

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**ESTUDIO EVALUATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA HIPOBARIA
INTERMITENTE CRÓNICA EN LA CARGA MENTAL DE TRABAJO EN
PERSONAL DEL OBSERVATORIO ALMA MEDIANTE MÉTODO NASA
TASK LOAD INDEX**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniera en
PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES Y AMBIETALES

Alumna:
Natalia Pinilla Ibaceta

Profesor Guía:
Ing. / Sr. Alex Rojas Gutiérrez

2020

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas del Departamento de AMG que participaron de la evaluación con entusiasmo y cooperación. También agradecer de manera especial y afectuosa a todo el personal del Departamento de Safety por su apoyo constante en el desarrollo de todo este estudio.

RESUMEN EJECUTIVO

KEYWORDS: HIPOBARIA, HIPOXIA, CARGA MENTAL, SATURACIÓN DE OXÍGENO (SpO₂).

En el presente documento se dan a conocer los resultados obtenidos de una investigación que busca profundizar en el conocimiento de la relación existente entre la Carga Mental percibida por un trabajador y la exposición a la Hipobaría Intermitente Crónica.

Se relacionan los resultados obtenidos de la evaluación de carga de trabajo con la saturación de oxígeno en sangre (SpO₂) y con estudios similares previos.

La muestra consta de 33 trabajadores varones pertenecientes al Departamento de AMG del Observatorio ALMA y que realizan labores de mantenimiento de antenas en el sitio del AOS a 5.050 m.s.n.m. Se aplicó el Cuestionario NASA TLX., método de evaluación subjetivo usado para evaluar la Carga Mental de Trabajo percibida por los trabajadores. Para el análisis de información se utilizaron estadísticas descriptivas y correlación Rho de Spearman mediante software SPSS Statistics 25.

Los resultados dan cuenta de una relación entre las exigencias principalmente mentales como principal fuente de carga para los valores de carga globales de trabajo (26,33%), y de una relación entre la saturación de oxígeno en sangre y la percepción que la persona tiene con su rendimiento (correlación positiva significativa, $r_s = ,394^{**}$).

Para implementar las recomendaciones expuestas en el presente estudio se estiman los costos siguientes: Implementación Mindfulness (140.000 pesos por persona), capacitación Control de Estrés Laboral (140.484 pesos por persona), extensión de Estudio a la totalidad del Observatorio ALMA (2.599.927 pesos), Sistema de Alarma para niveles de Oxígeno (341.518 pesos) y Estudio Ergonómico para Trabajos en Antenas (1.200.000 pesos).

Y finalmente, para implementar un estudio de estas características se estiman costos de aproximadamente 21,02 UF o 602.900 pesos chilenos.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN EJECUTIVO	
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
FUNDAMENTACIÓN	3
ALCANCE	4
METODOLOGÍA	5
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DEL OBSERVATORIO	6
ALMA	
1.1 OBSERVATORIO ALMA	7
1.2 ORGANIGRAMA	8
1.3 UBICACIÓN	9
1.3.1 Región Metropolitana	9
1.3.2 Región de Antofagasta	10
1.3.2.1 Centro de Apoyo a las Operaciones (OSF)	10
1.3.2.2 Sitio de Operaciones del Conjunto de Antenas (AOS)	11
1.4 CÓMO FUNCIONA ALMA	11
1.4.1 Antenas	12
1.4.2 Interferometría	14
1.4.3 Receptores	15
1.4.3.1 Front End	15
1.4.3.2 Back End	16
1.4.4 Fibra Óptica	17
1.4.5 Correlacionador	18
1.4.6 Transportadores	20
1.5 ALMA SAFETY OFFICE	21
1.5.1 Misión	21
1.5.2 Visión	22
1.5.3 Valores	22
1.5.4 Organigrama Safety Office	23
1.6 ALMA EN GRAN ALTITUD GEOGRÁFICA	24
1.6.1 Exámenes de Altura	24
1.6.2 Sistema de Turnos de Trabajo	24

1.6.3 Procedimiento de aclimatación	25
1.6.4 Uso de Oxígeno Medicinal	25
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	27
2.1 HIPOBARIA INTERMITENTE CRÓNICA	28
2.1.1 Tipos de Altitud Geográfica	28
2.1.2 Tipos de Exposición a Altura Geográfica	28
2.1.3 Definición de Hipobaría Intermitente Crónica	31
2.1.4 Hipoxia Hipobárica	32
2.1.5 Efectos	33
2.1.6 Aclimatación	34
2.1.7 Trabajo en Altura Geográfica	34
2.1.7.1 Oxigenación	35
2.1.8 El Cerebro y la Hipoxia	36
2.2 CARGA MENTAL DE TRABAJO	39
2.2.1 Concepto de Carga Mental	39
2.2.2 Factores que Influyen en la Carga Mental	40
2.2.2.1 Variables Personales	40
2.2.2.2 Carga de Tarea	41
2.2.2.3 Factores Ambientales	42
2.2.2.4 Factores Organizacionales	44
2.2.3 Niveles de Carga Mental	44
2.2.3.1 Consecuencias de una Carga Mental Inadecuada	45
2.2.4 Fatiga	45
2.2.4.1 Fatiga Mental	46
2.2.4.1 Características	46
2.2.4.3 Relación con Actividad, Motivación y Absentismo Laboral	47
2.2.4.4 Tipos de Fatiga	48
2.2.5 Evaluación de la Carga Mental	49
2.2.6 Método NASA-Task Load Index (NASA TLX.)	50
2.2.6.1 Aplicación	51
2.2.6.2 Ventajas	53
CAPÍTULO 3: ESTUDIO EVALUATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA HIPOBARIA INTERMITENTE CRÓNICA SOBRE LA CARGA MENTAL DE TRABAJO EN PERSONAL DEL OBSERVATORIO ALMA MEDIANTE MÉTODO NASA TLX	55
3.1 PARTICIPANTES	55
3.2 INSTRUMENTOS	55

3.3 PROCEDIMIENTO	56
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	58
4.1 RESULTADOS	58
CAPÍTULO 5: RECOMENDACIONES Y ESTIMACIÓN DE COSTOS	66
5 RECOMENDACIONES Y ESTIMACIÓN DE COSTOS	67
5.1 RECOMENDACIONES	67
5.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS	69
5.2.1 Estimación de Costos de Recomendaciones	69
5.2.2 Estimación de Costos del Estudio	69
CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXOS	75
ANEXO A. CUESTIONARIO NASA TLX APLICADO	76
ANEXO B. FICHA TÉCNICA NASA TLX DEL MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL	81
ANEXO C. MANUAL ORIGINAL NASA TLX DEL HUMAN PERFORMANCE RESEARCH GROUP DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES AMES DE LA NASA	86
ANEXO D. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE LA APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO EN OBSERVATORIO ALMA.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Organigrama de administración del Observatorio ALMA	8
Figura 1-2. Entrega de la oficina central de ALMA en Santiago	9
Figura 1-3. Vista aérea de Operations Support Facilities (OSF)	10
Figura 1-4. Vista del Llano Chajnantor, antenas y edificio técnico	11
Figura 1-5 Antenas del Observatorio ALMA en el AOS	13
Figura 1-6 Interior de Front End	16
Figura 1-7 Esquema del procesamiento de señales y transferencia de datos de ALMA desde el Front End al Correlacionador	17
Figura 1-8. Excavación e instalación de cableado de fibra óptica	18
Figura 1-9. Correlacionador en Edificio Técnico AOS	19
Figura 1-10. Transportador Lore en procedimiento de relocación de antena en sitio OSF.	21
Figura 1-11. Organigrama del Departamento de Safety	23

Figura 1-12. Operador de transportador utilizando oxígeno medicinal en sitio AOS a 5.050 metros de altura	26
Figura 2-1. Modalidad de exposición aguda a altura geográfica	29
Figura 2-2. Modalidad de exposición crónica a altura geográfica	29
Figura 2-3. Modalidad de exposición crónica intermitente a altura geográfica	30
Figura 2-4. Niveles de oxígeno medidos por la presión parcial de oxígeno disminuyen con el aumento de la altitud.	31
Figura 2-5. Porcentaje de oxígeno en la mezcla de gases de la atmósfera es un 21% a cualquier altitud	32
Figura 2-6. Efectos perjudiciales de la exposición a mediana, gran y extrema altitud sobre las funciones cognitivas	36
Figura 2-7. Ilustración de la corteza cerebral, lóbulos y cerebelo	37
Figura 2-8. Ilustración del Núcleo Estriado y sus componentes	38
Figura 2-9. Ilustración del sistema límbico y sus estructuras, cuyas funciones están relacionadas con las respuestas emocionales, el aprendizaje y la memoria	38
Figura 2-10. Modelo que relaciona las dimensiones de carga de tarea con las dimensiones de carga mental subjetiva y con el estrés	42
Figura 2-11. Modo de puntuación de cada sub escala contemplada por el método NASA TLX	52
Figura 4-1. Niveles educativos de los participantes en porcentaje	58
Figura 4-2. Tipos de tareas registradas en el estudio en porcentajes	59
Figura 4-3. Niveles de carga global de trabajo	60
Figura 4-4. Representación gráfica de las correlaciones de Spearman de la Tabla 4-2.	61
Figura 4-5. Niveles de importancia de cada Puntuación Ponderada en los niveles de carga global	63
Figura 4-6. Porcentajes de Puntuaciones Ponderadas de sub-escalas según los niveles de carga global de trabajo	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Definiciones y operativización de las sub escalas contempladas en el método NASA TLX.	50
Tabla 2-2. Combinaciones posibles entre sub escalas para la fase de ponderación	52
Tabla 4-1. Número y porcentaje correspondiente al sexo del encuestado	58
Tabla 4-2. Número de personas según su cargo	58
Tabla 4-3. Correlaciones Rho de Spearman para tipo de tarea, nivel educativo y nivel de carga global de trabajo.	60
Tabla 4-4. Factores socio-laborales según niveles de carga global de trabajo.	61
Tabla 4-5. Puntuaciones Ponderadas Medias de las sub escalas con respecto al nivel de carga global de trabajo	62
Tabla 4-6. Correlaciones de Spearman entre Puntuaciones Ponderadas de las sub-escalas, la Carga global de trabajo y la Saturación de Oxígeno en Sangre (SpO ₂).	64
Tabla 5-1. Estimación de costos para las recomendaciones.	69
Tabla 5-2. Estimación de costos para el estudio.	70

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A. SIGLAS

AOS: Array Operations Site

OSF: Operations Site Facilities

ALMA: Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array

HIC: Hipobaría Intermitente Crónica

TLX: Task Load Index.

MAM: Mal Agudo de Montaña

EPAA: Edema pulmonar agudo de altitud

ECA: Edema cerebral agudo

B. SIMBOLOGÍAS

m.s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar

SpO₂: Saturación de oxígeno en sangre

PiO₂: Presión inspirada de oxígeno

PO₂: Presión Parcial de Oxígeno

INTRODUCCIÓN

En Chile existe una población significativa de personas que viajan desde sus hogares, ubicados a nivel del mar, hacia sus lugares de trabajo, ubicados sobre los 3.000 m.s.n.m., exponiéndose a Hipobaría Intermitente Crónica. (1)

Los efectos que esta exposición ocasiona son diversos, estos son principalmente perjudiciales ya que son resultado de una hipoxia por altura, es decir, que el cuerpo no está recibiendo el oxígeno necesario para funcionar correctamente, y es el cerebro uno de los órganos más vulnerables (2). Los estudios sobre los efectos que la Hipoxia por altura genera sobre las funciones cognitivas del cerebro no son muchos, pero la mayoría de ellos muestran que aquellos efectos existen y a medida que se asciende estos se van agudizando y agravando (3).

Las funciones cognitivas deterioradas provocan que las personas sientan la necesidad de esforzarse más por lograr ejecutar alguna acción, que, quizá estando su capacidad física y mental completamente en buen estado, no necesitarían esforzarse tanto.

En el trabajo las personas utilizan sus capacidades para hacer frente a las exigencias que una tarea les demanda, esta relación se conoce como carga de trabajo. El presente estudio tiene como principal objetivo el evaluar la carga de trabajo específicamente mental a 5.050 m.s.n.m. y a su vez evaluar la influencia que pueda tener la exposición a Hipobaría Intermitente Crónica sobre esos resultados.

En este documento se mostrarán datos del Observatorio ALMA para comprender su funcionamiento, se abordarán los temas de exposición a Hipobaría Intermitente Crónica y Carga Mental de Trabajo, para luego entender el procedimiento del estudio y sus resultados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de la Hipobaría Intermitente Crónica en la Carga Mental de Trabajo en personal que realiza operaciones de mantenimiento de antenas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el marco teórico relacionado con la Hipobaría Intermitente Crónica y la Carga Mental de Trabajo.
- Aplicar Método NASA TLX en trabajos de mantenimiento de antenas.
- Determinar el nivel de incidencia de la Hipobaría Intermitente Crónica sobre la Carga Mental en los trabajos de mantenimiento de antenas.

FUNDAMENTACIÓN

La Hipobaría Intermitente Crónica se entiende como un peligro que puede condicionar diversos riesgos de enfermedades profesionales e incidentes/accidentes laborales ya que puede afectar de forma negativa a las personas física y cognitivamente. Los pocos estudios que existen orientados a este tema evidencian que a medida que se asciende en altitud geográfica el desempeño humano ocupacional se va viendo cada vez más perjudicado.

El Observatorio ALMA en sus instalaciones ubicadas en el norte de Chile cuenta con personas que se desempeñan laboralmente entre los 2.900 y los 5.050 m.s.n.m. realizando diversas tareas que en su mayoría requieren de especial atención y precisión, un ejemplo de esto son los trabajos de mantenimiento de antenas, una labor altamente crítica debido a que se lleva a cabo más frecuentemente a los 5.050 metros de altitud y que además requiere de un importante esfuerzo cognitivo para ser llevada a cabo correctamente. Es por esto que resulta importante el desarrollo de un estudio que investigue la Carga Mental de Trabajo considerando la altitud geográfica a la que se encuentran, agregando así a la evaluación la posible influencia que genera la Hipobaría Intermitente Crónica, esto permitirá conocer la percepción de los trabajadores en cuanto a sus labores y lograr controlar riesgos importantes como la fatiga mental, una de las consecuencias de Carga Mental de Trabajo inadecuada entre otras, y con esta información ayudar en la protección de la salud y seguridad de las personas. Además, un estudio de este tipo aportaría datos a un campo de investigación en donde no existe mucha información sobre este tema orientado a poblaciones de trabajadores, aun cuando en Chile existe un número significativo de personas que se desempeñan laboralmente en faenas en altitud geográfica, principalmente en el rubro de la minería.

ALCANCE

El presente estudio se aplicará a los trabajadores del Departamento de AMG de ambos turnos expuestos a Hipobaría Intermitente Crónica del Observatorio ALMA que realizan las labores de mantenimiento de antenas en el sitio del AOS, Llano de Chajnantor a 5.050 m.s.n.m. en donde se encuentran en funcionamiento las 66 antenas del observatorio. Se dispone de 6 días seguidos para aplicar el cuestionario desde un domingo a un viernes para así investigar a ambos turnos de trabajo en edificio técnico del sitio AOS.

Las medidas propuestas en el presente trabajo quedarán a disposición del Observatorio ALMA, el cual podrá analizar la implementación futura de estas.

METODOLOGÍA

Al comienzo del estudio se presentan datos generales del Observatorio ALMA y la forma en que éste funciona. Luego se establece un marco teórico orientado a los conceptos claves para la investigación, los cuales son la Hipobaría Intermitente Crónica y la Carga Mental de Trabajo.

Posteriormente, se define el desarrollo de la investigación en la cual se estudió a una muestra de 33 trabajadores varones de ALMA, a los cuales se reclutó cada día que se ascendía al AOS en conjunto con el supervisor del grupo de trabajo. Se les realizó una introducción a la investigación y sus objetivos, para luego proceder con la aplicación del cuestionario NASA TLX. Se llevaba a cabo la primera parte del cuestionario previo a su salida del edificio técnico para hacer las labores de mantenimiento programadas del día, luego se salía a terreno para observar las tareas sin interferir directamente en su trabajo y finalmente se ejecutaba la segunda parte de la evaluación con cuestionario NASA TLX a medida que fueran llegando de terreno.

Al tener ya la totalidad de cuestionarios, y ya finalizada la estadía en el Observatorio ALMA, se procede al análisis de datos la cual se realizó mediante análisis descriptivos y correlaciones, ingresando los cuestionarios al software SPSS Statistics 25. Se obtienen los resultados representados en tablas y gráficos en donde se desea establecer una relación entre la Carga Mental de Trabajo y la exposición a altura geográfica, específicamente a la Hipobaría Intermitente Crónica.

Finalmente se establecen las conclusiones y se proponen medidas a tomar por el Observatorio ALMA para mejorar los niveles de carga de sus trabajadores.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DEL OBSERVATORIO ALMA

1. ANTECEDENTES GENERALES DEL OBSERVATORIO ALMA

La investigación es llevada a cabo en el Observatorio ALMA, el radiotelescopio más grande que existe y el cual está ubicado al norte de Chile. Se le llama también Observatorio del “Universo Oscuro” al ser capaz de captar “luz invisible” (ondas de radio) (4), lo que no es posible obtener con un Observatorio de tipo Óptico.

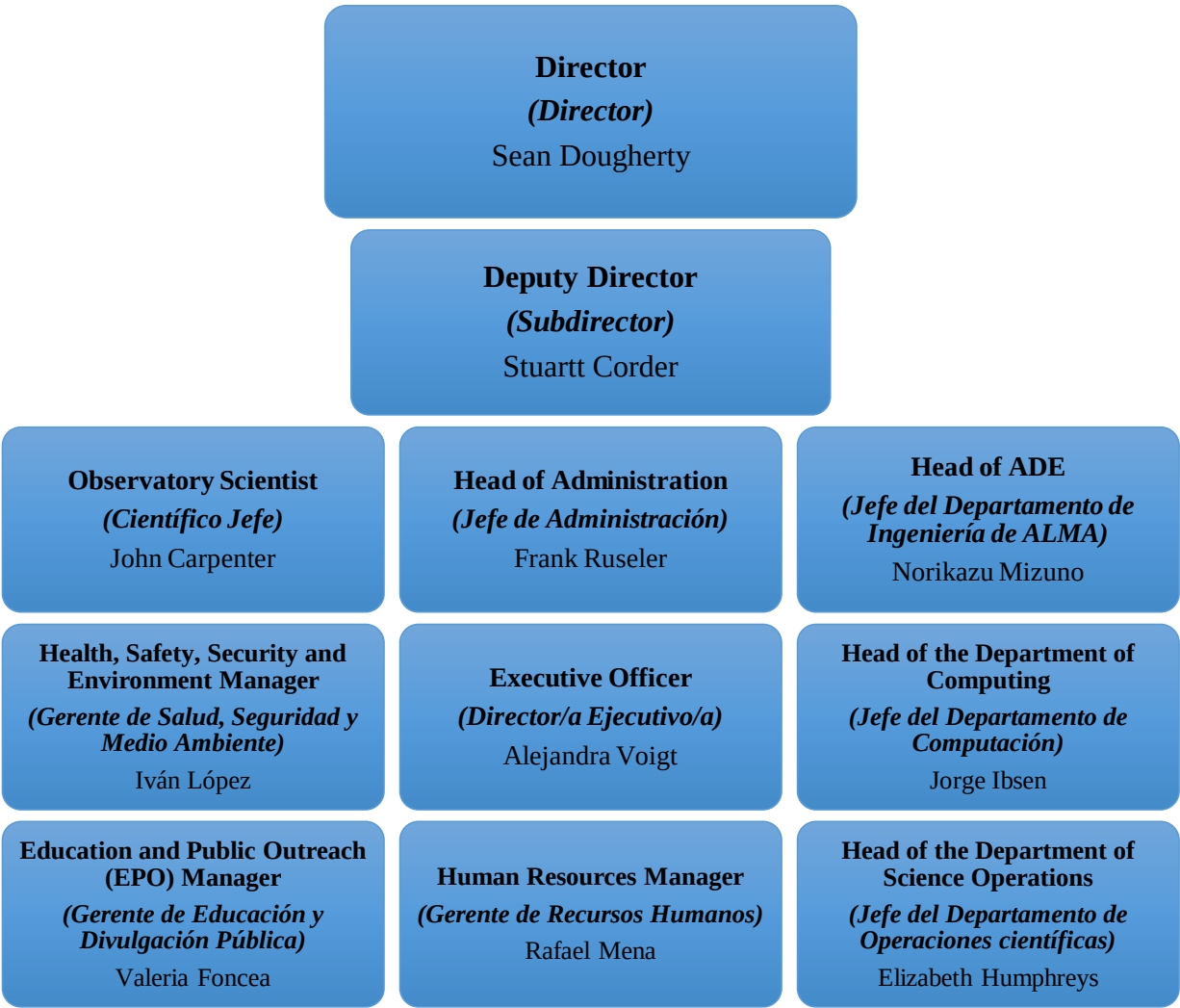
1.1. OBSERVATORIO ALMA

El Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA) es el radiotelescopio más grande que existe. Nace de una asociación internacional entre el Observatorio Europeo Austral (ESO), el Observatorio Nacional de Radioastronomía de EE.UU. (NRAO) y el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ) en colaboración con la República de Chile (1). La finalidad del observatorio consiste en investigar, por ejemplo, el origen del Universo y la formación de galaxias, estrellas y planetas con una resolución inigualable. También estudia el Sol y, en conjunto con otros 7 observatorios, forma parte del Telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT) (2) logrando obtener la primera imagen de un agujero negro en el centro de la galaxia Messier 87 a 55 millones de años luz de la Tierra en el año 2019 (3).

1.2. ORGANIGRAMA

El Observatorio ALMA posee un equipo humano de trabajo el cual vela permanentemente por el funcionamiento óptimo de éste en todos sus aspectos. Dicho equipo humano de trabajo se organiza en diversos departamentos, cada uno orientado a cada área a abordar del Observatorio.

La estructura departamental y jerárquica del Observatorio ALMA se representa gráficamente en el siguiente Organigrama (Figura 1-1).



Fuente: <https://www.almaobservatory.org/es/sobre-alma/equipo-humano/administracion-de-alma/>

Figura 1-1. Organigrama de administración del Observatorio ALMA

1.3. UBICACIÓN

El Observatorio ALMA se encuentra ubicado en Chile, específicamente en la Región Metropolitana y en la Región de Antofagasta, en donde se encuentra físicamente el Observatorio ALMA con sus antenas en el Llano de Chajnantor.

1.3.1. Región Metropolitana

Las oficinas administrativas de ALMA se encuentran en la ciudad de Santiago, comuna de Vitacura (Figura 1-2). Allí trabajan astrónomos, profesionales administrativos y técnicos, apoyando la labor del resto de los trabajadores que están en el observatorio, al norte del país. Entre las tareas realizadas en Santiago, está la de los astrónomos que reducen los datos captados por el telescopio de tal forma que sus colegas que obtuvieron tiempo de observación reciban un paquete comprensible de información para sus investigadores.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-2. Entrega de la Oficina Central de ALMA en Santiago.

1.3.2. Región de Antofagasta

En la Región de Antofagasta se ubica físicamente el Observatorio ALMA, el cual posee la mayoría de sus instalaciones en el sitio del OSF y las antenas se encuentran en el Llano de Chajnantor en el sitio del AOS.

1.3.2.1. Centro de Apoyo a las Operaciones (OSF)

El Centro de Apoyo a las Operaciones (OSF, por su sigla en inglés) se encuentra ubicado a 2.900 m.s.n.m. en plena Cordillera de los Andes (Figura 1-3). Es el lugar en donde se llevan a cabo la mayor parte de las actividades del observatorio, albergando la sala de control de antenas, laboratorios, talleres, policlínico, oficinas, turbinas generadoras de energía eléctrica, el campamento de contratistas y la residencia. Fue y es el centro de todas las actividades de ensamble-integración-verificación (AIV) de antenas, operación realizada originalmente en tres áreas distintas: VERTEX de Norteamérica, MELCO de Japón y Consorcio AEM de Europa. Dichos trabajos hoy en día son realizados mayormente en VERTEX, instalación que pasó a ser de ALMA hace un tiempo atrás.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-3. Vista aérea de Operations Support Facilities (OSF).

1.3.2.2. Sitio de Operaciones del Conjunto de Antenas (AOS)

El Sitio de Operaciones del Conjunto de Antenas (AOS, por su sigla en inglés) se encuentra ubicado a 5.050 m.s.n.m. y es el lugar en donde se encuentran las 66 antenas y el Edificio Técnico, el cual alberga los sistemas del Back End y el Correlacionador (Figura 1-4). Las labores humanas realizadas allí se ven limitadas al mínimo absoluto debido a la gran altura geográfica. Las actividades que se llevan a cabo en AOS generalmente son relacionadas a mantención preventiva y correctiva de antenas, mantención de caminos, supervisión de trabajos, controles por policlínico y mantenimiento y verificación de correlacionador.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-4. Vista del Llano Chajnantor, antenas y edificio técnico.

1.4. CÓMO FUNCIONA ALMA

El Observatorio ALMA se caracteriza principalmente por su gran número de antenas, las que son capaces de combinarse y entre todas formar un solo telescopio de 16 kilómetros de diámetro máximo. Además, posee dos máquinas gigantes únicas en el mundo llamadas transportadores, las que permiten que las antenas puedan moverse de un lugar a otro con gran cuidado y precisión. Son muchos otros los aspectos que hacen que el Observatorio ALMA sea un radiotelescopio tan poderoso entre los de su tipo, los cuales se abordarán en los títulos siguientes.

1.4.1. Antenas

El Observatorio ALMA cuenta actualmente con 66 antenas, 54 de 12 metros de diámetro (Figura 1-5) y 12 de 7 metros de diámetro. El radiotelescopio combina señales provenientes de cada una, funcionando como un interferómetro, es decir, un único telescopio gigante de aproximadamente 16 kilómetros, equivalente al conjunto completo de antenas ubicadas a la mayor distancia posible alcanzando su máxima capacidad.

Con formas parabólicas perfectas, de una precisión equivalente a tan solo una fracción del espesor del cabello humano, las convierte en una de las antenas más exactas que existan en el mundo.

A diferencia de un telescopio que se construye y permanece en un mismo lugar, estas antenas son lo suficientemente sólidas para ser desplazadas entre diversas bases sin que sus mecanismos de alta precisión sufran daños. Esto puede ser posible gracias a los transportadores, máquinas especialmente diseñadas para estas antenas, que las reposicionan según las necesidades de observación que se requiere realizar.

Además, no necesitan estar protegidas por un domo o una cúpula. Si bien sus reflectores quedan expuestos a las condiciones extremas existentes a los 5.050 metros de altitud en el Llano de Chajnantor, enfrentando fuertes vientos, temperaturas fluctuantes entre 20 y -20 grados Celsius, e incluso nieve, estas antenas están diseñadas para soportar todas las condiciones.

La parte más visible de una antena es el reflector. Cada uno tiene la misma función que el espejo de un telescopio óptico: captar la radiación proveniente de objetos astronómicos distantes y dirigirla hacia un detector (Front End) que mide niveles de dicha radiación. Lo que distingue a todos los telescopios es la longitud de onda de la radiación absorbida. La luz visible captada por los telescopios ópticos, con sus longitudes de onda de entre 380 y 750 nanómetros, constituye una pequeña fracción del espectro de radiación electromagnética. Cuando tenga todas sus bandas receptoras habilitadas, ALMA captará la radiación proveniente del espacio en longitudes de onda más largas, de entre unos pocos cientos de micrómetros hasta aproximadamente 1 milímetro, cerca de mil veces más largas que las ondas de luz visible. Estas longitudes de onda se conocen, como es de suponer, como radiación milimétrica y submilimétrica, las que se pueden encontrar en el espectro electromagnético en las ondas de radio.

El hecho de que los reflectores de ALMA sean paneles metálicos y no espejos se debe a la longitud de onda para las que están diseñados. Las superficies reflectantes de cualquier telescopio deben ser prácticamente perfectas, ya que cualquier imperfección levemente

superior a la longitud de onda que capta impide que la antena obtenga datos correctos. Como las antenas de ALMA detectan longitudes de onda más largas que las de la luz visible, con una precisión de hasta 25 micrómetros (mucho más finas que el espesor de una hoja de papel), no necesitan reflectores de espejo. Por lo tanto, aunque los reflectores de ALMA parezcan receptores satelitales gigantes, para un fotón con longitud de onda submilimétrica (partícula portadora de radiación electromagnética) son superficies reflectantes casi perfectas y muy precisas.

Por un lado, las superficies de los reflectores son rigurosamente controladas y, por otro, las antenas pueden ser desplazadas y apuntadas con una precisión angular de 0,6 arcosegundos (un arcosegundo corresponde a $1/3.600$ partes de un grado), suficiente para distinguir una pelota de golf a una distancia de 15 kilómetros.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-5. Antenas del Observatorio ALMA en el AOS.

1.4.2. Interferometría

La interferometría es un método que combina la luz de dos o más telescopios, permitiendo a los astrónomos escoger los detalles de un objeto que está siendo observado, usando espejos o antenas que miden cientos de metros de diámetro. La distancia entre dos telescopios, también conocida como separación, forma una línea de base, que es efectivamente el diámetro del telescopio “virtual” creado por la interferometría. Cuando se utiliza la luz de varios telescopios las separaciones entre cada par de telescopios constituyen una línea base diferente, y el diámetro efectivo del telescopio corresponde a la mayor separación de la matriz. Cuantas más líneas de base se utilicen, más información se obtiene sobre un objeto, ya que cada línea de base distinta revela una pieza diferente del rompecabezas de información que compone una imagen completa. Se puede pensar en términos musicales que, si la imagen de un objeto astronómico representa la canción completa, entonces cada línea de base representa las notas individuales que componen la pieza. Cuantas más líneas de base tengamos, más notas se obtienen, y más completa será la versión de la canción.

Además, como el planeta Tierra rota, la orientación de las diferentes líneas de base con respecto al objeto observado cambia, dando como resultado la adquisición de más información. Así que cuantos más telescopios se utilicen, más líneas de base y más información se obtendrá. Es el caso tanto de la interferometría en el óptico como en ondas de radio.

En radiointerferometría ALMA lidera su propia revolución. Con la posibilidad de combinar hasta 66 antenas con 1225 líneas de base y una distancia máxima entre las antenas de 16 kilómetros. ALMA tiene la mayor resolución posible para cualquier radioastrónomo, hasta diez veces mejor que la lograda por el Telescopio Espacial Hubble de NASA/ESA.

Cada telescopio en interferometría observa el mismo objeto astronómico, y cada uno recoge parte de luz que emite. Sin embargo, la interferometría sólo funciona si la luz recibida por cada telescopio se combina con éxito. Utilizando la analogía musical, se debe recoger las notas musicales individuales y combinarlas con el fin de obtener la canción completa. Sin embargo, debido a cómo viajan las ondas de luz desde el objeto a través del espacio y a través de la atmósfera de la Tierra, llegan a cada telescopio en momentos ligeramente diferentes. Así que cuando se combinan los haces, cada interferómetro necesita un sistema para compensar estas pequeñas diferencias de tiempo para asegurar que los haces de luz alcanzan el detector a la vez. En el caso de ALMA, las ondas de radio se combinan electrónicamente dentro de una poderosa computadora llamada

correlacionador. Las longitudes de onda más largas son más fáciles de combinar, y esa es la razón por lo que la interferometría de radio se ha desarrollado mucho antes que la óptica.

1.4.3. Receptores

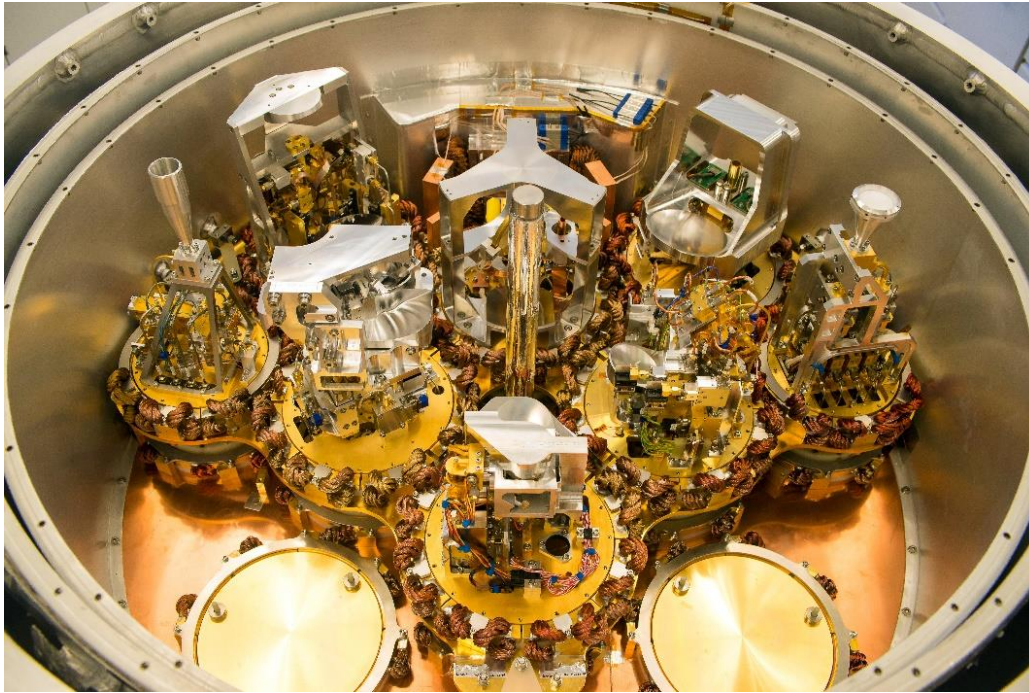
En el proceso de captación de señales de radio, ALMA posee dos receptores encargados de obtener la señal de radio y transformarla a datos que puedan ser procesados posteriormente por el correlacionador, los cuales son el Front End y el Back End.

1.4.3.1. Front End

El sistema de Front End de ALMA (Figura 1-6) es el primer elemento en una cadena compleja de recepción, conversión, procesamiento y grabación de señales. Está diseñado para captar señales de diez bandas de frecuencia diferentes. Lejos, este sistema es superior a cualquiera existente. De hecho, productos derivados de los prototipos de ALMA están mejorando las sensibilidades de otros radiotelescopios en el mundo. Las unidades del Front End se componen de numerosos elementos, producidos en distintos lugares en Europa, América del Norte, Asia del Este y Chile.

El elemento individual más grande del sistema Front End es el criostato y su criorefrigerador adjunto. Permite mantener los receptores a temperaturas extremadamente frías.

Los criostatos contienen receptores o bandas montados en “cartuchos” y pueden ser instalados o reemplazados en forma relativamente fácil. La óptica “tibbia”, la parte que se encuentra en la zona “menos fría” del criostato, las ventanas y los filtros infrarrojos correspondientes fueron entregados por el Instituto de Radioastronomía Milimétrica de Francia (IRAM). La temperatura de operación de los criostatos es extremadamente baja, llegando a cuatro grados Kelvin (equivalente a -269 grados Celsius).

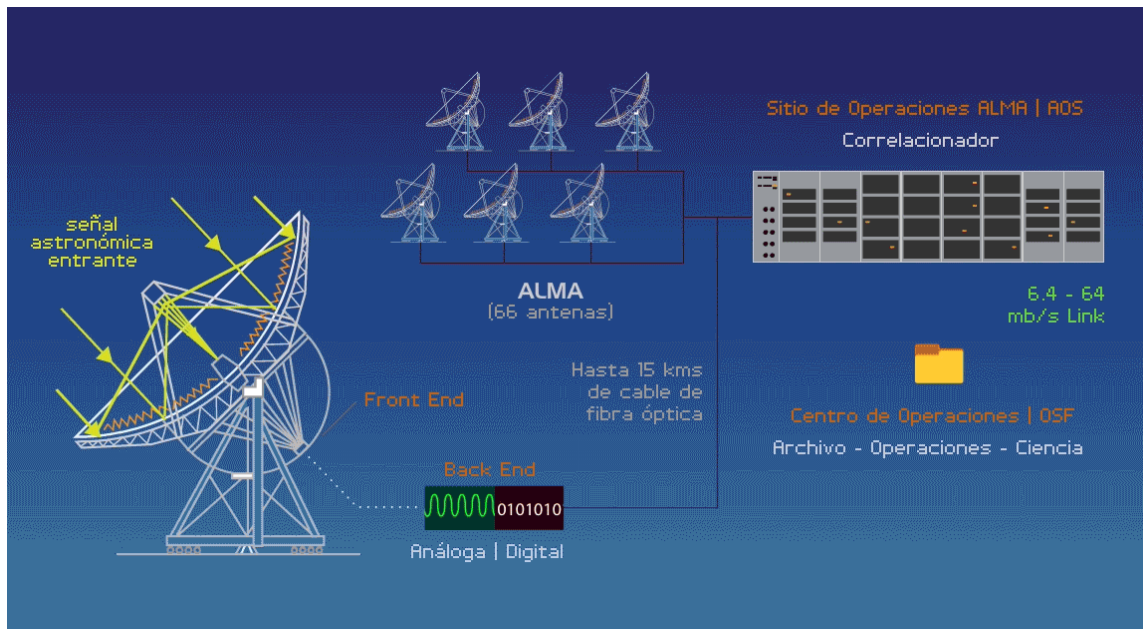


Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-6. Interior de Front End.

1.4.3.2. Back End

Los sistemas del Back End de ALMA convierten las señales análogas recibidas por las unidades del Front End instaladas en cada antena a señales digitales, enviando estas últimas al Correlacionador instalado en el Edificio Técnico del Sitio de Operaciones del Conjunto (AOS). El procesamiento de señales y la transferencia de datos se muestran en el siguiente esquema (Figura 1-7).



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-7. Esquema del procesamiento de señales y transferencia de datos de ALMA desde el Front End al Correlacionador.

Los datos analógicos, producidos por la electrónica del Front End, se procesan y digitalizan antes de entrar en el codificador de datos, seguido por las unidades transmisoras por fibra óptica y los multiplexores. Todos estos elementos están instalados en las cabinas del receptor de cada antena. Las señales ópticas entonces son transmitidas por la fibra al Edificio Técnico del AOS donde son demultiplexadas y deformateadas antes de entrar en el Correlacionador.

1.4.4. Fibra Óptica

El medio de transmisión de datos utilizado por ALMA es la fibra óptica. Gracias a ésta no sólo se transmiten los datos astronómicos, sino que se realizan todas las comunicaciones del observatorio, así como los procesos necesarios para la recepción de datos de las antenas

La fibra se extiende por el desierto de Atacama, desde cada base de antena hasta el Correlacionador y desde el OSF hasta el AOS (Figura 1-8). Se estima que hay más de mil kilómetros de fibra óptica para el funcionamiento del observatorio.

Las antenas se colocan en plataformas de concreto llamados bases o pads especialmente diseñados para garantizar su ubicación y orientación. Existen 192 bases de forma

triangular distribuidas en el llano de Chajnantor. Las antenas se conectan a las bases en tres puntos ubicados en los vértices de cada triángulo, a las cuales se fijan.

Estas fundaciones están equipadas con dos bóvedas que contienen la electricidad, la comunicación, el oscilador local (LO) y los cables de transmisión de datos que se conectan una vez que la antena se coloca sobre la base.

Uno de los procesadores más potentes del mundo trabaja a una frecuencia máxima de 5 GHz, sin embargo, las frecuencias recibidas por ALMA desde el Universo empiezan en los 30 GHz, llegando en su máxima capacidad a recibir 950 GHz. Para procesar estas señales, se utilizan los osciladores locales que, bajo el Principio Heterodino, reducen la frecuencia recibida desde el espacio a una que pueda ser procesada, en este caso entre los 2 y los 4 GHz. Por eso ALMA posee dos osciladores por cada antena: uno en el Front End y otro en el Back End.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-8. Excavación e instalación de cableado de fibra óptica.

1.4.5. Correlacionador

Para conformar imágenes a partir de longitudes de onda milimétricas reunidas por múltiples antenas ALMA necesita de un poder computacional absolutamente colosal. Las señales provenientes de cada par de antenas deben ser matemáticamente comparadas miles de millones de veces por segundo. Debido a esto se decidió la construcción de uno de los supercomputadores más rápidos del mundo, el Correlacionador de ALMA (Figura 1-9).

El Correlacionador, instalado en el Edificio Técnico del AOS a 5.050 metros de altitud, es el último componente del proceso de captación de ondas cósmicas. Es un sistema de procesamiento de datos muy grande, compuesto de cuatro cuadrantes, cada uno de los cuales puede procesar datos que llegan de hasta 504 pares de antenas. El Correlacionador completo tiene 2.912 circuitos impresos, 5.200 cables de interfaz y más de 20 millones de puntos de soldadura. Las partes integrantes del Correlacionador son las tarjetas del Banco de Filtros Sintonizables (TFB por sus siglas en inglés). La distribución es tal que cuatro TFB son necesarias para los datos que llegan desde una sola antena. Estas tarjetas han sido desarrolladas y optimizadas por la Universidad de Burdeos en Francia.

ALMA cuenta con 54 antenas de 12 metros de diámetro y 12 antenas de 7 metros de diámetro. Estas últimas, además de cuatro de las grandes, conforman el Conjunto Morita o Conjunto Compacto de Atacama (ACA). Este permite a ALMA realizar mejores observaciones de objetos más amplios en el Universo, como las nubes gigantes de gas molecular que están en la Vía Láctea. El Correlacionador del ACA está diseñado para procesar las señales detectadas por las antenas del ACA. Este consiste en 52 módulos conectados unos a otros a través de fibra óptica, los cuales están instalados en 8 racks en el Edificio Técnico del AOS. Los espectros de potencia resultantes de la correlación son transferidos a los computadores de procesamiento de datos del ACA, transformando fotones a fotos.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-9. Correlacionador en Edificio Técnico AOS.

1.4.6. Transportadores

Una de las características que hace a ALMA un telescopio tan potente es su capacidad para mover las antenas de un lugar a otro. Cada antena pesa más de 100 toneladas y contiene componentes de última generación que no pueden estar sin energía; por lo que se necesitan vehículos especiales para desplazarlas. Los ingenieros idearon vehículos lo suficientemente resistentes y duraderos como para transportar cada antena por los 28 kilómetros que separan el OSF y el AOS, así como para reubicarlas en el mismo AOS.

ALMA utiliza dos camiones gigantes con estas características: Otto y Lore (Figura 1-10). Cada uno tiene 20 metros de largo, 10 metros de ancho y 6 metros de alto, y se desplaza sobre 28 ruedas. Su peso sin carga asciende a 130 toneladas. Para transportar tanto peso se necesita mucha potencia, por lo que cada camión está equipado con dos motores diesel de aproximadamente 700 caballos de fuerza, equivalente a 500 kW, y dos tanques de 1.500 litros. Pese a su tamaño y potencia, estos transportadores son capaces de posicionar las antenas con una precisión milimétrica sobre las plataformas y mantenerlas con energía durante su transporte.

En la construcción de Otto y Lore se instalaron sistemas de frenado y dispositivos de seguridad especiales para prevenir accidentes y proteger las costosas antenas de ALMA. El respaldo del asiento del conductor tiene una forma que le permite utilizar el tanque de oxígeno mientras conduce, lo que es necesario a gran altitud. Sin embargo, el conductor no es el único en sentir el efecto de la altura: cada uno de los motores de 700 caballos de Otto y Lore desarrollan apenas unos 450 caballos (320 kW) al acercarse al llano situado a 5.000 metros.

Los camiones avanzan a una velocidad máxima de 20 km/h, que se limita a 12 km/h cuando transportan una antena. Esto puede no ser muy rápido, pero en su diseño se dio prioridad a la seguridad y a la precisión. Durante los procesos de carga y descarga de una antena, o en cualquier otra maniobra delicada, los camiones pueden ser operados por control remoto, lo que permite al conductor estar fuera del camión y vigilar de cerca el procedimiento.

Sin estas máquinas únicas que permiten transportar las antenas, el radiotelescopio ALMA sería imposible de operar. Un observatorio moderno requiere numerosas tecnologías de punta.



Fuente: www.eso.org

Figura 1-10. Transportador Lore en procedimiento de relocación de antena en sitio OSF.

1.5. ALMA SAFETY OFFICE

El Departamento encargado de la Salud, Seguridad y Medio Ambiente en el Observatorio ALMA es el Departamento de Safety (ALMA Safety Office), el cual se compone de un equipo humano enfocado principalmente en la Seguridad y Bienestar de las personas, y el cuidado del Medio Ambiente.

1.5.1. Misión

“La misión de la Oficina de Seguridad de ALMA es apoyar el compromiso a largo plazo del Observatorio ALMA con sus responsabilidades de salud y seguridad con los miembros del personal contratado, contratistas y visitantes. La misión de la Oficina de Safety también incluye apoyar el compromiso de ALMA con la protección medioambiental del sitio del proyecto”.

1.5.2. Visión

“ALMA es reconocido como un líder global en radioastronomía, maximizando el valor para la comunidad científica a través de considerar en la toma de decisiones al medioambiente, salud y seguridad. Nuestra visión es establecer y mantener un ambiente saludable y seguro en todas las instalaciones de ALMA. Nuestro enfoque para lograr esta visión será integrar la seguridad dentro de los deberes de supervisión de la gerencia de ALMA, y capacitar a los empleados para mejorar su conciencia y conocimiento acerca de la seguridad. El Programa de Seguridad de ALMA está diseñado para:

- Proteger al personal y visitantes a través de una preparación continua, rentable y sostenible, la cual es resistente a las amenazas y preparada para desastres naturales.
- Desarrollar una política de seguridad que incluya a la gerencia, empleados y otras partes interesadas principales.
- Establecer objetivos desafiantes en todos los niveles para reducir lesiones relacionadas con el trabajo.
- Asegurar un sistema de gestión de seguridad efectivo dirigido para gerentes apoyado por un representante de safety.
- Enfatizar un diseño seguro y aprender de accidentes e incidentes.
- Entregar servicios de salud y seguridad, incluyendo una formación, capaces de satisfacer necesidades en el trabajo.
- Asegurar que las acciones de los contratistas, proveedores, clientes y socios sean consistentes con nuestros estándares.
- Desarrollar una cooperación internacional para compartir conocimiento y experiencia sobre seguridad con nuestros socios.
- Cumplir o superar los requisitos reglamentarios y aplicar los estándares industriales, códigos y mejores prácticas en ausencia de regulaciones.

Participar proactiva y constructivamente en la formulación de la política de seguridad.”

1.5.3. Valores

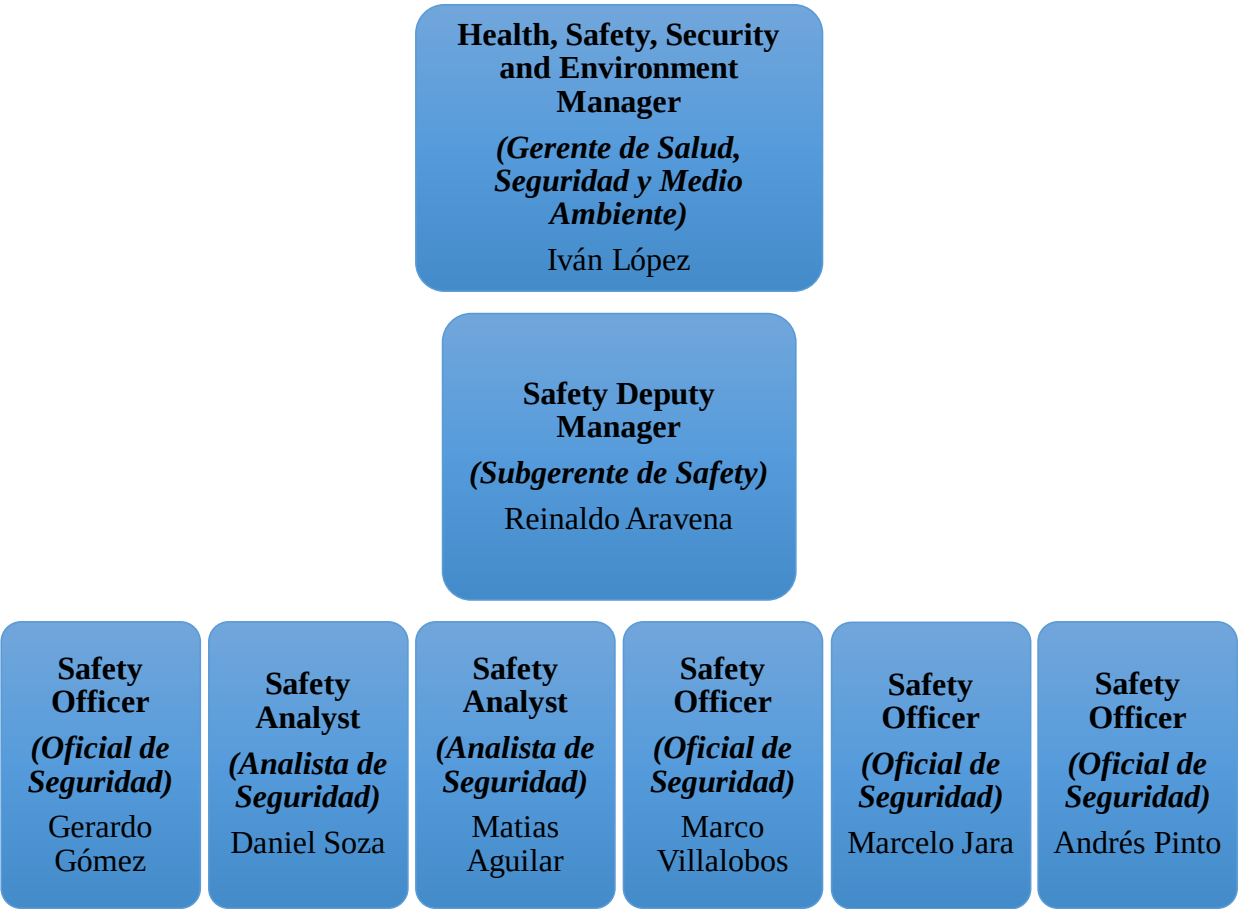
“La Oficina de Seguridad de ALMA:

- No comprometerá nuestros estándares de seguridad por lograr otras metas.
- Apoyará e implementará un ambiente de trabajo orientado al equipo, asegurando cooperación y profesionalismo.

- Mantener altos estándares de rendimiento en medio ambiente, seguridad y salud, y realizar un trabajo con discreción e integridad, para proveer de objetivos, e información y análisis imparcial.
- Por lo tanto, participa en una comunicación rápida, abierta y completa con todas las partes interesadas de ALMA sobre temas ambientales, de seguridad y protección.”

1.5.4. Organigrama Safety Office

El equipo humano del Departamento de Safety de ALMA está encabezado por el Gerente de Safety, seguido por el Subgerente de Safety y el grupo de Safety Analyst y Officers, como se puede apreciar en la siguiente representación gráfica (Figura 1-11).



Fuente: Safety Manual de Observatorio ALMA.

Figura 1-11. Organigrama del Departamento de Safety.

1.6. ALMA EN GRAN ALTITUD GEOGRÁFICA

Las operaciones del Observatorio ALMA se llevan a cabo principalmente entre los 2.900 y los 5.050 m.s.n.m., lo que expone a las personas que trabajan en el sitio a la Hipoxia por Hipobaría Ambiental. Es por esta razón que, como organización, ALMA lleva a cabo una serie de acciones preventivas de monitoreo a la salud de sus trabajadores para reducir los efectos que esta exposición pueda llegar a provocar durante su turno laboral.

1.6.1. Exámenes De Altura

El permanecer y llevar a cabo actividades laborales en el Observatorio ALMA exige a sus trabajadores mantener un estado de salud compatible con el ambiente en el que este se encuentra y es por esta razón que ALMA como organización se toma muy en serio el monitoreo a la salud de sus trabajadores. El Observatorio, entre otras cosas, exige que se renueven los exámenes ocupacionales de su personal de manera anual, aun cuando la Normativa Legal chilena reconozca una vigencia de hasta 3 años (según edad) de estos exámenes (4).

1.6.2. Sistema De Turnos De Trabajo

El sistema de turnos del Observatorio ALMA para sus trabajadores consta de 8 días de trabajo en altura, seguidos de 6 días de descanso principalmente a nivel del mar o donde se ubique su domicilio, y en algunos casos, se utilizan turnos cortos de 4 días de trabajo en altura, seguidos de 3 días de descanso.

1.6.3. Procedimiento de Aclimatación

En el Observatorio ALMA existen requisitos para el ascenso desde los 2.900 a los 5.050 m.s.n.m. para todos los trabajadores, el que consta de lo siguiente:

- Dependerá del día de turno de la persona el tiempo que puede permanecer en el sitio del AOS a 5.050 m.s.n.m.:
 - Primer día: no se puede ascender.
 - Segundo día: se puede ascender y permanecer sólo 4 horas en el sitio AOS.
 - Tercer día: se puede ascender y permanecer sólo 6 horas en el sitio AOS.
 - Cuarto día y más: se puede ascender y permanecer 8 horas en el sitio AOS.
- Previo al ascenso hacia el AOS se monitorea el estado de salud del trabajador en policlínico del sitio OSF.
- Durante la jornada laboral llevada a cabo en el sitio AOS, el personal del policlínico monitorea y registra la saturación de oxígeno de todas las personas en el sitio con un oxímetro, ya sea dentro del edificio técnico o en terreno.

1.6.4. Uso de Oxígeno Medicinal

Todos los trabajadores del Observatorio ALMA que deban ascender al sitio AOS a 5.050 m.s.n.m. deben dirigirse al policlínico en donde monitorearán su estado de salud y les proporcionaran una mochila, un tanque de oxígeno portátil y cánulas para su administración. Todas las personas, ya sea en ascenso, permanencia o descenso del AOS, deben usar oxígeno medicinal (Figura 1-12), todo el tiempo. Esto a excepción de encontrarse dentro del Edificio Técnico del sitio AOS el cual se encuentra oxigenado durante la jornada laboral de día.

El uso de oxígeno en el sitio del AOS se vigila constantemente en terreno por parte del Departamento de Safety y Policlínico.



Fuente: www.almaobservatory.org

Figura 1-12. Operador de Transportador utilizando oxígeno medicinal en sitio AOS a 5.050 metros de altura.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

Como marco teórico para el presente estudio se establece el profundizar en dos conceptos importantes para la comprensión de la investigación: la Hipobaría Intermitente Crónica y la Carga Mental de Trabajo.

2.1. HIPOBARIA INTERMITENTE CRÓNICA

La Hipobaría Intermitente Crónica (HIC) es una condición laboral a la que se exponen los trabajadores que se desempeñan en altura geográfica sobre los 3.000 m.s.n.m. en forma intermitente, es decir, por turnos rotativos principalmente (5).

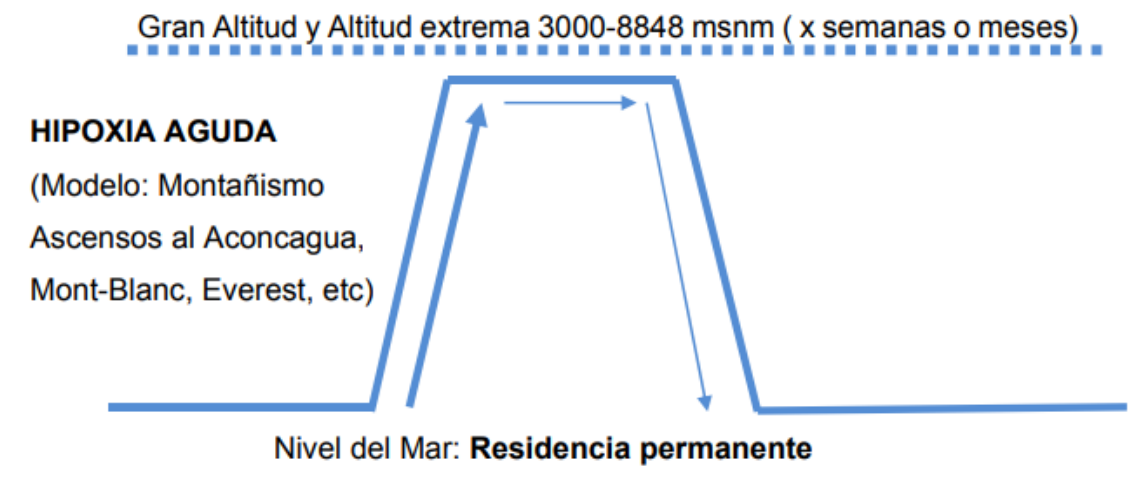
2.1.1. Tipos de Altitud Geográfica (7)

- Mediana Altitud: Altitud geográfica igual o superior a 2.000 m.s.n.m. e inferior a 3.000 m.s.n.m.
- Gran Altitud: Altitud geográfica igual o superior a los 3.000 m.s.n.m. e inferior a 5.500 m.s.n.m.
- Extrema Altitud: Altitud geográfica igual o superior a 5.500 m.s.n.m.

2.1.2. Tipos de Exposición a Altura Geográfica

Existen tres tipos distintos, los cuales son determinados por el tipo de exposición de la persona a la altura geográfica (6):

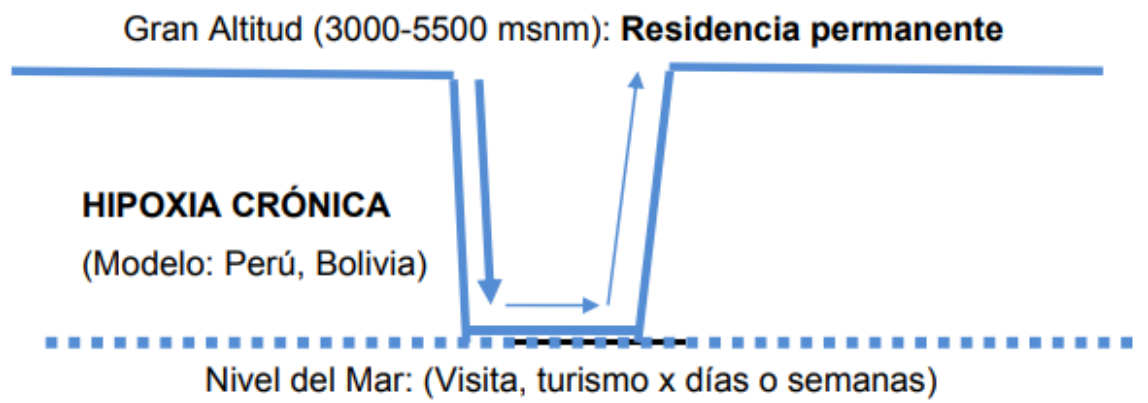
- Exposición Aguda: Es una exposición con una duración de horas hasta 2 o 3 días (Figura 2-1), propia de los escaladores, turistas, vendedores, fiscalizadores, inspectores, auditores, miembros de directorios, autoridades, artistas, etc (9).



Fuente: “El Trabajo en Hipobaría Intermitente Crónica a Gran Altitud en Chile: Búsqueda de Estrategias Preventivas para la Fase Aguda” de Juan Silva Urra

Figura 2-1. Modalidad de exposición aguda a altura geográfica.

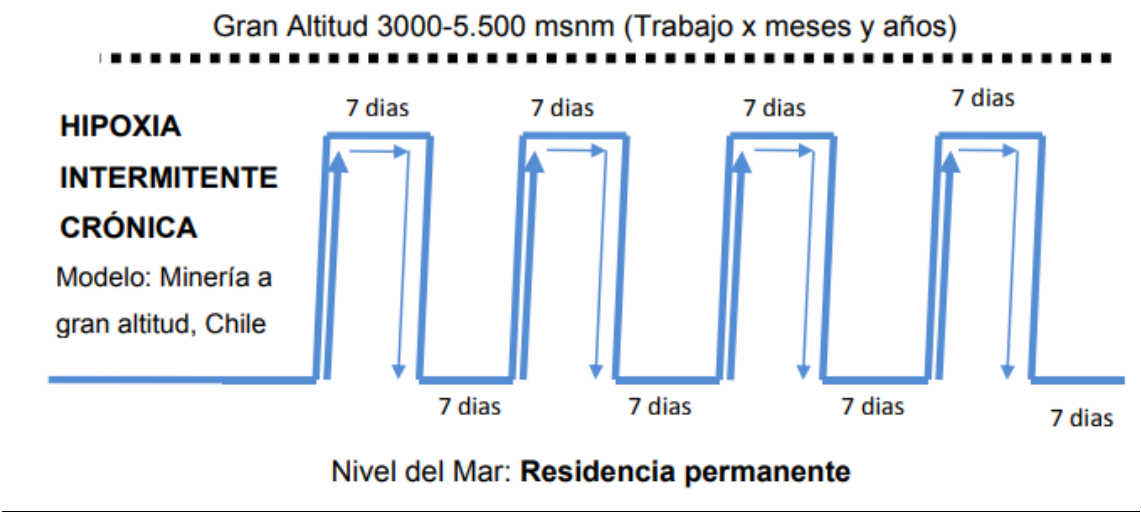
- Exposición Crónica: Consta de una exposición de grandes períodos de tiempo como los de residentes permanentes y nativos de altitud (Figura 2-2). Se presenta en Chile en las comunas como Putre, General Lagos, Colchane y Ollagüe, entre otros (9).



Fuente: “El Trabajo en Hipobaría Intermitente Crónica a Gran Altitud en Chile: Búsqueda de Estrategias Preventivas para la Fase Aguda” de Juan Silva Urra.

Figura 2-2. Modalidad de exposición crónica a altura geográfica.

- Exposición Intermitente Crónica: Consta de una exposición discontinua a gran altitud por motivos laborales por más de 6 meses, con una permanencia mínima del 30% de ese tiempo en sistemas de turnos rotativos en gran altitud y descanso a baja altitud (7), como se puede apreciar en la Figura 2-3. En Chile, y progresivamente en otros lugares del mundo, ha cobrado importancia éste tipo de exposición. En exposición a Hipobaría Intermitente Crónica se encuentran operadores turísticos, transportistas transandinos, mineros, astrónomos, exploraciones geohidrológicas, construcciones en alta montaña, rescatistas, guías y entrenadores de montañismo, servicios de fronteras y soberanía (6). La cantidad de personas bajo esta condición en Chile alcanza a las 140.000 personas aproximadamente (8).



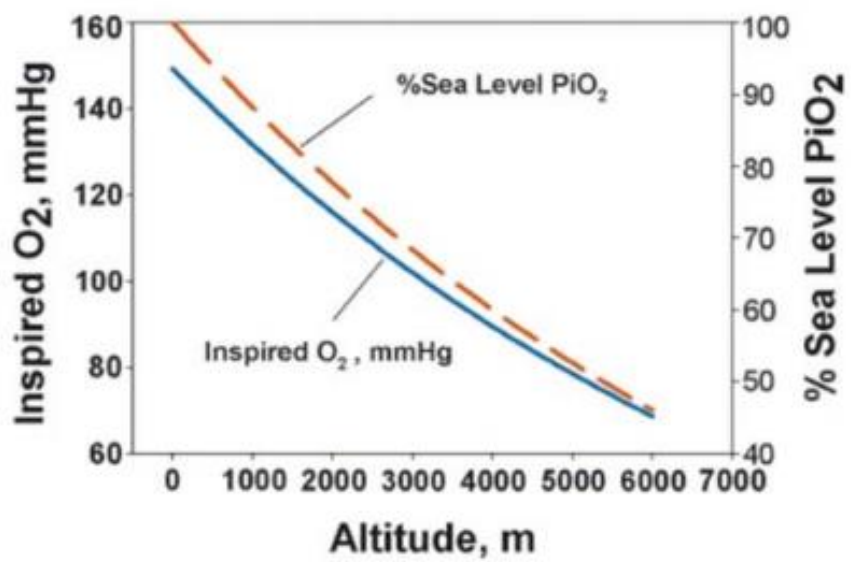
Fuente: “El Trabajo en Hipobaría Intermitente Crónica a Gran Altitud en Chile: Búsqueda de Estrategias Preventivas para la Fase Aguda” de Juan Silva Urra.

Figura 2-3. Modalidad de exposición crónica intermitente a altura geográfica.

2.1.3. Definición de Hipobaría Intermitente Crónica

La Hipobaría es la disminución de la presión barométrica respecto del nivel del mar (9), disminuyendo también la presión parcial de oxígeno lo que provoca una reducción en la disponibilidad de éste (5). La Hipobaría Intermitente Crónica se entiende como un peligro que puede condicionar riesgos de enfermedades profesionales de la altura, riesgos de incidentes/accidentes por somnolencia y mala calidad de sueño, fatiga por reducción de capacidad aeróbica y enfermedades por agentes químicos respirables (6).

En la Figura 2-4 se puede observar que los niveles de oxígeno medidos por la presión parcial de oxígeno (línea continua) o como un porcentaje de los valores del nivel del mar (líneas discontinuas) disminuyen con el aumento de la altitud, una situación llamada Hipoxia Hipobárica o altitud elevada. La atmósfera contiene 21% de oxígeno en todas las altitudes (10).

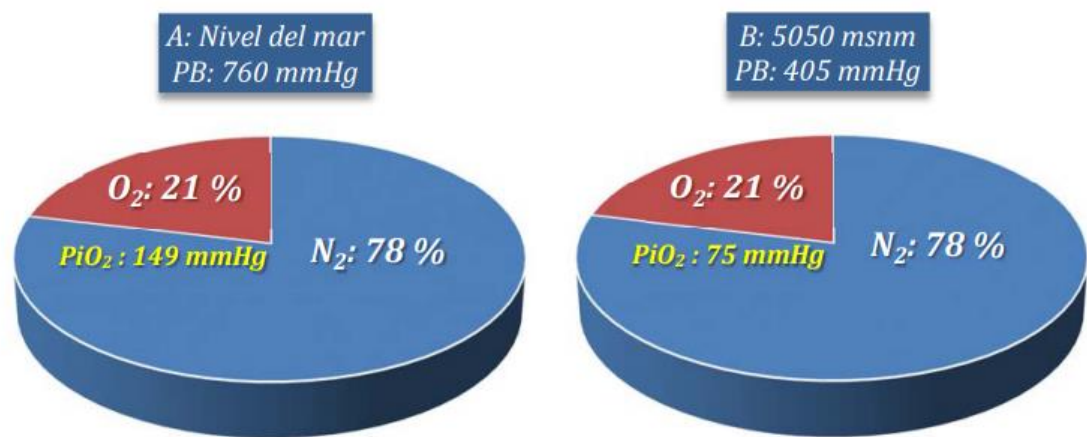


Fuente: “Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives” de Cynthia M. Beall.

Figura 2-4. Presión parcial de oxígeno según altitud.

2.1.4. Hipoxia Hipobárica

La Hipoxia es la disminución del aporte de oxígeno a las células lo que limita la producción de energía a niveles por debajo de los requerimientos celulares, con lo que se enlentecen todos los procesos metabólicos celulares (9). Ahora, cuando existe una exposición a altura geográfica la reducción de la presión barométrica provoca a su vez que la presión parcial de oxígeno ambiental disminuya, y al disminuir esta, se producirá una hipoxia alveolar llevando como consecuencia a una hipoxemia. En razón a su causa, esta hipoxia se denomina Hipoxia Hipobárica (8). Las personas con niveles de oxígeno en sangre por debajo de 90% (saturación de oxígeno baja) se considera que tienen hipoxemia y un nivel de oxígeno por debajo de 80% se considera que tienen una hipoxemia del tipo severa.



Fuente: “El Trabajo en Hipobaria Intermitente Crónica a Gran Altitud en Chile: Búsqueda de Estrategias Preventivas para la Fase Aguda” de Juan Silva Urra.

Figura 2-5. Variación de Presión Barométrica y Presión Inspirada de Oxígeno según altitud.

En la Figura 2-5 se puede observar que la concentración de oxígeno en la mezcla de gases de la atmósfera es un 21% a cualquier altitud, pero cambia la disponibilidad de este, que disminuye con la altitud y con ello la Presión Inspirada de Oxígeno (PiO₂), que va siendo cada vez menor mientras menor es la presión barométrica (11).

Producto de la Hipoxia Hipobárica, los residentes de baja altitud no aclimatados pueden sufrir síntomas cerebrales como dolor de cabeza, náuseas, vómitos y afectación en la coordinación cuando están expuestos a grandes altitudes (12). La magnitud del deterioro hipóxico depende de la velocidad de ascenso y de la altura absoluta alcanzada (13).

2.1.5. Efectos

Los trabajadores pueden sufrir cambios fisiológicos y bioquímicos (la mayoría reversibles), debido al descenso de aporte de oxígeno a los tejidos. A medida que se asciende en altitud, se evidencia un paulatino descenso del aporte de oxígeno al respirar.

Entre los efectos fisiopatológicos agudos de la exposición a Hipobaría se describen (9):

- Mal Agudo de Montaña (MAM): Dependiendo de la magnitud de la hipoxia, los síntomas del MAM aparecen más frecuentemente en las primeras 24 horas. Sus principales síntomas y signos son cefalea, que es más intensa en la noche, pérdida del apetito, que puede ir acompañada de náuseas y vómitos, alteraciones del sueño y fatiga. En caso que los síntomas se prolonguen, es recomendable descender, ya que no existe aclimatación, podrían generarse patologías más graves, como un edema pulmonar o cerebral.
- Edema Pulmonar Agudo de Altitud (EPAA): Ocurre dos o cuatro días después del ascenso a altitudes mayores de 3.000 m.s.n.m., los síntomas y signos del EPAA son disnea, disminución de la tolerancia al ejercicio, tos, estertores (ruido anormal de la respiración), cianosis, taquipnea (incremento del ritmo respiratorio), taquicardia, temperatura de 38°C, alteración del sueño, cefalea y alteraciones digestivas (14).
- Edema Cerebral Agudo de Altitud (ECA): Entre el cerebro y el cráneo, en el espacio subaracnoideo, se ubica el líquido cefalorraquídeo el cual, durante el ECA, aumenta su volumen y presiona el cerebro. Los síntomas del ECA empiezan durante el segundo y cuarto día de la exposición a altura, tiene como signos frecuentes las cefaleas, mareos, náuseas, vómitos, letargo, sensibilidad a la luz, perturbación en la orientación, parálisis temporal, insomnio, ansiedad, olvido, alucinaciones visuales y auditivas, y coma (15).

En los trabajadores que se encuentran sobre los 3.000 m.s.n.m. estas dolencias son consideradas enfermedades profesionales.

Por sobre los 3.500 m.s.n.m., algunas repercusiones neuropsicológicas son más evidentes, acentuadas en ascensos rápidos, frío extremo, fatiga y/o alteración del sueño (6). Su expresión es respuesta psicomotora menor, alteración del lenguaje, menor memoria verbal y visual de corto plazo, recuerdo de listas, etc. todos efectos transitorios mientras se está expuesto a Hipobaría.

Es importante mencionar que la altura afecta en forma distinta a las personas. De ahí la importancia de que quienes se expongan a esta condición, tengan controladas sus patologías crónicas de base, las cuales se pueden ver alteradas frente a situaciones ambientales adversas.

2.1.6. Aclimatación

Según Monge y León-Velarde, la aclimatación se entiende como cambios compensatorios en un organismo bajo múltiples desviaciones naturales del ambiente, sea estacional o geográfico (8). Frente a la exposición a la HIC, la aclimatación son procesos fisiológicos que se inician cuando una persona se expone a una disminución de la presión atmosférica, cuya principal acción es la disminución de la disponibilidad de oxígeno inspirado (7). Estos procesos tienen la finalidad de mitigar el efecto de la caída del aporte de oxígeno a nivel celular y mejorar la capacidad del organismo a tolerar la gran altitud, es un proceso beneficioso que permite defender el contenido arterial de oxígeno para ejecutar las tareas o acciones para lo que se ha ascendido a altitud (11).

2.1.7. Trabajo en Altura Geográfica

En el trabajo en altitud geográfica se encuentran mayormente los siguientes escenarios (16):

- Trabajo por turnos: Habitualmente las jornadas en altitud están dadas por una Jornada Excepcional autorizada en forma expresa por la Dirección del Trabajo con el acuerdo previo entre las partes. Esta modalidad implica atención sostenida y esfuerzo físico, en algunos casos por más tiempo del adecuado. Las consecuencias están relacionadas con la menor productividad por fatiga y el mayor riesgo de accidentes por disminución de alerta.
- Trabajo Prolongado en el Tiempo: Algunos sistemas de turnos se prolongan más allá de lo deseable en términos de días de trabajo, lo que contribuye a una caída de alerta y fatiga mental y corporal proporcional al número de días laborados.
- Trabajo Nocturno: El cambio de horario laboral de vigilia produce una irrupción en el ordenamiento de las secreciones hormonales que controlan saciedad, apetito, alerta, sueño, fijación de memoria, presión arterial, etc. Este desorden metabólico

y hormonal también colabora a producir problemas en alerta y al desarrollo de enfermedades metabólicas.

- Descenso de la Temperatura: Existe una disminución de la temperatura 6,5°C cada 1.000 metros de altitud (6).
- Alta Radiación UV: En la medida en que se asciende en altitud geográfica mayor es la radiación UV que se recibe. Cada 1.000 metros hay un aumento de la radiación solar de 5,6% del índice de riesgo solar UV.
- Aislamiento Social y Familiar: Este elemento se hace más intenso cuando los sistemas de turnos se prolongan más allá de 7 días. Se debe procurar tener buenos medios de comunicación entre los que están en el campamento y sus familiares o cercanos.
- Menor Humedad relativa del aire: Esto se debe a la menor humedad del aire en la medida en que se asciende en altura y a las particulares condiciones ambientales dadas por la geografía del norte del país, que lo hace tener ríos endorreicos, es decir, que sus aguas no tienen salida fluvial al océano, y vientos provenientes desde el Ecuador que traen nubosidad que ha dejado su carga de agua.

2.1.7.1. Oxigenación

Toda persona que vea disminuida sus capacidades intelectuales y físicas en altitud debe ser asistida con la entrega de oxígeno en cantidad suficiente que permite su normalización (16). La disminución de las capacidades intelectuales y físicas se presenta cuando una persona tiene una disminución de la saturación de oxígeno arterial bajo 95%.

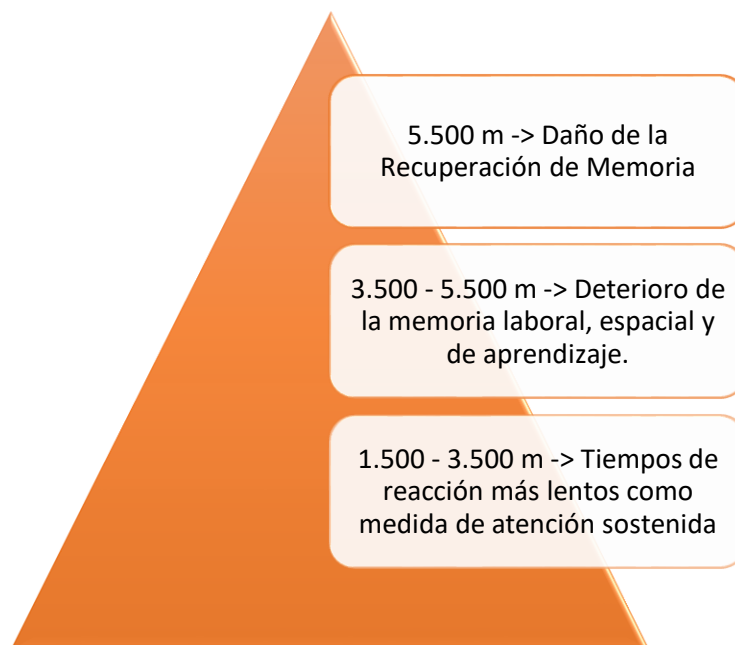
Una manera de evadir las consecuencias de la hipoxemia por gran altitud es reducir la altitud equivalente (altitud que provee la misma Presión Parcial de Oxígeno (PO_2)), esto se logra aumentando la concentración de oxígeno de una habitación, por ejemplo (17). Un estudio llevado a cabo en el Observatorio ALMA a 5.050 m.s.n.m. en donde se oxigenó un sistema de módulo, demostró que el simular a 5.050 m.s.n.m. una altitud equivalente de 2.900 m.s.n.m., mejora significativamente la oxigenación arterial y la frecuencia cardiaca, y además mejora el rendimiento neuropsicológico.

2.1.8. El Cerebro y la Hipoxia

En el humano adulto, el cerebro representa alrededor del 2% del peso corporal total y sin embargo su consumo basal de energía representa el 20% de toda la energía basal consumida por el organismo (18). La demanda de alta energía genera la necesidad de una gran cantidad de oxígeno suministrado a través de la corriente sanguínea, esto hace del cerebro, una de las partes del cuerpo más vulnerables a la hipoxia (19), son muy sensibles particularmente el hipocampo y otras áreas dentro del sistema límbico (20) (Figura 2-9). Una manera de monitorear una hipoxemia es la medición de la saturación de oxígeno mediante un oxímetro de pulso.

Virués- Ortega y cols. (2008) plantean que la vulnerabilidad del cerebro frente a la hipoxia aparece en forma notoria en altitudes moderadas como los 2.500 m.s.n.m. También señalan que existen trabajos que muestran que, a partir de los 2.000 m.s.n.m., aumenta el tiempo de reacción y la capacidad de aprendizaje de tareas complejas puede verse afectada incluso a altitudes inferiores (21).

La hipoxemia aguda asociada a la hipoxia del tejido cerebral a altitudes como los 5.050 m.s.n.m. puede afectar negativamente funciones cognitivas como la atención, función ejecutiva, procesamiento de la información y memoria (22), otros efectos perjudiciales son expuestos en la Figura 2-6. La cognición se define como el conjunto de procesos que permiten el procesamiento de la información y el desarrollo del conocimiento (23).

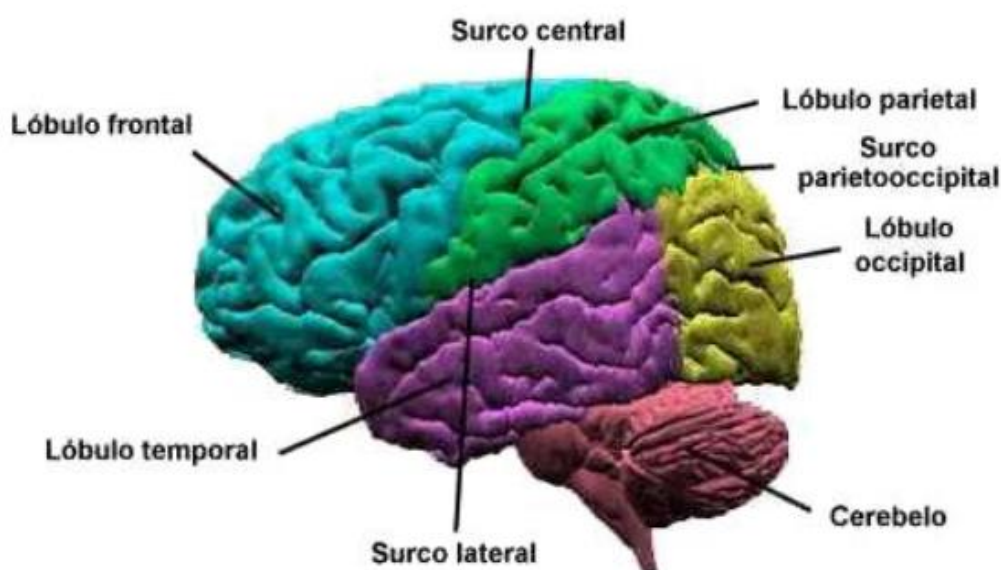


Fuente: Effects on Cognitive Functioning of Acute, Subacute and Repeated Exposures to High Altitude.

Figura 2-6. Efectos perjudiciales de la exposición a mediana, gran y extrema altitud sobre las funciones cognitivas.

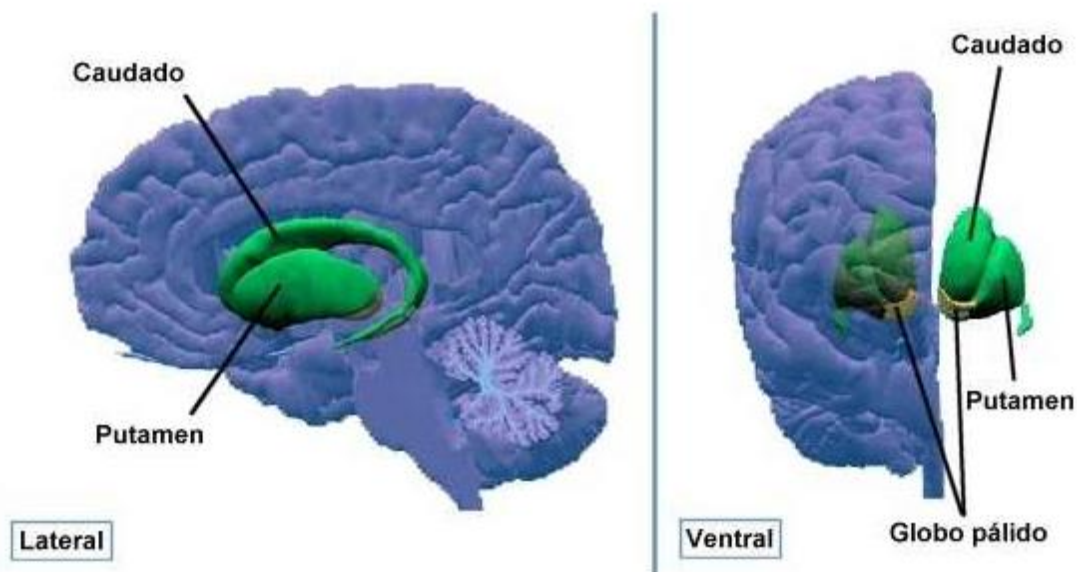
Todas estas funciones cognitivas son compatibles con alteraciones morfológicas o funcionales en las áreas del cerebro implicadas en el rendimiento cognitivo (24):

- Atención: Habilidad que tiene el cerebro para centrarse de manera consciente en una actividad, tarea o estímulo. Esta la atención selectiva y la sostenida. En ellas participan estructuras como la corteza prefrontal y cortezas sensoriales (Figura 2-7), algunas estructuras del sistema límbico, núcleo estriado (Figura 2-8), y el cerebelo (25).
- Función Ejecutiva: Se puede decir que las funciones ejecutivas son aquellas que organizan y expresan la conducta y sus relaciones con el medio exterior, entre el individuo y el medio en su más amplio aspecto (25). Los lóbulos frontales y la corteza prefrontal (Figura 2-7) constituyen la base anatómica o biológica de la función ejecutiva (26).
- Memoria: Es un proceso cognitivo que permite recordar las experiencias pasadas, tanto en términos de la adquisición de información nueva como de recordar información (23). Uno de los conceptos propuestos es la existencia de sólo dos formas de memoria: memoria de corto plazo y memoria de largo plazo (26). La primera se refiere a sistemas que retienen información sólo de manera temporal, mientras que la segunda hace referencia a la retención de información más o menos permanente. Si bien no hay un centro único de la memoria, ésta se encuentra localizada en diferentes regiones: lóbulo temporal, la corteza temporal ventral y medial, el núcleo amigdalino y la formación del hipocampo, entre otras.



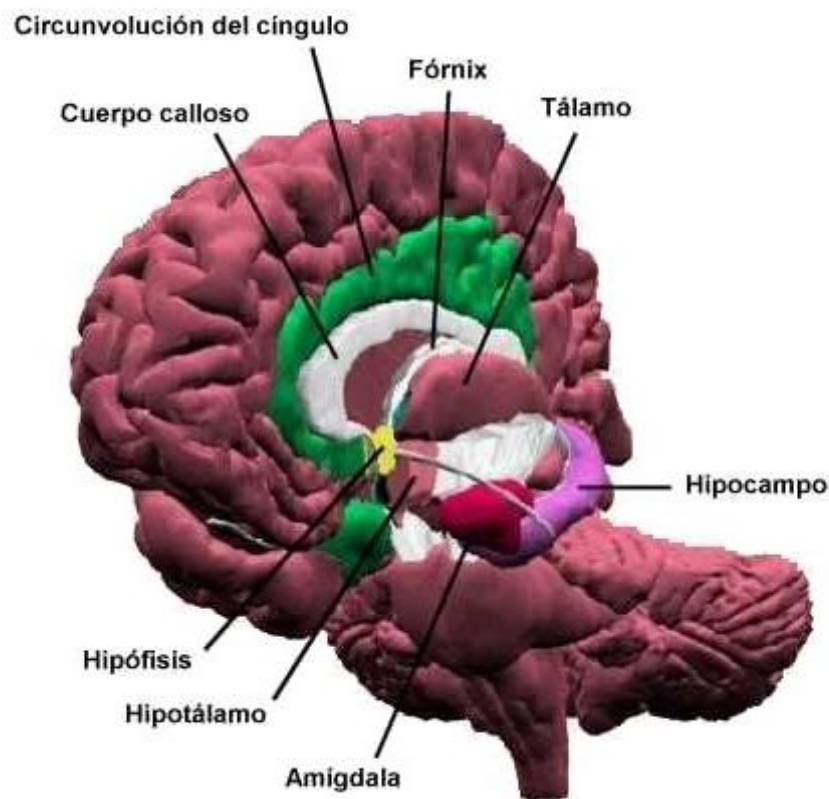
Fuente: <https://www.psycoactiva.com/biblioteca-de-psicologia/atlas-visual-del-cerebro>

Figura 2-7. Ilustración de la corteza cerebral, lóbulos y cerebelo.



Fuente: <https://www.psicoactiva.com/biblioteca-de-psicologia/atlas-visual-del-cerebro>

Figura 2-8. Ilustración del Núcleo Estriado y sus componentes.



Fuente: <https://www.psicoactiva.com/biblioteca-de-psicologia/atlas-visual-del-cerebro>

Figura 2-9. Ilustración del sistema límbico y sus estructuras, cuyas funciones están relacionadas con las respuestas emocionales, el aprendizaje y la memoria.

2.2. CARGA MENTAL DE TRABAJO

En toda actividad laboral, el trabajo físico y mental coexisten en proporción variable dependiendo de la tarea, pero a nivel teórico, se diferencia el trabajo físico del trabajo mental según el tipo de actividad que predomine (28). Si el trabajo requiere que el sujeto mayormente emplee su fuerza para llevarlo a cabo se habla de “carga física”, al contrario, si el trabajo requiere que el sujeto mayormente emplee sus habilidades cognitivas para llevarlo a cabo se habla de “Carga Mental” (29).

Hoy en día gracias a las diversas ayudas mecánicas y automatización de procesos ya no es tan común que el trabajador deba emplear un esfuerzo físico significativo para realizar sus tareas, ahora el sujeto deberá emplear más habilidades cognitivas para utilizar la tecnología que ahora es parte de su trabajo. Este nuevo escenario provoca que el interés en la carga mental nazca, debido a que es ésta un nuevo factor de riesgo a considerar para cuidar al trabajador y al proceso de errores.

2.2.1. Concepto de Carga Mental

La Carga Mental es un fenómeno que depende de la interacción continua y dinámica entre el trabajador y la tarea, y se define “como la porción de recursos cognitivos que un individuo moviliza para realizar una determinada tarea” (28). Tal interacción establece que las diferencias individuales de los trabajadores serán determinantes, lo que significa que una misma tarea puede resultar más difícil para unas personas que para otras.

El resultado de dicha interacción se concretará en un determinado nivel de carga, que puede ser adecuado, excesivo o demasiado escaso. Y la exposición a niveles disfuncionales de carga puede tener diversas consecuencias negativas para el sujeto (31).

Cabe destacar que el concepto de Carga Mental tiene sentido sólo en aquellos casos en los que los requerimientos de la tarea no excedan la capacidad del trabajador para hacerles frente.

Al ser la Carga Mental considerada como un constructo hipotético que permite dar cuenta de la dificultad que una tarea presenta para un operador, es lógico e importante proceder a diferenciar entre Carga Metal y carga impuesta, ya que, si se es capaz de especificar los factores implicados en cada caso particular, será posible desarrollar estrategias de intervención apropiadas para actuar sobre los elementos disfuncionales en el caso de que éstos existan (30).

2.2.2. Factores que Influyen en la Carga Mental

Para la comprensión del fenómeno de Carga Mental se debe tomar en cuenta la existencia de una serie de variables propias de la persona que interactúan con el resto de variables del sistema, lo que resulta extremadamente importante si se tiene en cuenta que la Carga Mental sólo es comprensible desde la perspectiva de la interacción entre la persona y la tarea que realiza, interacción que se produce dentro de unas condiciones ambientales, organizacionales y sociales específicas (30).

En general, en las situaciones de trabajo, son muy diversos los factores que contribuyen a la Carga Mental de Trabajo y que ejercen presiones sobre la persona que lo desempeña (32). La carga impuesta vendría determinada fundamentalmente por la carga de tarea. La demanda temporal de la carga de tarea, su complejidad, su grado de ambigüedad, los criterios de ejecución de la misma y su demanda física son determinantes de los niveles de Carga Mental (30). Junto a la carga de tarea, las condiciones ambientales y organizacionales se configurarían como elementos generadores de carga.

2.2.2.1. Variables Personales

Mayormente, cuando se habla de las variables propias de la persona, se está refiriendo a sus recursos personales para responder a las demandas del trabajo mental (30). Las capacidades de memoria, razonamiento, percepción, atención, aprendizaje, entre otros, son recursos que varían de una persona a otra y que también pueden variar para una persona en distintos momentos de su vida. Se pueden fortalecer como cuando se adquieren nuevos conocimientos útiles, cuando se conocen estrategias de respuesta más económicas en cuanto a esfuerzo necesario, pero se pueden debilitar o deteriorarse frente a circunstancias físicas y psíquicas adversas.

Algunas de las características individuales son (32):

- Las habilidades, aptitudes, capacidades, conocimientos y experiencia.
- El nivel de aspiración, la autoconfianza, la motivación, las actitudes y los estilos de reacción.
- El estilo de vida.
- La edad, estado general de salud y necesidades personales.
- El estado real y el nivel inicial de activación.
- Factores extra laborales (de la sociedad).

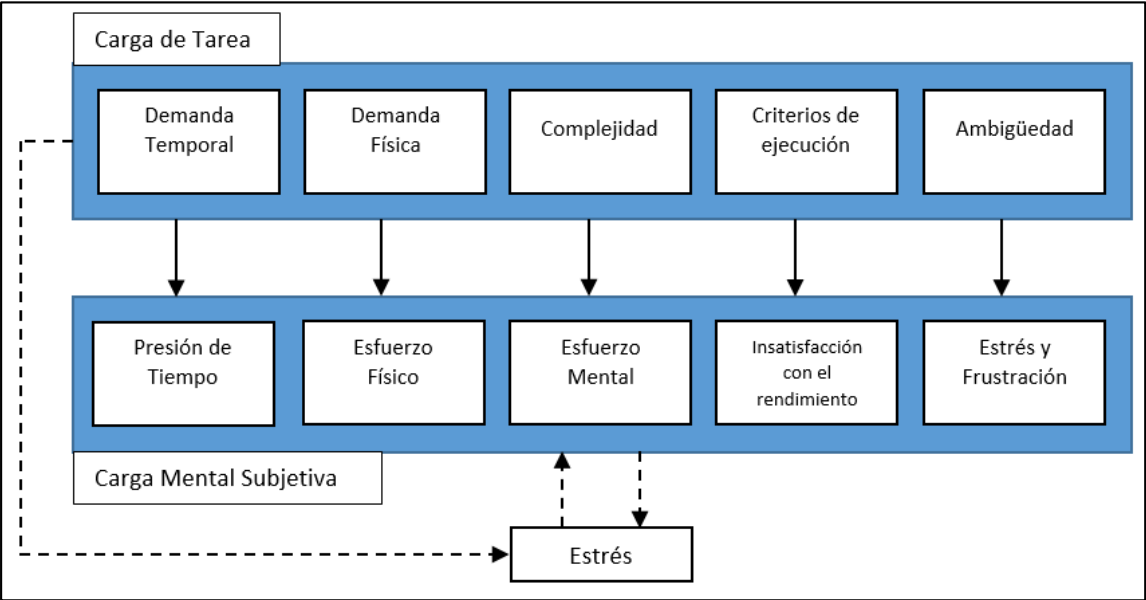
Las actividades de procesamiento de información y toma de decisiones de las personas están estrechamente ligadas a aspectos emocionales (sentimientos) y, por ello, hay que tener en cuenta el bienestar emocional de las personas. Con él, se hace posible el desempeño de tareas complejas con mayor eficacia: el tratamiento de información, la valoración de alternativas y la búsqueda y la elección de soluciones “humanas” a los problemas. Sin embargo, cuando una persona tiene problemas emocionales puede verse interferida su eficacia en el trabajo, en actividades perceptivas, de tratamiento de información, de memoria y de concentración, por lo que, en muchas situaciones de trabajo, los aspectos emocionales que deben tenerse en cuenta.

2.2.2.2. Carga de Tarea

La carga de tarea es el nivel de demanda teórica generada por la tarea de acuerdo con su estructura objetiva y que dará lugar a niveles distintos de carga mental en cada sujeto dependiendo del grado de automatización al que haya llegado en dicha tarea, del nivel de conocimiento y habilidad alcanzado, de los factores personales que afectan al procesamiento de la información, del nivel general de recursos de procesamiento disponibles, etc (30). Las dimensiones especialmente relevantes de la carga de tarea son: demanda temporal, complejidad de la tarea, ambigüedad, criterios de ejecución y demanda física (Figura 2-10).

- Demanda Temporal: se ha definido como la cantidad de tiempo requerida para llevar a cabo una tarea o serie de tareas en función del tiempo real disponible, así como el número de tareas impuestas a una persona por unidad de tiempo.
- Complejidad: hace referencia al grado en el que la tarea implica operaciones cognitivas cuyo desarrollo se encuentra asociado a un consumo más o menos importante de recursos atencionales.
- Ambigüedad: el nivel de ambigüedad se encuentra relacionado con la calidad y claridad de la información que se le ofrece al trabajador para la realización de la tarea, siendo especialmente determinante durante los procesos de toma de decisiones.
- Criterios de Ejecución: hacen referencia al nivel de calidad que debe ser alcanzado con la realización de una tarea, siendo por tanto un aspecto determinante del nivel de esfuerzo necesario para desarrollar el trabajo.
- Demanda Física: a pesar de la controversia existente acerca de su pertenencia real al grupo de factores de carga de tarea, parece afectar al procesamiento de la

información cognitiva tanto a través de la modificación de los niveles de activación del sujeto, como al ejercer como una fuente distractora adicional que demanda cierta capacidad atencional para ejecutar correctamente el patrón de movimientos motores correspondientes.



Fuente: Libro Carga Mental y Fatiga Laboral Pag. 93 “Modelos explicativos integrados de la carga mental”.

Figura 2-10. Modelo que relaciona las dimensiones de carga de tarea con las dimensiones de Carga Mental subjetiva y con el estrés.

2.2.2.3. Factores Ambientales

Las condiciones ambientales en las que un operador desarrolla su trabajo afectan la eficiencia del procesamiento de la información. Sus efectos pueden ser directos o indirectos (30). En los efectos directos las condiciones ambientales pueden condicionar la calidad de la información recibida o la precisión de la respuesta. En los efectos indirectos las condiciones ambientales pueden afectar el procesamiento de la información, degradan la ejecución humana debido a que suponen una demanda adicional para la capacidad atencional del trabajador, ocupando parte de la capacidad sobrante que podría ser empleada para mantener un nivel estable de rendimiento en tareas de dificultad creciente.

La importancia de unas condiciones ambientales (espaciales, acústicas, climáticas, etc.) adecuadas se hace evidente cuando se necesita crear un entorno que facilite la percepción, la atención y, en definitiva, la realización de tareas con exigencias de trabajo mental.

Algunos de los factores ambientales a los que se les ha presentado mayor atención son (32):

- Condiciones de Iluminación: Los niveles adecuados de iluminación y contraste en el puesto de trabajo, así como la ausencia de deslumbramientos, contribuyen al bienestar en el trabajo, mientras no se soliciten esfuerzos visuales innecesarios para el nivel de percepción (agudeza perceptiva) que requiere la tarea. Además, la fuente de luz puede ser de importancia para la sensación de bienestar de las personas prefiriéndose, en la medida de lo posible, la iluminación natural frente a la artificial.
- Condiciones Térmicas: La sensación de confort térmico depende, en gran medida, del tipo de intensidad de trabajo que se lleva a cabo. Las sensaciones de frío y de calor, los cambios bruscos de temperatura, la sensación de humedad y de la circulación del aire (ventilación y corrientes de aire) afectan a la percepción de carga que conlleva el desempeño del trabajo mental ya que dificultan o favorecen el mantenimiento de la atención sobre la tarea e influyen en el estado de vigilia. Es difícil evaluar los efectos de un entorno muy frío o muy caluroso sobre el desempeño mental o intelectual; algunos de los efectos negativos del calor (las funciones cerebrales son vulnerables al calor) pueden verse compensados, por ejemplo, por un alto grado de motivación de la persona. En general, se puede esperar que el desempeño empeore conforme la temperatura ambiental alcance los valores extremos, por encima o por debajo, de temperaturas que el organismo está aclimatado. Si se trabaja en un medio muy frío, la capacidad de vigilancia de la persona se puede ver afectada. Asimismo, para una persona que no está aclimatada al calor, se puede observar el deterioro en el rendimiento intelectual y mental para tareas complejas, a temperaturas ambientales superiores a los 25 grados Celsius; si la persona estuviese aclimatada al calor este umbral aumentaría hasta los 30 o 35 grados Celsius.
- Condiciones Acústicas: El ambiente sonoro influye en la carga mental de trabajo afectando la concentración y al esfuerzo necesario para mantener el nivel de atención que requiere de la tarea. La presencia de ruido continuo procedente del tráfico, de conversaciones, de equipos, etc. Así como de ruidos discontinuos de teléfonos, puertas y equipos puede ser muy molesta, sobre todo si se trata de ruidos que se perciben como “innecesarios y evitables”.

- Calidad del Aire: La presencia de olores, humos, vapores, etc. que no constituyen información relevante y necesaria para la realización del trabajo, tienen un efecto de distracción sobre la atención y dificultan la concentración. Es muy recomendable que la renovación del aire sea suficiente y se garantice una adecuada calidad del mismo.

2.2.2.4. Factores Organizacionales

Los factores de la organización incluyen: el tipo de organización laboral (su estructura de control y de comunicaciones), el clima social de la organización (aceptación personal, relaciones interpersonales), los factores de grupo (estructura de grupo, cohesión), la jerarquía de mando (vigilancia, niveles de mando, etc), los conflictos (dentro de los grupos, entre grupos o entre personas, así como los conflictos sociales), el aislamiento en el trabajo, el trabajo por turnos, las relaciones con los clientes, etc. Tales aspectos, debidamente diseñados, pueden configurar un entorno laboral sano, de cooperación y de apoyo para la realización del trabajo, en el cual sea fácil la adquisición de las informaciones y ayudas que se necesiten (30).

2.2.3. Niveles de Carga Mental

La Carga Mental de Trabajo puede ser inadecuada cuando uno o más de los factores identificados es desfavorable y la persona no dispone de los mecanismos adecuados para afrontarlos (32).

Si se considera la carga mental como un producto de la interacción entre el operador y la tarea que realiza, entonces las diferencias individuales de los operadores serán determinantes. El resultado de dicha interacción se concretará en un determinado nivel de carga que puede ser adecuado, excesivo o demasiado escaso (30). La exposición mantenida a niveles disfuncionales de carga puede tener consecuencias negativas para el trabajador, fundamentalmente en forma de fatiga. Esta fatiga, especialmente cuando se encuentra asociada a ciertas formas de trastorno del sueño, puede dar lugar a una degeneración del rendimiento del sujeto en el desarrollo futuro de su trabajo, así como al desarrollo de problemas graves de salud.

Los niveles de Carga Mental son:

- Sobrecarga: hace referencia a las situaciones en las que el trabajador está sometido a más exigencias de las que, en función de sus capacidades, puede satisfacer. El trabajador puede sufrir de fatiga mental entre otras consecuencias negativas debido a la sobrecarga mental.
- Carga óptima: nivel óptimo de carga el cual no genera consecuencias negativas.
- Infracarga: se produce en aquellas situaciones en las que el trabajador tiene que realizar poco trabajo o tareas demasiado sencillas. Estas situaciones pueden tener consecuencias tan negativas para el trabajador como las situaciones de sobrecarga, ya que la falta de estimulación es tan perjudicial como el exceso. El trabajador se ve obligado a realizar un esfuerzo importante para mantener la vigilancia.

2.2.3.1. Consecuencias de una Carga Mental Inadecuada

La exposición a situaciones de sobrecarga e infracarga mental puede tener como consecuencia la degradación del rendimiento mientras se realiza una tarea, fundamentalmente en forma de fatiga. Esta degradación del rendimiento viene determinada en muchos casos por el comportamiento adaptativo del sujeto. Por ejemplo, ante una situación de sobrecarga las personas pueden permitir que su ejecución degenere, pueden realizar la tarea de forma que exista un menor consumo de recursos cognitivos o pueden dejar de realizar determinadas tareas. Por su parte, la infracarga, generalmente consecuencia del trabajo en entornos donde es necesario el mantenimiento de la atención sin la presencia de un nivel de estimulación adecuado, suele venir determinada por una serie de factores que se encuentran directamente vinculados a la comisión de errores y a la degeneración del rendimiento.

El estar expuestos a niveles inapropiados de carga dará lugar a corto, a mediano y a largo plazo a consecuencias negativas para el individuo y para el propio sistema, lo que se pone de manifiesto en forma de resultados como deterioro del rendimiento, errores, accidentes, pérdida de motivación, fatiga, absentismo, etc.

2.2.4. Fatiga

La fatiga en el ambiente laboral ha sido un tema de gran interés para la salud ocupacional, se ha estudiado relacionada al síndrome de burnout, otros autores se han focalizado en el

estudio de la fatiga producto de los sistemas de trabajos por turnos, en su relación con el estrés y la salud de los trabajadores y en riesgos de accidentes en el trabajo.

2.2.4.1. Fatiga Mental

Se define fatiga mental como la alteración temporal (disminución) de la eficiencia funcional mental y física, esta alteración está en función de la intensidad y duración de la actividad precedente y del esquema temporal de la presión mental (33). La disminución de la eficiencia funcional se manifiesta, por ejemplo, mediante una impresión de fatiga, una peor relación esfuerzo/resultado, a través de la naturaleza y frecuencia de los errores, etc. Pero el alcance de estas alteraciones está en parte determinado por las condiciones de la persona.

La sensación de monotonía, la hipovigilancia y la saturación mental son estados similares a la fatiga mental y tienen en común con ésta, que desaparecen cuando se producen cambios en la tarea y/o en las condiciones de trabajo. La monotonía y la hipovigilancia sólo se diferencian por las circunstancias en que aparecen: la primera sería un estado de activación reducida, de lenta evolución, que puede aparecer en el desarrollo de tareas largas, uniformes, repetitivas y se asocia principalmente a la somnolencia, disminución y fluctuación del rendimiento, y variabilidad de la frecuencia cardíaca. En la hipovigilancia se reduce el rendimiento en las tareas de vigilancia.

2.2.4.2. Características

Bajo el término fatiga se etiquetan estados de diferente intensidad (desde muy ligera hasta el agotamiento total) y no es fácil dar con una definición única y aceptable para todos. La fatiga provocada por el trabajo es una manifestación (general o local) de la tensión que este produce y suele eliminarse mediante un adecuado descanso (33).

Hay varias características que son comunes a toda fatiga. En primer lugar, la fatiga generalmente se traduce en una disminución de la capacidad de respuesta o de acción de la persona. En segundo lugar, se trata de un fenómeno multicausal, aunque se puede encontrar que en su origen haya una contribución de gran peso de un factor concreto. En tercer lugar, la fatiga afecta al organismo como un todo (físico y psíquico) y en grado diverso, dado que se percibe de manera personal. Esto hace que se encuentren diferencias interpersonales e intrapersonales en cuanto a las formas en que se expresa y la intensidad

en que se sienta la fatiga, en función de factores situacionales y características personales. En cuarto lugar, la sensación de fatiga es un mecanismo regulador del organismo, de gran valor adaptativo ya que es un indicador de la necesidad de descanso del organismo.

2.2.4.3. Relación con Actividad, Motivación y Absentismo Laboral.

La fatiga tiene repercusiones personales, económicas y materiales de diversa magnitud, lo que la hacen un objeto de interés para los estudios. La fatiga es un factor causal importante de algunos errores en la actividad (35). La fatiga que sigue la realización prolongada de tareas de procesamiento de datos e información puede afectar negativamente a las capacidades de análisis de datos, de toma de decisiones y de concentración mental; en ocasiones, se traduce en una forma de realización del trabajo propia de personas inexpertas con errores que, a simple vista, parecen inexplicables, aunque la persona no considere que su eficiencia sea menor. Podría considerarse como el escalón inmediato anterior a muchos accidentes laborales.

Otro centro de interés es el llamado lapsus. La persona que realiza trabajos que requieren toda su atención y vigilancia durante prolongados períodos de tiempo está expuesta a lapsus o bloqueos que actúan como mecanismos automáticos de regulación del organismo frente a la fatiga. La frecuencia y duración de estos bloqueos pueden generar desde una disminución del rendimiento en el trabajo hasta fallos graves. Por añadidura, en estas circunstancias no hay un verdadero descanso ni recuperación del organismo.

La relación entre la sensación de fatiga y motivación en el trabajo es de tipo inverso, de manera que la realización de una tarea con escasa motivación por parte de la persona se acompaña de una pronta aparición de síntomas de fatiga. Sin embargo, cuando la motivación es alta puede no sentirse fatiga hasta que ésta alcance un nivel muy elevado (cercano al agotamiento). De algún modo, parece que el umbral para la sensación de fatiga es distinto según la motivación que se tenga para realizar una actividad y, por lo tanto, las energías que se está dispuesto a aplicar a la misma.

En general es el absentismo laboral de corta duración, el que más se relaciona con la fatiga mental. Se trata de ausencias que pueden ser de algunas horas o de unos pocos días y que no tienen un substrato de patología física identificada; la fatiga está relacionada con alteraciones de la salud como causa y como consecuencia. En estados de fatiga mental, la persona puede referir cansancio, dolores erráticos de tipo musculoesquelético, dolores de cabeza, molestias digestivas, etc. y las ausencias de corta duración se deben a la necesidad del propio cuerpo para descansar, sin embargo, esta forma de recuperación sólo será

efectiva durante un período breve de tiempo, si es que las condiciones que fomentan la aparición de la fatiga se mantienen sin cambios.

2.2.4.4. Tipos de Fatiga

Con la fatiga se produce una progresiva debilitación de la capacidad de resistencia de la persona sometida a esfuerzo intenso o prolongado. La fatiga mental se manifiesta como la progresiva disminución de la capacidad de respuesta humana ante grandes exigencias (de intensidad o de duración) de esfuerzos de tipo cognitivo (atencional, de memoria, etc.) (33).

Clasificar la fatiga por tipos es algo muy común, que se hace con el fin de facilitar un poco su definición y estudio. Así, en función de la parte del organismo que se ve más afectada se habla de fatiga muscular, fatiga intelectual, fatiga nerviosa/mental, fatiga sensorial, fatiga psicológica y fatiga emocional. En la literatura se encuentran referencias que corresponden a cada uno de estos tipos de fatiga con los principales requerimientos del trabajo. Así, por ejemplo, la fatiga sensorial se daría en trabajos cuyas demandas de control sensorial son elevadas, la fatiga nerviosa aparecería más bien en trabajos de carácter muy repetitivo y con un ritmo de producción muy rápido, la fatiga psicológica se generaría en trabajos que exigen mucha responsabilidad y rapidez en la toma de decisiones.

Los estudios sobre la fatiga buscan principalmente distinguir la fatiga normal de la patológica y encontrar sus causas para actuar sobre ellas. Se puede considerar que la fatiga es normal en algunas circunstancias y dentro de ciertos márgenes cuando ésta se recupera mediante el descanso habitual. Pero la fatiga también puede ser un síntoma o indicio de alguna patología física, de alguna disfunción, por lo que, en caso de que no se recupere con el descanso normal, debería ser objeto de consulta con un especialista. En condiciones laborales normales puede sentirse cansancio de manera ocasional y justificada, es decir, una fatiga normal ya sea por una larga e intensa jornada de trabajo, por un inadecuado descanso nocturno, etc. Cuando las condiciones de trabajo y las exigencias mentales del mismo no están adaptadas a la persona que los desempeña, puede surgir la fatiga mental como expresión de la necesidad de modificar la situación ajustándola a las características de las personas. Pero si esto no se lleva a cabo, puede llegar un momento en el que se sienta fatiga ya desde el comienzo de la jornada o bien tras la ejecución de actividades que en otras ocasiones no la producían y cuando este estado se mantiene a lo largo de los días, independientemente de lo que se descansa, se habla entonces de fatiga patológica, de la

que el síndrome de fatiga crónica es uno de sus tipos, y en estos casos se precisa realizar un estudio mucho más profundo.

2.2.5. Evaluación de la Carga Mental

Una constante a lo largo de los años dedicados al estudio de la Carga Mental ha sido la necesidad de determinar con el suficiente grado de exactitud el nivel de carga a la que se ve expuesto un trabajador como consecuencia de la realización de una determinada tarea, o como resultado de su actividad dentro de un determinado trabajo. Existen técnicas de evaluación de diferentes tipos que buscan satisfacer esta necesidad, las cuales se pueden resumir en cuatro (30):

- Medidas de Rendimiento: fundamentadas en la idea de poner de manifiesto la existencia de limitaciones en la capacidad de procesamiento.
- Técnicas Subjetivas: consisten en recoger la opinión directa del trabajador acerca del nivel de Carga Mental experimentado durante la realización de una tarea o serie de tareas, siendo el procedimiento de evaluación más utilizado debido a su factibilidad de uso, a su validez aparente y a su alto grado de aceptación por parte del trabajador. Entre las escalas subjetivas, se puede diferenciar la existencia de dos grupos fundamentales: las escalas unidimensionales y las escalas multidimensionales. Las unidimensionales ofrecen una única medida global de carga y son fáciles de aplicar, pero no ofrecen información diagnóstica sobre el sistema. Las escalas multidimensionales si ofrecen este tipo de información, al disponer de distintas subescalas que tratan de medir diferentes dimensiones de carga, aproximándose en mayor medida a la realidad multidimensional de la Carga Mental. Entre las técnicas subjetivas más importantes se encuentra el NASA-TLX, instrumento de evaluación más utilizado actualmente.
- Registros Psicofisiológicos: entre estas destacan la tasa cardiaca, el diámetro pupilar, la tasa de parpadeo endógeno, la fijación visual, la actividad cerebral (tanto medidas electrofisiológicas como hemodinámicas), la temperatura corporal y la actividad respiratoria. Las medidas psicofisiológicas tienen la principal ventaja de que permiten obtener un registro relativamente continuo de datos en el tiempo.
- Técnicas analíticas: tienen como objetivo contribuir al diseño de nuevos sistemas a través de la predicción del nivel de carga que se encontrará asociado a los mismos.

2.2.6. Método Nasa- Task Load Index (Nasa-Tlx)

La técnica conocida como NASA-TLX fue derivada de la Escala de Valoración Bipolar de la NASA (NASA Bipolar Rating Scale) que contemplaba diez subescalas. A través de un cuidadoso trabajo de investigación, los autores seleccionaron seis de estas diez subescalas en función de criterios tales como la sensibilidad de cada una de ellas, la independencia estadística entre las mismas y la importancia subjetiva respecto al concepto individual de carga de los sujetos (30). Estas seis subescalas se refieren a: demanda mental, demanda física, demanda temporal, rendimiento, esfuerzo y nivel de frustración (Tabla 2-1). De estas variables, tres se refieren a las demandas impuestas a la persona (demandas mentales, físicas y temporales) y las otras tres se refieren a la interacción de la persona con la tarea (esfuerzo, frustración y rendimiento).

Tabla 2-1. Definiciones y operativización de las sub escalas contempladas en el método NASA TLX.

DIMENSION	DEFINICIÓN	OPERATIVIZACIÓN
Exigencias Mentales (M)	Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea	¿Cuánta actividad mental y perceptiva fue necesaria? (pensar, decidir, calcular, etc.). ¿Es una tarea difícil o fácil, simple o compleja, pesada o ligera?
Exigencias Físicas (F)	Cantidad de actividad física que requiere la tarea	¿Cuánta actividad física fue necesaria? ¿Se trata de una tarea difícil o fácil, lenta o rápida, relajada o cansada?
Exigencias Temporales (T)	Nivel de presión temporal percibida	¿Cuánta presión de tiempo sintió debido al ritmo al cual se sucedían las tareas o elementos de las tareas? ¿Era el ritmo lento y pausado, o rápido y frenético?
Rendimiento (R)	Grado de satisfacción con el propio nivel de rendimiento	¿Hasta qué punto cree que ha tenido éxito en los objetivos establecidos por el investigador (o por Ud. mismo)? ¿Cuál es su grado de satisfacción con el nivel de ejecución?
Esfuerzo (E)	Grado de esfuerzo mental y físico que debe realizar para obtener su nivel de rendimiento	¿En qué medida ha tenido que trabajar (física o mentalmente) para alcanzar su nivel de resultados?
Nivel de Frustración (Fr)	Grado de inseguridad, estrés, irritación, descontento, etc., sentido durante la realización de la tarea	Durante la tarea, ¿en qué medida se ha sentido inseguro, desalentado, irritado, tenso o preocupado o por el contrario, se ha sentido seguro, contento, relajado y satisfecho?

Fuente: <https://ergomedia.isl.gob.cl/nasatlx/nasa-tlx.pdf>

NASA-TLX se basa en el supuesto de que la Carga Mental es un constructo hipotético que representa el costo en el que incurre un trabajador al tratar de alcanzar un nivel específico de rendimiento. De esta forma el nivel de carga surgiría de la interacción entre los requerimientos de una tarea, las circunstancias bajo las que se realiza y las habilidades, conductas y percepciones del operador. La percepción subjetiva de carga viene por tanto determinada por la integración de una serie de respuestas cognitivas, físicas y emocionales y por una forma de conducta manifiesta encaminada a afrontar las demandas de la tarea.

2.2.6.1. Aplicación

La aplicación de este instrumento se lleva a cabo en dos fases: una fase de ponderación, en el momento anterior a la ejecución de la tarea y otra fase inmediatamente después de la ejecución, llamada fase de puntuación (36).

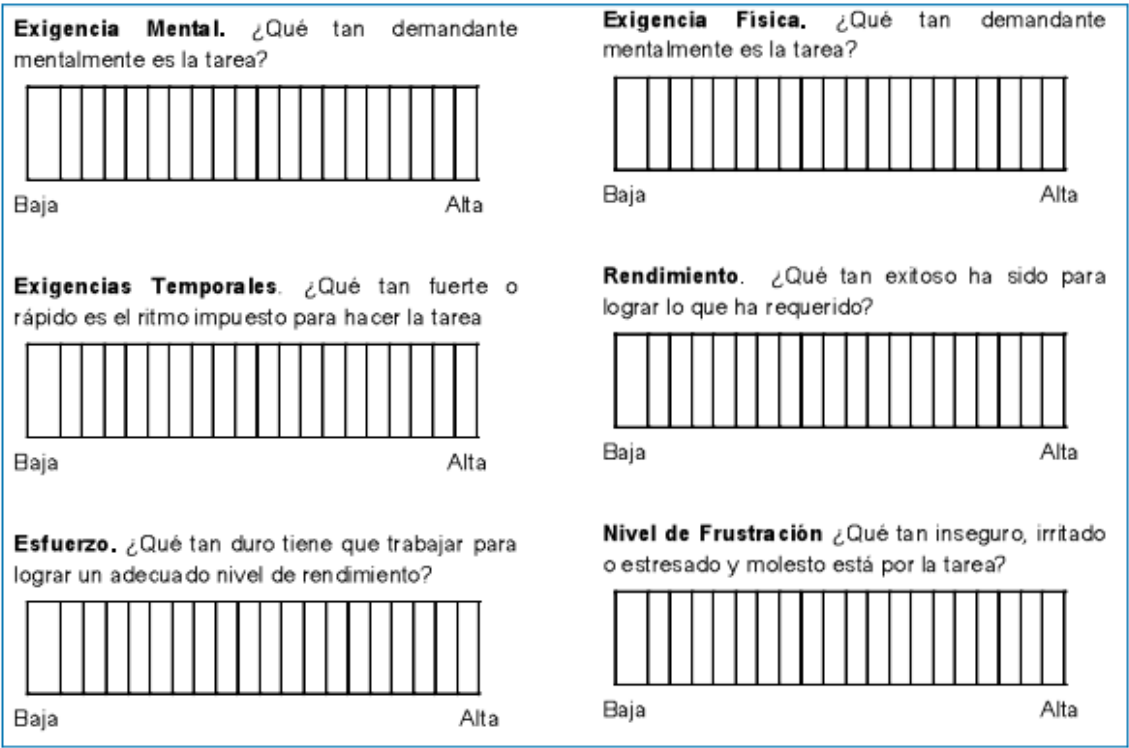
- Fase de Ponderación: Se parte de la base de que las fuentes específicas de carga impuesta por las diferentes tareas son determinantes en la experiencia de carga, es decir, de la sensación subjetiva de carga, por eso el requisito previo es que los propios sujetos ponderen con el fin de determinar el grado en que cada uno de los seis factores contribuye a la carga de cada tarea o subtarea específica. El objetivo de esta fase es la definición de las fuentes de carga. Se presentan a las personas las definiciones de cada una de las dimensiones, a fin de que las comparen por pares (comparación binaria) (Tabla 2-2), y elijan para cada par cuál es el elemento que se percibe como una mayor fuente de carga. A partir de estas elecciones se obtiene un peso para cada dimensión en función del número de veces que ha sido elegido, con esta información se ordenan las distintas dimensiones y se les otorga un valor que puede ir desde 0 (la dimensión no ha sido seleccionada en ninguna de las comparaciones) hasta 5 (la dimensión ha sido seleccionada en todas las comparaciones en las que aparecían).

Tabla 2-2. Combinaciones posibles entre sub escalas para la fase de ponderación.

M – F	F – T	T – E
M – T	F – R	T – Fr
M – R	F – E	R – E
M – E	F – Fr	R – Fr
M – Fr	T – R	E – Fr

Fuente: <https://ergomedia.isl.gob.cl/nasatlx/nasa-tlx.pdf>

- Fase de puntuación: En esta fase las personas valoran la tarea o subtarea que acaban de realizar en cada una de las dimensiones, marcando un punto en la escala que se les presenta. Cada factor se presenta en una línea dividida en 20 intervalos iguales (puntuación que es reconvertida a una escala sobre 100) la cual a cada extremo posee unos descriptores que indican puntuaciones bajas y altas (Figura 2-11). La persona cuenta con material escrito con definiciones de las dimensiones.



Fuente: <https://ergomedia.isl.gob.cl/nasatlx/nasa-tlx.pdf>

Figura 2-11. Modo de puntuación de cada sub escala contemplada por el método NASA TLX.

2.2.6.2. VENTAJAS

Una de las principales ventajas de este método es su aplicabilidad en el marco laboral real, ya que las personas pueden puntuar directa y rápidamente la tarea realizada ya sea justo después de su ejecución o de forma retrospectiva (30). En este último caso una grabación de video puede ser de utilidad para mejorar el recuerdo de la actividad, deteniéndolo si es preciso, en cada segmento de la tarea. En experiencias realizadas sobre valoraciones retrospectivas se ha encontrado que existe una elevada correlación entre los datos obtenidos y las puntuaciones obtenidas de forma inmediata.

Este método puede ser aplicado a una gran variedad de tareas: para su validación se aplicó a tareas que incluían el control manual, percepción, memoria inmediata, procesamiento cognitivo y control de sistemas semiautomatizados. Las subescalas dan valiosa información diagnóstica acerca de las fuentes de carga. Por último, puede mencionarse su rapidez tanto en la aplicación como en la corrección.

**CAPÍTULO 3: ESTUDIO EVALUATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA
HIPOBARIA INTERMITENTE CRÓNICA SOBRE LA CARGA MENTAL DE
TRABAJO EN PERSONAL DEL OBSERVATORIO ALMA MEDIANTE
MÉTODO NASA-TLX**

3. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA HIPOBARIA INTERMITENTE CRÓNICA SOBRE LA CARGA MENTAL DE TRABAJO EN PERSONAL DEL OBSERVATORIO ALMA MEDIANTE MÉTODO NASA-TLX

A continuación, se describe el desarrollo del estudio en donde se indican el número de participantes, los instrumentos utilizados y el procedimiento que se siguió para las evaluaciones y la recolección y análisis de datos.

3.1. PARTICIPANTES

33 trabajadores del Observatorio ALMA miembros del Departamento de AMG participaron del presente estudio, el 100% de género masculino. El estudio se llevó a cabo por 5 días de lunes a viernes con el objetivo de considerar ambos turnos, al haber recambio de personal principalmente los días martes y jueves. Ambos grupos tienen un sistema de turnos de 8 días de trabajo y luego 6 días de descanso, la mayoría a nivel del mar. Los integrantes del grupo de encuestados duermen en las instalaciones del OSF del observatorio a 2.900 m.s.n.m. y llevan a cabo la mayoría de sus labores en el sitio del AOS a 5.050 m.s.n.m., pasando allí desde 4 horas hasta 8 horas dependiendo del día de turno que lleven en el observatorio.

3.2. INSTRUMENTOS

Se utilizó como instrumento de evaluación el Cuestionario NASA Task Load Index, agregando a este cuestionario requerimiento de datos personales como: nombre (de carácter opcional), cargo que ocupa, edad, sexo, años de experiencia en cargo, años de antigüedad en el Observatorio ALMA, nivel educativo, tipo de tarea de mantenimiento de antenas que realizaría (correctiva o preventiva) y el nombre de esta (ANEXO A). Se solicitó también el registro de la Saturación Parcial de Oxígeno la cual se mide con un saturómetro oxímetro de pulso por parte del policlínico

Los datos fueron procesados mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 25 IBM Co.

Para establecer una relación entre variables se utiliza el Coeficiente de Correlación de Spearman (rs: Rho de Spearman).

3.3. PROCEDIMIENTO

Para llevar a cabo el estudio se utilizó como guía la ficha técnica facilitada por el Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile (ANEXO B) y el manual original del método de evaluación NASA TLX del Human Performance Research Group del Centro de Investigaciones AMES de la NASA (ANEXO C).

Se disponía de 6 días para llevar a cabo las evaluaciones en terreno, el primer día se coordinaron los tiempos que se destinarían para realizar el estudio con el grupo de trabajadores sin entorpecer sus labores ya programadas. Desde el segundo día hasta el sexto se realizan las evaluaciones correspondientes con el procedimiento, el cual puede apreciarse mediante los registros fotográficos en el ANEXO D:

1. Al llegar al sitio del AOS, lugar donde se realizan las labores de interés para el estudio, se realiza breve reunión en edificio técnico con personal del Departamento de AMG, todo previamente coordinado con supervisor del grupo, en donde se instruye sobre el estudio y el método, y luego procede con la primera parte del cuestionario que corresponde a la ponderación, identificación de tarea a realizar, tipo de tarea y datos personales.
2. Los trabajadores se dirigen a sus puestos de trabajos programados para ese día y realizan las tareas de mantenimiento correspondientes.
3. Al momento de volver al edificio técnico del AOS luego de realizada la tarea de mantenimiento, corresponde la segunda y última parte del cuestionario la cual es la fase de puntuación.
4. Durante el turno en el sitio del AOS, a las personas se les realiza una medición de oxígeno en sangre con un oxímetro de pulso por parte del policlínico, la cual al final de cada evaluación se registró para cada caso por persona.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4. RESULTADOS

La muestra estuvo compuesta por 18 técnicos electrónicos, 12 técnicos mecánicos, 2 operadores de transportador y un ingeniero electrónico (Tabla 4-2). El 100% de los trabajadores que participaron en el estudio son de sexo masculino (Tabla 4-1). Un 63,64% de ellos tiene un nivel educativo de técnico nivel superior, un 21,21% tiene un título universitario y un 15,15% registra un nivel educativo de enseñanza media (Figura 4-1).

Tabla 4-1. Número y porcentaje correspondiente al sexo del encuestado.

Sexo		
	Frecuencia	Porcentaje
Masculino	33	100,0

Tabla 4-2. Número de personas según su cargo.

		Recuento
Cargo que desempeña en AMG	Técnico Electrónico	18
	Técnico Mecánico	12
	Operador de Transportador	2
	Ingeniero Electrónico	1

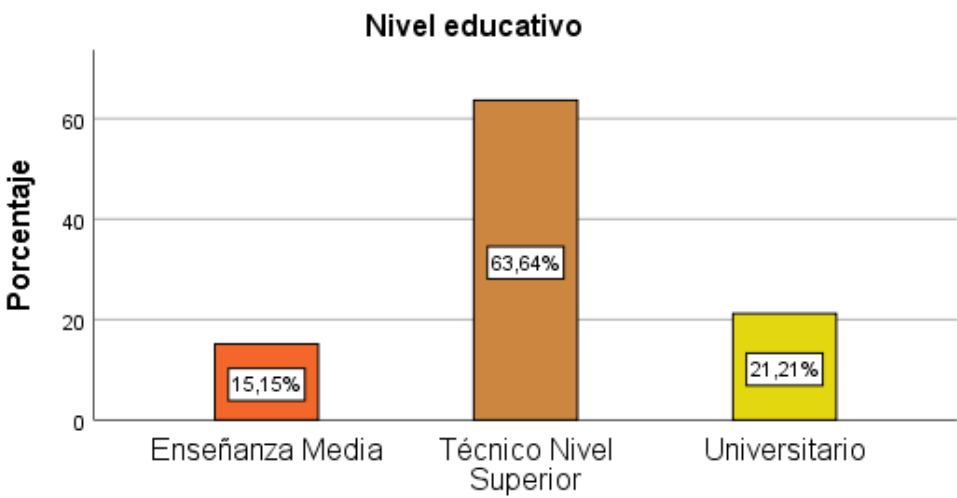


Figura 4-1. Niveles educativos de los participantes en porcentaje.

Las labores de mantenimiento de antenas tienen una programación que se publica diariamente al comenzar el día, en donde se definen las tareas a realizar, sus responsables, los horarios que deben cumplir, entre otros. Y dichas tareas las hay de dos tipos principalmente, en las programaciones diarias las presentan como preventiva/planeada o correctiva/no planeada. La preventiva/ planeada se refiere a todas aquellas tareas de mantenimiento que estaban programadas con antelación, muchas de ellas rutinarias y la correctiva/no planeada se refiere a todas aquellas tareas que surgen principalmente de fallas repentinas y que se deben llevar a cabo lo antes posible. En los cuestionarios se registró que las tareas evaluadas por el personal eran mayoritariamente de tipo correctiva/no planeada con un 57,58% del total y las preventivas/planeadas corresponden al 42,42% de las tareas (Figura 4-2).

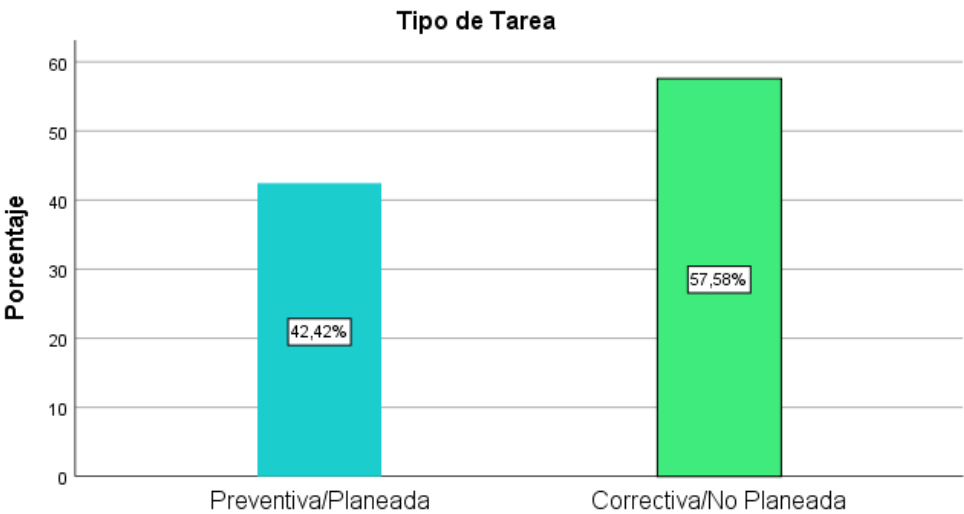


Figura 4-2. Tipos de tareas registradas en el estudio en porcentajes.

La carga global de trabajo resultó ser en su mayoría de un nivel alto (60,61%), siguiéndole a esta los casos de niveles medios de carga (39,39%). No se registraron casos en donde hubiera niveles bajos de carga (Figura 4-3).

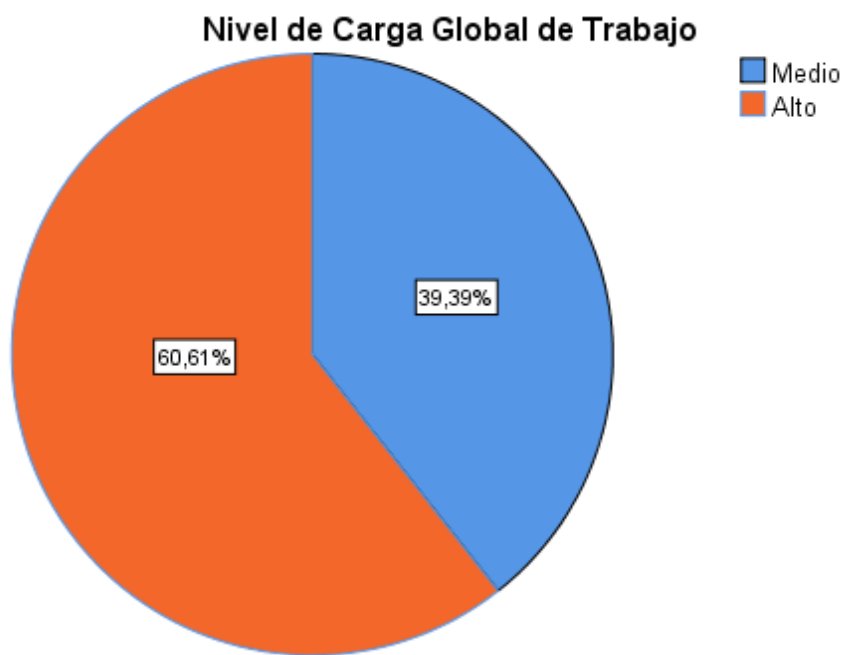


Figura 4-3. Niveles de carga global de trabajo.

Se encontró que el nivel educativo se correlaciona inversamente con el nivel de carga global de trabajo ($r_s=-,023$) y el tipo de tarea se correlaciona positivamente con el nivel de carga global de trabajo ($r_s=,186$) (Tabla 4-3).

Tabla 4-3. Correlaciones Rho de Spearman para tipo de tarea, nivel educativo y nivel de carga global de trabajo.

Correlaciones					
			Tipo de Tarea	Nivel educativo	Nivel de Carga Global de Trabajo
Rho de Spearman	Tipo de Tarea	Coeficiente de correlación	1,000	-0,121	0,186
	Nivel educativo	Coeficiente de correlación	-0,121	1,000	-0,023
	Nivel de Carga Global de Trabajo	Coeficiente de correlación	0,186	-0,023	1,000

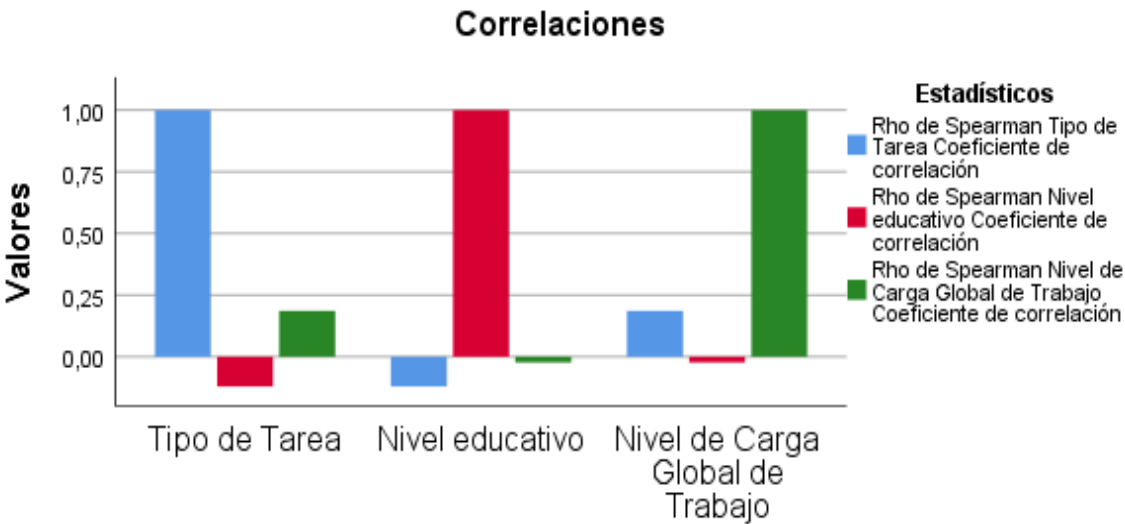


Figura 4-4. Representación gráfica de las correlaciones de Spearman de la Tabla 4-3.

Se registraron datos personales y socio-laborales como la edad, los años de experiencia en el cargo actual, años de antigüedad en ALMA, tipo de tarea y nivel educativo, y se analizaron en conjunto con los niveles de carga global de trabajo (Tabla 4-4).

Tabla 4-4. Factores socio-laborales según niveles de carga global de trabajo.

		Nivel de Carga Mental de Trabajo					
		Bajo		Medio		Alto	
		Media	Recuento	Media	Recuento	Media	Recuento
Edad		.		44		42	
Años de experiencia en el cargo actual		.		9		9	
Años de antigüedad en ALMA		.		8		7	
Tipo de Tarea	Preventiva/Planeada		0		7		7
	Correctiva/No Planeada		0		6		13
Nivel educativo	Enseñanza Media		0		2		3
	Técnico Nivel Superior		0		8		13
	Universitario		0		3		4
	Post Grado		0		0		0
Saturación de Oxígeno en Sangre		.		88		89	

No se obtuvieron datos para el nivel bajo de carga global de trabajo ya que, como se mencionó anteriormente, no se registraron casos con este nivel.

Para el nivel medio de carga global de trabajo se obtuvo una edad promedio de 44 años, un promedio de 9 años de experiencia en el cargo actual que desempeña, un promedio de 8 años de antigüedad en ALMA, un total de 7 tareas preventivas/planeadas y 6 correctivas/no planeadas, 2 personas con un nivel educativo de enseñanza media cursada, 8 con una carrera técnica de nivel superior y 3 con una carrera universitaria, y con una saturación de oxígeno en sangre de 88% en promedio.

Para el nivel alto de carga global de trabajo se obtuvo una edad promedio de 42 años, un promedio de 9 años de experiencia en el cargo actual que desempeña, un promedio de 7 años de antigüedad en ALMA, un total de 7 tareas preventivas/planeadas y 13 correctivas/no planeadas, 3 personas con un nivel educativo de enseñanza media cursada, 13 personas con una carrera técnica de nivel superior y 4 con una carrera universitaria, y con una saturación de oxígeno en sangre de 89% en promedio.

Las Puntuaciones Ponderadas de cada sub-escala (Tabla 4-5) representa la importancia de cada uno de los factores como causantes de carga de trabajo (Figura 4-5).

Tabla 4-5. Puntuaciones Ponderadas Medias de las Sub-escalas con respecto al nivel de carga global de trabajo.

	Nivel de Carga Global de Trabajo		
	Bajo	Medio	Alto
	Media	Media	Media
Puntuación Ponderada de Exigencia Física	.	196	229
Puntuación Ponderada de Exigencia Mental	.	130	308
Puntuación Ponderada de Exigencia Temporal	.	105	136
Puntuación Ponderada de Esfuerzo	.	167	203
Puntuación Ponderada de Rendimiento	.	191	248
Puntuación Ponderada de Nivel de Frustración	.	83	46

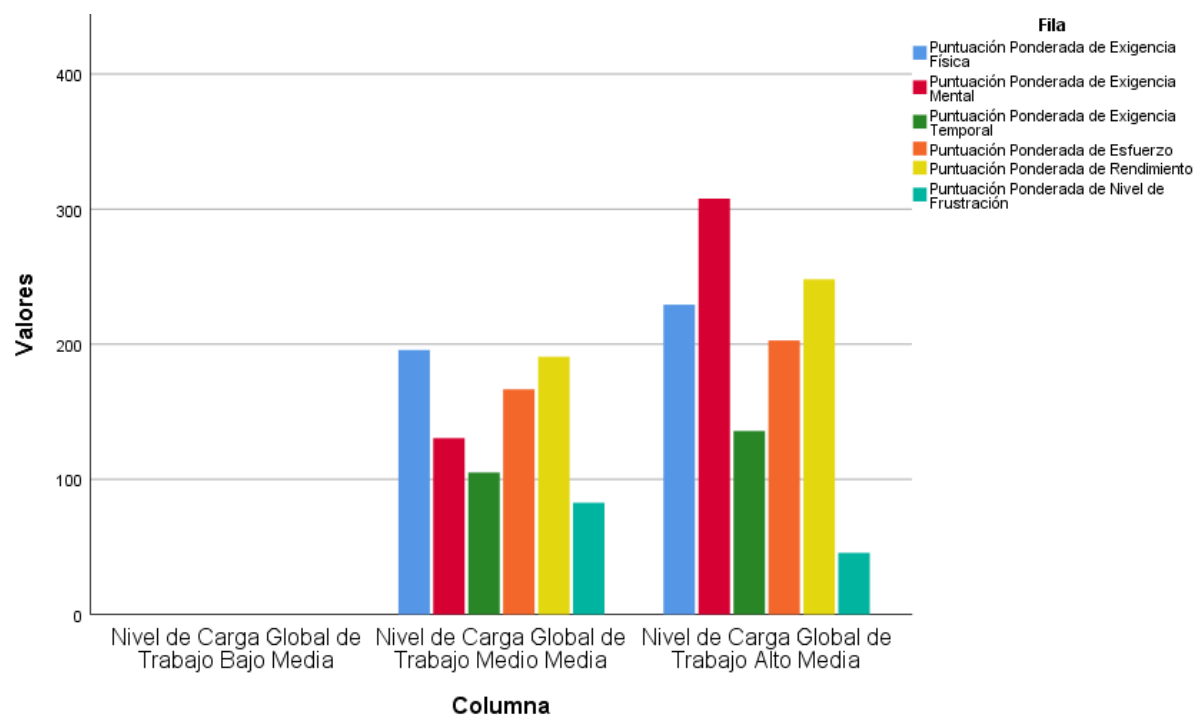


Figura 4-5. Niveles de importancia de cada Puntuación Ponderada en los niveles de carga global.

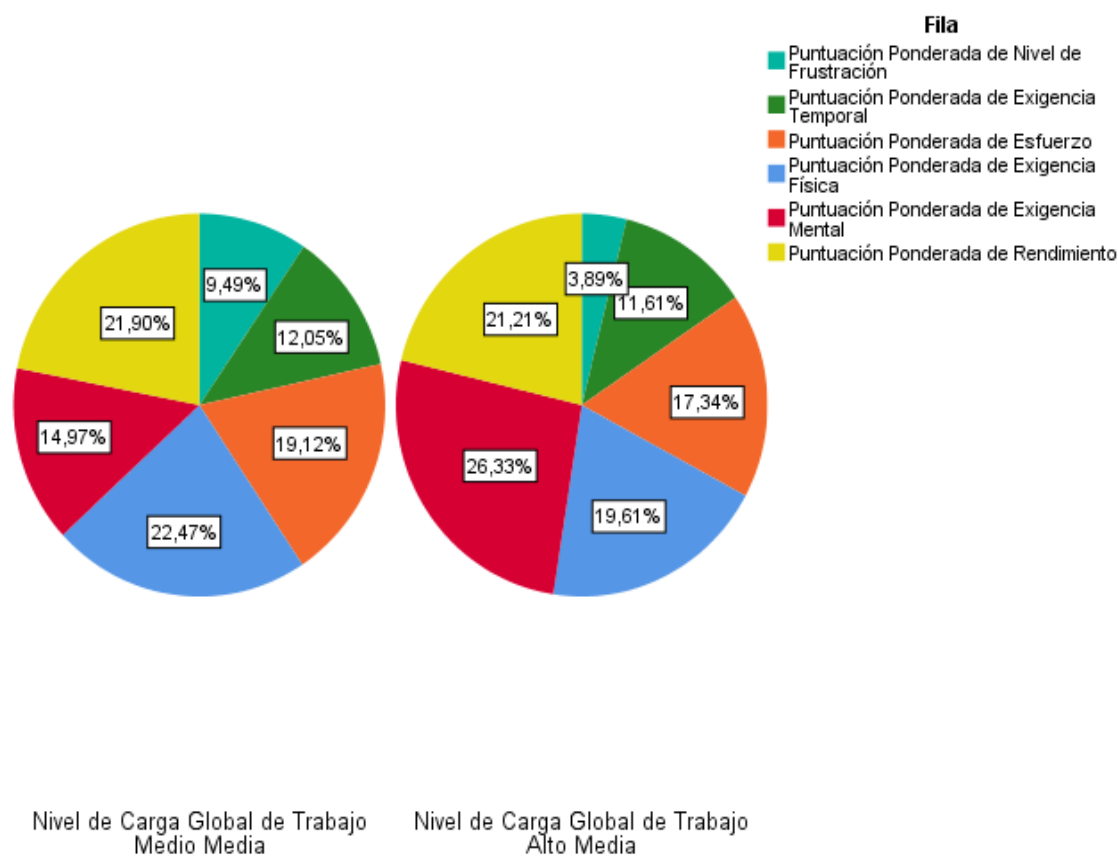


Figura 4-6. Porcentajes de Puntuaciones Ponderadas de sub-escalas según los niveles de carga global de trabajo.

Según las evaluaciones del personal se obtiene que para los niveles medios de carga global de trabajo uno de los principales factores causantes de carga son la exigencia física (22,47%) y el rendimiento (21,90%). Y para los niveles más altos de carga global de trabajo se identifica a la exigencia mental como gran causante de carga (26,33%) siguiéndole en menor proporción el rendimiento (21,21%) (Figura 4-6).

Hay estudios que han investigado los efectos que tiene la altura geográfica sobre las funciones cognitivas, y muchos concuerdan en una cosa: el oxígeno está relacionado estrechamente con esos efectos. Es por esta razón que en el presente estudio se decide el incluir como variable la saturación de oxígeno en sangre, la cual es básicamente la medida de la cantidad de oxígeno que hay en la sangre. Esta se correlaciona con las evaluaciones y la carga global de trabajo para ver el grado de influencia que tiene sobre los resultados (Tabla 4-6).

Tabla 4-6. Correlaciones de Spearman entre Puntuaciones Ponderadas de las sub-escalas, la carga global de trabajo y la saturación de oxígeno en sangre (SpO₂).

	Puntuación Ponderada de Exigencia Física	Puntuación Ponderada de Exigencia Mental	Puntuación Ponderada de Exigencia Temporal	Puntuación Ponderada de Esfuerzo	Puntuación Ponderada de Rendimiento	Puntuación Ponderada de Nivel de Frustración	Carga Global de Trabajo	Saturación de Oxígeno en Sangre
Puntuación Ponderada de Exigencia Física	1,000	-0,121	-0,435*	0,136	-0,093	-0,043	0,212	-0,060
Puntuación Ponderada de Exigencia Mental	-0,121	1,000	0,248	-0,059	0,166	-0,131	0,692**	0,201
Puntuación Ponderada de Exigencia Temporal	-0,435*	0,248	1,000	-0,372*	-0,084	-0,211	0,027	-0,090
Puntuación Ponderada de Esfuerzo	0,136	-0,059	-0,372*	1,000	-0,032	-0,034	0,352*	0,306
Puntuación Ponderada de Rendimiento	-0,093	0,166	-0,084	-0,032	1,000	-0,476**	0,311	0,394*
Puntuación Ponderada de Nivel de Frustración	-0,043	-0,131	-0,211	-0,034	-0,476**	1,000	0,001	-0,355*
Carga Global de Trabajo	0,212	0,692**	0,027	0,352*	0,311	0,001	1,000	0,193
Saturación de Oxígeno en Sangre	-0,060	0,201	-0,090	0,306	0,394*	-0,355*	0,193	1,000

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral)

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Las correlaciones de interés para este estudio presentadas en la Tabla 4-6 son la puntuación ponderada de exigencia mental, puntuación ponderada de rendimiento, puntuación ponderada de nivel de frustración, carga global de trabajo y saturación de oxígeno en sangre:

- Puntuación Ponderada de Exigencia Mental con carga global de trabajo ($r_s=0,692^{**}$) la cual muestra una correlación positiva significativa.
- Saturación de oxígeno en Sangre con Puntuación Ponderada de Rendimiento ($r_s=0,394^{**}$).
- Saturación de oxígeno en Sangre con Puntuación Ponderada de Nivel de Frustración ($r_s=-0,355$).
- Saturación de oxígeno en sangre con carga global de trabajo ($r_s=,193$) muestra una correlación positiva no significativa.

Los resultados obtenidos por esta investigación son preocupantes ya que se registraron, en su mayoría, altos niveles de Carga Mental. Estos resultados se relacionan directamente con el tipo de tarea que se realiza, identificándose a las tareas Correctivas/No planeadas como las evaluadas con niveles altos de Carga Mental de Trabajo.

Para niveles medios de Carga Mental de Trabajo se observan puntuaciones altas para la Exigencia Física, seguido del Rendimiento y el Esfuerzo. Esto indica que las personas sienten que necesitan movilizar más recuerdos físicos, aunque estos no posean niveles preocupantes.

Para niveles altos de Carga Mental de Trabajo se observan puntuaciones altas para la Exigencia Mental, seguido del Rendimiento y la Exigencia Física. Esto indica que las personas sienten que necesitan movilizar más recursos cognitivos para llevar a cabo la tarea evaluada y percibir un buen rendimiento de su desempeño.

CAPÍTULO 5: RECOMENDACIONES Y ESTIMACIÓN DE COSTOS

5. **RECOMENDACIONES Y ESTIMACIÓN DE COSTOS**

En el presente título se presentan las recomendaciones que nacen de los resultados de esta investigación y las estimaciones de costos asociadas a ella.

5.1. **RECOMENDACIONES**

Debido al alto porcentaje de carga global alta registrada en el presente estudio, se recomienda tomar medidas correctivas al respecto para lograr disminuir los niveles de carga percibidos por el personal, ya que esto puede derivar o estar derivando en estrés laboral. Aquellas medidas correctivas debieran estar orientadas a la Carga Mental percibida, la carga física de la tarea y la percepción del rendimiento, ya que son estos mismos los principales causantes de carga de trabajo según los resultados expuestos.

Se recomiendan medidas como:

- El dar una instancia, al terminar las tareas programadas, para transmitir a su supervisor inquietudes u observaciones con respecto a las labores realizadas y a los problemas que pudieran haber experimentado en terreno. Dar énfasis a la comunicación suele mejorar la autoconfianza y motivación. Lo que ayudaría mucho a la percepción que el equipo tiene sobre su rendimiento.
- El optar por incluir actividades de relajación siempre es una buena opción. Actividades como el Mindfulness, por ejemplo, son aplicadas en varias organizaciones reconocidas, como Google, y han registrado buenos resultados para su personal. Este tipo de prácticas mejoran el manejo del estrés, la atención, la toma de decisiones, las relaciones interpersonales, disminuye la ansiedad y mejoran la concentración, entre muchos otros beneficios.
- Generar una instancia para capacitar al personal en técnicas de manejo del estrés, si aún no han sido implementadas, para que las personas sepan afrontarlo correctamente. El fortalecer las capacidades de la persona para hacerle frente a situaciones complejas.
- Extender un estudio de estas características a más personas del observatorio, preferiblemente al total del personal que se desempeña en altitud geográfica, para obtener resultados aún más representativos y así tomar decisiones basadas en información aún más sólida.

- El uso constante de oxígeno y monitoreo de la saturación de oxígeno en sangre en alturas como los 5.050 m.s.n.m es de suma importancia, ya que el rendimiento cognitivo está estrechamente relacionado con una óptima oxigenación del cerebro humano. En el Observatorio ALMA ya se lleva a cabo un procedimiento de uso de oxígeno portátil y además la oxigenación del edificio técnico, por lo que la recomendación es enfatizar su utilización y concientizar aún más los beneficios que tiene para la salud.
- Con respecto a la oxigenación del edificio técnico del AOS, sería beneficioso el incorporar un sistema de alarma o notificación que de aviso en caso de que los niveles de oxígeno sean menores al mínimo del rango utilizado normalmente. Esto cobra importancia ya que dentro del edificio técnico no se suelen utilizar los tubos de oxígeno portátiles, y una falla en el sistema de oxigenación podría afectar enormemente el desempeño del personal.
- El frío extremo al que están expuestos los trabajadores del observatorio ALMA es importante, sobre todo cuando se habla de la carga de trabajo, ya que el discomfort térmico influye muchísimo en la percepción que se tenga del nivel de carga. Es por eso que se recomienda el concientizar a los trabajadores sobre la normativa vigente (DS 594, art. 99) que regula la exposición ocupacional al frío. Esto se puede realizar mediante charlas y apoyo visual como posters llamativos ubicados en el edificio técnico recordando las temperaturas consideradas peligrosas, la velocidad del viento que influye en la sensación térmica y los riesgos a los que se exponen en dichas condiciones.
- Con respecto al discomfort térmico, también concientizar sobre el tipo de ropa de trabajo que deben utilizar según las temperaturas que se presentan, incluyendo en el criterio la velocidad del viento. Y ya que ALMA cumple con estos requisitos legales antes mencionados, se recomienda el consultar a su personal si aún con aquellas medidas implementadas, siguen teniendo problemas para llevar a cabo sus tareas de manera segura y óptima. El tomar en cuenta la percepción de los trabajadores siempre es beneficioso.
- El Observatorio ALMA posee un procedimiento de aclimatación bastante bueno, es por eso que se debe enfatizar en que este debe ser respetado estrictamente por todos quienes deban subir a los 5.050 m.s.n.m.
- Uno de los factores generadores de carga identificados en el estudio fue la carga física percibida, por lo que se recomienda el considerar realizar un estudio ergonómico para las labores que se llevan a cabo en las antenas al tratarse de lugares de trabajo de tamaño reducido, que provoca muchas veces que las personas deban permanecer en posiciones incómodas para poder trabajar.

5.2. **ESTIMACIÓN DE COSTOS**

En el presente título se presentan las estimaciones de costo para las recomendaciones presentadas y para la realización del estudio en el escenario planteado.

5.2.1. **Estimación de Costos de Recomendaciones**

La estimación de costos de las recomendaciones del presente informe se expone en la siguiente tabla (Tabla 5-1):

Tabla 5-1. Tabla de estimación de costos para las recomendaciones del estudio.

ítem	Costo Estimado	Observación
Mindfulness	\$ 140.000	Por persona
Capacitación "Control de Estrés Laboral"	\$ 140.484	Por persona
Extensión de Estudio a todo el Observatorio ALMA	\$2.599.927	Por 150 Personas
Sistema de alarma/notificación de niveles bajos de oxígeno	\$ 341.518	Por unidad
Estudio Ergonómico para Trabajos en Antenas	\$ 1.200.000	Trabajos en Antenas

Los costos indicados son aproximados, se obtuvieron de acuerdo a los valores que actualmente se utilizan para servicios de este tipo.

Las recomendaciones que no son consideradas en la tabla expuesta anteriormente son consideradas como actividades propias del Observatorio ALMA.

5.2.2. **Estimación de Costos del Estudio**

La estimación de costos del presente estudio tiene como determinantes principales el número de trabajadores al que se aplicó el cuestionario y las horas de trabajo que se necesitaron para llevarlo a cabo. Un resumen de los costos estimados se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5-2. Tabla de estimación de costos para el estudio.

ítem Evaluado	Porcentaje de Costo	Costo Estimado
Evaluación en terreno con Cuestionario NASA TLX	37,82	\$228.000
Elaboración de Informe	22,39	\$135.000
Análisis de datos	17,42	\$105.000
Registro de datos en software SPSS v25	12,44	\$75.000
Licencia software SPSS v25	7,41	\$44.700
Impresiones y materiales de apoyo	2,52	\$15.200
Total	100,00	\$602.900

El costo estimado total para este estudio aplicado a 33 personas a una altura de 5.050 m.s.n.m. es de aproximadamente 602.900 Pesos Chilenos. Los costos de movilización y estadía no son incluidos en la presente tabla debido a que son muy variables y dependen también de las facilidades que otorga la organización.

Los ítems de evaluación con cuestionario NASA TLX, registro de datos en software, análisis de datos y elaboración de informe fueron calculados considerando las horas de trabajo que tomó llevar a cabo esas tareas, que resultaron ser 63 horas aproximadamente.

El ítem de licencia de software SPSS v25 se refiere al costo de adquirir las herramientas del software por un período de 4 meses, la cual se adquiere desde la página de IBM (International Business Machines Corporation).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del presente estudio muestran que un 60,61% de los trabajadores del Observatorio ALMA encargados del mantenimiento de antenas percibe un nivel de carga global de trabajo alto. Las tareas de tipo correctivas/no planeadas son identificadas como las principales generadoras de niveles altos de carga de trabajo (13 de 20 tareas). Y a su vez los niveles altos de carga de trabajo tienen como principal fuente de carga la exigencia mental (26,33%) y le sigue en nivel de importancia el rendimiento (21,21%). Si resumimos todo esto, obtenemos que las tareas correctivas/no planeadas necesitan ser realizadas eficazmente y con urgencia al tratarse principalmente de situaciones donde se encuentran fallas que podrían comprometer el buen funcionamiento de las antenas del Observatorio ALMA, todo esto genera que la persona perciba una carga de trabajo mayor, y al tratarse de fallas también se necesita de la capacidad de resolución de problemas, de poder prestar atención a la situación que se le presenta, el lograr recordar indicaciones, órdenes, entre otras funciones que, estudios previos han demostrado, se ven afectadas por la exposición a altura geográfica. Al estar expuestos a HIC, dichas funciones cognitivas descritas anteriormente parecerán mucho más complejas que al estar situados a nivel del mar o a alturas inferiores a 2.500 metros. En este estudio, esta situación se puede observar en la correlación positiva significativa como resultado de la asociación entre la saturación de oxígeno en sangre y la puntuación ponderada de rendimiento ($r_s=,394^{**}$), lo que indica que si la persona está teniendo una baja saturación de oxígeno en sangre (menor a 90%), esta percibirá menos satisfacción con el nivel de rendimiento alcanzado.

En el estudio de la Carga Mental de Trabajo, se obtiene que esta tiene el promedio más alto de puntuaciones ponderadas en niveles altos de carga de trabajo, seguida del rendimiento, el que resulta tener la correlación más significativa con respecto a la SpO_2 . Es aquí donde se observa mayormente la influencia que tiene la hipoxia por exposición a HIC sobre la carga de trabajo, particularmente sobre la Carga Mental percibida por los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Jiménez, Daniel.** Trabajadores Sobre 3000 Metros de Altura, Donde la Medicina de Montaña y la Salud Ocupacional se Encuentran. [En línea] 13 de Julio de 2015. [Citado el: 16 de Julio de 2019.] <https://revistahistoriaindigena.uchile.cl/index.php/RCSP/article/view/36783/38359>.
2. **Pinto, Débora Coimbra Costa.** Mecanismos Implicados en la Respuesta Cerebral Frente a la Exposición a la Hipoxia Respiratoria: Efecto Neuroprotector de la Hipoxia Intermitente . [En línea] 03 de Diciembre de 2015 . [Citado el: 23 de Julio de 2019.] http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/101332/1/DCCP_TESIS%20%281%29.pdf.
3. **F. Moraga, I. López, A. Morales, D. Soza and J. Noack.** The Effect of Oxygen Enrichment on Cardiorespiratory and Neuropsychological Responses in Workers With Chronic Intermittent Exposure to High Altitude (ALMA, 5,050m) . *www.frontiersin.org*. [Online] Marzo 23, 2018. [Cited: Junio 25, 2019.] <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.00187> . 1664-042X.
4. **ALMA.** Alma Observatory . [En línea] <https://www.almaobservatory.org/es/sobre-alma/>.
5. **Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Facultad de Ciencias.** PUCV. [En línea] 2 de Agosto de 2017. [Citado el: 10 de 5 de 2019.] <https://www.pucv.cl/uuaa/ciencias/noticias/el-rol-social-del-observatorio-alma/2017-08-02/163110.html>.
6. **ALMA.** alma observatory comunicados de prensa. [En línea] 10 de 4 de 2019. [Citado el: 11 de 5 de 2019.] <https://www.almaobservatory.org/es/comunicados-de-prensa/astronomos-obtienen-primera-imagen-de-un-agujero-negro/>.
7. **Departamento de Salud Ocupacional División de Políticas Públicas Saludables y Promoción.** Guía Técnica Sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud. *Ministerio de Salud del Gobierno de Chile* . [En línea] https://www.minsal.cl/sites/default/files/guia_hipobaria_altitud.pdf.
8. **Pinto, Rodrigo.** Hipobaría Intermitente Crónica: Un Mal que Acecha de Forma Silenciosa. *Minería Chilena*. [En línea] 10 de Octubre de 2018. [Citado el: 20 de Julio de 2019.] <https://www.mch.cl/reportajes/hipobaria-intermitente-cronica-mal-acecha-forma-silenciosa/#>.
9. **Urrea, Juan Silva.** El Trabajo en Hipobaría Intermitente Crónica a Gran Altitud en Chile: Búsqueda de Estrategias Preventivas para la Fase Aguda. [En línea] 2015 . [Citado el: 12 de Julio de 2019.] http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/99426/1/JSU_TESIS.pdf.
10. **Ministerio de Salud del Gobierno de Chile.** DS 28. *Modifica el DS 594*. [En línea] 8 de Noviembre de 2012. [Citado el: 16 de Julio de 2019.] https://www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/12-Hipobaria/2-Normativa/dto_minsal_28_2012.pdf.
11. **Siqués, Patricia.** Aspectos Metabólicos y Aclimatación en Exposición Crónica Intermitente a Altura. [aut. libro] Patricia Siqués y Julio Brito Jorge Osorio. *Vivir y Trabajar en Altura*. Iquique : s.n., 2017.
12. **Ministerio de Salud.** Guía Técnica Sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud. [En línea] 14 de Noviembre de 2013. [Citado el: 3 de Julio de 2019.] https://www.minsal.cl/sites/default/files/guia_hipobaria_altitud.pdf.

13. **Beall, Cynthia M.** Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives. [Online] Mayo 15, 2015. [Cited: Julio 10, 2019.] https://www.pnas.org/content/pnas/104/suppl_1/8655.full.pdf.
14. **Maritam Pun, Veronica Guadagni, Kaitlyn M. Bettauer, Lauren L. Drogos, Julie Aitken, Sara E. Hartman, Michael Furian, Lara Muralt, Mona Lichtblau, Patrick R. Bader, Jean M. Rawling, Andrea B. Protzner, Silvia Ulrich, Konrad E. Bloch, Barry G y Marc P.** Effects on Cognitive Functioning of Acute, Subacute and Repeated Exposures to High Altitude. [Online] Agosto 21, 2018. [Cited: Julio 15, 2019.] <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2018.01131.1664-042X>.
15. **Maritam Pun, Veronica Guadagni, Lauren L. Drogos, Charlotte Pon, Sara E. Hartman, M Furian, M. Lichtblau, Lara Muralt, P. R. Bader, Fernando A. Moraga, Daniel Soza, Ivan Lopez, Jean M. Rawling, S. Ulrich, Konrad E. Bloch, B. Giesbrecht and M. J. Poulin.** Cognitive Effects of Repeated Acute Exposure to Very High Altitude Among Altitude-Experienced Workers at 5050 m. *High Altitude Medicine & Biology*. [Online] Diciembre 26, 2019. [Cited: Diciembre 29, 2019.] <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/ham.2019.0012>.
16. **Andrés Borda, Alirio Bastidas, Frank Pernet.** Edema Pulmonar Inducido Por Las Alturas . [En línea] 14 de Abril de 2009. [Citado el: 21 de Julio de 2019.] <http://academia.utp.edu.co/medicinadeportiva/files/2012/04/Edema-pulmonar-inducido-por-las-alturas.pdf>.
17. **Díaz, Jorge F.** Edema Cerebral por Altura, un Problema para los Viajeros. [En línea] 27 de Enero de 2017. [Citado el: 23 de Julio de 2019.] <https://www.mysticlandsperu.com/edema-cerebral-por-altura-montana-de-7-colores-2017/>.
18. **M., Mario Sandoval.** Alternativa de Mitigación en Trabajos a Gran Altitud . [En línea] Noviembre de 2013. [Citado el: 10 de Julio de 2019.] <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=289&edi=13&xti=alternativas-de-mitigacion-en-trabajos-a-gran-altitud>.
19. **J. W. Mink, R. J. Blumenschine, and D. B. Adams.** Ratio of Central Nervous System to Body Metabolism in Vertebrates: its constancy and functional basis. [Online] Septiembre 01, 1981. [Cited: Julio 23, 2019.] <https://journals.physiology.org/doi/pdf/10.1152/ajpregu.1981.241.3.R203>.
20. **Hornbein, Thomas F.** The High-Altitude Brain . [Online] Junio 28, 2001. [Cited: Julio 29, 2019.] <https://jeb.biologists.org/content/jexbio/204/18/3129.full.pdf>.
21. **Loyola, Oscar.** Hipoxia y Rendimiento Neuropsicológico: Efectos Cognitivos y Emocionales de la Exposición a la Altura Geográfica. [aut. libro] Patricia Siqués y Julio Brito Jorge Osorio. *Vivir y Trabajar en Altura*.
22. **M. Pun, V. Guadagni, L. L. Drogos, C. Pon, S. Hartman, M. Furian, M. Lichtblau, P. Bader, F. Moraga, D. Soza, I. Lopez, J. M. Rawling, S. Ulrich, K. E. Bloch, B. Giesbrecht, M. Poulin.** Cognitive Effects of Repeated Acute Exposure to Very High Altitude Among Altitude-Experienced Workers at 5050m. *High Altitude Medicine & Biology* . 2019.
23. **OCDE.** *La Comprensión del Cerebro: El nacimiento de una ciencia del aprendizaje*. s.l. : Universidad Católica Silva Henríquez , 2010. 9789567947928.
24. **Emilia Sforza, Frédéric Roche.** Chronic intermittent hypoxia and obstructive sleep apnea: an experimental and clinical approach. [Online] Abril 27, 2016. [Cited: Julio 25 , 2019.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5085272/>.
25. **M. A. Rebollo, S. Montiel.** Atención y Funciones Ejecutivas. [En línea] 30 de Enero de 2006. [Citado el: 30 de Julio de 2019.] <http://www.mdp.edu.ar/psicologia/psico/sec-academica/asignaturas/aprendizaje/Atencion%20y%20fe.pdf>.

26. **Fundación Aura, Fundación Síndrome de Down de Cantabria.** Funciones Ejecutivas: Bases Fundamentales. [En línea] 2018. [Citado el: 30 de Julio de 2019.] <https://www.downciclopedia.org/neurobiologia/funciones-ejecutivas-bases-fundamentales.html>.
27. **J. A. F. Tresguerres, C. Ariznavarreta, V. Cachofeiro, D. Cardinali, E. Escrich Escriche, P. Gil-Loyzaga, V. Lahera Juliá, F. Mora Teruel, M. Romano Pardo, J. Tamargo Menéndez.** *Fisiología Humana* . 2005. 8448606477.
28. **Fesp UGT.** Portal de los riesgos laborales de los trabajadores de la enseñanza . [En línea] [Citado el: 10 de Agosto de 2019.] <https://riesgoslaborales.saludlaboral.org/portal-preventivo/riesgos-laborales/riesgos-relacionados-con-la-hergonomia/carga-de-trabajo/>.
29. **Cuixart, Clotilde Nogareda.** NTP 179: La carga mental del trabajo definición y evaluación. [En línea] 1984. [Citado el: 9 de Agosto de 2019.] https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_179.pdf/8ab5f66a-8a0d-4a8c-b096-eda49e55e048.
30. **José Luis González Gutiérrez. Bernardo Moreno Jiménez, Eva Garrosa Hernández.** *Carga Mental y Fatiga Laboral: Teoría y evaluación* . s.l. : Piámide.
31. **Delgado, Olga Sebastián García y Ma. Angeles del Hoyo.** *La Carga Mental de Trabajo* . Madrid : Institutio Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España . 84-7425-605-4.
32. **Arquer, M. Isabel de.** NTP 534: Carga mental de trabajo: factores . [En línea] 1999. [Citado el: 9 de Agosto de 2019.] https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_534.pdf/2f271faa-ebcc-48c7-a33f-96768a3cf9a2.
33. **ISO.** *ISO 10075: Ergonomic principles related to mental work-load*. 2017.
34. **Arquer, M. Isabel de.** NTP 445: Carga mental de trabajo: fatiga . [En línea] 1999. [Citado el: 16 de Agosto de 2019.] https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_445.pdf/a0a57c8d-2ae3-445b-b525-b57d0ad54592.
35. **Delegación del Rector para salud, bienestar social y medioambiente, Universidad Complutense Madrid** . *Fatiga Laboral: Conceptos y Prevención*. [En línea] 2013. [Citado el: 20 de Agosto de 2019.] <https://www.ucm.es/data/cont/docs/3-2013-02-18-1-FATIGA%20LABORAL.%20CONCEPTOS%20Y%20PREVENCION%20C3%93N.pdf>.
36. **Human Performance Research Group NASA Ames Research Center** . *NASA Task Load Index (TLX)* . California : s.n.

ANEXOS

ANEXO A. CUESTIONARIO NASA TLX APLICADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR

**ESTUDIO EVALUATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA HIPOBARIA INTERMITENTE
CRÓNICA EN LA CARGA MENTAL DE TRABAJO EN PERSONAL DEL
OBSERVATORIO ALMA MEDIANTE MÉTODO NASA TASK LOAD INDEX**

El presente documento tiene por objetivo evaluar la carga mental de trabajo en personal de ALMA dedicado al mantenimiento de antenas en el sitio AOS, esto se hará mediante el cuestionario NASA Task Load Index (NASA TLX) que contempla 6 dimensiones a valorar desde 1 a 20 puntos: Exigencia Mental, Exigencia Física, Exigencias Temporales, Rendimiento, Esfuerzo y Nivel de Frustración.

Tenga presente que identificarse con su nombre en el cuestionario es de carácter OPCIONAL y la información personal requerida será utilizada sólo con fines estadísticos.

El procedimiento de evaluación consta de dos partes:

Primera parte: Antes de realizar la tarea programada de mantenimiento se debe escoger entre varios pares de dimensiones de carga cuál es la que usted cree que influye **más** en su carga mental de trabajo.

Segunda parte: Después de realizar la tarea programada de mantenimiento se debe valorar cada dimensión que contempla el cuestionario.

Documento Elaborado por:
Natalia Pinilla

**Memorista Egresada de la carrera Ingeniería en Prevención de Riesgos Laborales y
Ambientales de la Universidad Técnica Federico Santa María**



Evaluación de la Carga Mental de Trabajo en Personal de
Mantenimiento de Antenas

Datos Personales:

Nombre (Opcional):	
Cargo:	
Edad:	Sexo: () Masculino () Femenino
Experiencia en cargo (años):	Antigüedad en ALMA:
Nivel educativo:	
Tarea:	Tipo:



Cuadro de reconocimiento previo de dimensiones de carga mental:

DIMENSIÓN	DEFINICIÓN	OPERATIVIZACIÓN
Exigencia Mental (M)	Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea.	¿Cuánta actividad mental y perceptiva fue necesaria? (pensar, decidir, calcular, etc.). ¿Es una tarea difícil o fácil, simple o compleja, pesada o ligera?.
Exigencia Física (F)	Cantidad de actividad física que requiere la tarea.	¿Cuánta actividad física fue necesaria? ¿Se trata de una tarea difícil o fácil, lenta o rápida, relajada o cansada?.
Exigencias Temporales (T)	Nivel de presión temporal percibida.	¿Cuánta presión de tiempo sintió debido al ritmo al cual se sucedían las tareas o elementos de las tareas? ¿Era el ritmo lento o pausado, o rápido y frenético?.
Rendimiento (R)	Grado de satisfacción con el propio nivel de rendimiento.	¿Hasta qué punto cree que ha tenido éxito en los objetivos establecidos por el investigador (o por Usted mismo)? ¿Cuál es su grado de satisfacción con el nivel de ejecución?.
Esfuerzo (E)	Grado de esfuerzo mental y físico que debe realizar para obtener su nivel de rendimiento.	¿En qué medida ha tenido que trabajar (física o mentalmente) para alcanzar su nivel de resultados?.
Nivel de Frustración (Fr)	Grado de inseguridad, estrés, irritación, descontento, etc. sentido durante la realización de la tarea.	Durante la tarea, ¿en qué medida se ha sentido inseguro, desalentado, irritado, tenso o preocupado o por el contrario, se ha sentido seguro, contento, relajado y satisfecho?.



Cuestionario NASA TLX

Instrucción de **Primera Parte:**

En los siguientes cuadros, para cada par presentado usted debe marcar cuál aspecto contribuye más a la carga de trabajo.

() Exigencias Mentales () Exigencias Físicas	() Exigencias Físicas () Exigencias Temporales	() Exigencias Temporales () Esfuerzo
() Exigencias Mentales () Exigencias Temporales	() Exigencias Físicas () Rendimiento	() Exigencias Temporales () Nivel de Frustración
() Exigencias Mentales () Rendimiento	() Exigencias Físicas () Esfuerzo	() Rendimiento () Esfuerzo
() Exigencias Mentales () Esfuerzo	() Exigencias Físicas () Nivel de Frustración	() Rendimiento () Nivel de Frustración
() Exigencias Mentales () Nivel de Frustración	() Exigencias Temporales () Rendimiento	() Esfuerzo () Nivel de Frustración



Instrucción Segunda Parte:

Luego de realizada la tarea de mantenimiento proceda a valorar cada dimensión en una escala desde 1 a 20 puntos marcando el recuadro.

Exigencia Mental: ¿Qué tan demandante mentalmente es la tarea?

1																		20
Baja																		Alta

Exigencia Física: ¿Qué tan demandante físicamente es la tarea?

1																		20
Baja																		Alta

Exigencia Temporal: ¿Qué tan fuerte o rápido es el ritmo impuesto para hacer la tarea?

1																		20
Baja																		Alta

Rendimiento: ¿Qué tan exitoso ha sido para lograr lo que ha requerido?

1																		20
Baja																		Alta

Esfuerzo: ¿Qué tan duro tiene que trabajar para lograr un adecuado nivel de rendimiento?

1																		20
Baja																		Alta

Nivel de Frustración: ¿Qué tan inseguro, irritado o estresado y molesto está por la tarea?

1																		20
Baja																		Alta

*Se agradece enormemente su colaboración al completar este cuestionario.

ANEXO B. FICHA TÉCNICA NASA TLX DEL MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL



ISL
Ministerio del Trabajo
y Previsión Social

Gobierno de Chile

Método NASA-TLX

MÉTODO NASA TLX

DIMENSION	DEFINICIÓN	OPERATIVIZACIÓN
Exigencias Mentales (M)	Cantidad de actividad mental y perceptiva que requiere la tarea	¿Cuánta actividad mental y perceptiva fue necesaria? (pensar, decidir, calcular, etc.). ¿Es una tarea difícil o fácil, simple o compleja, pesada o ligera?
Exigencias Físicas (F)	Cantidad de actividad física que requiere la tarea	¿Cuánta actividad física fue necesaria? ¿Se trata de una tarea difícil o fácil, lenta o rápida, relajada o cansada?
Exigencias Temporales (T)	Nivel de presión temporal percibida	¿Cuánta presión de tiempo sintió debido al ritmo al cual se sucedían las tareas o elementos de las tareas? ¿Era el ritmo lento y pausado, o rápido y frenético?
Rendimiento (R)	Grado de satisfacción con el propio nivel de rendimiento	¿Hasta qué punto cree que ha tenido éxito en los objetivos establecidos por el investigador (o por Ud. mismo)? ¿Cuál es su grado de satisfacción con el nivel de ejecución?
Esfuerzo (E)	Grado de esfuerzo mental y físico que debe realizar para obtener su nivel de rendimiento	¿En qué medida ha tenido que trabajar (física o mentalmente) para alcanzar su nivel de resultados?
Nivel de Frustración (Fr)	Grado de inseguridad, estrés, irritación, descontento, etc., sentido durante la realización de la tarea	Durante la tarea, ¿en qué medida se ha sentido inseguro, desalentado, irritado, tenso o preocupado o por el contrario, se ha sentido seguro, contento, relajado y satisfecho?

En el siguiente cuadro debe marcar con un círculo, cual aspecto del par presentado contribuye más a la carga de la tarea

M - F	F - T	T - E
M - T	F - R	T - Fr
M - R	F - E	R - E
M - E	F - Fr	R - Fr
M - Fr	T - R	E - Fr

En el siguiente cuadro debe marcar un punto en la escala que se presenta

Exigencia Mental. ¿Qué tan demandante mentalmente es la tarea? BajaAlta	Exigencia Física. ¿Qué tan demandante físicamente es la tarea? BajaAlta
Exigencias Temporales. ¿Qué tan fuerte o rápido es el ritmo impuesto para hacer la tarea? BajaAlta	Rendimiento. ¿Qué tan exitoso ha sido para lograr lo que ha requerido? BajaAlta
Esfuerzo. ¿Qué tan duro tiene que trabajar para lograr un adecuado nivel de rendimiento? BajaAlta	Nivel de Frustración ¿Qué tan inseguro, irritado o estresado y molesto está por la tarea? BajaAlta

Tabla de Evaluación del Método NASA - TLX

Variable	(a) Peso	(b) Puntuación	(c) Puntuación convertida (b x 5)	(d) Puntuación Ponderada (c x a)
Exigencias Mentales				
Exigencias Físicas				
Exigencias Temporales				
Rendimiento				
Esfuerzo				
Frustración				
TOTAL	15			

Tabla de Puntajes

NASA TLX	Nivel de Carga Mental
500 puntos o menos	Bajo
Sobre los 500 puntos y por debajo de los 1000 puntos	Medio
Evaluación global sobre 1000 puntos y cuyos factores predominantes posean un carácter intrínseco (independientemente que la suma de factores intrínsecos no alcance los 100 puntos)	Alto

Variable	Intrínseco	Extrínseco
Exigencias Mentales	Implica: • Identificación de indicadores, señales o variables de carácter, ya sea cambiante, aleatorio o esporádico, altamente críticos para la realización de la tarea. • Análisis y relaciones complejas. • Tomas de decisión en contextos inciertos y de elevado impacto. • Simultaneidad de acciones y toma de decisiones complejas. • Responsabilidad sobre personas y/o equipamientos en condiciones de riesgo. • Todas las acciones que no cuentan con alternativas de soporte o sustitución (automatización, por ejemplo) técnico u organizacional, que permita subsanar las exigencias.	El diseño del puesto, de los flujos, supervisión, controles, etc., con los que cuenta la organización, se encuentran a la base de las exigencias del puesto. Las herramientas, soportes materiales y factores ambientales se encuentran a la base de las exigencias del puesto.
Exigencias Físicas	La realización de la tarea implica elevada carga física y/o condiciones ambientales exigentes.	La percepción de las exigencias del puesto derivan de carencias en las competencias de los ocupantes del puesto Es técnicamente posible subsanar las exigencias del puesto de trabajo por medio de arreglos organizacionales, tecnológicos o con programas de desarrollo de competencias.
Exigencias Temporales	Implica operar con plazos de respuesta breves, no predecibles o trabajar por períodos prolongados, eventualmente sin o con escasas pausas. Tiene escaso control de sus tiempos de descanso y/o de término de su jornada de trabajo.	
Rendimiento	Elevadas exigencias de rendimiento. Debe cumplir metas elevadas en volumen y/o calidad para cumplir con los estándares de su puesto.	
Esfuerzo	Requiere poner permanentemente en juego todos sus recursos intelectuales, físicos y emocionales para asegurar los estándares de su puesto.	
Nivel de Frustración	Los resultados de su actividad no están asegurados por el hecho de realizar las tareas conforme a lo estipulado y poniendo de sí todos los esfuerzos y recursos que dispone para ello	

**ANEXO C. MANUAL ORIGINAL NASA TLX DEL HUMAN PERFORMANCE
RESEARCH GROUP DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES AMES DE LA
NASA**

NASA TASK LOAD INDEX (TLX)

v. 1.0

Paper and Pencil Package

Human Performance Research Group
NASA Ames Research Center
Moffett Field, California
(415)694-6072

Table of Contents

1. Background	1
2. Description	2
2.1 General Information	
2.2 Sources of Load (Weights)	
2.3 Magnitude of Load (Ratings)	
2.4 Weighting and Averaging Procedure	
3. Experimental Procedure	4
3.1 Instructions	
3.2 Familiarization	
3.3 Ratings	
3.4 Weights	
3.5 Summary	
4. Data Analysis Procedure	6
4.1 Tally Sheet	
4.2 Worksheet	
4.3 Summary	
5. Bibliography	8
6. Subject Instructions: Rating Scales	11
7. Subject Instructions: Sources of Workload Evaluation	12
Appendix A: Rating Scale Definitions	13
Appendix B: Sources of Workload Comparison Cards	14
Appendix C: Rating Sheet	17
Appendix D: Sources of Workload Tally Sheet	18
Appendix E: Weighted Rating Worksheet	19

NASA Task Load Index (NASA-TLX) Version 1.0

Paper and Pencil Package

This booklet contains the materials necessary to collect subjective workload assessments with the NASA Task Load Index. This procedure for collecting workload ratings was developed by the Human Performance Group at NASA Ames Research Center during a three year research effort that involved more than 40 laboratory, simulation, and inflight experiments. Although the technique is still undergoing evaluation, this booklet is being distributed to allow other researchers to use it in their own experiments. Comments or suggestions about the procedure would be greatly appreciated. This package is intended to fill a "nuts and bolts" function of describing the procedure. A bibliography provides background information about previous empirical findings and the logic that supports the procedure.

1. BACKGROUND

The NASA Task Load Index is a multi-dimensional rating procedure that provides an overall workload score based on a weighted average of ratings on six subscales: Mental Demands, Physical Demands, Temporal Demands, Own Performance, Effort, and Frustration. A definition of each subscale is provided in Appendix A.

An earlier version of the scale had nine subscales. It was designed to reduce between-rater variability by using the *a priori* workload definitions of subjects to weight and average subscale ratings. This technique (referred to as the "NASA Bipolar Rating Scale") was quite successful in reducing between-rater variability, and it provided diagnostic information about the magnitudes of different sources of load from subscale ratings (Hart, Battiste, & Lester, 1984; Vidulich & Tsang, 1985a & b). However, its sensitivity to experimental manipulations, while better than found for other popular techniques and for a global unidimensional workload rating, was still not considered sufficient. In addition, it was felt that nine subscales are too many, making the scale impractical to use in a simulation or operational environment. Finally, several of the subscales were found to be irrelevant to workload (e.g., Fatigue) or redundant (e.g., Stress and Frustration). For these reasons, the NASA Task Load Index was developed. Some of the subscales from the original scale were revised or combined, others deleted.

and two added. Three dimensions relate to the demands imposed on the subject (Mental, Physical, and Temporal Demands) and three to the interaction of a subject with the task (Effort, Frustration, and Performance).

Although it is clear that definitions of workload do indeed vary among experimenters and among subjects (contributing to confusion in the workload literature and between rater variability), it was found that the specific sources of loading imposed by different tasks are an even more important determinant of workload experiences. Thus, the current version of the scale (the Task Load Index) combines subscale ratings that are weighted according to their subjective importance to raters in a specific task, rather than their *a priori* relevance to raters' definitions of workload in general.

2. DESCRIPTION

2.1. General Information

The degree to which each of the six factors contribute to the workload of the specific task to be evaluated, from the raters' perspectives, is determined by their responses to pair-wise comparisons among the six factors. Magnitude ratings on each subscale are obtained after each performance of a task or task segment. Ratings of factors deemed most important in creating the workload of a task are given more weight in computing the overall workload score, thereby enhancing the sensitivity of the scale.

The weights and ratings may or may not covary. For example, it is possible for mental demands to be the primary source of loading for a task, even though the magnitude of the mental demands might be low. Conversely, the time pressure under which a task is performed might be the primary source of its workload, and the time demands might be rated as being high for some versions of the task and low for others.

Since subjects can give ratings quickly, it may be possible to obtain them in operational settings. However, a videotaped replay or computer regeneration of the operator's activities may be presented as a mnemonic aid that can be stopped after each segment to obtain ratings retrospectively. It was shown in a helicopter simulation and in a supervisory control simulation (Hart, Battiste, Chesney, Ward, & McElroy, 1986; Haworth, Bivens, and Shively, 1986) that little information was lost when ratings were given retrospectively; a high correlation was found between ratings that were obtained "online" and those that were obtained retrospectively with a visual re-creation of the task.

The Task Load Index has been tested in a variety of experimental tasks that range from simulated flight to supervisory control simulations and laboratory tasks (e.g., the Sternberg memory task, choice reaction time, critical instability tracking, compensatory tracking, mental arithmetic, mental rotation, target acquisition, grammatical reasoning, etc.). The results of the first validation study are summarized in Hart & Staveland (in press). The derived workload scores have been found to have substantially less between-rater variability than unidimensional workload ratings, and the subscales provide diagnostic information about the sources of load.

2.2. Sources of Load (Weights)

The NASA Task Load Index is a two-part evaluation procedure consisting of both weights and ratings. The first requirement is for each rater to evaluate the contribution of each factor (its weight) to the workload of a specific task. These weights account for two potential sources of between-rater variability: differences in workload definition between raters within a task, and differences in the sources of workload between tasks. In addition, the weights themselves provide diagnostic information about the nature of the workload imposed by the task.

There are 15 possible pair-wise comparisons of the six scales (Appendix B). Each pair is presented on a card. Subjects circle the member of each pair that contributed more to the workload of that task. The number of times that each factor is selected is tallied. The tallies can range from 0 (not relevant) to 5 (more important than any other factor).

A different set of weights is obtained for each distinctly different task or task element upon its completion. The same set of weights can be used for many different versions of the same task if the contributions of the six factors to their workload is fairly similar. For example, the same set of weights was used for many different versions of a target acquisition task in which time pressure, target acquisition difficulty, and decision making load were varied. Obtaining separate weights for different experimental manipulations increased the sensitivity of the derived workload score only slightly, and did not warrant the additional time required to gather them. On the other hand, the weights obtained from the same subjects for a compensatory tracking task or a memory search task would not have been appropriate for the target acquisition task.

2.3. Magnitude of Load (Ratings)

The second requirement is to obtain numerical ratings for each scale that reflect the magnitude of that factor in a given task. The scales are presented on a rating sheet (Appendix C). Subjects respond by marking each scale at the desired location. In operational situations, rating sheets or verbal responses are more practical, while a computerized version (available from NASA Ames Research Center) is more efficient for most simulation and laboratory settings. Ratings may be obtained either during a task, after task segments, or following an entire task. Each scale is presented as a 12-cm line divided into 20 equal intervals anchored by bipolar descriptors (e.g., High/Low). The 21 vertical tick marks on each scale divide the scale from 0 to 100 in increments of 5. If a subject marks between two ticks, the value of the right tick is used (i.e., round up).

2.4. Weighting and Averaging Procedure

The overall workload score for each subject is computed by multiplying each rating by the weight given to that factor by that subject. The sum of the weighted ratings for each task is divided by 15 (the sum of the weights). (See Appendix D and E for a sample Tally Sheet and Worksheet.)

3. EXPERIMENTAL PROCEDURE

The usual sequence of events for collecting data with the NASA Task Load Index is as follows:

3.1. Instructions

Subjects read the scale definitions and instructions. A set of generic instructions is included in Section 6. Some modifications may be necessary depending on your situation.

3.2. Familiarization

Subjects practice using the rating scales after performing a few tasks to insure that they have developed a standard technique for dealing with the scales.

3.3. Ratings

Subjects perform the experimental tasks, providing ratings on the six subscales following all task conditions of interest. The number of rating sheets needed equals the number of subjects $\times$

the number of task conditions (including practice).

3.4. Weights

Subjects complete the "Sources-of-Workload Evaluation" once for each task or group of tasks included in the experiment that share a common structure (although difficulty levels may vary). For example, in an experiment with several memory tasks and several tracking tasks, two Sources-of-Workload Evaluations would be performed: one for the memory tasks and one for the tracking tasks. One set of cards should be made in advance of the experiment for each subject X evaluation condition combination. The pairs of factors should be cut apart and presented individually in a different, randomly selected, order to each subject. Subject instructions for doing the Sources-of-Workload Evaluation are in Section 7. (Note that the exact time when the weights are obtained is not critical. However, in order for them to provide useful information, they must be obtained after at least some exposure to the relevant task conditions.)

3.5. Summary

Following this procedure, you should end up with: (1) a set of workload weights from each subject for each group of similar tasks, and (2) at least one rating sheet for each subject for each experimental task. Typically, we have run within-subject experiments and therefore ended up with a larger number of rating sheets for each subject.

To conserve paper and speed up the subsequent analysis, we often enclose the Rating Sheet and the Sources-of-Workload comparison cards in clear plastic. Subjects mark the scales with an erasable felt tip marker. Immediately after they are marked, the experimenter transfers the responses onto the appropriate form or worksheet. Then the plastic sheets are cleaned and reused. If this procedure is followed, *DOUBLE CHECK YOURSELF BEFORE ERASING THE SUBJECT'S RESPONSES!*

4. DATA ANALYSIS PROCEDURE

The procedure for computing a weighted workload score follows:

1.1. Tally Sheet

For each subject, the "Sources-of-Workload Tally Sheet" (Appendix D) is used to compute the weight for each factor. The scorer simply leafs through the evaluation cards and puts a mark on the appropriate row of the tally column for each response of the subject (e.g., each time the subject circled "Mental Demand" on a comparison card, the experimenter would put a mark in the "Mental Demand" row of the tally column). After going through the Sources-of-Workload evaluation, the experimenter adds the tallies for each scale and writes the totals in the "Weight" column.

1.2. Worksheet

The Weight column from the tally sheet is then transferred to the "Weighted Rating Worksheet" (Appendix E). Each subject would have his or her individual workload parameters count placed on a separate worksheet for the appropriate task or set of similar tasks. If subjects rated more than one task, the appropriate number of copies of the worksheet should be made. Ratings are placed in the "Raw Rating" column of the worksheet. The "Adjusted Rating" is formed by multiplying the Raw Rating by the Sources-of-Workload Weight. The adjusted ratings are summed across the different scales. The sum is divided by 15 to obtain the overall weighted workload score for the subject in that one task condition.

The weighted ratings are then used as a dependent measure in whatever type of analyses the experimenter chooses.

Figure 1 depicts the composition of a weighted workload score graphically. The bar graph on the left represents six subscale ratings. The width of the subscale bars reflects the importance of each factor (its weight), and the height represents the magnitude of each factor (its rating) in a particular task. The weighted workload score (the bar on the right) represents the average area of the subscale bars.

1.3. Summary

The above procedure, although simple, can be laborious for a large experiment. Thus it is highly advantageous to computerize the procedure. A set of programs that run on IBM-PC compatible machines has been

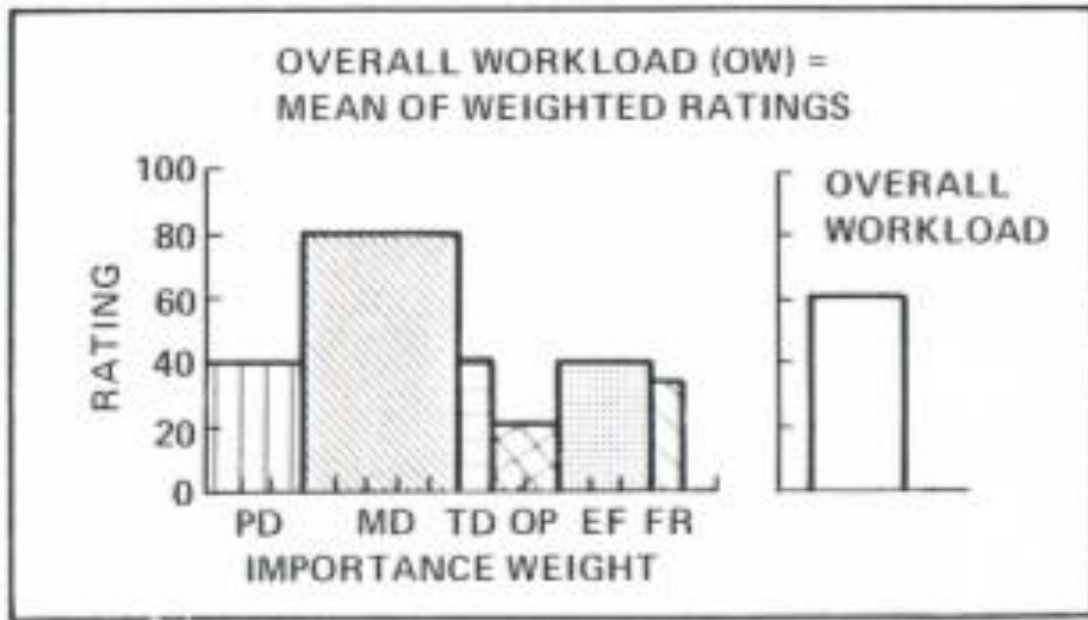


Figure 1: Graphic example of the composition of a weighted workload score

written to gather ratings and weights, and compute the weighted workload scores. These are available upon request from NASA Ames Research Center. However, if this is not a viable option, all the necessary materials are included in this booklet. If you have any questions, comments, or suggestions please do not hesitate to contact us. This procedure is still under evaluation and we are always looking for new ideas.

5. BIBLIOGRAPHY

- Biferno, M. A. (1985). *Mental workload measurement: Event-related potentials and ratings of workload and fatigue* (NASA CR 177354). Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.
- Bortolussi, M. R., Kantowitz, B. H., & Hart, S. G. (1985). Measuring pilot workload in a motion base trainer: A comparison of four techniques. In R. S. Jensen & J. Adrion (Eds.), *Proceedings of the Third Symposium on Aviation Psychology* (pp. 263-270). Columbus, OH: OSU Aviation Psychology Laboratory.
- Hart, S. G., Battiste, V., & Lester, P. T. (1984). Popcorn: A supervisory control simulation for workload and performance research. In *Twentieth Annual Conference on Manual Control* (pp. 431-454). Washington, D.C.: NASA Conference Publication 2341.
- Hart, S. G., Battiste, V., Chesney, M. A., Ward, M. M., and McElroy, M. (1986). Comparison of workload, performance, and cardiovascular measures: Type A personalities vs Type B. Working paper. Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.
- Hart, S. G., Sellers, J. J., & Guthart, G. (1984). The impact of response selection and response execution difficulty on the subjective experience of workload. *Proceedings of the 28th Annual Meeting of the Human Factors Society* (pp. 732-736). Santa Monica, CA: Human Factors Society.
- Hart, S. G., Shively, R. J., Vidulich, M. A., & Miller, R. C. (1986). The effects of stimulus modality and task integrality: Predicting dual-task performance and workload from single-task levels. In *Twenty-First Annual Conference on Manual Control* (pp. 5.1-5.18). Washington, D. C.: NASA Conference Publication 2428.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (In press). Development of a multi-dimensional workload rating scale: Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

- Haworth, L. A., Bivens, C. C., & Shively, R. J. (1986). An investigation of single-piloted advanced cockpit and control configurations for nap-of-the-earth helicopter combat mission tasks. *Proceedings of the 1986 Meeting of the American Helicopter Society* (pp. 657-672). Washington, D.C.
- Kantowitz, B. H., Hart, S. G., Bortolussi, M. R., Shively, R. J., & Kantowitz, S. C. (1984). Measuring pilot workload in a moving-base simulator: II Building levels of workload. In *Twentieth Annual Conference on Manual Control* (pp. 359-372). Washington, D.C.: NASA Conference Publication 2341.
- Miller, R. C., & Hart, S. G. (1984). Assessing the subjective workload of directional orientation tasks. In *Twentieth Annual Conference on Manual Control* (pp. 85-95). Washington, D.C.: NASA Conference Publication 2341.
- Mosier, K. L., & Hart, S. G. (1986). Levels of information processing in a Fitts Law task (LIPFitts). In *Twenty-First Annual Conference on Manual Control* (pp. 4.1-4.15). Washington, D.C.: NASA Conference Publication 2428.
- Staveland, L. E., Hart, S. G., & Yeh, Y.-Y. (1986). Memory and subjective workload assessment. In *Twenty-First Annual Meeting on Manual Control* (pp. 7.1-7.13). Washington, D.C.: NASA Conference Publication 2428.
- Vidulich, M. A., & Tsang, P. S. (1985a). Techniques of subjective workload assessment: A comparison of two methodologies. In R. S. Jensen & J. Adron (Eds.), *Proceedings of the Third Symposium on Aviation Psychology* (pp. 239-246). Columbus, OH: OSU Aviation Psychology Laboratory.
- Vidulich, M. A., & Tsang, P. S. (1985b). Assessing subjective workload assessment: A comparison of SWAT and the NASA-Bipolar methods. *Proceedings of the Human Factors Society 29th Annual Meeting* (pp. 71-75). Santa Monica, CA: Human Factors Society.

- Vidulich, M. A. & Tsang, P. S. (1986). Collecting NASA Workload Ratings: A Paper and Pencil Package. Working Paper. Moffett Field, CA: NASA Ames Research Center.
- Vidulich, M. A. & Tsang, P. S. (in press). Techniques of subjective workload assessment: A comparison of SWAT and the NASA Bipolar Method. *Ergonomics*.
- Yeh, Y.-Y., & Wickens, C. D. (1985). The effect of varying task difficulty on subjective workload. In *Proceedings of the Human Factors Society 29th Annual Meeting*, (pp. 765-769). Santa Monica, CA: Human Factors Society.

6. SUBJECT INSTRUCTIONS: RATING SCALES

We are not only interested in assessing your performance but also the experiences you had during the different task conditions. Right now we are going to describe the technique that will be used to examine your experiences. In the most general sense we are examining the "workload" you experienced. Workload is a difficult concept to define precisely, but a simple one to understand generally. The factors that influence your experience of workload may come from the task itself, your feelings about your own performance, how much effort you put in, or the stress and frustration you felt. The workload contributed by different task elements may change as you get more familiar with a task, perform easier or harder versions of it, or move from one task to another. Physical components of workload are relatively easy to conceptualize and evaluate. However, the mental components of workload may be more difficult to measure.

Since workload is something that is experienced individually by each person, there are no effective "rulers" that can be used to estimate the workload of different activities. One way to find out about workload is to ask people to describe the feelings they experienced. Because workload may be caused by many different factors, we would like you to evaluate several of them individually rather than lumping them into a single global evaluation of overall workload. This set of six rating scales was developed for you to use in evaluating your experiences during different tasks. Please read the descriptions of the scales carefully. If you have a question about any of the scales in the table, please ask me about it. It is extremely important that they be clear to you. You may keep the descriptions with you for reference during the experiment.

After performing each of the tasks, you will be given a sheet of rating scales. You will evaluate the task by putting an "X" on each of the six scales at the point which matches your experience. Each line has two endpoint descriptors that describe the scale. Note that "own performance" goes from "good" on the left to "bad" on the right. This order has been confusing for some people. Please consider your responses carefully in distinguishing among the different task conditions. Consider each scale individually. Your ratings will play an important role in the evaluation being conducted, thus, your active participation is essential to the success of this experiment and is greatly appreciated by all of us.

7. SUBJECT INSTRUCTIONS: SOURCES-OF-WORKLOAD EVALUATION

Throughout this experiment the rating scales are used to assess your experiences in the different task conditions. Scales of this sort are extremely useful, but their utility suffers from the tendency people have to interpret them in individual ways. For example, some people feel that mental or temporal demands are the essential aspects of workload regardless of the effort they expended on a given task or the level of performance they achieved. Others feel that if they performed well the workload must have been low and if they performed badly it must have been high. Yet others feel that effort or feelings of frustration are the most important factors in workload; and so on. The results of previous studies have already found every conceivable pattern of values. In addition, the factors that create levels of workload differ depending on the task. For example, some tasks might be difficult because they must be completed very quickly. Others may seem easy or hard because of the intensity of mental or physical effort required. Yet others feel difficult because they cannot be performed well, no matter how much effort is expended.

The evaluation you are about to perform is a technique that has been developed by NASA to assess the relative importance of six factors in determining how much workload you experienced. The procedure is simple. You will be presented with a series of pairs of rating scale titles (for example, Effort vs. Mental Demands) and asked to choose which of the items was more important to your experience of workload in the task(s) that you just performed. Each pair of scale titles will appear on a separate card.

Circle the Scale Title that represents the more important contributor to workload for the specific task(s) you performed in this experiment.

After you have finished the entire series we will be able to use the pattern of your choices to create a weighted combination of the ratings from that task into a summary workload score. Please consider your choices carefully and make them consistent with how you used the rating scales during the particular task you were asked to evaluate. Don't think that there is any *correct* pattern; we are only interested in your opinions.

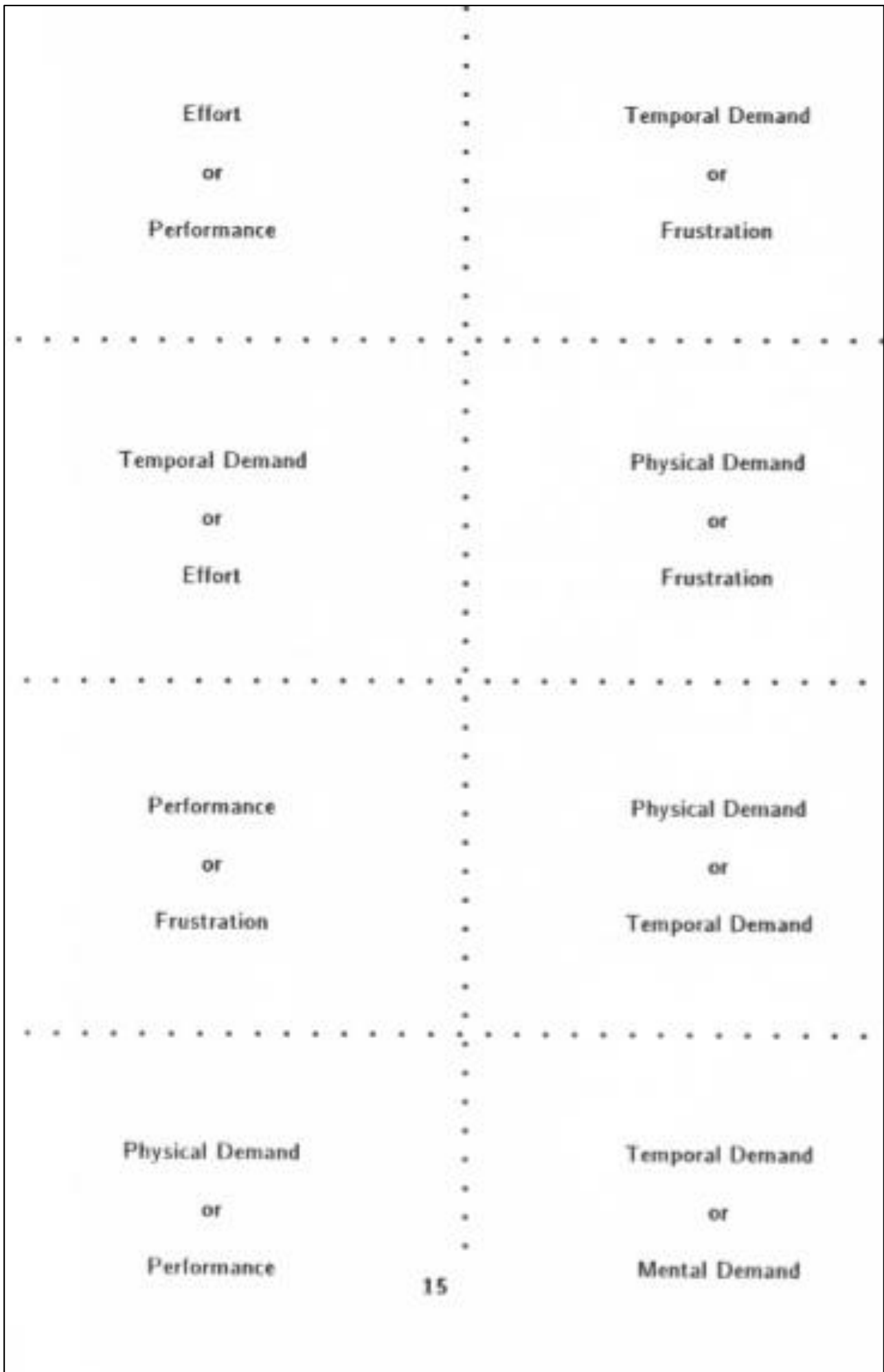
If you have any questions, please ask them now. Otherwise, start whenever you are ready. Thank you for your participation.

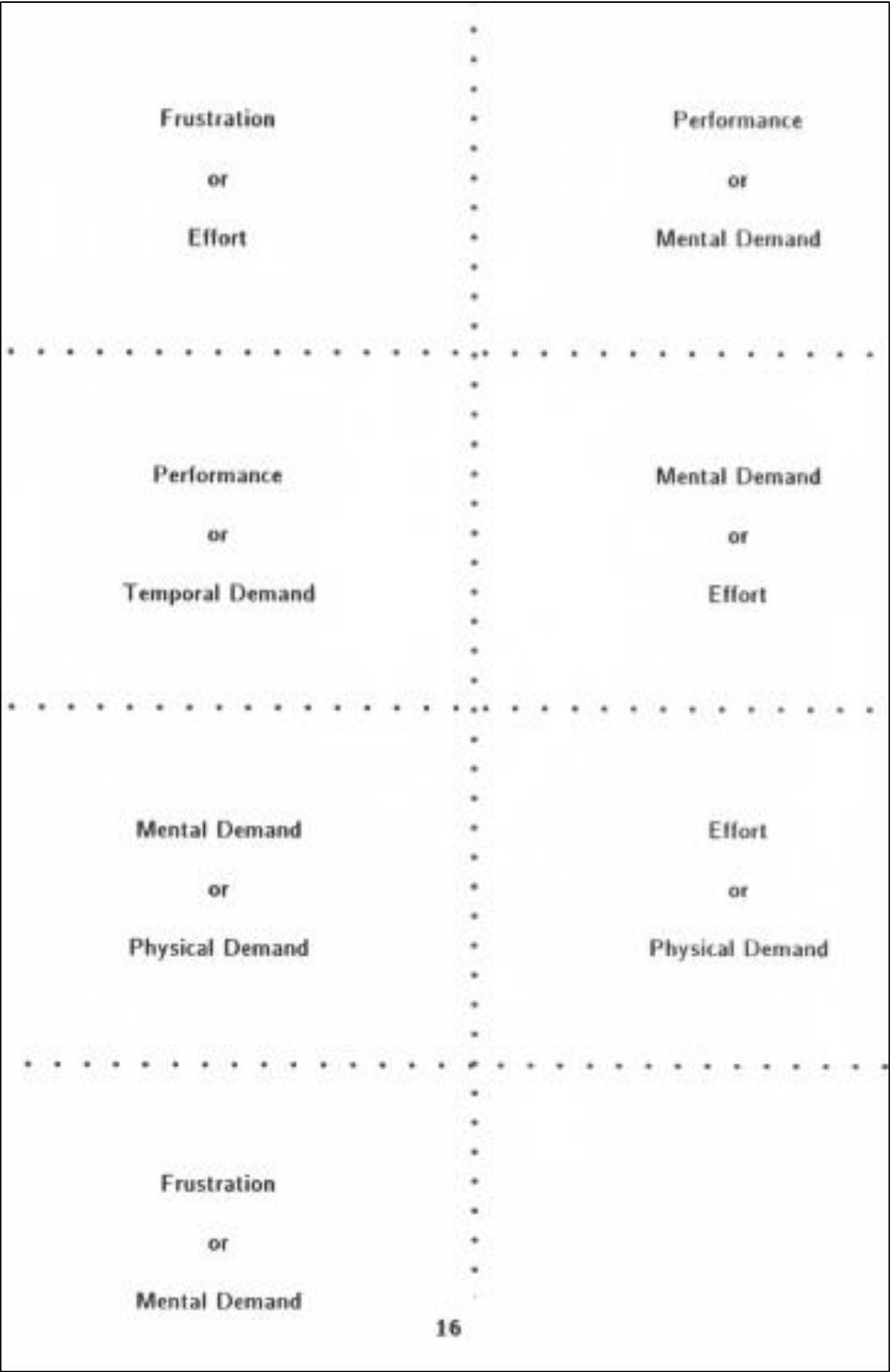
Appendix A

RATING SCALE DEFINITIONS		
Title	Endpoints	Descriptions
MENTAL DEMAND	<i>Low/High</i>	How much mental and perceptual activity was required (e.g., thinking, deciding, calculating, remembering, looking, searching, etc.)? Was the task easy or demanding, simple or complex, exacting or forgiving?
PHYSICAL DEMAND	<i>Low/High</i>	How much physical activity was required (e.g., pushing, pulling, turning, controlling, activating, etc.)? Was the task easy or demanding, slow or brisk, slack or strenuous, restful or laborious?
TEMPORAL DEMAND	<i>Low/High</i>	How much time pressure did you feel due to the rate or pace at which the tasks or task elements occurred? Was the pace slow and leisurely or rapid and frantic?
PERFORMANCE	<i>good/poor</i>	How successful do you think you were in accomplishing the goals of the task set by the experimenter (or yourself)? How satisfied were you with your performance in accomplishing these goals?
EFFORT	<i>Low/High</i>	How hard did you have to work (mentally and physically) to accomplish your level of performance?
FRUSTRATION LEVEL	<i>Low/High</i>	How insecure, discouraged, irritated, stressed and annoyed versus secure, gratified, content, relaxed and complacent did you feel during the task?

Appendix B.

Sources of Workload Comparison Cards



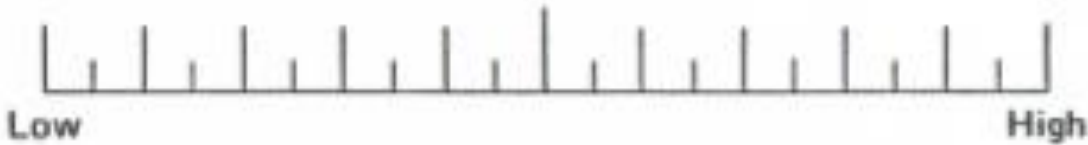


Appendix C

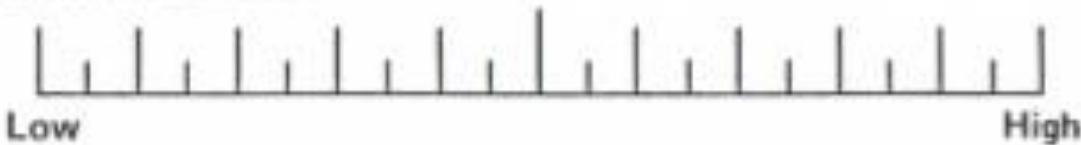
Subject ID: _____ Task ID: _____

RATING SHEET

MENTAL DEMAND



PHYSICAL DEMAND



TEMPORAL DEMAND



PERFORMANCE



EFFORT



FRUSTRATION



Appendix D.

Subject ID: _____ Date: _____

SOURCES-OF-WORKLOAD TALLY SHEET		
Scale Title	Tally	Weight
MENTAL DEMAND		
PHYSICAL DEMAND		
TEMPORAL DEMAND		
PERFORMANCE		
EFFORT		
FRUSTRATION		

Total count = _____

(NOTE - The total count is included as a check. If the total count is not equal to 15, then something has been miscounted. Also, no weight can have a value greater than 5.)

Appendix E

Subject ID: _____

Task ID: _____

WEIGHTED RATING WORKSHEET			
Scale Title	Weight	Raw Rating	Adjusted Rating (Weight X Raw)
MENTAL DEMAND			
PHYSICAL DEMAND			
TEMPORAL DEMAND			
PERFORMANCE			
EFFORT			
FRUSTRATION			

Sum of "Adjusted Rating" Column = _____

WEIGHTED RATING =
[i.e., (Sum of Adjusted Ratings)/15]

ANEXO D. REGISTROS FOTOGRÁFICOS DE LA APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO EN OBSERVATORIO ALMA.



Equipo de Departamento de AMG contestando cuestionario NASA TLX en Edificio Técnico AOS.



Contestando dudas sobre cuestionario NASA TLX.



Entrega de cuestionarios NASA TLX para segunda etapa de evaluación.



Equipo de Departamento de AMG contestando cuestionario NASA TLX en Edificio Técnico AOS.



Personal de Departamento de AMG realizando tarea de mantenimiento evaluada en cuestionario NASA TLX.



Tarea de mantenimiento de antena con man-lift evaluada en cuestionario NASA TLX.



Equipo de Departamento AMG y Safety realizando tarea de mantenimiento.

