figura 61 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 18	130
Figura 62 Resultados para el controlador de tránsito aéreo número 19.....	132
Figura 63 Lapsos índice del controlador de tránsito aéreo número 19	133
Figura 64 Reserva de sueño del controlador de tránsito aéreo número 19	134
Figura 65 ejemplo de jerarquía de actividades	144

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de condiciones de la vida cotidiana en el ambiente aeroespacial como factores contribuyentes a la fatiga operacional ^{33, 45-48}	16
Tabla 2 Variables del estudio	46
Tabla 3 Cronograma de trabajo.....	48
Tabla 4 Cálculo del presupuesto	49
Tabla 5: Distribución de la población según género.....	51
Tabla 6: Estadística descriptiva de la población según la edad	51
Tabla 7: Distribución por rangos de edad	52
Tabla 8: Pruebas de normalidad de las variables	54
Tabla 9: Estadística descriptiva de peso y talla	54
Tabla 10: Estadística descriptiva del índice de masa corporal	55
Tabla 11: Distribución del índice de masa corporal discriminada en peso normal y sobrepeso	55
Tabla 12: Estadística descriptiva de las horas de control de tránsito aéreo	56
Tabla 13: Número de turnos nocturnos en el mes de noviembre	56
Tabla 14: Estadística descriptiva de las horas de sueño y trabajo de la población estudiada.....	57
Tabla 15 Estadística descriptiva del modelo matemático en el controlador número uno	58
Tabla 16 Estadística descriptiva de los resultados del modelo en el controlador de tránsito aéreo número 2.....	63
Tabla 17 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 3.....	67
Tabla 18 Estadística descriptiva de los resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 4.....	71
Tabla 19 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 5.....	75
Tabla 20 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 6.....	79
Tabla 21 Estadística descriptiva el controlador de tránsito aéreo número 7.....	83
Tabla 22 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 8.....	87
Tabla 23 Estadística descriptiva para controlador de tránsito aéreo número 9	91
Tabla 24 Estadística descriptiva de los resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 10....	95

Tabla 25 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 11.....	99
Tabla 26 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 12.....	103
Tabla 27 Resultados del modelo para controlador de tránsito aéreo número 13	107
Tabla 28 Resultados del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 14.....	111
Tabla 29 Estadística descriptiva para el controlador de tránsito aereo número 15.....	115
Tabla 30 Estadística descriptiva del modelo para el controlador de tránsito aéreo número 16.....	119
Tabla 31 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 17.....	123
Tabla 32 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 18.....	127
Tabla 33 Estadística descriptiva del controlador de tránsito aéreo número 19.....	131
Tabla 34 Sensación subjetiva de fatiga de control de tránsito aéreo	135
Tabla 35 Frecuencia de personas que duermen posturno nocturno en control de tránsito aéreo.....	135
Tabla 36 Estadística descriptiva del número de horas dormidas posturno	136
Tabla 37 Episodios de fatiga operacional en el mes de noviembre	136
Tabla 38 Episodios de fatiga operacional en posiciones de control	137
Tabla 39 Frecuencia de fatiga operacional en control de tránsito aéreo durante noviembre.....	138
Tabla 40 Frecuencia fatiga operacional en torre de control	138
Tabla 41 Frecuencia fatiga operacional en control de tránsito de superficie	138
Tabla 42 Frecuencia de fatiga operacional en la oficina de información aeronáutica.....	139