

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL DE RIESGOS
LABORALES DEBIDO A LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE
TRABAJO Y LA CARGA POSTURAL EN EL PERSONAL DEL
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE LA ESCUELA
POLITÉCNICA NACIONAL**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN
SEGURIDAD INDUSTRIAL MENCIÓN EN PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES**

ING. HENRY PAUL LLUMIQUINGA LOYA

DIRECTOR: ING. WILLIAM VILLACIS O., MSc.

CO-DIRECTOR: FIS. ERICSON LÓPEZ I., Ph.D.

Quito, noviembre 2020

© Escuela Politécnica Nacional (2020)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Henry Paul Llumiquinga Loya, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en ese documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ing. Henry Paul Llumiquinga Loya

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo fue desarrollado por Henry Paul Llumiquinga Loya, bajo mi supervisión.

Ing. William Villacis O., MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

Fis. Ericson López I., PhD.
CO-DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Al Ing. William Villacis por su ayuda, confianza y acertada dirección en el desarrollo del proyecto de titulación.

Al PhD. Ericson López por permitirme realizar el proyecto en el Observatorio Astronómico de Quito.

A la Sra. Silvia Muriel por su paciencia y ayuda durante el desarrollo de la maestría.

Al personal del Observatorio Astronómico de Quito por su colaboración en el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi madre, por apoyarme y ser una guía en mi vida con su ejemplo de superación y dedicación.

A mi padre, por estar siempre a mi lado con su apoyo incondicional.

A mis hermanos, por su apoyo en todo momento.

A mi hijo Sebastián, desde que llegaste has hecho de mí una mejor persona y día a día trato de ser un mejor padre para ti.

A mi querida esposa, por todo el apoyo y amor incondicional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Ruido	1
1.1.1. Definiciones	1
1.1.1.1. El sonido	1
1.1.1.2. El ruido	1
1.1.2. Cualidades del sonido	1
1.1.3. Espectro audible	2
1.1.4. Banda de octavas	3
1.1.5. Tipos de ruido	3
1.1.6. Efectos del ruido sobre el ser humano	4
1.1.6.1. Efectos auditivos	5
1.1.6.2. Efectos no auditivos	5
1.1.7. Medición del ruido	6
1.1.7.1. Estrategia de medición	6
1.1.7.2. Límites de exposición al ruido	7
1.1.7.3. Equipos de medición del ruido	7
1.2. La iluminación	8
1.2.1. La luz	9
1.2.2. La visión	9
1.2.3. Magnitudes y unidades lumínicas	10
1.2.4. Iluminación natural	11
1.2.5. Iluminación artificial	12
1.2.6. Sistemas de iluminación artificial	12
1.2.7. Alumbrado	14
1.2.7.1. Alumbrado general	14
1.2.7.2. Alumbrado localizado	14
1.2.7.3. Alumbrado general-localizado	15
1.2.8. Deslumbramiento	15
1.2.8.1. Deslumbramiento perturbador	16
1.2.8.2. Deslumbramiento molesto	16

1.2.9. Marco legal correspondiente a iluminación	17
1.2.9.1. Niveles mínimos de iluminación	17
1.2.9.2. Equipo de medición	19
1.2.9.3. Estrategia de medición de la iluminación	20
1.2.10. Dialux	21
1.3. El riesgo ergonómico	22
1.3.1. Carga física	22
1.3.2. Trastornos musculoesqueléticos (TME)	24
1.3.3. TME de origen laboral	25
1.3.3.1. Tendinitis	25
1.3.3.2. Epicondilitis	25
1.3.3.3. Síndrome del túnel carpiano (STC)	26
1.3.3.4. Enfermedad de De Quervain	27
1.3.3.5. Lumbalgia	28
1.3.4. Métodos ergonómicos de evaluación	28
1.3.4.1. Método RULA	29
1.3.4.2. Método REBA	30
1.3.4.3. Método OWAS	31
1.3.4.4. Método EPR	31
2. PARTE EXPERIMENTAL	32
2.1. Identificación de los factores de riesgo de origen físico	32
2.1.1. Cuestionario de evaluación de iluminación	32
2.1.2. Cuestionario de evaluación de ruido	33
2.2. Evaluación cualitativa de ruido e iluminación	33
2.3. Medición de ruido	35
2.3.1. Análisis de las condiciones de trabajo	35
2.3.2. Estrategia de medición	36
2.3.3. Equipo de medición de ruido	36
2.3.3.1. Calibración del sonómetro	38
2.3.3.2. Ubicación del sonómetro	38
2.3.4. Evaluación y cálculo de niveles de ruido	38

2.3.4.1. Cálculo del nivel equivalente de presión sonora para cada operación	39
2.3.4.3. Cálculo del nivel equivalente diario	39
2.3.4.4. Cálculo de la incertidumbre del instrumento	40
2.3.5. Determinación de medidas de control	42
2.4. Medición de la iluminación	43
2.4.1. Estrategia de medición	44
2.4.2. Equipo de medición	44
2.4.3. Evaluación y cálculo de niveles de iluminación	45
2.4.3.1. Iluminación promedio (Ep)	46
2.4.3.2. Evaluación del factor de reflexión	46
2.5. Evaluación de la carga postural	46
2.5.1. Método RULA	47
2.6. Propuesta de medidas de control	54
2.6.1. Medidas de control del ruido	54
2.6.2. Medidas de control de la iluminación	54
2.6.3. Medidas de control respecto a la carga postural	55
2.7. Comprobación de la eficacia de las medidas de control	55
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
3.1. Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos	57
3.1.1. Identificación del peligro y matriz de riesgos	57
3.1.1.1. Factor de riesgo ruido	60
3.1.1.2. Factor de riesgo iluminación	63
3.1.2. Resultado de la evaluación cualitativa de riesgos	64
3.1.2.1. Factor de riesgo ruido	64
3.1.2.2. Factor de riesgo iluminación	65
3.2. Análisis de los resultados obtenidos en la medición de ruido	65

3.3. Análisis de los resultados obtenidos en la medición de iluminación	67
3.3.1. Resultados de las mediciones de iluminación	67
3.3.2. Resultados de la evaluación del factor de reflexión	70
3.4. Análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de carga postural	71
3.5. Propuestas de medidas de control y comprobación de su eficacia	76
3.5.1. Propuesta de medidas de control de ruido	76
3.5.1.1. Selección y comprobación de la eficacia del protector auditivo	77
3.5.1.2. Plan de mantenimiento de máquinas y equipos	80
3.5.1.3. Señalización de zonas de ruido	81
3.5.1.4. Capacitación sobre el factor de riesgo ruido	82
3.5.2. Propuesta de estandarización del nivel de iluminación de las áreas de trabajo	83
3.5.2.1. Rediseño de iluminación de interiores	83
3.5.2.2. Resultados de los cálculos de iluminación	84
3.5.2.3. Plan de limpieza y mantenimiento del sistema de iluminación	86
3.5.3. Recomendaciones ergonómicas en los puestos de trabajo	86
3.5.3.1. Recomendaciones ergonómicas	87
3.5.3.2. Ejercicios para realizar pausas activas	92
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
4.1. Conclusiones	94
4.2. Recomendaciones	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Límites de exposición al ruido	7
Tabla 1.2	Niveles de iluminación mínimos, Decreto Ejecutivo 2393	18
Tabla 1.3.	Niveles mínimos de iluminación, normativa mexicana	18
Tabla 1.4.	Relación entre en índice de área y el número de zonas de medición	21
Tabla 1.5	Niveles máximos permisibles del factor de reflexión	21
Tabla 1.6.	Principales factores que contribuyen al desarrollo de TME	24
Tabla 2.1.	Cuadro para estimar los niveles de riesgo	34
Tabla 2.2.	Acción y temporización de los niveles de riesgo	34
Tabla 2.3.	Valor en dB de la incertidumbre estándar $u2, m$	42
Tabla 2.4.	Valor en dB de a incertidumbre estándar $u3, m$	42
Tabla 2.5.	Puntuación del Grupo A	52
Tabla 2.6.	Puntuación del Grupo B	52
Tabla 2.7.	Puntuación final del método RULA	53
Tabla 2.8.	Niveles de actuación según la puntuación final obtenida	54
Tabla 3.1.	Cálculo del nivel equivalente diario y la incertidumbre para el área de diseño	66
Tabla 3.2.	Cálculo del nivel equivalente diario y la incertidumbre para el área de máquinas	66
Tabla 3.3.	Número de colaboradores por puntuación y nivel de actuación, método RULA	71
Tabla 3.4.	Atenuación del protector auditivo Ultrafit 14	78
Tabla 3.5.	Cálculo de la atenuación del protector auditivo Ultarfit 14	79
Tabla 3.6.	Propuesta de rediseño del sistema de iluminación de las áreas de trabajo	83
Tabla AIII.1.	Detalle de actividades que realiza el personal por área de trabajo	110
Tabla AIII.1.	Detalle de actividades que realiza el personal por área de trabajo (continuación)	111
Tabla AIV.1.	Matriz de riesgos (identificación de peligros y evaluación de riesgos)	112
Tabla AVI.1.	Medición de ruido en el área de diseño	116
Tabla AVI.2.	Medición de ruido en el área de máquinas	116
Tabla AVIII.1.	Constante de salón K y número mínimo de zonas a evaluar	122

Tabla AVIII.2.	Valor del nivel promedio de iluminación de cada área de trabajo	122
Tabla AIX.1.	Cálculo del factor de reflexión del plano de trabajo	123
Tabla AXI.1.	Resultados de la atenuación del protector auditivo	129
Tabla AXII.1.	Registro de mantenimiento diario de maquinas y equipos	130
Tabla AXII.2.	Registro de mantenimiento preventivo de maquinas y equipos	130
Tabla AXII.3.	Registro de mantenimiento del sistema de iluminación	131
Tabla AXII.4.	Registro de limpieza de ventanas y persianas	132
Tabla AXIII.1.	Cuadro comparativo de tipos de luminarias	137

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.1.	Espectro de frecuencias de audición del oído humano	3
Figura 1.2.	Tipos de ruido: continuo, intermitente y de impacto	4
Figura 1.3.	Espectro visible de la luz	9
Figura 1.4.	Estructura del ojo humano	10
Figura 1.5.	Tipos de sistemas de iluminación artificial	14
Figura 1.6.	Tipos de alumbrado	15
Figura 1.7.	Zona afectada por la epicondilitis	26
Figura 1.8.	Estructura del tunel carpiano	27
Figura 1.9.	Zona afectada por la enfermedad de De Quervain	27
Figura 1.10.	Zona de afectación en la lumbalgia	28
Figura 1.11.	Esquema de puntuaciones del método RULA	30
Figura 2.1.	Sonómetro integrador CR:172B y calibrador	37
Figura 2.2.	Calibración del sonómetro	38
Figura 2.3.	Medidas a aplicar en función del nivel de ruido medido	43
Figura 2.4.	Luxómetro OMEGA modelo HHLM112SD	44
Figura 2.5.	Puntuación del brazo según el ángulo del brazo	48
Figura 2.6.	Posición y puntuación del antebrazo	49
Figura 2.7.	Posición y puntuación de la muñeca	49
Figura 2.8.	Posición y puntuación del cuello	50
Figura 2.9.	Medición del ángulo del tronco	51
Figura 3.1.	Estado del sistema de iluminación en el área de secretaría	58
Figura 3.2.	Máquinas y herramientas que dispone el taller de mecánica	58
Figura 3.3.	Protectores auditivos tipo orejera utilizados por el personal de la unidad de mecánica	59
Figura 3.4.	Posturas adoptadas por el personal durante el desarrollo de sus actividades	60
Figura 3.5.	Fuentes de ruido encontradas que afectan al personal del Observatorio Astronómico de Quito	61
Figura 3.6.	Percepción de molestias de ruido en los colaboradores	61
Figura 3.7.	Percepción de la perturbación en la concentración mental en los colaboradores debido a la presencia de ruido en sus puestos de trabajo	62
Figura 3.8.	Percepción de la interferencia de la comunicación verbal	

	debida al ruido	62
Figura 3.9.	Percepción de la iluminación del puesto de trabajo	63
Figura 3.10.	Necesidades identificadas en el sistema de iluminación actual	63
Figura 3.11.	Molestias visuales presentes en el personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ)	64
Figura 3.12.	Resultado de la evaluación del nivel de iluminación para áreas consideradas como oficinas	68
Figura 3.13.	Resultado de la evaluación del nivel de iluminación para áreas consideradas como laboratorios y áreas de dibujo	68
Figura 3.14.	Resultado de la evaluación del nivel de iluminación para áreas consideradas como talleres de alta precisión	69
Figura 3.15.	Resultados de la evaluación del factor de reflexión en el plano de trabajo para cada colaborador del Observatorio Astronómico de Quito	70
Figura 3.16.	Apoyo de los pies sobre el soporte de la silla	74
Figura 3.17.	Distribución del nivel de acción del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ)	75
Figura 3.18.	Medición de ruido en el área de diseño con la puerta cerrada	77
Figura 3.19.	Tapón auditivo marca 3M, modelo E-A-R Ultrafit 14	78
Figura 3.20.	Atenuación del protector auditivo para cada una de las actividades	79
Figura 3.21.	Señales de seguridad en el área de máquinas	82
Figura 3.22.	Nivel de iluminación obtenido de DIALux del sistema propuesto para áreas consideradas como oficinas	85
Figura 3.23.	Nivel de iluminación obtenido de DIALux del sistema propuesto para áreas consideradas como laboratorios y áreas de dibujo	85
Figura 3.24.	Colaborador con nivel 4 de actuación, método RULA	87
Figura 3.25.	Ubicación correcta del monitor	87
Figura 3.26.	Trabajo con de dos monitores	88
Figura 3.27.	Altura correcta del monitor	88
Figura 3.28.	Altura correcta del asiento	89
Figura 3.29.	Alcance manual óptimo en función de la frecuencia de manejo	89
Figura 3.30.	Ubicación y uso del reposapiés	90
Figura 3.31.	Postura correcta de la espalda, forma un ángulo de 90°	90
Figura 3.32.	Mouse ergonómico vertical	91
Figura 3.33.	Apoya muñeca para teclado y ratón	92
Figura 3.34.	Postura ideal para trabajo con ordenadores	92

Figura AI.1.	Test de iluminación aplicado al personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ)	102
Figura AI.2.	Cuestionario de evaluación cualitativa de iluminación parte I	103
Figura AI.3.	Cuestionario de evaluación cualitativa de iluminación parte II	104
Figura AI.4.	Cuestionario de evaluación cualitativa de ruido parte I	105
Figura AI.5.	Cuestionario de evaluación cualitativa de ruido parte II	106
Figura AII.1.	Certificado de calibración del sonómetro integrador CIRRUS CR:172B-I	107
Figura AII.2.	Certificado de calibración del sonómetro CIRRUS CR:172B-II	108
Figura AII.3.	Certificado de homologación del sonómetro CIRRUS CR:172B	109
Figura AV.1.	Impresión de piezas 3D	113
Figura AV.2.	Planificación del trabajo y diseño de piezas CAD (puerta de ingreso abierta)	113
Figura AV.3.	Realizar agujeros y cortes de precisión	113
Figura AV.4.	Corte de tubos y ángulos metálicos	114
Figura AV.5.	Afilar, pulir y dar forma a piezas	114
Figura AV.6.	Mecanizado de piezas (torno)	114
Figura AV.7.	Unión de piezas metálicas (soldadura)	115
Figura AV.8.	Pintura de piezas metálicas	115
Figura AV.9.	Limpieza y planificación del trabajo (máquinas apagadas)	115
Figura AVII.1.	Área de ciencias espaciales	117
Figura AVII.2.	Área de difusión	117
Figura AVII.3.	Área de dirección	117
Figura AVII.4.	Área de diseño gráfico	118
Figura AVII.5.	Área de electrónica	118
Figura AVII.6.	Área de laboratorio de electrónica	118
Figura AVII.7.	Área de investigación	119
Figura AVII.8.	Área de meteorología	119
Figura AVII.9.	Área de mecánica	119
Figura AVII.10.	Área de taller de mecánica	120
Figura AVII.11.	Área de museo, recepción	120
Figura AVII.12.	Área de museo, oficina	120
Figura AVII.13.	Área de sala de reuniones	121
Figura AVII.14.	Área de secretaria	121
Figura AX.1.	Vistas del colaborador en su puesto de trabajo	124

Figura AX.2.	Detalle de ángulos de interés	124
Figura AX.3.	Puntuación de la posición del brazo	125
Figura AX.4.	Puntuación de la posición del antebrazo	125
Figura AX.5.	Puntuación de la posición de la muñeca	125
Figura AX.6.	Puntuación del giro de la muñeca	125
Figura AX.7.	Puntuación de la actividad muscular	126
Figura AX.8.	Puntuación de la carga/fuerza	126
Figura AX.9.	Puntuación de la posición del cuello	126
Figura AX.10.	Puntuación de la posición del tronco	126
Figura AX.11.	Puntuación de la posición de las piernas	127
Figura AX.12.	Puntuación de la actividad muscular	127
Figura AX.13.	Puntuación de la carga/fuerza	127
Figura AX.14.	Cálculo del nivel de riesgo y actuación	128
Figura AXIII.1.	Pantalla inicial para crear nuevo proyecto en DIALux	133
Figura AXIII.2.	Plano de la Unidad de Investigación en formato JPG	134
Figura AXIII.3.	Diseño del contorno y plano de trabajo	134
Figura AXIII.4.	Diseño de las aberturas del edificio	135
Figura AXIII.5.	Asignación del nivel mínimo de iluminación del área de trabajo	135
Figura AXIII.6.	Distribución del mobiliario de oficina	136
Figura AXIII.7.	Asignación de texturas y coles al edificio	136
Figura AXIII.8.	Ventana de búsqueda de LUMsearch	138
Figura AXIII.9.	Disposición de luminarias para cada área de trabajo	138
Figura AXIV.1.	Área de diseño gráfico y ciencias espaciales	139
Figura AXIV.2.	Área de electrónica	140
Figura AXIV.3.	Área de laboratorio de electrónica	140
Figura AXIV.4.	Área de secretaría	141
Figura AXIV.5.	Área de dirección	141
Figura AXIV.6.	Área de sala de reuniones	142
Figura AXIV.7.	Área de investigación	142
Figura AXIV.8.	Área de museo, oficina	143
Figura AXIV.9.	Área de museo, recepción	143
Figura AXIV.10.	Hoja de datos de la luminaria Start Flat Panel LED	144
Figura AXIV.11.	Hoja de datos de la luminaria LED linear de rejilla	145
Figura AXIV.12.	Hoja de datos de la luminaria pendular 13W-RIO	146

Figura AXVI.1. Ejercicios para relajar los hombros	147
Figura AXVI.2. Ejercicio uno para relajar el cuello	147
Figura AXVI.3. Ejercicio para relajar la espalda	148
Figura AXVI.4. Ejercicio para relajar las muñecas	148
Figura AXVI.5. Ejercicio para relajar los dedos de la mano	148
Figura AXVI.6. Ejercicio para estirar los cuádriceps	149

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I	102
Cuestionario de identificación de factores de riesgo físico en puestos de trabajo	
ANEXO II	107
Certificados de calibración y homologación del sonómetro CIRRUS CR:172B	
ANEXO III	110
Actividades del personal del Observatorio Astronómico de Quito	
ANEXO IV	112
Matriz de riesgos	
ANEXO V	113
Mediciones de ruido en la unidad de mecánica	
ANEXO VI	116
Cálculo del nivel de ruido equivalente diario	
ANEXO VII	117
Medición de iluminación en las diferentes áreas del Observatorio Astronómico de Quito	
ANEXO VIII	122
Cálculo de la contante de salón y el nivel de iluminación	
ANEXO IX	123
Cálculo del factor de reflexión del plano de trabajo	
ANEXO X	124
Método rula, ejemplo de aplicación del test de carga postural	
ANEXO XI	129
Atenuación del protector auditivo E-A-R ULTRAFIT 14	
ANEXO XII	130
Modelo de formato de control para el registro de mantenimiento de máquinas y equipos	
ANEXO XIII	131
Procedimiento para la limpieza del sistema de iluminación y cambio de luminarias	
ANEXO XIV	133
Rediseño del sistema de iluminación en DIALux.	
ANEXO XV	139
Resultados de iluminación y hoja de datos de luminarias utilizadas	

ANEXO XVI

Guía de ejercicios de estiramiento y de relajación muscular

RESUMEN

El presente trabajo tuvo por objeto plantear propuestas de medidas de control de riesgos laborales debido a las condiciones ambientales y carga postural en el personal del Observatorio Astronómico de Quito de la Escuela Politécnica Nacional

Se identificaron factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo a través de la observación y evaluación objetiva por parte del autor del proyecto de titulación en conjunto con el personal del Observatorio a través de cuestionarios y encuestas, se obtuvo un diagnóstico inicial respecto a problemas con la iluminación y ruido actual en cada puesto de trabajo.

La evaluación de los riesgos se realizó de manera cualitativa a través del método simplificado de evaluación, se obtuvieron estimaciones de moderado en 5 puestos de trabajo para iluminación y un caso de importante para el factor de riesgo ruido. La evaluación cuantitativa consistió en realizar mediciones de ruido e iluminación a través de un sonómetro y un luxómetro, respectivamente, de los puestos de trabajo que presentaron niveles de riesgo de moderado e importante.

Para el caso del ruido, se diagnosticó que el área de máquinas de la unidad de mecánica tiene un nivel de ruido equivalente diario de 87,51 dB(A) +/- 1,69 dB(A), el cual sobrepasa el límite permisible de 85 dB(A) establecido en el Decreto Ejecutivo 2393. Para este caso se propone el uso obligatorio de protectores auditivos tipo tapón reutilizables. El área de diseño de la unidad de mecánica, presenta un nivel de ruido equivalente diario de 79,39 dB(A) +/- 2,1 dB(A), éste nivel de ruido da lugar a una acción según lo establecido en el Real Decreto 286. Se propone ubicar señales y símbolos de seguridad que adviertan a los colaboradores sobre la presencia de niveles de ruido peligrosos en la unidad de mecánica.

Se midieron los niveles de iluminación en las 14 áreas identificadas del Observatorio, se determinaron áreas de trabajo y niveles mínimos de iluminación para oficinas, áreas de dibujo, laboratorios y talleres de alta precisión con base en la norma mexicana NOM-025-STPS-2008. Se encontraron cinco áreas de oficina que no cumplen con los 300 lux

mínimos y cinco áreas de laboratorio y dibujo que no cumplen con los 500 lux mínimos establecidos en la normativa mexicana. Para estas áreas se realizó el rediseño del sistema de iluminación en el software DIALux, se proponen el cambio y redistribución de luminarias para alcanzar los niveles mínimos establecidos de cada área de trabajo.

Se evaluó la carga postural a todo el personal del Observatorio a través del método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), se observaron las tareas que desempeñan cada colaborador y se determinaron las posturas a evaluar. Se tomaron fotografías desde varias vistas del colaborador (superior, inferior y lateral), a través de la herramienta RULER se midieron los ángulos de interés en las fotografías. Se encontró un colaborador con nivel 4 de acción, es decir, requiere cambios urgentes en la tarea, 6 colaboradores con nivel 3 de acción, se requiere rediseño de la tarea y 11 colaboradores con nivel 2 de acción, pueden requerirse cambios en la tarea, para todos estos casos se proponen recomendaciones ergonómicas en los puestos de trabajo.

INTRODUCCIÓN

El Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), Institución científica y cultural ecuatoriana, fundada en 1873, está ubicada en el parque La Alameda de la ciudad de Quito, es el único observatorio del Ecuador y desde su creación ha contribuido al desarrollo científico de varias ciencias en el país.

En este contexto, los puestos de trabajo se han creado según las necesidades del Observatorio a lo largo del tiempo y actualmente cuenta con 19 colaboradores, de los cuales en su mayoría trabajan con ordenadores y pantallas de visualización de datos durante toda su jornada laboral. Para la creación de estos puestos de trabajo no se ha considerado temas relacionados con niveles mínimos de iluminación y ruido según lo establecido en la normativa nacional vigente, Decreto ejecutivo 2393.

Se evidencia falta de iluminación y deslumbramientos en ciertos puestos de trabajo, lo cual puede afectar a la salud y el rendimiento del personal. Por otra parte, el uso prolongado de ordenadores ocasiona que se adopten posturas inadecuadas por parte de los trabajadores, lo cual genera fatiga y puede derivar en trastornos musculoesqueléticos si no se corrige la excesiva carga postural.

La evaluación del ruido, iluminación y carga postural en los puestos de trabajo se lo realizó de manera cualitativa, con el análisis del punto de vista de los colaboradores y la percepción que tiene el evaluador, y cuantitativamente, a través de mediciones con instrumentos especializados como el sonómetro y luxómetro, para medir los niveles de ruido e iluminación respectivamente. En el caso de la evaluación de la carga postural se utilizó el método RULA para lograr la puntuación final y nivel de acción de cada puesto.

La realización del presente proyecto tiene como propósito conocer la situación actual que prevalece en el personal y en los puestos de trabajo del Observatorio Astronómico de la Escuela Politécnica Nacional, respecto a condiciones ambientales (iluminación y ruido), antropometría, dimensiones del puesto y carga postural, esto con el fin de cumplir con lo establecido en la normativa nacional, Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. RUIDO

1.1.1. DEFINICIONES

1.1.1.1. El sonido

El sonido es una variación de presión sobre la presión atmosférica, causada por la vibración mecánica de un cuerpo al experimentar ligeros desplazamientos, en las partículas de aire próximas al punto de generación de la vibración, en el oído humano se manifiesta como una sensación percibida a través del órgano auditivo (Falagán, 2008, p. 27).

1.1.1.2. El ruido

El ruido es un conjunto de sonidos no coordinados y molestos que resulta desagradable e interfiere en la actividad humana. Es uno de los agentes contaminantes que se presenta con mayor frecuencia en los puestos de trabajo. Esta definición es subjetiva, ya que un mismo sonido puede ser considerado como agradable o desagradable por diferentes personas (Fundación Mapfre, 1996, p. 423).

La salud de los trabajadores que se encuentran expuestos al ruido puede verse afectada, así como también, la productividad del personal en la empresa, por tal motivo es necesario evaluar y controlar este riesgo.

1.1.2. CUALIDADES DEL SONIDO

Intensidad acústica. Ésta cualidad permite que el sonido se escuche fuerte o débil. El oído humano puede acomodarse a un intervalo de intensidades sonoras que va desde los 10^{-12} w/m² hasta 1 w/m² aproximadamente, esta última es la

intensidad que produce sensación dolorosa en la mayoría de las personas (Falagán, 2008, p. 31).

El tono o altura. Es la cualidad que permite distinguir entre un sonido grave o bajo y un sonido agudo o alto. Los sonidos agudos provienen de focos sonoros que vibran a frecuencias elevadas y los sonidos graves de focos sonoros que vibran a frecuencias bajas. El tono está determinado por la frecuencia de las ondas sonoras (Fundación Mapfre, 1996, p. 428).

El timbre. Permite distinguir dos sonidos de igual intensidad y tono que se han emitido por diferentes fuentes sonoras, está relacionado con los armónicos de onda sonora (Fundación Mapfre, 1996, p. 429).

La duración. Es el tiempo durante el cual se matiné el sonido y está determinado por la longitud o tamaño de una onda. Por duración los sonidos pueden ser largos o cortos, por ejemplo, el ruido de una explosión dura 3 s aproximadamente (Falagán, 2008, p. 29).

Frecuencia. Es el número de variaciones de presión de la onda sonora en un segundo, su unidad de medida es el hertzio (Hz) (Álvarez, 2015a, p. 4).

1.1.3. ESPECTRO AUDIBLE

Se encuentra conformado por las audiofrecuencias, gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano comprendidas entre los 20 Hz y los 20 kHz, para un oído sano y joven, este rango varía en cada persona y se ve reducido con la edad. Por encima del espectro audible se encuentran los ultrasonidos, ondas acústicas superiores a los 20 kHz y por debajo los infrarrojos, ondas acústicas inferiores a los 20 Hz. En la Figura 1.1 se muestra el espectro de audición del oído humano.

- **De impulso o impacto:** el nivel sonoro presenta picos de alta intensidad y corta duración inferior a un segundo, el sonido es breve y abrupto, su efecto causa mayor molestia que cualquier otro tipo de ruido. Por ejemplo, choques, abrir o cerrar puertas, la puesta en marcha de compresores (Fundación Mapfre, 1996, pp. 443 y 444).

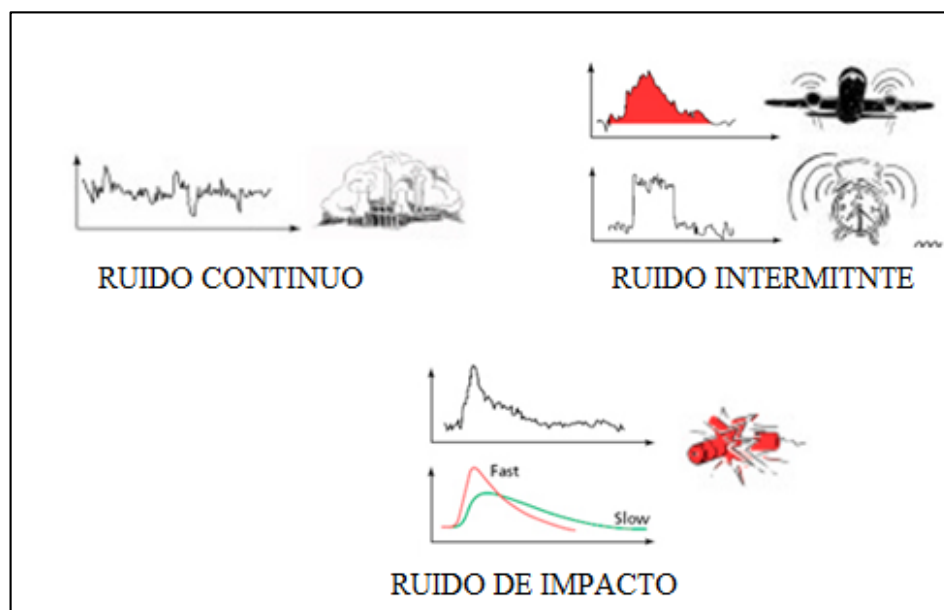


Figura 1.2. Tipos de ruido: continuo, intermitente y de impacto

(Anónimo, 2019, p. 1)

1.1.6. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE EL SER HUMANO

El principal riesgo que se deriva de la exposición prolongada a altos niveles de presión sonora es el aumento del umbral de audición que se encuentra entre los 20 Hz y un máximo de 20 000 Hz, para un oído humano sano. Los factores como: el nivel de presión sonora, tipo de ruido, tiempo de exposición al ruido y la edad de la persona determinan el riesgo de pérdida auditiva. El ruido es un agente que puede causar efectos auditivos (en el receptor del sonido) como efectos de tipo fisiológico y comportamental, a continuación, se detallan los efectos sobre la salud del trabajador.

1.1.6.1. Efectos auditivos

El ruido presente en el entorno laboral como extra laboral puede causar daños en las células que se encuentran en el interior del caracol lo que origina la hipoacusia (disminución de la capacidad auditiva), sordera temporal o permanente, pérdida de la audición en las frecuencias de 500 a 2 000 Hz. Estas lesiones depende del nivel de presión acústica, el espectro de frecuencias, tiempo de exposición (Brenes, 2011, p. 449).

1.1.6.2. Efectos no auditivos

Efectos fisiológicos. El ruido y sus efectos no se limitan al oído, el organismo se ve afectado por estímulos acústicos que ocasionan modificaciones cardiovasculares, aumento de la presión sanguínea, contracciones musculares, alteraciones de la agudeza visual y campo visual (Gómez, 2007, p. 6).

Efectos subjetivos. La sensación de desagrado, molestia o disgusto puede ser producto del ruido, también depende de variables como el sexo, edad, nivel formativo condiciones de trabajo y características de la exposición (Álvarez, 2015a, p.13).

Efectos sobre el comportamiento. Las alteraciones comportamentales se evidencian en trastornos de memoria y atención, aumento de la fatiga mental y disminución la concentración (Álvarez, 2015a, p. 15).

Trastornos de voz. La disfonía es uno de los posibles efectos, se da si el ruido ambiental es superior a los 66 dB (A) y se requiere un esfuerzo peligroso en las cuerdas vocales para ser escuchado (Falagán, 2008, p. 81).

Efectos sobre la seguridad. En ambientes ruidosos los trabajadores son más propensos a sufrir accidentes en comparación con ambientes silenciosos. Se pueden enmascarar señales de alerta, dificultad de la comunicación verbal y alteraciones en la atención (Álvarez, 2015a, p. 17).

1.1.7. MEDICIÓN DEL RUIDO

La evaluación de la exposición al ruido en un trabajador, precisa en la medición de los niveles de ruido presentes en el ambiente de trabajo y su comparación con los valores límites permitidos en la normativa nacional vigente. La fiabilidad de los resultados obtenidos dependerá de la manera de tomar las mediciones durante el ciclo de trabajo, para lo cual se debe utilizar una estrategia de medición adecuada (INSHT, 2008, p. 79).

1.1.7.1. Estrategia de medición.

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (INSHT, 2006, pp. 1-12), proporciona criterios y recomendaciones para facilitar la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores. Esta normativa establece estrategias de medición de acuerdo con las condiciones de trabajo, por ejemplo, un puesto de trabajo fijo y con características de ruido estable, se tendrá una estrategia de medición distinta a un puesto en el cual el trabajador debe desplazarse a distintos lugares y recibe distintos niveles de ruido.

Se utilizará la estrategia de mediciones basada en la operación o la tarea, la cual divide en operaciones la jornada laboral. Se debe conocer la duración de cada operación, esta información se la puede obtener de los trabajadores y encargados del proceso. Se realizarán tres mediciones para cada operación con un tiempo de medición de 5 min, si la operación dura menos del tiempo establecido se medirá durante toda la operación.

Si las mediciones de una misma operación varían en 3 dB se puede optar por realizar nuevamente las mediciones, alargar el tiempo de las mediciones o subdividir la operación en otras operaciones (INSHT, 2008, pp. 80 y 81).

A falta de una estrategia para la medición del ruido en la normativa nacional se recurre a la normativa internacional anteriormente descrita de acuerdo con lo

expuesto en la Resolución No. C.D 333, Capítulo II: De la auditoría de riesgos de trabajo, gestión técnica, Art. 9 Subproceso 2.2 Medición, literal a, la cual faculta la medición de los factores de riesgo ocupacional por medio de procedimientos reconocidos en el ámbito internacional (IESS, 2010, p. 12).

1.1.7.2. Límites de exposición al ruido

“Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo ” (IESS, 2016, p. 29). En el caso de ruido continuo, los niveles sonoros superiores a 85 dB(A) estarán limitados al tiempo de exposición como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Límites de exposición al ruido

Nivel sonoro dB(A-lento)	Tiempo de exposición Por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

(IESS, 2016, p. 30)

Para los puestos de trabajo que demanden actividad intelectual, concentración o cálculo, el nivel sonoro no excederá los 70 dB(A).

1.1.7.3. Equipos de medición del ruido

El nivel global de ruido se lo mide a través de un sonómetro, un sonómetro integrador promediador o un dosímetro. Para conocer el espectro se utiliza un analizador de frecuencias en tiempo real.

- **Sonómetro**

Es un instrumento electrónico capaz de medir de forma directa el nivel de presión acústica instantáneo (sonómetro convencional) o promediado en el tiempo (sonómetro integrador), su medida se expresa en decibelios (dB). El sonómetro convencional mide el ruido estable, nivel de presión acústica ponderada ($L_p A$). El sonómetro integrador mide todo tipo de ruido en puestos fijos, nivel de presión acústica equivalente ponderada ($LA_{eq,T}$) (Álvarez, 2015a, p. 8).

Los sonómetros por su precisión se clasifican en: sonómetro patrón (tipo 0), de precisión (tipo 1), de uso general (tipo 2) y de inspección (tipo 3). Básicamente está compuesto por un micrófono que convierte la presión sonora en una señal eléctrica a través de una membrana. Un amplificador que aumenta las señales eléctricas provenientes del micrófono y un circuito de ponderación temporal el cual determina la velocidad de respuesta (Fundación Mapfre, 1996, pp. 455-457).

- **Dosímetro**

Es un monitor de exposición que permite conocer el porcentaje de dosis de ruido recibido durante la jornada laboral o en el transcurso de un determinado número de ciclos de trabajo. Estos instrumentos se los utiliza en la valoración acústica de puestos de trabajo de movilidad elevada, cuyo nivel de exposición varía durante la jornada laboral (Falagán, 2008, p. 45).

1.2. LA ILUMINACIÓN

La iluminación facilita la visualización de las cosas y es una parte fundamental del acondicionamiento ergonómico de los puestos de trabajo. Una iluminación inadecuada esta relaciona con la fatiga visual, disminución del rendimiento e incluso puede ocasionar accidentes laborales. Un sistema de iluminación

eficiente satisface las necesidades visuales, crea ambientes saludables, seguros y confortables.

1.2.1. LA LUZ

Es una forma de energía que se propaga por medio de radiaciones, perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio, esto se conoce como energía radiante. La radiación visible por el ser humano comprende los 380 y los 780 nanómetros, a esas longitudes de onda se producen la sensación visual.

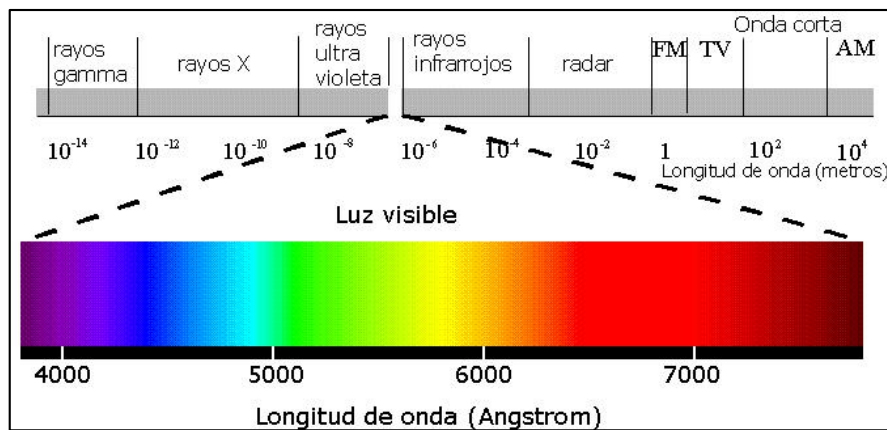


Figura 1.3. Espectro visible de la luz

(Pascual, 2011)

1.2.2. LA VISIÓN

Es el proceso en el cual el ojo transforma la luz en impulsos nerviosos que generan sensaciones en el cerebro. El ojo humano consta de una pared que lo protege de las radiaciones nocivas, presenta un sistema óptico que permite la formación de imágenes y la fotorrecepción sobre la retina, un diafragma de iris que controla la cantidad de luz que ingresa y una fina película sensible a la luz conocida como retina.

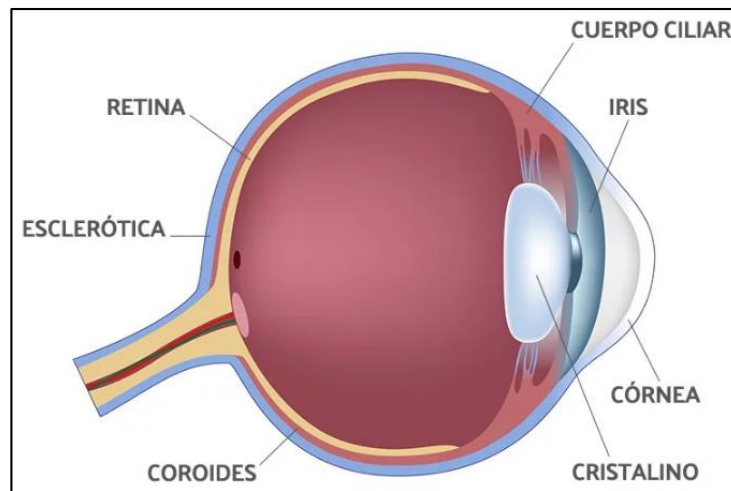


Figura 1.4. Estructura del ojo humano

(Kamppeter, 2018)

1.2.3. MAGNITUDES Y UNIDADES LUMÍNICAS

- **Flujo luminoso**

Es la cantidad de energía luminosa radiada emitida por una fuente en cada segundo. Su unidad es el lumen (Lm). Por ejemplo, una lámpara fluorescente puede emitir 4000 Lm, mientras que la luz que ingresa por la ventana puede variar entre 2 000 a 20 000 Lm (Álvarez, 2015b, p. 5).

- **Intensidad lumínica**

Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta, su unidad es la candela (Cd). Se utiliza para caracterizar las diferentes luminarias en las distintas direcciones. El ángulo sólido se lo puede interpretar como el espacio contenido dentro de un cono y se lo expresa en estereorradianes (Álvarez, 2015b, pp. 6 y 7).

- **Nivel de iluminación**

Es la cantidad de flujo luminoso incidente en un plano de trabajo. Se representa con el símbolo E y su unidad es el lux, equivale al flujo lumínico de un lumen que

incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado. También se la conoce como iluminancia (Rodríguez, 2006, p. 15).

- **Luminancia**

Es la luz procedente de los objetos que llega al ojo después de sufrir transformaciones por absorción, reflexión o transmisión. La luminancia o brillo fotométrico de una superficie está determinada por el flujo luminoso incidente y por el flujo luminoso reflejado (Chavarría, 1989, p. 4).

1.2.4. ILUMINACIÓN NATURAL

Es el tipo de iluminación que proviene únicamente de la luz del sol, la cual varía constantemente durante el transcurso del día. La iluminación natural presenta las siguientes características (Álvarez, 2015b, p. 18):

- Causa menor fatiga visual.
- Produce menor cansancio a la vista.
- Permite apreciar los colores tal como son.
- Es económica.
- Produce aumento del bienestar proporcionado un contacto con el exterior a través de una ventana.
- Produce deslumbramientos tolerables.

Psicológicamente la luz natural es un estímulo positivo para el sistema visual y el ritmo circadiano del ser humano, ya que a diferentes condiciones de iluminación pueden darse cambios en el estado de ánimo de los trabajadores. El ritmo circadiano son cambios físicos, mentales y de comportamiento que experimenta el cuerpo, el mismo que es afectado por el ciclo luz-oscuridad (Saavedra, Zúñiga, Navia y Vásquez, 2013, pp. 17 y 18).

1.2.5. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

En zonas de trabajo que carezcan de iluminación natural o ésta sea deficiente, se empleará iluminación artificial. Este tipo de iluminación proviene de objetos como lámparas y es posible manipular su dirección, color, calidad e intensidad.

Este tipo de iluminación se subdivide en:

- Iluminación localizada, la cual ilumina un área pequeña y permite que las estaciones de trabajo tengan un nivel de iluminación superior en ciertos puntos del espacio de trabajo.
- Iluminación general, aquí el nivel de iluminación media será igual al requerido por la tarea, las luminarias se encuentran distribuidas por todo el local y se la emplea en sitios de trabajo que no son fijos (R. Rodriguez, 2006, p. 21).

1.2.6. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

El flujo luminoso generado por una fuente puede llegar a los objetos e iluminarlos de forma directa o indirecta. La distribución del flujo determina los diferentes sistemas de iluminación en:

- **Iluminación directa**

El flujo luminoso se dirige directamente hacia la zona que se pretende iluminar. Se la utiliza si se requieren altos niveles de iluminación. Este tipo de iluminación resulta económica, pero produce sombras y aumenta el riesgo de deslumbramiento, además, puede dar origen a desequilibrios de luminancia y deja sombras en techos y paredes (Álvarez, 2015b, p. 28).

- **Iluminación semi-directa**

La proyección del flujo luminoso se dirige directamente hacia la zona que se pretende iluminar, una pequeña parte del flujo luego de ser reflejada por paredes, techos y mobiliario llega a la zona a iluminar. Es una iluminación directa con

difusor o vidrio translucido entre la lámpara y la zona a iluminar (Álvarez, 2015b, p. 28).

- **Iluminación indirecta**

El 90 % del flujo luminoso se dirige hacia el techo, el observador no aprecia ningún objeto luminoso, únicamente las áreas iluminadas. Produce un ambiente amigable y libre de sombras, el riesgo de deslumbramiento es mínimo. Este tipo de iluminación presenta una menor eficiencia y se utiliza en lugares que no requieren niveles específicos de iluminación (IDAE, 2011, p. 31).

- **Iluminación semi-indirecta**

Una pequeña parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia abajo, la mayor parte del flujo se dirige hacia el techo y es reflejada. Genera una iluminación sin deslumbramientos y sombras suaves, con un rendimiento bajo debido a que el flujo luminoso es absorbido por el techo y paredes (Álvarez, 2015b, p. 29).

- **Iluminación difusa**

El flujo luminoso se distribuye en todas las direcciones, una parte del flujo llega directamente hacia la zona que se quiere iluminar y el resto se refleja en techos y paredes. Se producen sombras suaves y un efecto visual agradable, este sistema de iluminación está indicado para oficinas y otras actividades (Rodríguez, 2006, p. 22).

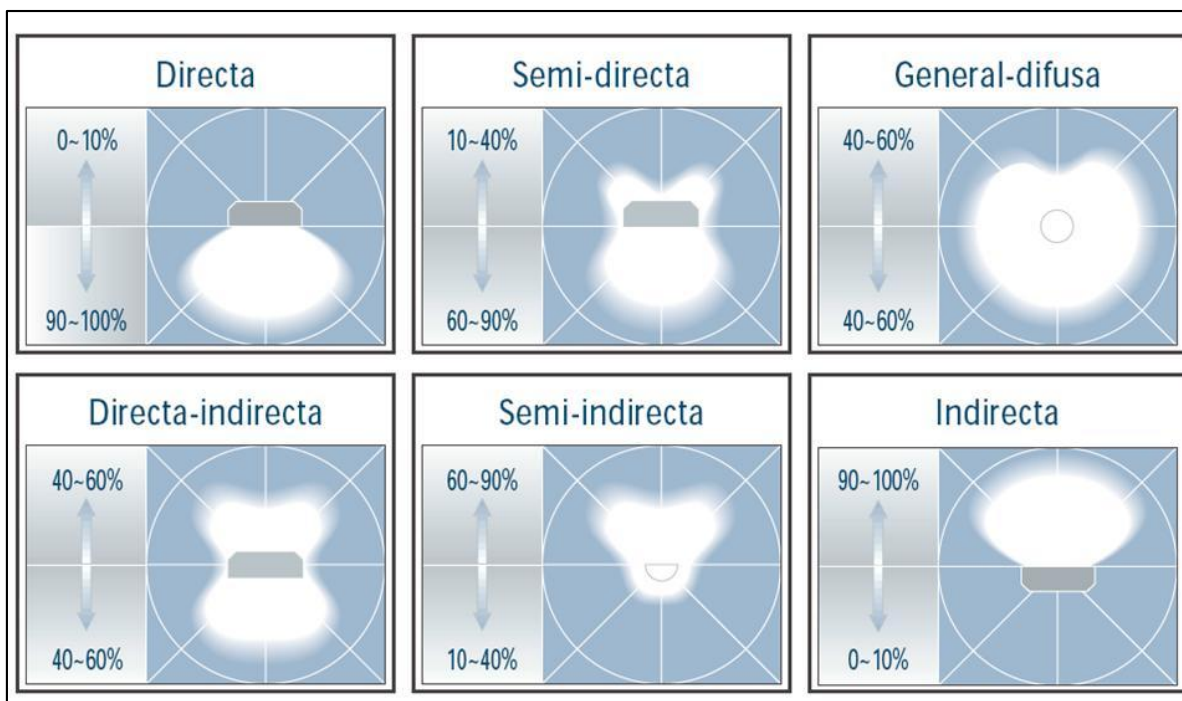


Figura 1.5. Tipos de sistemas de iluminación artificial

(IDAE, 2011, p. 29)

1.2.7. ALUMBRADO

Un nivel de iluminación eficiente depende de la distribución adecuada de las luminarias sobre el área o local a iluminar, evita que se produzcan zonas oscuras o con un nivel de iluminación elevado. Se pueden tener los siguientes tipos de alumbrado:

1.2.7.1. Alumbrado general

Es recomendable utilizar este alumbrado para mantener el nivel de iluminación constante en toda el área de trabajo y permite ubicar con facilidad las estaciones de trabajo. Las luminarias se distribuyen de forma regular por todo el techo (IDAE, 2011, p. 31).

1.2.7.2. Alumbrado localizado

Se la utiliza para casos que requieren iluminación suplementaria cerca de la tarea visual y permite obtener un nivel de iluminación mayor en ciertos puntos

del espacio de trabajo. Si se requieren niveles de iluminación superior a 1000 lux es común utilizar esta distribución, un ejemplo es el uso de lámparas de escritorio (Álvarez, 2015b, p. 27).

1.2.7.3. Alumbrado general-localizado

Proporciona una distribución de la luz no uniforme entre el alumbrado general y el localizado, se obtienen áreas de trabajo iluminadas acorde a los requerimientos de la tarea. Este tipo de alumbrado puede producir deslumbramiento molesto en caso de existir diferencia de luminancia entre la zona de trabajo y las zonas de tránsito (IDAE, 2011, p. 31).

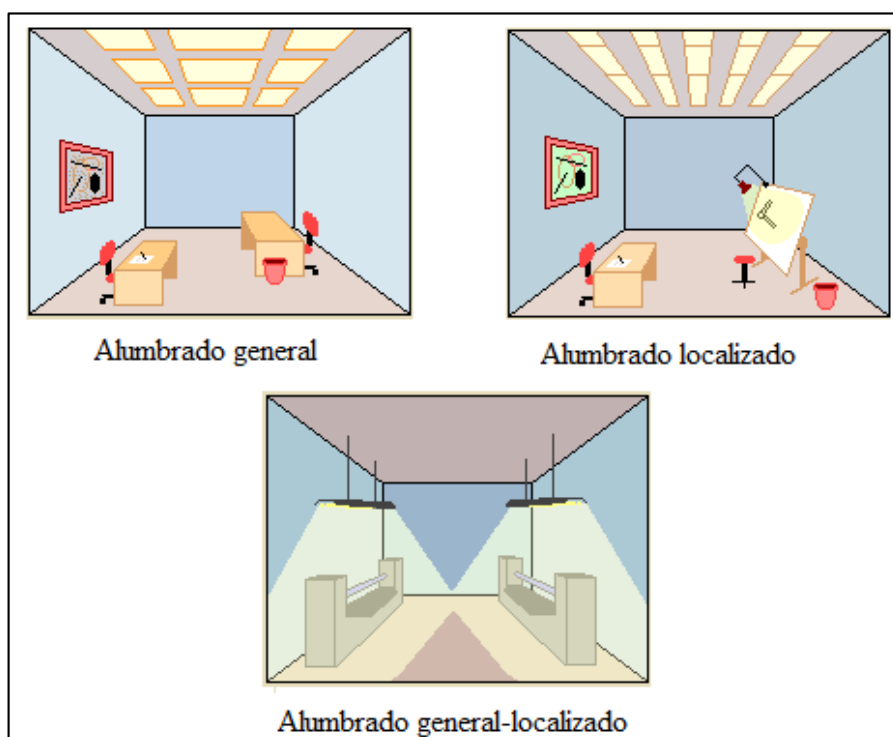


Figura 1.6. Tipos de alumbrado

(García, 2002, p. 1)

1.2.8. DESLUMBRAMIENTO

Si se presentan molestias en la visión debido al brillo excesivo, ya sea por una visión directa de la fuente de luz o el reflejo de una superficie, se habla de deslumbramiento. Este brillo excesivo puede ser producto de la visión directa o

indirecta de una ventana o luminaria, en cualquier caso, debe evitarse ya que causa incomodidad al trabajador.

En caso de ventanas se aconseja utilizar cristales teñidos o persianas orientales, no se recomienda interrumpir la visión del exterior. En luminarias se aconseja no utilizar iluminación localizada, orientar correctamente las luminarias, el ángulo entre la horizontal del ojo y la fuente luminosa no debe ser inferior a 30° (Chavarría, 1989, p. 6).

1.2.8.1. Deslumbramiento perturbador

Se produce si una fuente de alta luminancia se observa dentro de la línea de visión. Se produce el efecto de adaptación en la cual se tienen dos objetos con luminancias diferentes, el ojo debe adaptarse a estas luminancias y vuelve difícil la percepción del contraste de los objetos.

En cambio, en el efecto de velo la luz se dispersa uniformemente por la retina y reduce la sensibilidad del contraste debido a que la superficie sobre la que se trabaja refleja la luz directamente a los ojos (Álvarez, 2015b, p. 36).

1.2.8.2. Deslumbramiento molesto.

Es una sensación de discomfort visual que generalmente se presenta en oficinas y causa fatiga visual. Es producido por fuentes luminosas dentro del campo de visión normal e incide directamente en el ojo.

Este deslumbramiento puede resultar incapacitante para visualizar otros objetos ya que reduce el contraste y disminuye la visión, además, puede dañar de manera irreversible el ojo debido al incremento de la luz de manera drástica (Álvarez, 2015b, p. 37).

1.2.9. MARCO LEGAL CORRESPONDIENTE A ILUMINACIÓN

La legislación nacional vigente en nuestro país es el Decreto Ejecutivo 2393, Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, la cual menciona tópicos como niveles de iluminación y normativa referente a iluminación artificial. La información descrita en éste reglamento no es suficiente, se requiere con mayor detalle actividades y niveles de iluminación, así como también, una guía para el cálculo del nivel de iluminación promedio y aspectos como porcentajes máximos de deslumbramiento en los puestos de trabajo. Por tal motivo se utilizará como guía adicional la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, acorde a lo expuesto en la Resolución N. ° C.D. 333.

1.2.9.1. Niveles mínimos de iluminación

El Art. 56 del Decreto Ejecutivo 2393 (IESS, 2016, p. 31) menciona: “Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos”. En la Tabla 1.2 se detallan los niveles mínimos establecido en la normativa nacional vigente.

Estos valores se refieren a la iluminación que se debe tener en los planos de operación de máquinas, herramientas y puestos de trabajo, se toma en cuenta factores como deslumbramiento y uniformidad, los cuales deber resultar aceptables.

En la NOM-025-STPS-2008 se describe con mayor detalle las tareas visuales, áreas de trabajo y niveles mínimos de iluminación como se muestra en la Tabla 1.3.

Tabla 1.2 Niveles de iluminación mínimos, Decreto Ejecutivo 2393

Iluminación mínima	Actividades
20 luxes	Pasillos patios y lugares de paso
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no se esencial como manejo de materiales, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajo de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1 000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería.

(IESS, 2016, p. 31)

Tabla 1.3. Niveles mínimos de iluminación, normativa mexicana

Tarea Visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Exteriores generales: patios y estacionamientos	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos: salas de espera, salas de descanso, cuartos de almacén, plataformas, cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamblaje, aulas y oficinas.	300

Tabla 1.3. Niveles mínimos de iluminación, normativa mexicana (continuación...).

Tarea Visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (luxes)
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipos de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabados de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabados con pulido finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos	1 000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: De bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados. Exactas y muy prolongadas Muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño	2 000

(Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008, p. 4)

1.2.9.2. Equipo de medición

El luxómetro es un instrumento que sirve para medir la iluminación de un ambiente de manera simple y rápida. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos los cuales son interpretados y representados en la escala de luxes. Según la norma mexicana, el equipo a utilizar debe ser un luxómetro con las siguientes características:

- Detector para medir iluminación.
- Corrección cosenoidal.
- Corrección de color, detector con una desviación máxima de +/- 5 % respecto a la respuesta espectral fotópica.
- Exactitud del +/- 5 % (se considera la incertidumbre por calibración).

1.2.9.3. Estrategia de medición de la iluminación

Como estrategia de evaluación se utilizará lo establecido en la normativa NOM-025-STPS-2008, la cual presenta recomendaciones, métodos y consideraciones para realizar las mediciones.

- **Consideraciones para iluminación artificial**

Si se utiliza iluminación artificial, antes de realizar las mediciones, se debe tomar en cuenta los siguientes criterios (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008, p. 9):

- Encender las luminarias con antelación, esperar un tiempo de 20 min antes de iniciar las mediciones para el caso de lámparas de descarga y fluorescentes. Esto permite que el flujo de luz se estabilice.
- En instalaciones con lámparas nuevas de descarga o fluorescente se tiene que esperar un periodo de 100 h de operación antes de realizar las mediciones, ya que dichas lámparas presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

- **Ubicación de los puntos de medición**

La selección de los puntos de medición depende de las necesidades y características de cada puesto de trabajo; se toma en cuenta la ubicación de las luminarias, posición de la maquinaria o equipo de trabajo y el cálculo del índice de áreas IC. Las áreas de trabajo deben dividirse en zonas del mismo tamaño, en caso de coincidir el centro geométrico de las zonas a evaluar con los puntos focales de la luminaria se debe incrementar el número de zonas a evaluar. Para establecer el número de zonas a evaluar, es necesario realizar el cálculo del índice de área, a través de la Ecuación 1.1.

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)} \quad [1.1]$$

Donde:

IC índice de área.

x, y dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

El valor obtenido de la ecuación anterior servirá para obtener el número de puntos de medición a través de la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Relación entre en índice de área y el número de zonas de medición

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

(Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008, p. 10)

Factor de reflexión

El factor de reflexión K_f determina si el plano de trabajo o las paredes afectan las condiciones de iluminación. El valor obtenido de K_f no debe superar los niveles establecidos en la Tabla 1.5, caso contrario se considera que existe deslumbramiento en el área o puesto de trabajo.

Tabla 1.5 Niveles máximos permisibles del factor de reflexión

Concepto	Nivel máximo permisible de reflexión, K_f
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

(Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008, p. 5)

1.2.10. DIALUX

DIALux EVO es un software libre el cual permite diseñar, calcular y visualizar proyectos de iluminación de espacios simples, pisos, edificios, escenarios exteriores y sistemas de control de la luz natural. Se pueden trabajar en conjunto con planos de AUTOCAD, realizar diseños 3D de las instalaciones y obtener la distribución luminosa de las luminarias utilizadas. DIALux utiliza catálogos

interactivos de luminarias y lámparas procedentes de varios fabricantes para diferentes tipos de aplicaciones como residenciales, comerciales, industrial o decorativa (Rodríguez y Llano, 2012, p. 35). El programa está dividido en dos aplicaciones, iluminación de interiores e iluminación de exteriores, para el diseño de espacio interior de edificios, casas, etc., y el diseño de vías públicas, jardines, autopistas, etc.

1.3. EL RIESGO ERGONÓMICO

En la actualidad diversos tipos de profesionales realizan su trabajo en un ambiente de oficina, se trata de una actividad sedentaria debido al uso de ordenadores, donde se aprecia la falta de movimiento físico corporal y movimientos repetitivos, los trabajos presentan diversos factores que implican riesgos ergonómicos que afectan su salud y bienestar.

La ergonomía en trabajos de oficina está encargada de corregir y diseñar el ambiente laboral con la finalidad de disminuir el nivel de riesgo causado por posturas inadecuadas, movilidad restringida, iluminación deficiente, entre otras, y sus consecuencias sobre la salud y bienestar de los trabajadores para evitar lesiones musculoesqueléticas.

1.3.1. CARGA FÍSICA

El cuerpo humano realiza un trabajo físico continuamente en el entorno laboral como en el extra laboral, básicamente el cuerpo humano debe:

- Mover el cuerpo en su totalidad o alguna de sus partes.
- Transportar o mover objetos
- Mantener la postura del cuerpo.

Con base en estos requerimientos, el cuerpo humano realiza contracciones musculares y compromete a diversos órganos como son: el sistema nervioso, pulmones, corazón, vasos sanguíneos y músculos.

Los tipos de contracción muscular en función de la demanda física, ya sea caminar o mantener una posición, se divide en dos tipos, los cuales se indican a continuación:

- **Dinámica**

Si el musculo se contrae y estira rítmicamente se produce una contracción muscular dinámica, también se los denomina contracción isotónica. Caminar o levantar un objeto son ejemplos de trabajo dinámico. Un trabajo dinámico puede ser realizado durante un tiempo prolongado, siempre que no sea de excesiva intensidad y se ejecute a un ritmo y esfuerzo adecuado a la persona.

Este tipo de trabajo favorece a la contracción rítmica de los músculos y aumenta la irrigación sanguínea en la zona muscular (Villar, 2015, p. 7).

- **Estática**

Si el musculo se contrae y mantiene dicha contracción durante un tiempo prolongado, se tiene una contracción isométrica. Al mantener un objeto suspendido o adoptar una postura se realiza un trabajo estático.

“Al realizar un trabajo estático la circulación de la sangre y el metabolismo de los músculos disminuye, con lo que la eficacia del trabajo muscular es baja. La continua carga estática de posturas penosas en el trabajo, genera una constricción local muscular y por consecuencia la fatiga, en casos de larga duración puede llegar a ocasionar trastornos o patologías relacionados con el trabajo” (Cuixart y Pons, 2006, p. 1).

Los daños de salud relacionados a la carga postural estática se deben principalmente al espacio o entorno de trabajo, diseño del mobiliario y ubicación de ordenador y otros elementos informáticos.

1.3.2. TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS (TME)

Los TME son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas que abarcan 150 diagnósticos en el aparato locomotor, afecta a músculos, articulaciones, tendones, ligamentos y nervios, produce desde traumatismos repentinos y de corta duración (fracturas, esguinces, distenciones) o enfermedades crónicas que pueden causar incapacidad permanente (OMS, 2019, p. 1).

Se puede encontrar TME en la industria, servicios, en mujeres y hombres, en trabajadores adultos y jóvenes y pueden afectar a cualquier segmento del cuerpo, pero en especial en codo y hombro, mano y muñeca, y en las zonas cervical, dorsal y lumbar.

Los TME son causados por actividades fatigantes que implican posturas forzadas, mantenidas o prolongas, por fuera de los ángulos confortables, por levantamiento manual de cargas, con pocas posibilidades de cambio y movimientos repetitivos. En la Tabla 1.6, se describen los principales factores que influyen en el desarrollo de trastornos musculo esqueléticos.

Tabla 1.6. Principales factores que contribuyen al desarrollo de TME

Factor	Posible consecuencia	Ejemplo
Ejercer mucha fuerza	Esfuerzo excesivo de los tejidos afectados	Levantar, acarrear, empujar o arrastrar objetos pesados
Manipulación manual de cargas durante periodos largos	Enfermedades degenerativas, especialmente de la región lumbar	Desplazar materiales con las manos
Manipular objetos de manera repetida y frecuente	Fatiga y esfuerzo excesivo de las estructuras musculares	Trabajos de montaje, tecleo prolongado, trabajo en la caja de un supermercado
Trabajar en posturas perjudiciales	Esfuerzo excesivo de los elementos óseos y musculares	Trabajar con el tronco muy encorvado o torcido, o con los brazos por encima de los hombros
Esfuerzo muscular estático	Actividad muscular durante, y posible sobrecarga.	Trabajar con los brazos en alto o en un espacio reducido
Inactividad muscular	Pérdida de capacidad funcional de músculos, tendones y huesos	Estar sentado largo tiempo sin mover los músculos

Tabla 1.6. Principales factores que contribuyen al desarrollo de TME (continuación...).

Factor	Posible consecuencia	Ejemplo
Movimientos repetitivos	Dolencias inespecíficas en las extremidades superiores	Usar repetidamente los mismos músculos sin dejarlos descansar.
Exposición a vibraciones	Disfunción de los nervios, reducción del flujo sanguíneo, trastornos degenerativos.	Utilizar herramientas manuales que vibran, permanecer sentado en vehículos que vibran
Factores ambientales y riesgos físicos	Afectan al esfuerzo mecánico y agravan los riesgos	Utilizar herramientas manuales a bajas temperaturas.
Factores psicosociales	Aumento del esfuerzo físico, mayor absentismo laboral	Situaciones de apremio, escaso margen de decisión laboral, escaso apoyo social

(Luttmann, Jager, Griefahn, Caffier y Liebers, 2004, p. 11)

1.3.3. TME DE ORIGEN LABORAL

Los TME de origen laboral son el principal problema de la salud relacionado con el trabajo, ocurren principalmente en dos áreas del cuerpo, extremidades superiores y espalda baja, y son una de las principales causas de ausentismo laboral. De acuerdo con el área corporal afectada tenemos:

1.3.3.1. Tendinitis

La tendinitis es una inflamación, irritación o hinchazón de la parte interna de la vaina del tendón, los tendones del codo, hombro y la muñeca sufren esta afección con mayor frecuencia. Dolor en la zona del tendón que se incrementa con el movimiento o al realizar fuerzas, es el síntoma más común en trabajadores que realizan esfuerzos repetidos o aplicación de fuerzas (Prado, 2015, p. 36).

1.3.3.2. Epicondilitis

Es una forma de tendinitis que involucra los tendones del codo, es la inflamación y dolor de la parte externa del codo. Se debe a movimientos repetitivos y la pronación o supinación de la mano.

Puede ser de dos tipos, lateral o llamada codo de tenista, la cual involucra los tendones del lado exterior del codo y la medial o también llamada codo de

golfista, la cual involucra los tendones del lado interno del codo (Chaustre, 2011, p. 75).

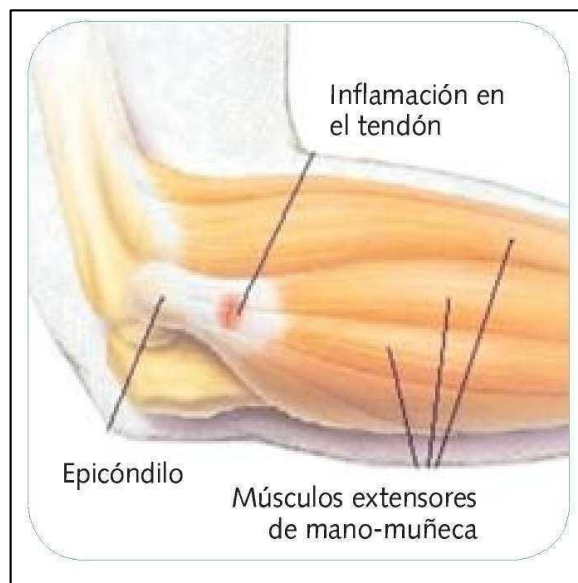


Figura 1.7. Zona afectada por la epicondilitis

(Grupo de trabajo de ortopedia del Colegio Oficial de Bizkaia, 1987, p. 50)

1.3.3.3. Síndrome del túnel carpiano (STC)

Es una enfermedad que se presenta en la zona de la muñeca, específicamente en el espacio formado por los lados de muñeca y un ligamento grueso del lado de la palma, denominado túnel carpiano, debido a la inflamación del nervio medio.

Los principales síntomas son: dolor intenso, adormecimiento, sensación de corriente u hormigueo y entumecimiento en parte de la mano, el dedo pulgar, índice y medio. El STC puede llegar a ser incapacitante a tal punto que la persona que lo padece debe dejar de trabajar e incluso no puede realizar tareas simples del hogar (Parra, Parra, Tisiotti y Wille, 2007, p. 11).

Según estadísticas de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el STC afecta a un 5 % de la población adulta y presenta una incidencia anual de un caso por cada mil personas, en las mujeres se da con más frecuencia que en varones esta enfermedad (Ayala, 2018, pp. 2-3).

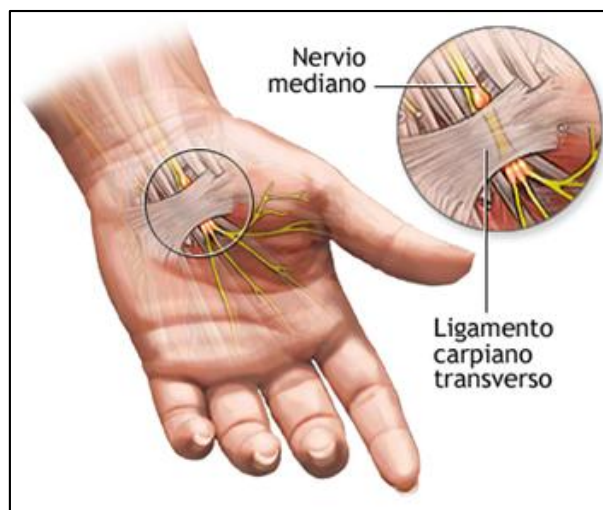


Figura 1.8. Estructura del túnel carpiano

(Medlineplus, 2020, p. 1)

1.3.3.4. Enfermedad de De Quervain

Es una afección dolorosa de los tendones de la muñeca del lado del pulgar, es causada principalmente por movimientos repetitivos y forzados de la muñeca como agarres y giros. Provoca dolor fijo y continuo al girar la muñeca, sujetar un objeto o cerrar el puño, inflamación cerca de la base del pulgar y sensación de hormigueo o entumecimiento del dedo pulgar. La afección es muy frecuente en las mujeres y en edades entre los 30 a 50 años.



Figura 1.9. Zona afectada por la enfermedad de De Quervain

(Medlineplus, 2020, p. 1)

1.3.3.5. Lumbalgia

Es un dolor localizado en parte baja de la espalda, afecta tanto a jóvenes como adultos de la tercera edad y aparece en trabajos sedentarios y en los que es necesario un gran esfuerzo físico. La lumbalgia está considerada como la principal causa de limitación física en personas menores de 45 años y con mayor presencia en personas mayores a 65 años. Puede ser causado por posturas forzadas inadecuadas o movimientos forzados, causa incapacidad para realizar actividades cotidianas y laborales.

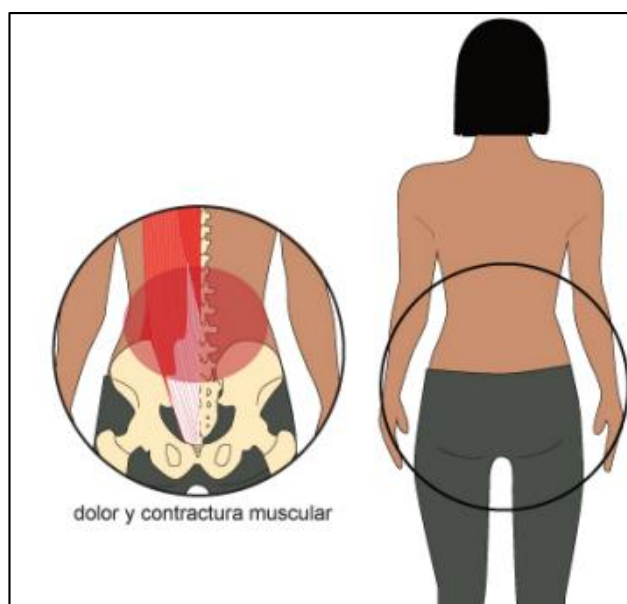


Figura 1.10. Zona de afectación en la lumbalgia.

(INSHT, 2015, p. 2)

Trabajadores que pasan mucho tiempo sentados, con sillas y diseño de puesto inadecuados, actividades que requieren agacharse, levantamiento manual de cargas, son el grupo de riesgo propensos a padecer esta afección, presenta como síntoma inicial dolor en la zona lumbar (A. Gómez y Moya, 2005, pp. 24 - 25).

1.3.4. MÉTODOS ERGONÓMICOS DE EVALUACIÓN

Los métodos para evaluar ergonómicamente las condiciones de trabajo se dan con base a necesidades y condiciones específicas de la actividad a ser evaluada.

Estos métodos pueden ir desde la observación directa, cuestionarios, entrevistas y mediciones específicas. La utilización de estos métodos representa grandes ventajas por ser sencillos y rápidos de aplicar, la elección del método correcto se basa en las observaciones de los riesgos encontrados en la evaluación inicial (Asensio, Ceca, y Diego-Mas, 2012, p. 4).

1.3.4.1. Método RULA

El método Rula (Rappid Upper Limb Assessment) está diseñado para detectar cargas musculoesqueléticas importantes en los trabajadores que puedan ocasionar trastornos musculares en los miembros superiores del cuerpo. Fue desarrollado por McAtamney y Corlett en 1993, en la Universidad de Nottingham, con el objetivo de evaluar la exposición de los trabajadores a factores de riesgo que originan una elevada carga postural.

Este método considera la postura adoptada, la duración, frecuencia y fuerzas ejercidas. La aplicación de este método permite obtener una idea del nivel de riesgo y la necesidad de intervención en el trabajador, evalúa posturas individuales o secuencia de posturas de los miembros superiores del cuerpo a través de la observación de posturas inadecuadas que adopta el trabajador (Diego-Mas, 2015, p. 1).

Este método considera al cuerpo en dos grupos, asigna puntuaciones a cada grupo en función del grado de flexión, extensión y lateralidad a través de ángulos que forman las partes del cuerpo y se toma en consideración la actividad muscular y la fuerza ejercida durante la tarea. Se obtiene la puntuación final la cual determina el nivel de actuación y si el riesgo es aceptable o no.

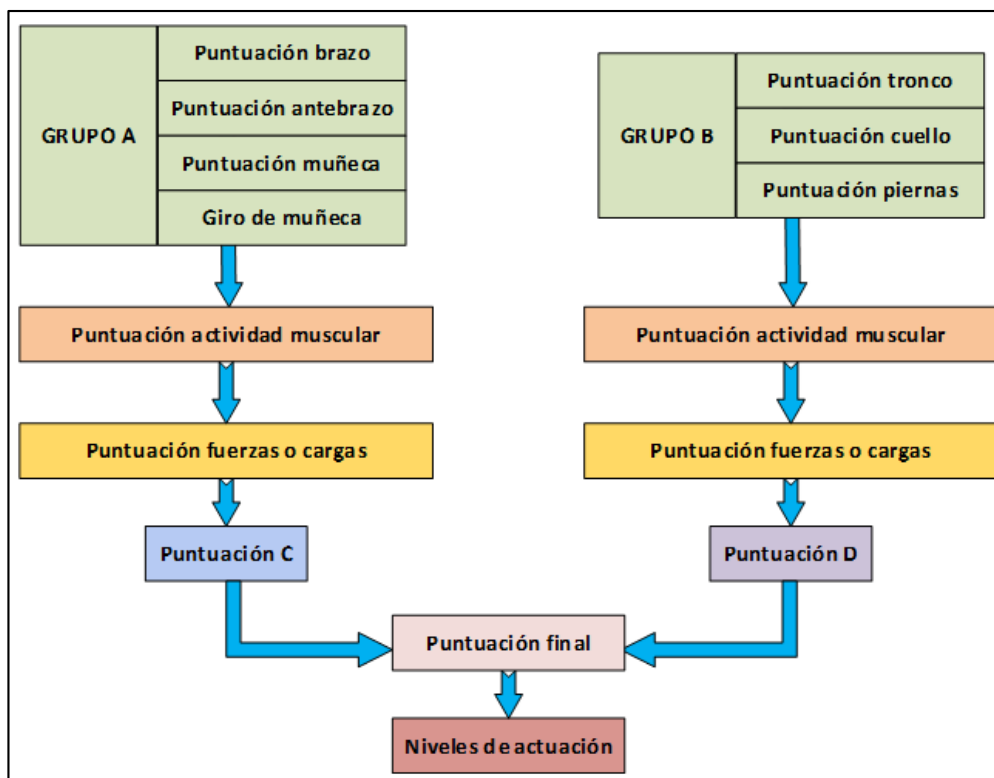


Figura 1.11. Esquema de puntuaciones del método RULA

1.3.4.2. Método REBA

Es un método de observación basado en el método RULA, con la diferencia de que este método integra la evaluación de las extremidades inferiores. REBA o evaluación rápida de todo el cuerpo (Rapid Entire Body Assessment) permite analizar en conjunto las posturas adoptadas por brazos, antebrazo, muñeca, cuello, tronco y piernas.

Este método se lo utiliza en tareas que conllevan cambios inesperados de postura como la manipulación manual de cargas, evalúa posturas dinámicas como estáticas, permite realizar una evaluación general basado en posturas forzadas y carga física (Cuixart, 2001, p. 1). Es un método muy útil que permite alertar sobre condiciones de trabajo inadecuadas.

1.3.4.3. Método OWAS

El método OWAS fue propuesto por los finlandeses Osmao Karhu, Pekka Kansu y Likka Kuorinka en 1997 bajo el título “Correcting working postures in industry: A practical method for analysis”, corrección de las posturas de trabajo en la industria: un método práctico para el análisis.

Es un método observacional sencillo y útil para el análisis ergonómico de la carga postural, evalúa todas las posturas adoptadas durante el desempeño de la tarea y proporciona resultados menos precisos que los anteriores métodos. Las posturas observadas se clasifican en 252 posibles combinaciones, toma en cuenta la posición de la espalda, brazos, piernas y carga levantada por el trabajador, se realiza el registro de las posiciones mediante fotografías, filmaciones o in situ, posteriormente se codifican las posturas y se evalúa el riesgo para cada parte del cuerpo e identifica las posturas y posiciones más críticas (Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid, 2016, p. 30).

1.3.4.4. Método EPR

El método ERP o evaluación postural rápida, es una herramienta que permite realizar una primera y superficial valoración de las posturas adoptadas por el trabajador durante la jornada laboral. EPR no evalúa posturas específicas, sino, realiza una valoración global de las 14 posibles posturas adoptadas y el tiempo que son mantenidas, se obtiene como resultado el nivel de actuación que va desde el nivel 1, postura aceptable, hasta el nivel 5, carga postural nociva. Si al evaluar un puesto de trabajo se obtiene un nivel de carga estática elevado, el evaluador deberá realizar un estudio más a profundidad mediante otros métodos más específicos como los descritos anteriormente (Diego-Mas, 2015a, p. 1).

2. PARTE EXPERIMENTAL

El presente trabajo sirvió para proponer medidas correctivas y preventivas para mitigar el nivel de riesgo de los factores físicos, ruido e iluminación y carga postural estática en el personal del Observatorio Astronómico de Quito.

El Observatorio Astronómico de Quito, institución científica y cultural ecuatoriana, fundada en 1873, está ubicada en el Parque La Alameda de la ciudad de Quito, es el único observatorio del Ecuador y desde su creación ha contribuido al desarrollo científico de varias ciencias en el Ecuador. Se dedica a la investigación en el área de astronomía, astrofísica y meteorología, de igual manera, la difusión de avances técnicos y científicos de estas ciencias a la comunidad y en los medios especializados nacionales e internacionales (Observatorio Astronómico de Quito, 2019, p. 1).

2.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO DE ORIGEN FÍSICO

La identificación de los factores de riesgo presentes en los puestos de trabajo se realizó por medio de la observación y evaluación objetiva por parte del autor del presente proyecto de titulación en conjunto con el personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ). Se obtuvo un diagnóstico inicial de los puestos de trabajo respecto a problemas de iluminación y ruido a través de la realización de cuestionarios y encuestas para determinar puestos con deficiencias de iluminación y personal con molestias causadas por ruido.

2.1.1. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE ILUMINACIÓN

El proceso de identificación de puestos de trabajo con iluminación deficiente consistió en la observación por parte del técnico y escuchar la opinión de los trabajadores. Se utilizó un cuestionario de evaluación subjetiva de la INSHT, el cual permitió conocer la opinión del personal sobre la iluminación presente en su

puesto de trabajo. La encuesta evaluó lo siguiente: la satisfacción de la iluminación en el puesto de trabajo, problemas de deslumbramientos, brillo, contraste de la tarea y la presencia de molestias en los ojos como picor, fatiga, visión borrosa, entre otros. Con la ayuda del “Test de iluminación”, se procedió con la observación y evaluación general de los puestos de trabajo, se registró información referente al tipo de iluminación, planes de mantenimiento, y características de la iluminación presente (Sanz y García, 2009, pp. 7-12).

2.1.2. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE RUIDO

Esta encuesta permitió conocer características de la tarea, fuentes de ruido y equipos o herramientas que generan ruido en los puestos de trabajo. Se realizó una evaluación general de cada uno de los puestos de trabajo por parte del técnico para identificar posibles fuentes de ruido, molestias o perturbaciones en la concentración, para lo cual se utilizó el “Cuestionario sobre confort acústico” (Gómez, 2007, pp. 7-14). Los cuestionarios de evaluación subjetiva, confort auditivo y test de iluminación se aplicaron a 19 personas de las diferentes unidades del Observatorio Astronómico. El Anexo I muestra los diferentes cuestionarios y test utilizados.

2.2. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE RUIDO E ILUMINACIÓN

Con el análisis de cada una de las áreas administrativas del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), se procedió a la evaluación cualitativa de los riesgos. Para cada uno de los peligros identificados de iluminación o ruido, se estimó el riesgo, para lo cual se utilizó el método de simplificado de evaluación de riesgos. Se determinó la severidad del daño (ligeramente dañino, dañino, extremadamente dañino) y la probabilidad de que ocurra el riesgo (baja, media, alta). El método permitió evaluar de manera cualitativa el riesgo en: trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable.

Tabla 2.1. Cuadro para estimar los niveles de riesgo

		CONSECUENCIA		
		Ligeramente dañino LD	Dañino D	Extremadamente dañino ED
PROBABILIDAD	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

(INSHT, 2000, p. 6)

Los niveles de riesgos identificados a través de la Tabla 2.1 permitieron conocer si los controles actuales son suficientes o si se requieren implementar nuevas acciones de control. La Tabla 2.2 permite valorar si el riesgo es o no tolerable, el tipo de acción a realizar, preventiva o correctiva y la urgencia con la que deben adoptarse las acciones de control.

Tabla 2.2. Acción y temporización de los niveles de riesgo

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Riesgo moderado (MO)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinar las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un periodo determinado. Si el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Riesgo importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Si el riesgo corresponde a un trabajo que se realiza en ese momento, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Riesgo intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

(INSHT, 2000, p. 7)

Esta matriz de evaluación general de riesgos mostró los puestos de trabajo con mayor exposición al ruido y una deficiente iluminación. Los puestos de trabajo con nivel de riesgo de moderada, importante o intolerable fueron sujetos a mediciones de ruido e iluminación y la toma de acciones correctivas o preventivas. Los puestos de trabajo con niveles de riesgo trivial o tolerable se descartaron del presente estudio, con esto se eliminó y depuro puestos de trabajo con iluminación aceptable y fuentes de ruido no representativas.

2.3. MEDICIÓN DE RUIDO

La medición de este factor de riesgo en los puestos de trabajo se realizó sobre la base de lo estipulado en el Real Decreto 286/2006, del 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Los niveles de ruido obtenidos de las mediciones se compararon con los niveles sonoros máximos permitidos en el Decreto Ejecutivo 2393 y finalmente se propuso medidas técnicas y organizativas.

2.3.1. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

Realizados los cuestionarios de evaluación cualitativa de ruido descritos en el literal 2.1, se procedió a realizar un análisis de las condiciones de los puestos de trabajo:

- Se identificaron los puestos de trabajo con una exposición al ruido susceptible de superar los límites inferiores de exposición que dan lugar a una acción, es decir, $L_{Aeq,d}=80$ dB(A), como menciona el Art. 5 del Real Decreto 286/2006 (INSHT, 2006, p. 5).
- Se determinaron fuentes de ruido y eventos acústicos.
- Se profundizó en el análisis de las tareas realizadas por el trabajador, se determinó la duración de la jornada y las tareas, tiempos de descanso y pausas activas.
- Se analizó las medidas de control existentes y EPP utilizado.

Analizada las condiciones se determinaron las actividades a ser evaluadas y se seleccionó adecuadamente la estrategia de medición.

2.3.2. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Para obtener mediciones con una exactitud razonable se consideró la estrategia **“Mediciones basadas en la operación o la tarea”**, la cual divide a la jornada laboral en operaciones o tareas. Para cada operación se llevó a cabo mediciones por separado del nivel de presión sonora. Para utilizar esta estrategia es indispensable determinar la duración de la tarea, para lo cual se observó, midió y se contrastó con la información de los trabajadores sobre la duración de las actividades.

La estrategia utilizada determinó que el tiempo de medición de ruido es de 5 min y se deben realizar 3 mediciones para cada actividad o puesto de trabajo. Terminada la medición se obtuvo el nivel de ruido equivalente $L_{Aeq,T}$ y la medición en banda de octava 1:1 (INSHT, 2008, pp. 80-81).

2.3.3. EQUIPO DE MEDICIÓN DE RUIDO

El equipo utilizado para la medición de los niveles de ruido fue un sonómetro integrador Cirrus Research Plc, modelo CR:172B tipo 2, calibrado el 10 de abril del 2019, el cual se muestra en la Figura 2.1. El Anexo II muestra la respectiva hoja de calibración del sonómetro y del calibrador acústico.

Los sonómetros Optimus poseen una gran variedad de funciones para realizar mediciones de ruido, presenta un rango de medición que va desde los 20 dB(A) a los 140 dB(A) y hasta los 143 dB(C) instantáneo, sin la necesidad de seleccionar el rango de amplitud que se requiere para realizar las mediciones. Este equipo se lo utiliza en mediciones de ruido medioambiental, mediciones de ruido ocupacional y mediciones acústicas sencillas.



Figura 2.1. Sonómetro integrador CR:172B y calibrador

Características

- Opciones de precisión en clase 1 y clase 2
- Medición y almacenamiento simultáneo de todos los parámetros
- Filtros de banda de octava 1:1 y 1:3
- Grabación de audio y notas de voz durante la medición
- Pantalla a color de alta resolución
- Memoria de 4GB de almacenamiento
- Conexión USB tipo C

Especificaciones técnicas

- Rango de medición: de 20 dB a 140 dB RMS
- Banda de octava 1/1: 31,5 Hz a 16 kHz
- Banda de octava 1/3: 6,3 Hz a 20 kHz
- Temperatura de funcionamiento: -10 °C a 50 °C
- Humedad de funcionamiento: hasta el 95 % HR
- Dimensiones: 283 x 65 x 30 mm
- Peso: 300 g

2.3.3.1. Calibración del sonómetro

Para realizar la calibración del sonómetro, se introdujo el micrófono en el orificio del calibrador y debe quedar totalmente insertado en él, como se indica en la Figura 2.2.



Figura 2.2. Calibración del sonómetro

En la pantalla principal se presionó el botón “CALIBRAR” y el instrumento se calibró al valor de 93.7 dB(A). El nivel de calibración debe permanecer constante por 5 s como mínimo para tener una calibración aceptable. La calibración del sonómetro se la realizó antes y después de la medición de ruido de cada actividad, con la finalidad de asegurar la veracidad de los resultados.

2.3.3.2. Ubicación del sonómetro

Las mediciones se realizaron con el trabajador ausente para ciertas actividades, se colocó el micrófono a la altura donde se encontraría su oído, para esto se utilizó un trípode. En las actividades donde no fue posible la ausencia del trabajador, se colocó el micrófono frente al oído a unos 10 cm a 40 cm de distancia.

2.3.4. EVALUACIÓN Y CÁLCULO DE NIVELES DE RUIDO.

Realizadas las mediciones de ruido por cada tarea se procedió al análisis de los resultados obtenidos, para lo cual fue necesario realizar cálculos matemáticos

para determinar el valor del nivel equivalente de presión sonora, nivel equivalente diario y la incertidumbre de los resultados. El valor equivalente diario obtenido se comparó con los límites de exposición al ruido descritos en la Tabla 1.1, y se determinó si existe o no riesgo de exposición.

2.3.4.1. Cálculo del nivel equivalente de presión sonora para cada operación

El valor del nivel equivalente de presión sonora se obtuvo a través de la Ecuación 2.1.

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{\frac{L_{Aeq,T,m,n}}{10}} \right] \text{dB(A)} \quad [2.1]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,m,n}$ resultado de cada una de las mediciones de dicha operación.

N y n número de mediciones.

2.3.4.2. Cálculo de la contribución de cada tarea al nivel equivalente diario

Para el cálculo de la contribución diaria de cada tarea al nivel equivalente diario se utilizó la Ecuación 2.2.

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[\frac{T_m}{8} 10^{\frac{L_{Aeq,T,m}}{10}} \right] \text{dB(A)} \quad [2.2]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,d,m}$ nivel equivalente de presión sonora durante la operación.

T_m valor medio de la duración de dicha operación.

2.3.4.3. Cálculo del nivel equivalente diario

El nivel equivalente diario se lo puede calcular a partir de Ecuación 2.3.

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M 10^{\frac{L_{Aeq,d,m}}{10}} \right] \text{dB(A)} \quad [2.3]$$

Donde:

$L_{Aeq,d,m}$ contribución de cada tarea al nivel equivalente diario.

2.3.4.4. Cálculo de la incertidumbre del instrumento

La fiabilidad de los resultados dependió del tipo y estado del instrumento de medición, la forma de tomar las mediciones, las condiciones de la exposición al ruido en el puesto de trabajo, determinado así la incertidumbre de los resultados de la siguiente manera:

Incertidumbre combinada

Se calcula a partir de las diferentes contribuciones de incertidumbre como se indica en la Ecuación 2.4.

$$U^2 = \left\{ \sum_m c_{am}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_{3,m}^2) + \left[\frac{4,34c_{am}}{T_m} \right]^2 U_{1b,m}^2 \right\} \quad [2.4]$$

Donde:

- T_m valor medio de la duración de la operación m.
- c_{am} coeficiente de sensibilidad de la operación m.
- $u_{1a,m}$ incertidumbre estándar debida al muestreo de la operación m
- $u_{1b,m}$ incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la operación m
- $u_{2,m}$ incertidumbre estándar debida al instrumento de medición usado para la posición m
- $u_{3,m}$ incertidumbre estándar debida a la imperfecta selección de la posición del micrófono en la operación m

Coeficiente de sensibilidad

Está determinada por la Ecuación 2.5.

$$c_{am}^2 = \frac{T_m}{8} 10^{\frac{L_{Aeq,Tm} - L_{Aeq,d}}{10}} \quad [2.5]$$

Cálculo de la incertidumbre estándar $u_{1a,m}$

Se la obtuvo al aplicar la Ecuación 2.6.

$$u_{1a,m} = \frac{S_{L_{Aeq,T,m}}}{\sqrt{N}} \quad [2.6]$$

Donde:

$S_{L_{Aeq,T,m}}$ desviación estándar del conjunto de valores medidos de $L_{Aeq,T}$

La desviación estándar $S_{L_{Aeq,T,m}}$ en la operación m, se calcula con la Ecuación 2.7.

$$S_{L_{Aeq,T,m}} = \sqrt{\frac{1}{N} [\sum_{n=1}^N (L_{Aeq,Tmn} - L_{Aeq,Tm})^2]} \quad [2.7]$$

Donde:

$L_{Aeq,Tmn}$ resultado de cada una de las mediciones de dicha operación

Incetidumbre estándar de la duración de la operación

Se calculó mediante la Ecuación 2.8.

$$u_{1b,m} = \frac{S_{T,m}}{\sqrt{N}} \quad [2.8]$$

Donde:

$S_{T,m}$ desviación estándar del conjunto de valores medidos de T en la operación m

N número de veces que se ha medido el tiempo de duración de la operación m

La desviación estándar $S_{T,m}$ se calcula a través de la Ecuación 2.9.

$$S_{T,m} = \sqrt{\frac{1}{N-1} [\sum_{n=1}^N (T_{n,m} - T_m)^2]} \quad [2.9]$$

Incertidumbre estándar de los instrumentos de medida.

El valor de $u_{2,m}$ se lo obtiene de la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Valor en dB de la incertidumbre estándar $u_{2,m}$.

Tipo de instrumento	Incertidumbre estándar en dB
Sonómetro de clase 1 (según IEC 61672-1)	0,5
Dosímetro personal (según IEC 61252)	1,0
Sonómetro de clase 2 (según IEC 61672-1)	1,0

(INSHT, 2008, p. 84)

Incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono

La incertidumbre $u_{3,m}$ depende de las características de la medición y se lo obtuvo a partir de la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Valor en dB de a incertidumbre estándar $u_{3,m}$.

Características de la medición	El trabajador se halla en campo reverberante	El trabajador recibe mayoritariamente el sonido directamente de la fuente
Medición con el trabajador ausente	0,3	0,5
Medición con dosímetro personal o con el trabajador.	0,9	1,5

(INSHT, 2008, p. 84).

2.3.5. DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL

El valor obtenido de $L_{Aeq,d}$ se comparó con los valores establecidos en el Artículo 5, Real Decreto 286. A continuación, se muestran los valores límites de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción:

- Valores límites de exposición.

$$L_{Aeq,d} = 87dB(A) \text{ y } L_{pico} = 140dB(C)$$

- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.

$$L_{Aeq,d} = 85dB(A) \text{ y } L_{pico} = 137dB(C)$$

- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

$$L_{Aeq,d} = 80dB(A) \text{ y } L_{pico} = 135dB(C)$$

Con el nivel sonoro equivalente diario obtenido, se establecieron las medidas de control, como se muestra en la Figura 2.3.

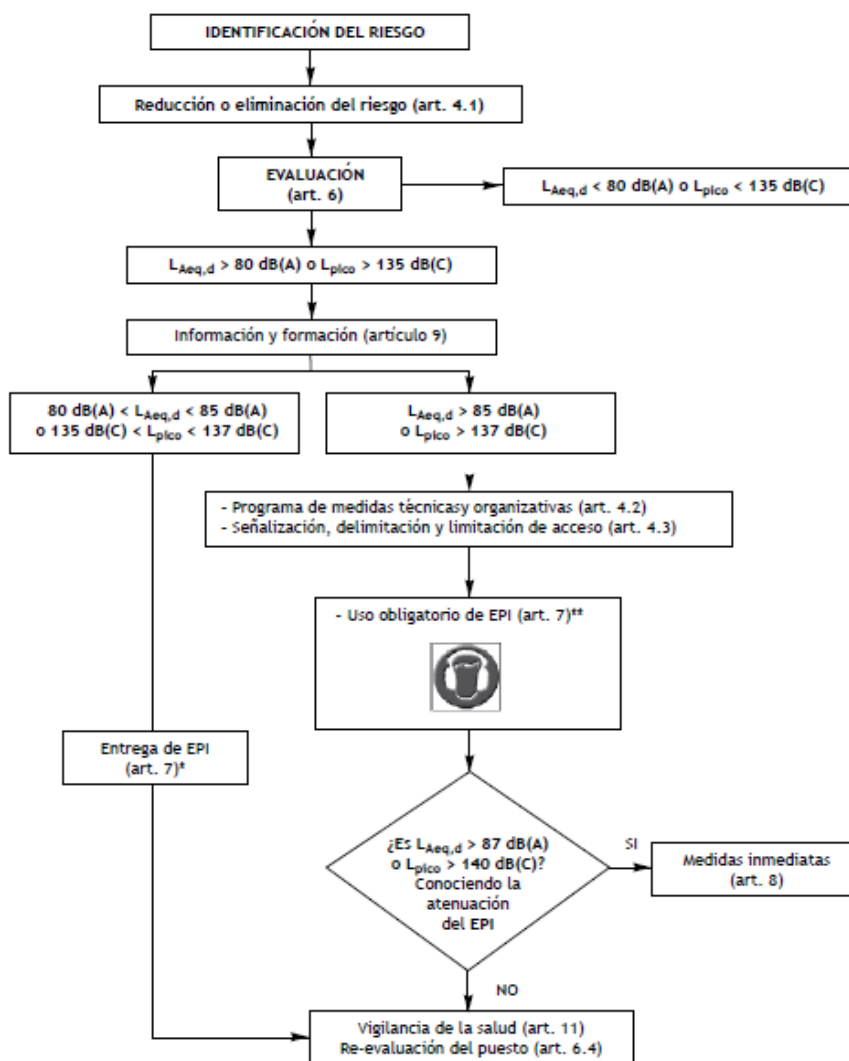


Figura 2.3. Medidas a aplicar en función del nivel de ruido medido (INSHT, 2006, p. 29).

2.4. MEDICIÓN DE LA ILUMINACIÓN

La medición de la iluminación en el puesto de trabajo se la realiza con la ayuda de un luxómetro que permite evaluar de manera cuantitativa el nivel de iluminación. Estos valores fueron comparados con los niveles mínimos

establecidos en la Tabla 1.3. Niveles mínimos de iluminación, normativa mexicana

2.4.1. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Se utilizó como estrategia de medición el Método de la Constante de Salón, expuesto en la Guía de Referencia de la normativa mexicana. Se midió el largo y ancho del sitio de trabajo y la altura de la luminaria respecto al área de trabajo para determinar el índice de área o contante de salón K. El valor obtenido permitió determinar el número mínimo de puntos de medición a través de la Tabla 1.4. Relación entre en índice de área y el número de zonas de medición Se marcó los puntos de medición en cada área de trabajo y se realizó una medida por cada uno de los puntos de medición en las peores condiciones, es decir, se realizó la medición con la menor cantidad de luz natural posible.

2.4.2. EQUIPO DE MEDICIÓN

El equipo utilizado para la medición de los niveles de iluminación fue un medidor de luz ultravioleta, luxómetro, de la marca OMEGA, modelo HHLM112SD con tarjeta SD de registro de datos como se lo puede apreciar en la Figura 2.4.

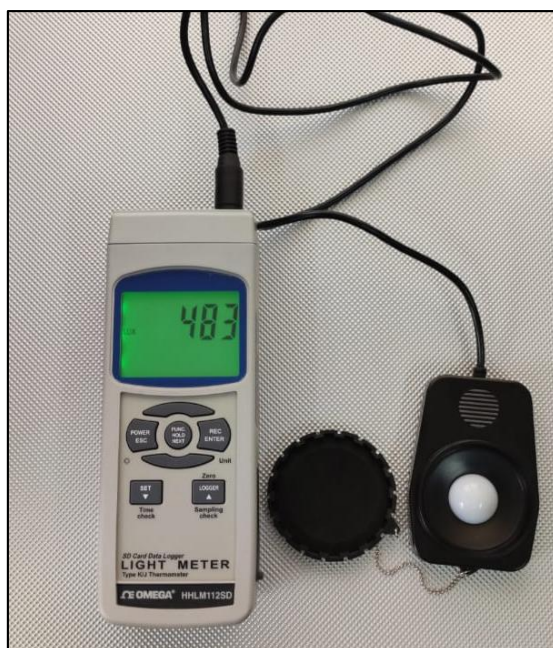


Figura 2.4. Luxómetro OMEGA modelo HHLM112SD

Este dispositivo cuenta con una gran pantalla retro iluminada, dispone de una sonda de luz con cubierta protectora y puede medir una amplia gama de Lux. Una de las principales ventajas que presenta este modelo, es la capacidad de almacenar las mediciones en una tarjeta SD para su posterior análisis en hojas de cálculo. Se lo utiliza en el monitoreo y verificación de la iluminación interior y en áreas de trabajo.

Características

- Medidor de luz de mano con entrada de termopar tipo K, J
- Registrado de datos en tiempo real
- Ranura para tarjeta SD de 1 GB a 16 GB
- Entradas para medidor de luz y termocupla
- Comunicación por puerto RS232
- Voltaje de entrada 6 baterías AA

Especificaciones técnicas

- Precisión de medición: +/- 4 % de la lectura en escala completa (FS)
- Resolución de medición: 1 LUX a 2 000 lux FS
10 LUX a 20 000 LUX FS
100 LUX a 100 000 LUX FS
- Temperatura de funcionamiento: de 0 a 50 °C
- Humedad relativa de funcionamiento: de 0 a 85 %
- Consumo de energía: 30 mA DC con luz de fondo encendida
- Dimensiones: 177 x 68 x 45 mm
- Peso: 489 g

2.4.3. EVALUACIÓN Y CÁLCULO DE NIVELES DE ILUMINACIÓN

Realizadas las mediciones de iluminación en cada punto de las diferentes áreas del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), se procedió con el cálculo de la iluminación promedio y la evaluación del factor de reflexión del área de trabajo. El valor de iluminación promedio obtenido se comparó con los valores de la Tabla 1.3, de acuerdo con la tarea visual de cada puesto de trabajo, para finalmente

identificar áreas o puestos de trabajo con una iluminación deficiente. Se calculó el factor de reflexión, el cual permitió conocer si el área de trabajo presenta deslumbramiento.

2.4.3.1. Iluminación promedio (E_p)

El cálculo de la iluminación promedio se obtiene de la Ecuación 2.10.

$$E_p = \frac{1}{N} \sum E_i \quad [2.10]$$

Donde:

E_p nivel promedio en lux.

E_i nivel de iluminación medio en lux en cada punto.

N número de medidas realizadas.

2.4.3.2. Evaluación del factor de reflexión

El cálculo del factor de reflexión de las superficies se determinó con la Ecuación 2.11.

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} (100) \quad [2.11]$$

Donde:

E_f factor de reflexión

E_1 medición con fotocelda del luxómetro de cara a la superficie.

E_2 medición con fotocelda del luxómetro de cara a la luz incidente.

2.5. EVALUACIÓN DE LA CARGA POSTURAL

Para evaluar la carga postural en el personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), se utilizó el método RULA y se desarrolló una hoja de cálculo en Excel para detallar los puntajes de las posturas adoptados por los trabajadores durante la jornada laboral. Diariamente se realizó una observación directa

durante varios días y en distintas horas de la jornada para asignar las puntuaciones de acuerdo con las posiciones adoptadas por el trabajador.

2.5.1. MÉTODO RULA

El personal del Observatorio Astronómico, tienen una jornada laboral de 8 h (08h00 a 17h00), con una pausa de 1 h para el almuerzo. Se decidió realizar la evaluación en la jornada de la mañana y se complementó con una observación en la jornada de la tarde, con lo cual se analizó toda la jornada completa.

La evaluación ergonómica se realizó a través del método RULA, el cual permitió valorar posturas adoptadas, fuerza y actividad muscular de las extremidades superiores, cuello, espalda y piernas del personal administrativo durante la jornada laboral.

Para utilizar el método RULA se procedió de la siguiente manera:

- Se determinó los ciclos de trabajo y las pausas que cumple el personal dentro de la jornada laboral.
- Con base a la observación directa del personal durante su jornada, se eligió las posturas a evaluar, el trabajo en la mayor parte del tiempo utiliza pantallas de visualización de datos, en pocas ocasiones el personal adopta una postura bípeda de trabajo, por tanto, se realizó la observación en posición sedente mientras trabajan con pantallas de visualización.
- Se determinó el lado del cuerpo que será evaluado, izquierdo o derecho. Para éste caso de estudio se evaluó el lado derecho del cuerpo, ya que el brazo y mano derecha manipulan el ratón del computador. En ciertos casos no fue posible evaluar el lado derecho, para esto se realizó una observación minuciosa de los dos lados del cuerpo durante la ejecución de las actividades, encontrado ángulos semejantes en ambos lados sin afectar la aplicación del método.
- Se capturó a través de fotografías, la posición de los miembros superiores e inferiores, con la precaución de que los ángulos a medir aparezcan en verdadera magnitud en las fotografías tomadas. Se realizó 3 tomas desde diferentes puntos de vista, vista lateral, superior y posterior.

- Se estudió a profundidad el método antes de la evaluación para tener claro el procedimiento y las puntuaciones que se deben asignar a cada parte del cuerpo.
- Se realizó la evaluación de acuerdo con el procedimiento de aplicación.

Para obtener los ángulos entre segmentos corporales, se utilizó la herramienta RULER de Ergonautas (Diego-Mas, 2016, p. 1), la cual permite modificar y analizar las fotografías tomadas para obtener los ángulos requeridos. A continuación, se detalla el procedimiento utilizado para estimar las puntuaciones parciales, finales y el nivel de actuación.

Evaluación del grupo A

a) Puntuación del brazo

La puntuación se obtuvo a partir de su grado de flexión o extensión, para ello se midió el ángulo formado por el eje del brazo y el eje del tronco, se obtuvo puntuaciones de 1 a 4. Esta puntuación se modificó si se tiene levantamiento de hombros, abducción de brazos y se resta un punto si el brazo está apoyado. En la Figura 2.5 se puede apreciar la puntuación para la posición que adopta el brazo según el ángulo del hombro.

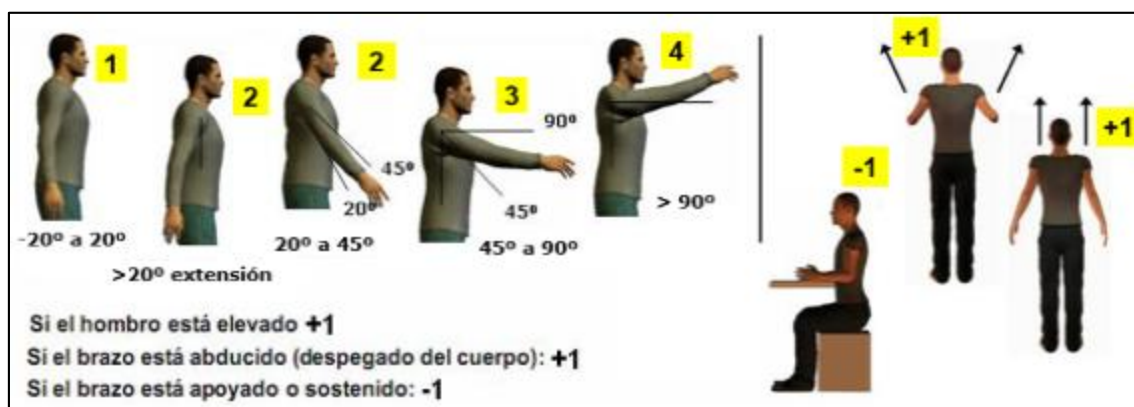


Figura 2.5. Puntuación del brazo según el ángulo del brazo (Sanchez, 2018, p. 18).

b) Puntuación del antebrazo

La puntuación se obtuvo a partir de la posición del antebrazo y el ángulo formado por el eje del antebrazo y el eje del brazo. Se tiene puntajes de 1 o 2 y se aumentó en un punto si el antebrazo cruza la línea media del cuerpo o si se realiza una actividad a un lado del cuerpo, fuera de la línea media.



Figura 2.6. Posición y puntuación del antebrazo (Sanchez, 2018, p. 20).

c) Puntuación de la muñeca

La puntuación de los miembros superiores finaliza con la evaluación de la posición de la muñeca. La puntuación se obtuvo a partir del ángulo de flexión o extensión medido de acuerdo con el ángulo que adopta la muñeca respecto a la superficie de trabajo. Esta puntuación aumenta si existe desviación radial o cubital de la muñeca, lateralización. La Figura 2.7 muestra las referencias para realizar la medición.

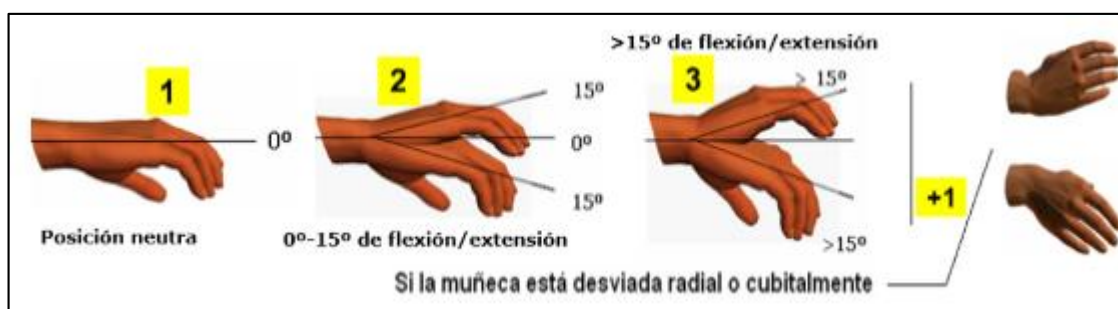


Figura 2.7. Posición y puntuación de la muñeca (Sanchez, 2018, p. 20).

d) Torsión de muñeca

Se valoró el grado de pronación o supinación de la muñeca, se asignó valores de 1 o 2 en función de la posición. Este valor es independiente y no se añadirá a la puntuación de la muñeca, sino que, servirá para obtener la valoración global del grupo A.

Evaluación del grupo B

La puntuación del grupo B se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que lo componen, cuello, tronco y piernas.

a) Puntuación del cuello

Se evaluó el cuello en relación con sus grados de flexión o extensión con respecto al tronco. La puntuación obtenida será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación lateral de la cabeza. La Figura 2.8 muestra la puntuación y posición del cuello.

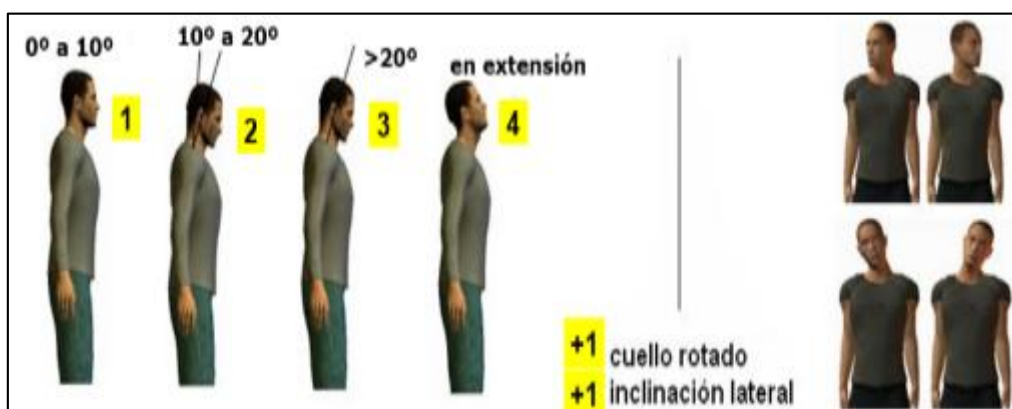


Figura 2.8. Posición y puntuación del cuello (Sanchez, 2018, p. 21).

b) Puntuación del tronco

El siguiente miembro evaluado fue el tronco, la puntuación dependió si el trabajador realiza la tarea sentado o de pie. Se observó los grados de flexión que adopta el tronco con respecto a la vertical, la Figura 2.9 muestra las referencias

para realizar la medición. Se añadió hasta dos puntos más a la puntuación obtenida si se aprecia torsión o lateralización del tronco.

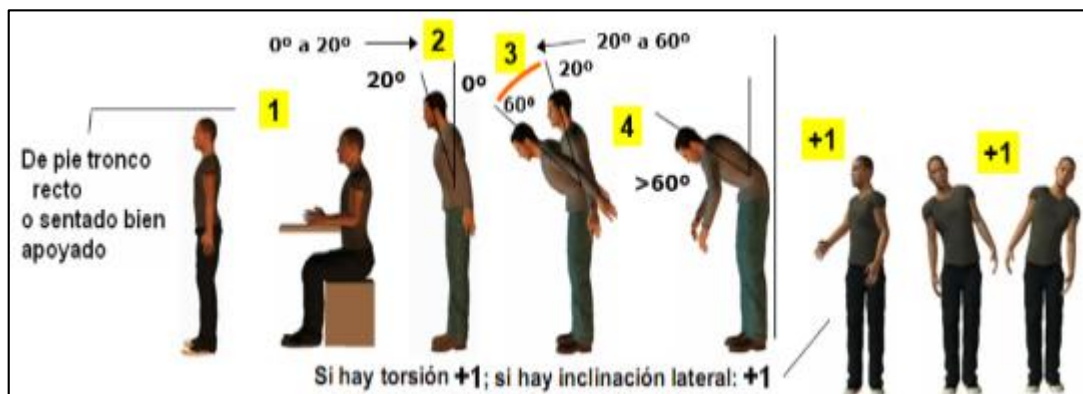


Figura 2.9. Medición del ángulo del tronco (Sanchez, 2018, p. 22).

c) Puntuación de las piernas

La puntuación de las piernas dependió de la distribución del peso entre ellas y los apoyos existentes en las mismas. La puntuación fue de 1 para la posición sentada o de pie con el peso en los pies simétricamente distribuido o 2 si los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido.

Puntuación de los grupos A y B

Obtenidas las puntuaciones de cada miembro de los grupos A y B, se calculó las puntuaciones globales de cada grupo a través de las Tabla 2.5 y Tabla 2.6

Tabla 2.5. Puntuación del Grupo A

BRAZO	ANTEBRAZO	MUÑECA							
		1		2		3		4	
		Giro m.		Giro m.		Giro m.		Giro m.	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	5	5	5	5
	2	4	4	4	5	5	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	5	5
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

(Diego-Mas, 2015b)

Tabla 2.6. Puntuación del Grupo B

CUELLO	TRONCO											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas		Piernas	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

(Diego-Mas, 2015b)

Puntuación final

Una vez obtenidas las puntuaciones globales de los Grupos A y B, se valoró el tipo de actividad y la carga o fuerzas ejercidas durante la ejecución de las tareas, se incrementó en 1 si la actividad es estática o repetitiva e incrementó de 1 a 3 de acuerdo con el peso de la carga o fuerza. Realizadas estas consideraciones se obtuvieron nuevas puntuaciones, denominadas puntuación C y puntuación D, estos nuevos valores permitieron determinar la puntuación final a través de la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Puntuación final del método RULA

		Puntuación D						
		1	2	3	4	5	6	7+
1		1	2	3	3	4	5	5
2		2	2	3	4	4	5	5
3		3	3	3	4	4	5	6
4		3	3	3	4	5	6	6
5		4	4	4	5	6	7	7
6		4	4	5	6	6	7	7
7		5	5	6	6	7	7	7
8+		5	5	6	7	7	7	7

Puntuación C

(Diego-Mas, 2015b)

Nivel de actuación

Con la puntuación final obtenida de la tabla anterior, se propuso diferentes niveles de actuación para el puesto de trabajo que van desde el nivel 1 o riesgo aceptable, al nivel 4 en el cual el puesto de trabajo requiere cambios urgentes en la tarea. En la Tabla 2.8 se muestra el nivel de actuación en función de la puntuación final obtenida.

Tabla 2.8. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.

Puntuación final	Nivel de actuación	
1 o 2	1	Riesgo aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea.
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea.
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea.

(Diego-Mas, 2015b)

2.6. PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL

Una vez que se evaluaron los riesgos por exposición al ruido, niveles de iluminación y el nivel de actuación respecto a la carga postural, se propuso la implementación de medidas organizativas y medidas técnicas para disminuir el nivel de riesgos a niveles tolerables en los puestos de trabajo.

2.6.1. MEDIDAS DE CONTROL DEL RUIDO

Concluida la evaluación del riesgo fue necesario identificar si existen controles y si estos son adecuados para el peligro identificado o por el contrario necesitan mejorar e inclusive introducir nuevos controles. Para establecer nuevos controles se tomó en cuenta la jerarquía o niveles de control del riesgo, eliminación, sustitución, controles de ingeniería, señalización, controles administrativos y finalmente el uso de equipos de protección personal. Por tal motivo, controlar el factor de riesgo ruido implicó analizar conjuntamente los equipos y herramientas en la fuente, medio y receptor para lograr obtener un nivel de ruido por debajo de los niveles máximos establecidos en la normativa respectiva.

2.6.2. MEDIDAS DE CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

Para las áreas de trabajo que no cumplieron con los niveles mínimos de iluminación se planteó el rediseño del sistema de iluminación a través del programa DIALux, se determinó el número y tipo de luminarias para alcanzar los luxes mínimos necesarios de cada área de trabajo en función de la actividad que se realiza.

2.6.3. MEDIDAS DE CONTROL RESPECTO A LA CARGA POSTURAL

Una vez que se obtiene el nivel de riesgo y actuación a través del método RULA, se propone recomendaciones ergonómicas. Para el caso del nivel de acción 1, riesgo aceptable, no se propuso ninguna intervención ergonómica. En situaciones cuyo nivel de actuación fue de 2, 3 o 4, se determinó la existencia de posiciones no adecuadas durante la jornada laboral, para lo cual se analizó las fotografías tomadas para determinar en qué grupo o grupos, A o B, se adoptan posiciones no ergonómicas y de esta forma proponer mejoras. Para estos casos se propuso el rediseño el puesto de trabajo a través de la guía “Recomendaciones ergonómicas y psicosociales para trabajo en oficinas y despachos” (UCM, 2017, pp. 8-25).

Se propuso un programa de pausas activas que incluye los beneficios de realizar las pausas y la manera correcta de ejecutarlas. Se proponen distintos ejercicios de relajación que se pueden realizar en el trabajo, breves descansos cada cierto tiempo que permitan mejorar el desempeño, recuperar energía y aumentar la eficiencia en el trabajo, esto permitirá disminuir la fatiga laboral y los trastornos musculo esqueléticos.

2.7. COMPROBACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE CONTROL

Se realizó de manera teórica la comprobación de la efectividad de las medidas de control propuestas. Para el ruido, una vez seleccionado el protector auditivo se realizó la comprobación de la atenuación que el protector proporciona. Se calculó el nivel de presión sonora efectivo ponderado a través del valor de protección asumido APV de la hoja de datos del EPP seleccionado.

Con respecto a la iluminación, se rediseñó el sistema de iluminación actual, se comprobó su eficacia a través del software DIALux, el cual permitió simular el

sistema propuesto para obtener, a través de cálculos propios del software, valores de niveles de iluminación en luxes de cada área.

En el caso de la carga postural, se seleccionó el puesto de trabajo con nivel de acción 4 y se aplicó las recomendaciones ergonómicas propuestas de manera teórica. Se evaluó nuevamente el puesto de trabajo con el método RULA para verificar que las recomendaciones sugeridas generen puntuaciones de 1 en cada grupo muscular.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según las actividades desarrolladas por el personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), se analizó cada una de las evaluaciones realizadas para ruido, iluminación y carga postural. Los resultados obtenidos se compararon con los valores mínimos establecidos en las diferentes normativas y decretos utilizados, posteriormente se propone las respectivas medidas de control y se comprueba su eficacia.

3.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE RIESGOS

3.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO Y MATRIZ DE RIESGOS

El análisis inició con la observación de las actividades realizadas en los puestos de trabajo, las cuales se detallan en el Anexo III, posteriormente se desarrollaron cuestionarios de evaluación objetiva dirigida a los colaboradores para conocer molestias y deficiencias en el sistema de iluminación, así como también, detectar problemas causados por el ruido presente en los puestos de trabajo.

Durante la observación se pudo evidenciar, Figura 3.1, en ciertos puestos de trabajo la falta de iluminación debido a luminarias defectuosas o de bajo flujo luminoso, posibles deslumbramientos debido a puestos de trabajo ubicados cerca de ventanas y falta de limpieza del sistema de iluminación actual, lo cual puede afectar la salud y el rendimiento de los colaboradores en el desarrollo de sus actividades.

El ruido presente en el taller de mecánica debido al uso de máquinas como: esmeril, tronzadora, taladro de banco, soldadora y principalmente el torno, se utilizan para realizar actividades de mecanizado de piezas metálicas, cortes de presión, unión de piezas metálicas, entre otros, como se puede apreciar en la Figura 3.2. Es necesario medidas de control que disminuyan el nivel de ruido

equivalente diario y evitar posibles efectos auditivos de tipo fisiológico y comportamental.



Figura 3.1. Estado del sistema de iluminación en el área de secretaría



Figura 3.2. Máquinas y herramientas que dispone el taller de mecánica.

En la Figura 3.3 se puede observar los protectores auditivos tipo orejera que el personal utiliza, los cuales fueron adquiridos sin ningún tipo de fundamento teórico o técnico y no disponen de su hoja técnica para conocer el valor de protección asumida o APV.



Figura 3.3. Protectores auditivos tipo orejera utilizados por el personal de la unidad de mecánica

Adicionalmente, se identificó el tiempo en el cual el personal se encuentra expuesto al ruido, se establecen horarios de trabajo en el taller durante la mañana de 9 am a 12:30 pm, en la tarde se realizan actividades de limpieza del taller y durante toda la jornada laboral actividades de diseño y simulación de piezas metálicas. Con respecto al mantenimiento de las máquinas y herramientas, se lo ha realizado 1 vez cada 6 meses sin llevar ningún tipo de registro o evidencia de la realización de dichos mantenimientos.

Por otra parte, el uso prolongado de ordenadores y una inapropiada distribución del mobiliario de oficina ocasiona que se adopten posturas inadecuadas y prolongadas por parte de los colaboradores, Figura 3.4, lo cual genera fatiga y puede derivar en trastornos musculo esqueléticos si no se corrige la excesiva carga postural a lo largo de la jornada laboral.

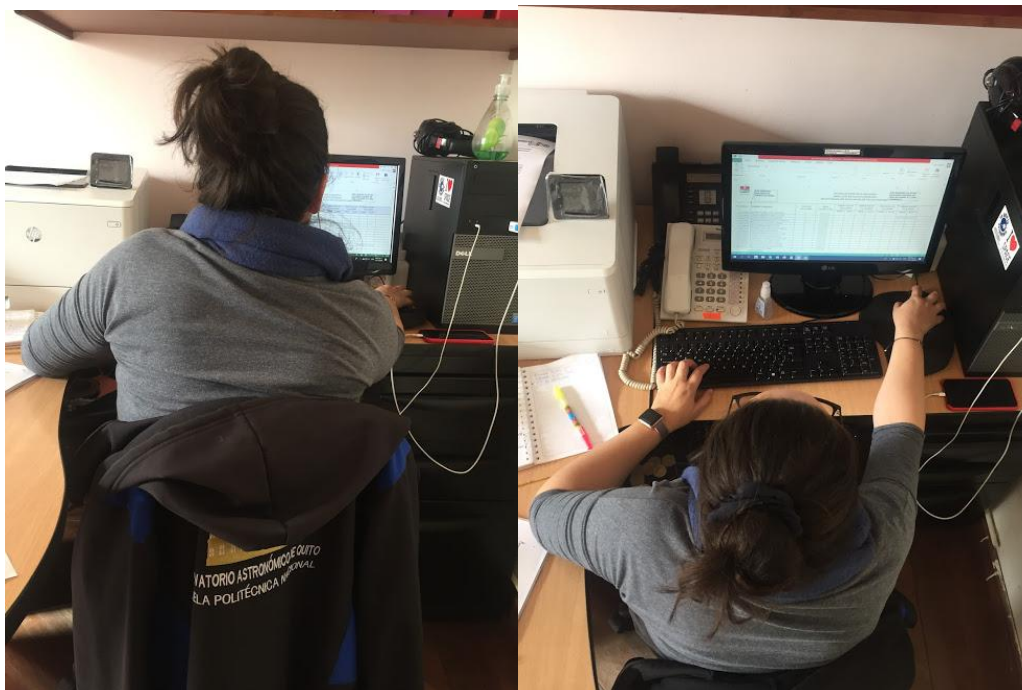


Figura 3.4. Posturas adoptadas por el personal durante el desarrollo de sus actividades

3.1.1.1. Factor de riesgo ruido

Los resultados que a continuación se muestran, representan la percepción que tiene los colaboradores sobre sus puestos de trabajo. Como se aprecia en la Figura 3.5, las principales fuentes de ruido encontradas son los equipos de oficina (teléfono, computador) y ruidos del exterior (vehículos, personas que transitan por el parque). En el taller de mecánica se encontraron fuentes de ruido proveniente de máquinas y equipos eléctricos principalmente.

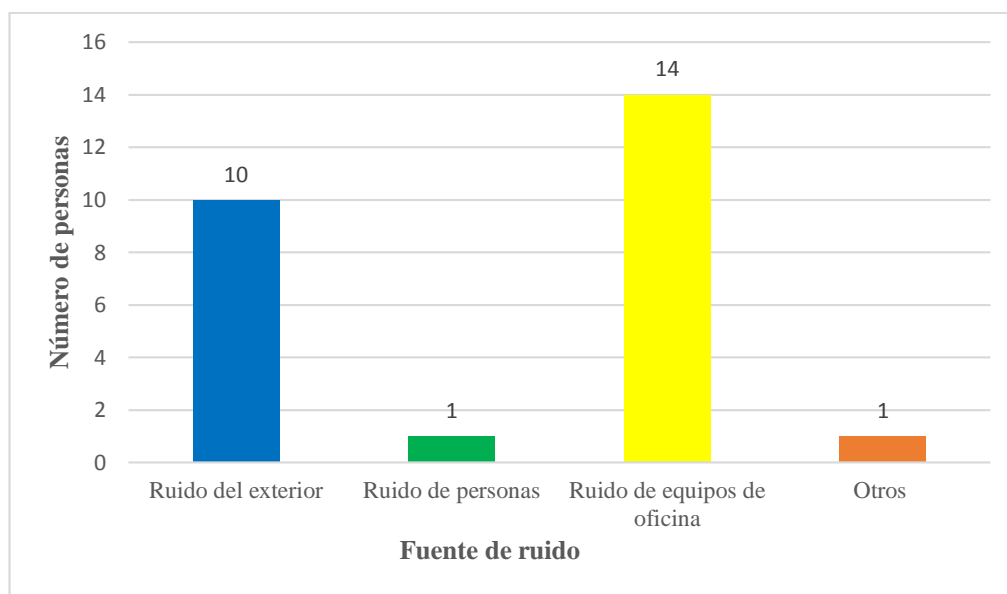


Figura 3.5. Fuentes de ruido encontradas que afectan al personal del Observatorio Astronómico de Quito

Aplicado el cuestionario del Anexo I, evaluación cualitativa de ruido, se identificó que el ruido no genera molestias en la mayoría de los colaboradores, como se muestra en la Figura 3.6, destaca en especial un colaborador que manifiesta molestias, con una percepción de bastante, ya que realiza sus actividades en un ambiente con presencia ruidoso debido al uso de máquinas y equipos.

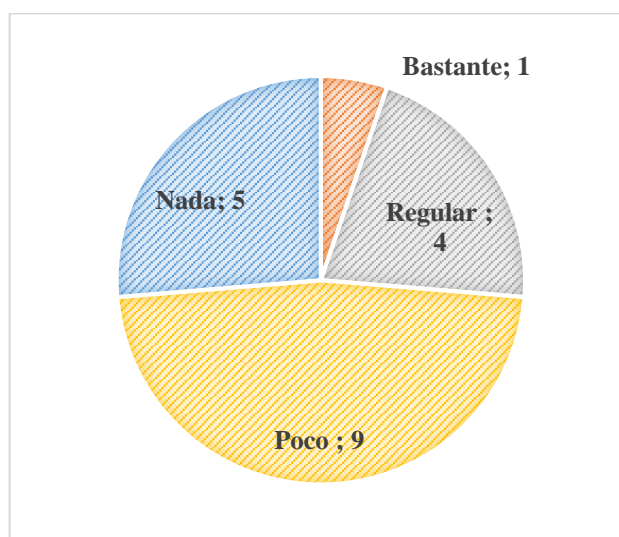


Figura 3.6. Percepción de molestias de ruido en los colaboradores.

La Figura 3.7 muestra un colaborador que presenta perturbación en la concentración mental debido al ruido en su puesto de trabajo con una percepción de mucho. Los 18 colaboradores restantes no manifestaron tener molestias en la concentración mental.

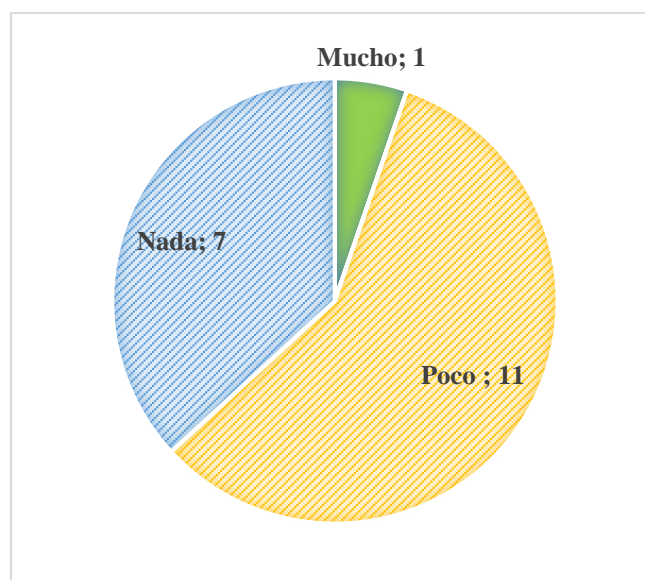


Figura 3.7. Percepción de la perturbación en la concentración mental en los colaboradores debido a la presencia de ruido en sus puestos de trabajo

El ruido presente en los puestos de trabajo no interfiere en la comunicación verbal entre los colaboradores, únicamente se tiene inconvenientes en un puesto de trabajo con una percepción por parte del colaborador de bastante, como se aprecia en la Figura 3.8.

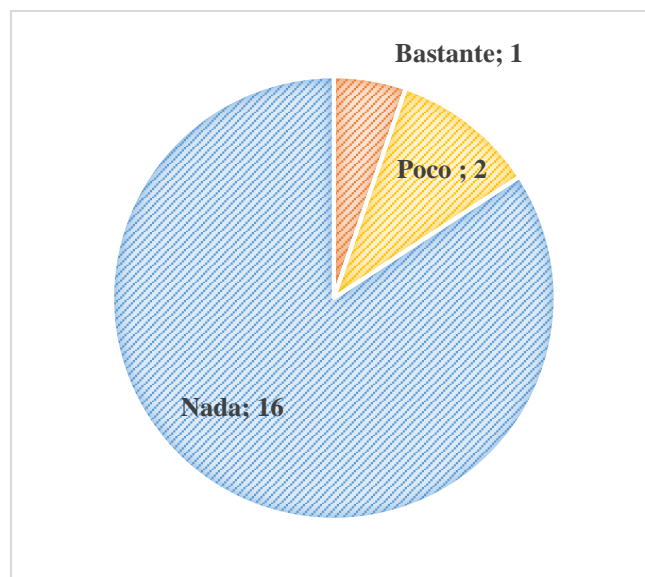


Figura 3.8. Percepción de la interferencia de la comunicación verbal debida al ruido

Se identificó al colaborador que presenta molestias de ruido, perturbación en la concentración mental e interferencia de la comunicación verbal, el cual está ubicado en la unidad de mecánica y realiza actividades de diseño y mecanizado de piezas metálicas.

3.1.1.2. Factor de riesgo iluminación

Respecto a la percepción de la iluminación en los puestos de trabajo, Figura 3.9, de un total de 19 colaboradores, 9 manifiestan tener una iluminación adecuada en su puesto de trabajo y 4 presentan problemas serios con la iluminación actual.

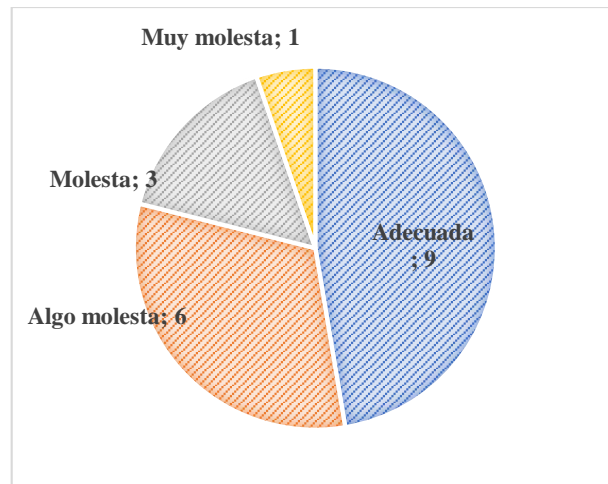


Figura 3.9. Percepción de la iluminación del puesto de trabajo

Como se puede apreciar en la Figura 3.10, diez colaboradores requieren más luz en su puesto de trabajo y 2 colaboradores desearían tener menos luz. La necesidad de más o menos luz tiene que ver con luminarias defectuosas y puestos de trabajo ubicados frente a ventanas.

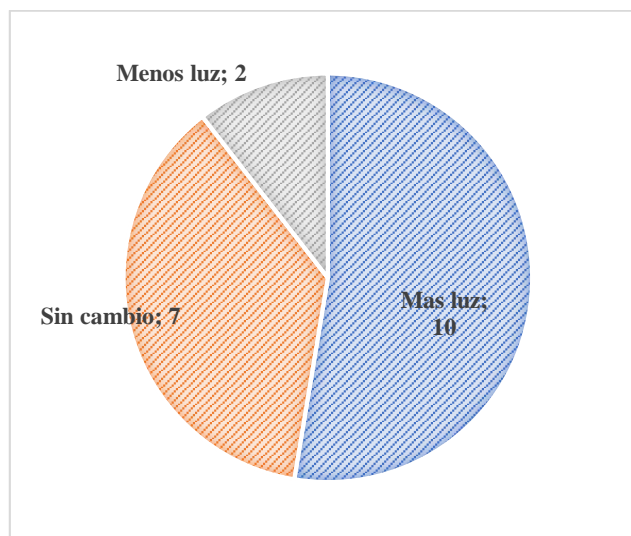


Figura 3.10. Necesidades identificadas en el sistema de iluminación actual

El estado del sistema de iluminación actual podría provocar fatiga y picazón en los ojos, como se aprecia en la Figura 3.11, ya que los colaboradores tienen que forzar la vista para realizar sus actividades debido a la poca iluminación o al exceso de ésta presente en su puesto de trabajo. Por otra parte, el contraste y brillo ajustado en las pantallas de visualización de datos también contribuye con estos síntomas.

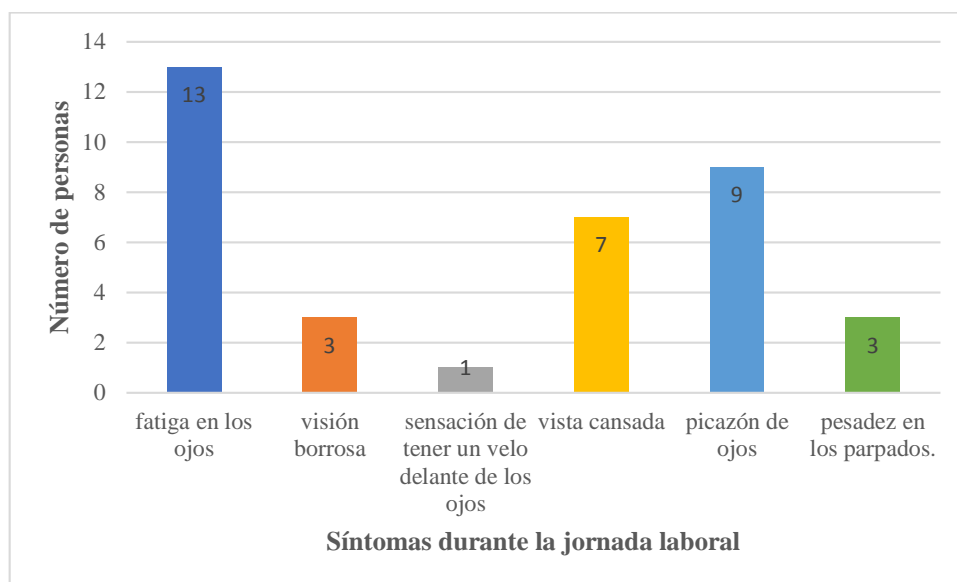


Figura 3.11. Molestias visuales presentes en el personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ)

3.1.2. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS

Se partió de la clasificación de las actividades y recopilación de la información de cada actividad que realiza el personal del OAQ para proceder con la identificación del peligro, la estimación del riesgo en función de la probabilidad y la consecuencia para finalmente valorar el riesgo y comprobar si es tolerable o no. En el Anexo IV se encuentra con más detalle la matriz de riesgo desarrollada.

3.1.2.1. Factor de riesgo ruido

Se encontró 18 colaboradores con nivel de riesgo tolerable, éstos puestos de trabajo presentan niveles de ruido permisibles, el ruido de equipos de oficina, conversación de personas y ruido del exterior no afecta al personal en mención. Se encontró un colaborador de la unidad de mecánica con nivel de riesgo

importante, puesto de trabajo que no debe iniciar las actividades hasta que se disminuya el nivel de riesgo. La acción y temporización que se detallan fueron tomadas con base a lo descrito en la Tabla 2.2.

3.1.2.2. Factor de riesgo iluminación

Para el caso del factor de riesgo de iluminación, se tienen 14 puestos de trabajo con nivel de riesgo trivial, es decir, no se requiere de ninguna acción específica, los 5 puestos de trabajo ubicados en las áreas de secretaría y museo, presentan un nivel de riesgo moderado y se deben realizar esfuerzos para reducir el riesgo en un periodo determinado como se describe en la Tabla 2.2.

Los niveles de riesgo encontrados permiten valorar el riesgo, es decir, concluir si se requieren de medidas de control y la temporización de las acciones. Realizada la evaluación cualitativa se procedió a realizar las mediciones de iluminación y ruido en los puestos de trabajo que presenten nivel de riesgo moderado e importante. Es necesario realizar mediciones de iluminación en cada puesto de trabajo para corroborar los resultados obtenidos en la evaluación cualitativa.

3.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE RUIDO

Con base a la evaluación cualitativa realizada, se analizó únicamente la unidad de mecánica debido a que presenta un nivel de riesgo de importante. Ésta unidad cuenta con dos áreas de trabajo, el área de máquinas y el área de diseño, separadas entre sí por una pared de ladrillo y una puerta de acceso de madera.

Para el presente estudio se realizaron mediciones de ruido de las tareas que se ejecutan en cada área con las peores condiciones de generación de ruido, es decir, con la puerta de acceso al área de diseño abierta y con la mayor cantidad de máquinas en funcionamiento.

A través de la observación y con la ayuda del técnico encargado del laboratorio se identificó el tiempo empleado en la realización de las diferentes tareas. Las mediciones de ruido realizadas para cada una de las operaciones y los cálculos para obtener el nivel de ruido equivalente diario se muestran en el Anexo V y Anexo VI, respectivamente.

Tabla 3.1. Cálculo del nivel equivalente diario y la incertidumbre para el área de diseño

Operación	$L_{Aeq,T,m}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,d,m}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,d}$ [dB(A)]	Incertidumbre
Impresión de piezas 3D	59,15	56,14	79,39	+/- 2,1 dB(A)
Planificación del trabajo y diseño de piezas CAD	82,38	79,37		

Tabla 3.2. Cálculo del nivel equivalente diario y la incertidumbre para el área de máquinas.

Operación	$L_{Aeq,T,m}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,d,m}$ [dB(A)]	$L_{Aeq,d}$ [dB(A)]	Incertidumbre
Realizar agujeros y cortes de precisión	79,26	65,45	87,51	+/- 1,69 dB(A)
Corte de tubos y ángulos metálicos	90,83	77,03		
Afilar, pulir y dar forma a piezas	86,55	72,75		
Mecanizado de piezas (torno)	92,65	86,62		
Unión de piezas metálicas (soldadura)	80,16	68,12		
Pintura de piezas metálicas.	85,95	73,90		
Limpieza y planificación del trabajo	56,1	53,08		

Como se puede apreciar en la Tabla 3.1, el nivel equivalente diario para el área de diseño no supera el límite establecido en el Decreto Ejecutivo 2393, de 85 dB(A) para una jornada de 8 horas, pero el valor obtenido da lugar a una acción a realizar según lo determina el Real Decreto 286, en el artículo 5, Valores límites de exposición, literal c, "Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dB(A) y $L_{pico} = 135$ dB(C)".

Para el caso del área de máquinas, Tabla 3.2, se tiene un nivel equivalente diario de 87,5 dB(A) +/- 1,69 dB(A), en el peor de los casos se tendría un LAeq,d de 89,19 dB(A), este valor supera el límite de 85 dB(A) para una jornada de 8 horas establecido en Decreto Ejecutivo 2393. En consideración del Real Decreto 286, artículo 5, literal a, "Valores límite de exposición: LAeq,d = 87 dB(A) y Lpico= 140 dB(C)", se debe realizar un análisis que priorice la reducción del nivel de equivalente diario en la fuente, posteriormente en el medio y de ser el caso medidas en el receptor.

3.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN

Con la aplicación de la evaluación cualitativa se identificaron los puestos de trabajo con problemas de iluminación, los mismos que fueron objeto de una evaluación cuantitativa. Se midió el nivel de iluminación en todos los puestos, Anexo VII, para corroborar los resultados obtenidos en la evaluación cualitativa.

En el Anexo VIII, se muestran los valores de nivel de iluminación de cada puesto de trabajo y el valor de la constante K que determinó el número mínimo de zonas a evaluar, adicionalmente, se evaluó el área de sala de reuniones, laboratorio de electrónica y taller de mecánica, áreas en las que los colaboradores complementan sus actividades diarias.

3.3.1. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE ILUMINACIÓN

En la Figura 3.12 se puede apreciar que las áreas de difusión y meteorología satisfacen el nivel mínimo de iluminación de 300 lux establecidos en la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008, para áreas de trabajo consideradas como oficinas.

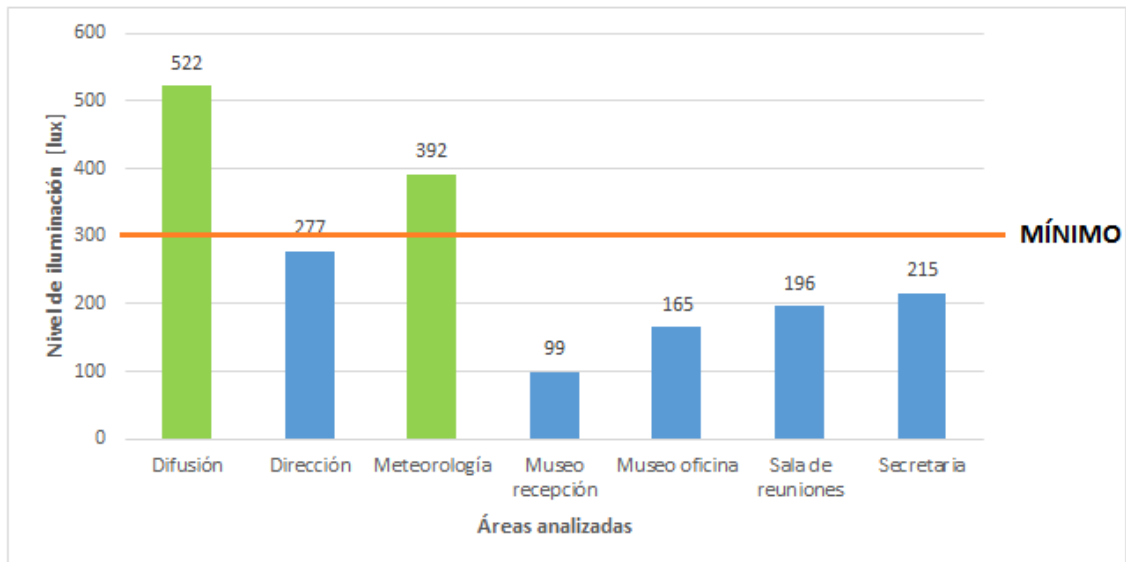


Figura 3.12. Resultado de la evaluación del nivel de iluminación para áreas consideradas como oficinas.

Para áreas de trabajo consideradas como laboratorios y áreas de dibujo, el nivel mínimo de iluminación es de 500 lux, según lo establece la norma NOM-025-STPS-2008, como se puede apreciar en la Figura 3.13, únicamente el área de mecánica cumple con éste nivel de iluminación mínimo establecido.

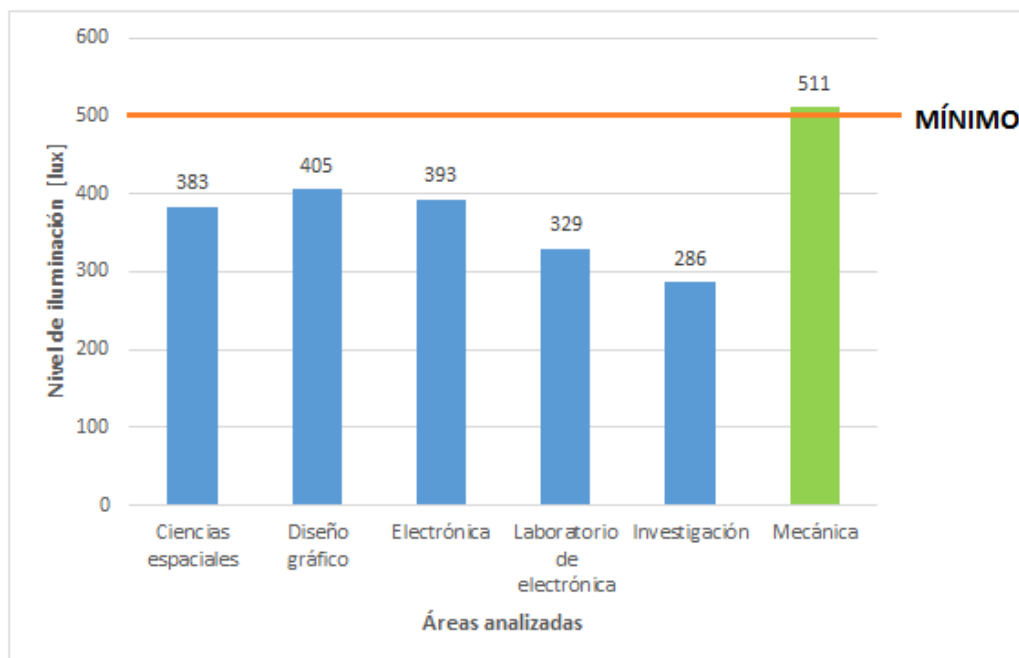


Figura 3.13. Resultado de la evaluación del nivel de iluminación para áreas consideradas como laboratorios y áreas de dibujo

Para talleres de alta presión la normativa NOM-025-STPS-2008, establece un mínimo de 750 lux, el taller de mecánica satisface lo requerido como se muestra en la Figura 3.14.

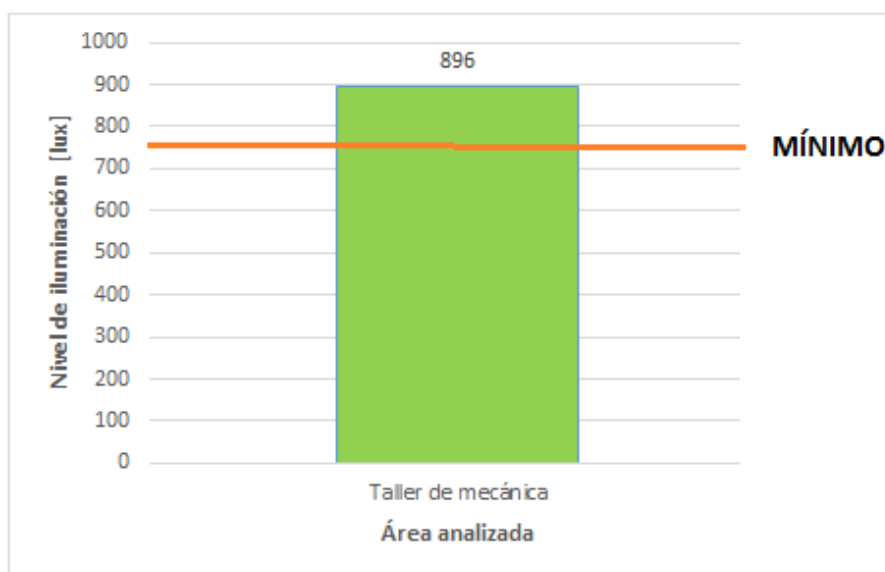


Figura 3.14. Resultado de la evaluación del nivel de iluminación para áreas consideradas como talleres de alta precisión

Los resultados de la evaluación cuantitativa que se muestran en las Figura 3.12 y Figura 3.13, reflejan las áreas de trabajo que no cumplen con los niveles mínimos de iluminación establecidos en la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008, esto debido a lámparas fundidas, falta de mantenimiento del sistema de iluminación y una inadecuada distribución y selección de las luminarias sobre el área de trabajo. En ciertos casos la evaluación cualitativa no coincide con los resultados obtenidos de la evaluación cuantitativa, debido a la percepción que tiene el trabajador al momento de contestar las preguntas y la forma en que el evaluador aprecia el puesto de trabajo, por tal motivo fue necesario realizar mediciones en todas las áreas de trabajo.

Con los datos obtenidos de las mediciones realizadas, se determinó que, de las 14 áreas de trabajo, únicamente 4 áreas cumplen con los niveles de iluminación mínimos, las cuales son: difusión, meteorología y mecánica (diseño y taller). Para el resto de las áreas se propone el rediseño del sistema de iluminación para satisfacer los luxes mínimos necesarios para cada actividad a través del cambio, número y reubicación de luminarias.

3.3.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN

En la Figura 3.15 se puede apreciar el porcentaje de reflexión para cada uno de los puestos de trabajo de los 19 colaboradores del Observatorio Astronómico de Quito. Se determinó que no existe deslumbramiento excesivo en el plano de trabajo en ningún puesto analizado causado por la luz natural, ya que el valor de K_f no supera el nivel máximo permisible del 50 %, como se menciona en la Tabla 1.5.

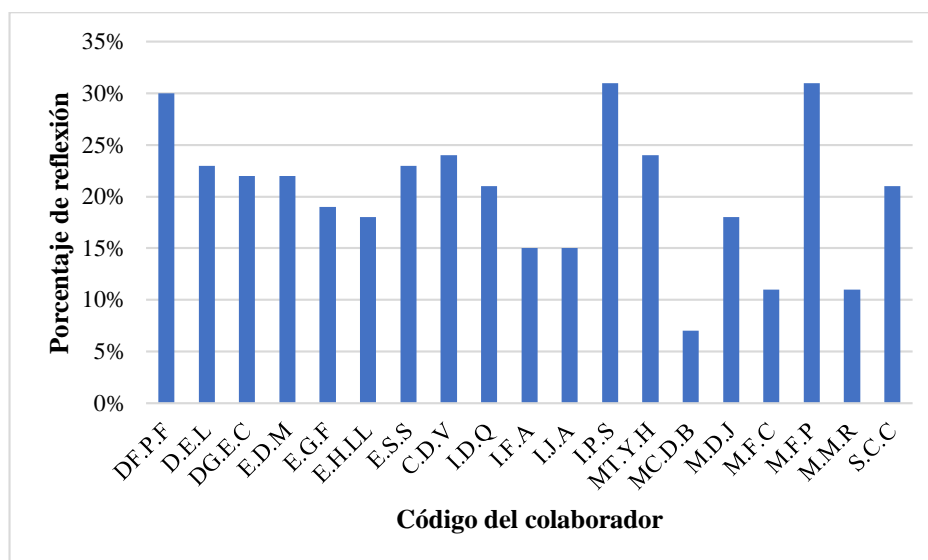


Figura 3.15. Resultados de la evaluación del factor de reflexión en el plano de trabajo para cada colaborador del Observatorio Astronómico de Quito

Estas mediciones se realizaron con la máxima cantidad de luz natural incidente, generalmente al medio día, para lo cual se despejó ventanas y se trabajó con las luminarias encendidas. En el Anexo IX se muestra el cálculo del factor de reflexión con más detalle.

Los factores de riesgos más frecuentes que provocan una mala iluminación en los puestos de trabajo son: adopción de posturas inadecuadas por parte de los colaboradores, deslumbramiento que afectan a la agudeza visual lo que disminuye la capacidad de distinguir con precisión detalles de los objetos del campo visual, todos estos riesgos podrían provocar dolor de cabeza, estrés, cambios de humor y la pérdida progresiva de la capacidad visual.

3.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN DE CARGA POSTURAL

Una vez determinado los factores de riesgo que afectan al personal administrativo y técnico del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ), principalmente debido al uso de pantallas de visualización, se procedió a evaluar a cada colaborador con el método RULA. En el Anexo X se muestra el desarrollo y aplicación del método con más detalle.

El método RULA se aplicó de manera observacional a todo el personal administrativo en su área de trabajo. Realizada la calificación de cada uno de los grupos musculares y zonas del cuerpo evaluadas, se procedió a sumar las puntuaciones para obtener finalmente el nivel de actuación el cual indica si el riesgo es o no aceptable.

Tabla 3.3. Número de colaboradores por puntuación y nivel de actuación, método RULA

RESUMEN DE DATOS						
Grupo A: Análisis de brazo, antebrazo y muñeca						
PUNTUACIÓN	0	1	2	3	4	5
Puntuación del brazo	-	5	9	4	-	-
Puntuación del antebrazo	-	12	6	-	-	-
Puntuación de la muñeca	-	4	14	-	-	-
Puntuación del giro de la muñeca	-	-	18	-	-	-
Puntuación del tipo de actividad muscular	-	18	-	-	-	-
Puntuación de carga/fuerza	18	-	-	-	-	-
Grupo B: Análisis del cuello, tronco y piernas						
Puntuación del cuello			6	8	4	
Puntuación del tronco		8	8	2		
Puntuación de las piernas		18				
Puntuación del tipo de actividad muscular		18				
Puntuación de carga/fuerza	18					

Tabla 3.4. Número de colaboradores por puntuación y nivel de actuación, método RULA (continuación...)

NIVEL DE RIESGO								
PUNTUACIÓN	0	1	2	3	4	5	6	7
Puntuación final RULA				5	6	4	2	1
Nivel de riesgo			11	6	1			
NIVEL DE ACTUACIÓN								
Riesgo Aceptable							0	
Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio							11	
Se requiere el rediseño de la tarea							6	
Se requieren cambios urgentes en la tarea							1	

En la Tabla 3.3, se muestran los resultados finales de la aplicación del método RULA, realizado al personal administrativo y técnico del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ). A continuación, se detallan los resultados de cada grupo muscular.

- **Grupo A: brazo, antebrazo, muñeca**

Del análisis de la posición del brazo, se puede apreciar que los trabajadores ubican su brazo en un ángulo comprendido entre los 20° a 45°, un porcentaje mejor tiene problemas con la abducción de los brazos, lo que incrementa el riesgo. El mínimo riesgo de sufrir lesiones es mantener el brazo en un ángulo comprendido entre los 20° en extensión y los 20° en flexión, por tanto, es necesario modificar el ángulo del brazo en el 75 % de los colaboradores debido a la ubicación del teclado y ratón.

Para el caso de la posición del antebrazo, la mayoría de los colaboradores mantienen un ángulo del codo entre los 60° a 100°, se mantiene en lo posible un ángulo recto. Para los casos en los que el codo supera el ángulo de 100°, se puede apreciar problemas en la ubicación del teclado y ratón.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 3.3, la posición de la muñeca en la mayoría de los colaboradores se encuentra en un rango de 0° a 15° en extensión debido al uso del ratón. Casos puntuales presentan una muñeca en posición

neutra, por el uso de alfombrillas para ratón. Por otra parte, la muñeca gira al rango final de giro en todos los colaboradores.

Se observó que durante la jornada laboral la postura de los colaboradores es principalmente estática y repetitiva, se considera como postura estática a aquella que se mantiene durante 4 s y repetitiva debido a que la acción sucede 4 veces por minuto como mínimo. Esta postura constituye un factor de riesgo importante en la aparición de TME. Al ser actividades administrativas las cargas o fuerzas que se ejercen son menores a 2 kg, factor que no afecta a la postura de los colaboradores.

Una postura estática acompañada de movimientos repetitivos en los miembros superiores crear una tensión muscular que ocasiona una inadecuada circulación sanguínea lo que deriva en fatiga muscular aumentando la probabilidad de sufrir lesiones musculoesqueléticas. En resumen, el grupo A presenta posiciones inadecuadas en la mayoría de los colaboradores tanto en la posición del brazo como de las muñecas, lo que implica lesiones musculares para los miembros superiores.

- **Grupo B: cuello, tronco y piernas**

Con respecto a la postura del cuello, en la Tabla 3.3 se aprecia que un 70 % de los trabajadores mantienen ángulos de inclinación superiores a los 20° respecto al hombro, se tiene puntuaciones de 4 en la escala del 1 al 6, debido a la inclinación lateral y rotación del cuello. Estos resultados muestran a la ubicación del monitor como principal responsable de la inclinación del cuello. Lo recomendable es mantener el cuello relajado en un ángulo de inclinación no mayor a los 10° respecto al hombro, esto disminuye el riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas.

En la Tabla 3.3, la posición del tronco refleja que un 50 % de los trabajadores mantienen el tronco recto y se encuentran sentados bien apoyados, por otra parte el otro 50 % presenta un ángulo de inclinación del tronco comprendido entre 0° a 20° y se evidencia en casos puntuales la inclinación lateral del tronco. Esto

indica que el personal adopta una posición incorrecta al momento de sentarse lo cual puede ocasionar contracturas musculares en la espalda. Se pudo apreciar que el personal administrativo realiza sus actividades con los pies apoyados en el suelo y dispone de espacio para cambia de posición. Como caso puntual se tiene un colaborador el cual no apoya sus pies en el suelo, Figura 3.16, lo hace en el soporte de la silla, para este caso en especial se deben tomar medidas adecuadas para mejorar sus condiciones y evitar cualquier problema musculo esquelético en las extremidades inferiores.



Figura 3.16. Apoyo de los pies sobre el soporte de la silla

De la Tabla 3.3, se puede apreciar que los colaboradores mantienen una inadecuada inclinación del cuello y espalda durante su jornada laboral, esto debido al uso de pantallas de visualización de datos para realizar sus actividades. La actividad muscular y la carga o fuerza que se realiza no influye en la puntuación de los grupos A y B, ya que se trata de puestos administrativos en su mayoría.

- **Nivel de riesgo y actuación**

Los resultados obtenidos, muestran que 17 colaboradores se encuentran en los niveles de acción 2 y 3, un caso especial, tiene nivel de acción 4, lo que demuestra la necesidad de proponer medidas ergonómicas que corrijan posturas inadecuadas que disminuyan el nivel de riesgo.

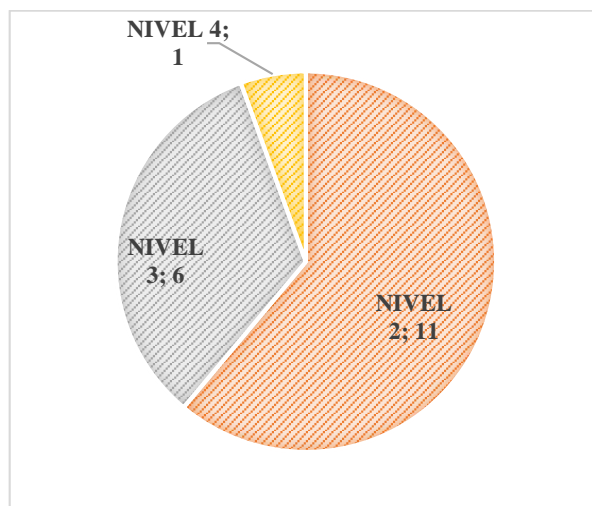


Figura 3.17. Distribución del nivel de acción del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ)

En la Figura 3.17, se puede apreciar que 11 colaboradores presentan nivel de acción 2, quiere decir, la postura que se adopta no es la adecuada pero no la peor, se pueden realizar cambios en la tarea para mejorar la postura y se recomienda realizar una evaluación más detallada para determinar los cambios ergonómicos que se deben realizar y obtener un nivel de riesgo aceptable.

De la Figura 3.17 se puede apreciar que 6 colaboradores, presentan un nivel de acción de 3 y un colaborador con nivel de acción de 4, esto indica una intervención inmediata, se requieren cambios urgentes en la tarea, la modificación de las posturas y proponer medidas de control técnicas y organizativas que minimicen el nivel de actuación a los recomendados por el método aplicado. Es necesario proponer controles a corto y largo plazo que permitan disminuir la carga postural estática y disminuir el riesgo de sufrir algún tipo de lesión muscular.

La evaluación ergonómica realizada, permitió conocer las posturas que se adoptan los colaboradores durante la jornada laboral, esto debido a un mal diseño del puesto de trabajo y posiblemente a la falta de conocimientos en ergonomía o por la adopción de supuestas posturas cómodas que a futuro pueden causar lesiones musculo esqueléticas.

3.5. PROPUESTAS DE MEDIDAS DE CONTROL Y COMPROBACIÓN DE SU EFICACIA

3.5.1. PROPUESTA DE MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO

Se analizó las diferentes posibilidades para disminuir el ruido presente en el área de máquinas. En consideración de la jerarquía de control del factor de riesgo, se analizó la opción de eliminar el ruido en la fuente y medio de transmisión. El reemplazo, eliminación o confinamiento de las máquinas que contribuye con la mayor cantidad de ruido, el torno y cortadora de tubos y el uso de materiales absorbentes acústicos en paredes y techos no es posible desde el punto de vista económico principalmente y de usabilidad ya que no se puede confinar estas máquinas por la forma en que se las utiliza. El último nivel de la jerarquía de control es la opción de dotar de equipo de protección personal y su uso obligatorio. A continuación, se describe con mayor detalle las propuestas de medidas de control.

Para el área de diseño se propone realizar las actividades siempre con la puerta cerrada, lo cual se asemeja a una cámara de insonorización, ya que las paredes y puerta disminuyen la transmisión de las ondas sonoras al interior del área de diseño. Se realizó la medición del nivel de ruido en el área de diseño con la puerta cerrada mientras se encuentran en funcionamiento los equipos en el área de máquinas (torno y cortadora de tubos), Figura 3.18, se obtiene un valor de 72,8 dB(A). Al realizar nuevamente el cálculo del nivel de ruido equivalente diario con el valor obtenido, se demuestra la reducción del nivel de ruido a niveles aceptables para una jornada de 8 horas con $L_{Aeq,d} = 69,97$ dB(A).



Figura 3.18. Medición de ruido en el área de diseño con la puerta cerrada

Para el área de máquinas se propone utilizar equipo de protección personal, protectores auditivos, los cuales disminuyen el nivel de ruido equivalente diario a valores aceptables, además, se propone un plan de mantenimiento que permita reducir las vibraciones de las máquinas con partes móviles y la señalización de peligros y advertencia en la unidad de mecánica, tanto en el taller como el área de diseño.

3.5.1.1. Selección y comprobación de la eficacia del protector auditivo

En el área de máquinas debido a que el nivel sonoro obtenido supera el valor máximo permitido para una jornada de 8 h, es necesario el uso obligatorio de equipo de protección personal, además de medidas técnicas y organizativas.

El equipo de protección propuesto es un protector auditivo pasivo y su selección se realizó bajo los siguientes aspectos:

- El entorno laboral.
- El nivel de reducción de la exposición al ruido.
- Percepción del habla, señales de peligro o señales para realizar la actividad.
- La comodidad de uso y la aceptación.
- Estar certificado o acreditado por un ente regulador.

Para determinar la atenuación acústica del protector auditivo se lo realizó a través del método de bandas de octava y los datos de atenuación del protector suministrados por el fabricante. Cabe mencionar que la protección real del protector está condicionado al uso correcto y mantenimiento del EPP.

Se propone utilizar tapones auditivos reutilizables debido al entorno laboral, el uso continuo durante la jornada, de 9 am a 12 pm, el ambiente caluroso de trabajo, el uso de otros protectores como gafas y la atenuación acústica que ofrece. El tapón auditivo de la marca 3M y modelo E-A-R Ultrafit 14, Figura 3.19, es un tapón reutilizable fabricado con material flexible y de forma cónica que se adapta al oído sin necesidad de moldearlo.



Figura 3.19. Tapón auditivo marca 3M, modelo E-A-R Ultrafit 14

El nivel de atenuación del protector seleccionado se lo puede apreciar en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Atenuación del protector auditivo Ultrafit 14

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Atenuación media (dB)	3,9	2,9	4,3	8,3	18,3	26,9	31,4	29,9
Desviación normal (dB)	3,0	1,9	1,7	3,0	2,2	2,2	3,4	3,9
Protección prevista (dB)	0,9	1,0	2,6	5,3	16,1	24,7	28,0	26,0
SNR=14 dB H=22 dB M=10 dB L=5 dB								

(3M, 2014, pp. 12)

En la Tabla 3.6 se muestran los cálculos realizados a través del método de bandas de octava por medio de los registros adquiridos y el dato de atenuación

del protector auditivo para el proceso de mecanizado de piezas. En el Anexo XI se detalla los cálculos y resultados que se obtuvieron de la atenuación del protector auditivo para cada una de las actividades del taller de mecánica.

Tabla 3.6. Cálculo de la atenuación del protector auditivo Ultrafit 14

MECANIZADO DE PIEZAS (TORNO)									
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	TOTAL
L_f (dB)	71	73	75,8	77,5	73	88,1	89,7	83,5	93
Ponderación A (dB)	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L_{Aeq} [dB(A)]	45	57	66,8	74,5	73	89,1	90,7	82,5	93
Protección prevista (dB)	-0,9	-1	-2,6	-5,3	-16,1	-24,7	-28	-26	
L'_{Aeq} [dB(A)]	44	56	64	69	57	64	63	57	72

Al realizar la actividad de mecanizado de piezas el nivel de presión sonora ponderado es de 93 dB. Al utilizar el protector auditivo propuesto, se obtiene un nivel de presión sonora efectivo ponderado de 72 dB(A) con una probabilidad del 84 %, es decir, en 84 de cada 100 ocasiones que se lo utilice, la reducción prevista de ruido será $PNR_{84} = L_A - L'_A = 21 \text{ dB(A)}$.

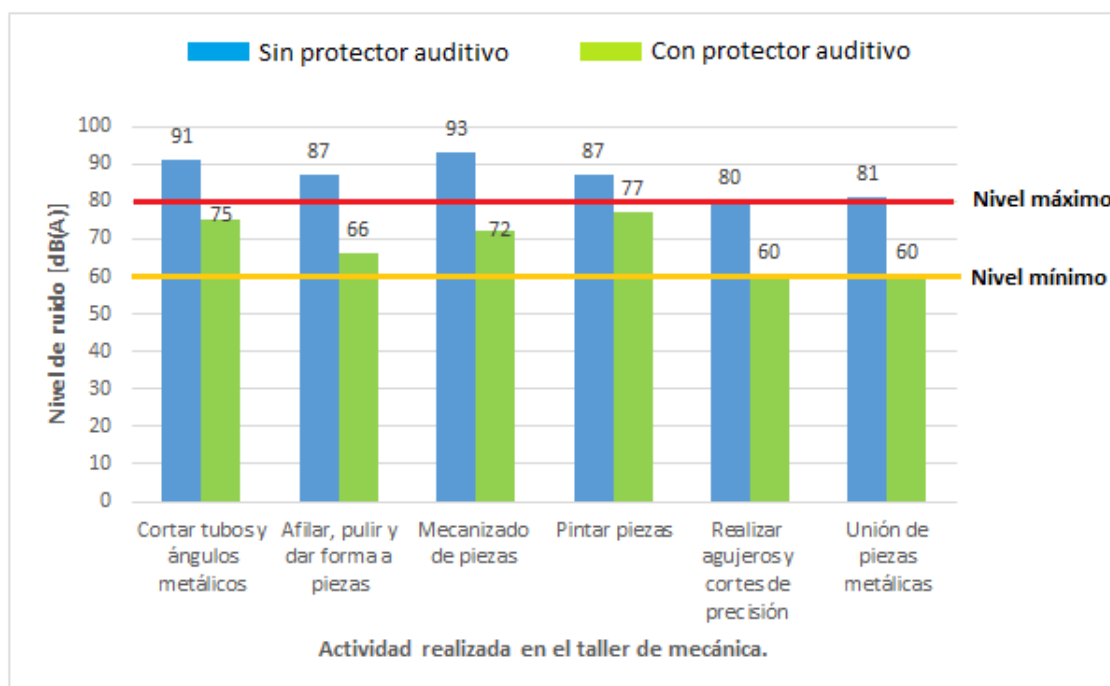


Figura 3.20. Atenuación del protector auditivo para cada una de las actividades

El protector auditivo propuesto de 3M, modelo E-A-R Ultrafit 14, es apto para disminuir el nivel de ruido en los colaboradores del taller de mecánica, para realizar cada una de las actividades, como se puede apreciar en la Figura 3.20.

Se obtuvo un ruido óptimo entre los 70 dB(A) a 80 dB(A), para ciertas actividades se atenuó el ruido a un nivel mínimo de presión sonora ponderado de 60 dB(A). Con el uso obligatorio del tapón auditivo propuesto se logra obtener un nivel equivalente diario para el área de taller de mecánica de 69,49 dB(A).

3.5.1.2. Plan de mantenimiento de máquinas y equipos

Se propone estandarizar el plan de mantenimiento actual para las máquinas y equipos de la unidad de mecánica y llevar un registro de la realización de éstos. El plan comprenderá los siguientes puntos:

- **Mantenimiento diario**

Este mantenimiento se lo realizará con la finalidad de encontrar desperfectos menores en las máquinas o equipos a través de la observación mientras se realiza la limpieza y lubricación de las partes móviles. Se propone realizar este mantenimiento antes de iniciar cualquier actividad en la máquina o equipo que se va a utilizar.

- **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento está destinado a la conservación de equipos o máquinas mediante la revisión y limpieza de manera programada en el tiempo. A diferencia del mantenimiento diario, el mantenimiento preventivo es más riguroso, es decir, una revisión completa de la máquina y una limpieza a fondo de todos sus componentes. Se propone realizar un mantenimiento preventivo cada 6 meses a todos las máquinas y equipos de la unidad de mecánica como se lo realiza actualmente.

Las acciones y cambios efectuados en las máquinas y equipos durante los mantenimientos diarios y preventivos se deben registrar en el modelo de registro de control propuesto para anotar revisiones y mantenimientos realizados en las máquinas. Este registro se describe en el Anexo XII. Registrar los eventos que se presentan durante los mantenimientos diario y preventivo en el formato establecido, permitirán detectar posibles fallas en la máquina, evitar futuros mantenimientos correctivos y paros innecesarios de los equipos.

Estos mantenimientos estarán a cargo del personal de la unidad de mecánica del OAQ, en conjunto con el personal de servicios generales de la EPN en caso de ser necesaria su intervención. El personal de mecánica será la encargada de realizar los mantenimientos según los procedimientos que han venido realizado anteriormente.

3.5.1.3. Señalización de zonas de ruido

La señalización de seguridad indica la existencia de riesgos y medidas a adoptar, empleándose de forma complementaria con las medidas propuestas. El factor de riesgo ruido determina el uso obligatorio de protectores auditivos para el área de máquinas, por tal motivo se propone ubicar señalética que advierta al colaborador sobre la presencia de ruido en dicha área y el uso obligatorio de protectores auditivos.

Para el área de diseño se plantea utilizar señales obligatorias para mantener cerrada la puerta de ingreso, en especial si se realizan actividades en el área de máquinas. El uso y diseño de estas señales están sujetos a las disposiciones de la norma técnica ecuatoriana INEN-ISO 3864 (INEN, 2013, p. 8) y se detallan en la Figura 3.21.

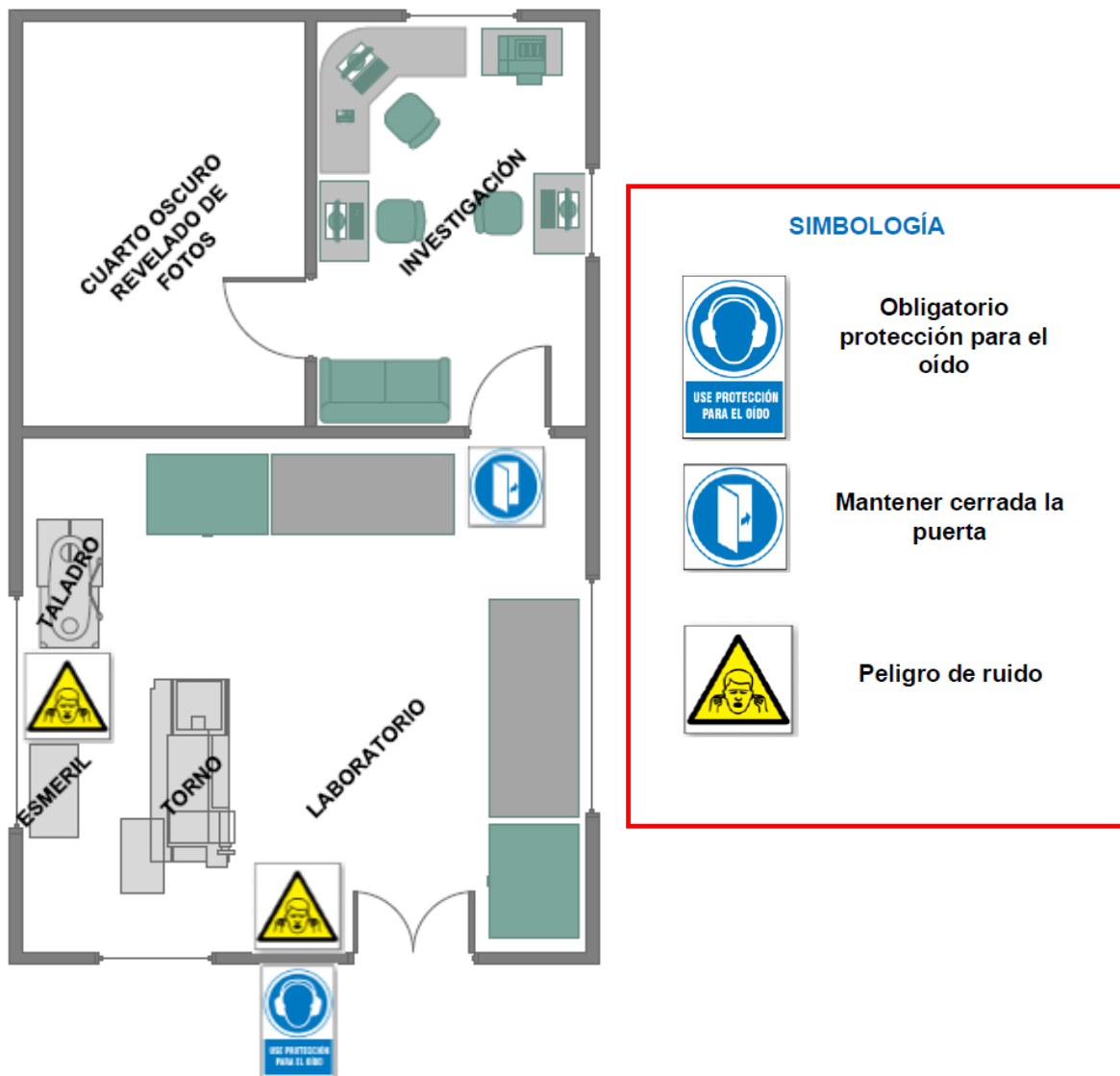


Figura 3.21. Señales de seguridad en el área de máquinas

3.5.1.4. Capacitación sobre el factor de riesgo ruido

Es necesario capacitar al personal sobre el uso correcto de protectores auditivos, los riesgos y consecuencias a los cuales están expuestos al trabajar en ambientes con niveles de ruido peligrosos. Para sobre esto se propone realizar charlas informativas y de concientización a los colaboradores que acuden al taller de mecánica.

3.5.2. PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

Una iluminación deficiente puede propiciar errores y accidentes, ocasiona fatiga visual, trastornos visuales y oculares, por tal motivo se propone medidas correctivas para mejorar el sistema de iluminación actual. Se plantea el rediseño del sistema de iluminación para lo cual se modifica la distribución, cantidad y tipo de luminaria comercial que se puede utilizar para alcanzar los niveles mínimos de iluminación establecidos en la normativa.

3.5.2.1 Rediseño de iluminación de interiores

El rediseño del sistema de iluminación se lo realizó en el software DIALux, el cual permite elaborar diseños de iluminación tanto para interiores como para exteriores, se puede construir diseños tridimensionales y trabajar con formatos que son compatibles con otros programas de diseño gráficos como AutoCAD. En el Anexo XIII se muestran los pasos a seguir para realizar el rediseño del sistema de iluminación. En la Tabla 3.7 se presenta la propuesta de rediseño del sistema de iluminación para cada área trabajo que no cumplió con lo establecido en la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008, una vez definido el tipo y cantidad de luminarias obtenidas del software en DIALux.

Tabla 3.7. Propuesta de rediseño del sistema de iluminación de las áreas de trabajo

Área	Sistema de iluminación actual				Sistema de iluminación propuesto			
	Tipo de montaje	Altura de montaje	Tipo de luminaria	Cantidad de luminaria	Tipo de montaje	Altura de montaje	Tipo de luminaria	Cantidad de luminaria
Dirección	Empotrada en techo	3,1	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	2	Empotrada en techo	3,1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Diseño gráfico	Empotrada en techo	3,1	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	1	Empotrada en techo	3,1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Electrónica	Pendular	2,7	Lámpara LED T8 2 × 9 W	6	Pendular	2,8	Start Flat Panel LED 40 W	4
Laboratorio de electrónica	Pendular	2,7	Lámpara LED T8 2 × 9 W	2	Pendular	2,8	Rejilla LED 2 × 18 36 W	4

Tabla 3.6. Propuesta de rediseño del sistema de iluminación de las áreas de trabajo (continuación...).

Área	Sistema de iluminación actual				Sistema de iluminación propuesto			
	Tipo de montaje	Altura de montaje	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias	Tipo de montaje	Altura de montaje	Tipo de luminaria	Cantidad de luminarias
Clima espacial	Empotrada en techo	3,1	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	1	Empotrada en techo	3,1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Investigación	Empotrada en techo	3,1	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	4	Empotrada en techo	3,1	Start Flat Panel LED 40 W	4
Museo recepción	Empotrada en techo	5	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	1	Pendular	2,8	Luz puntual LED 15 W	3
Museo oficina	Empotrada en techo	5,3	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	1	Pendular		Start Flat Panel LED 40 W	2
Sala de reuniones	Empotrada en techo	3,1	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	2	Empotrada en techo	3,1	Start Flat Panel LED 40 W	2
Secretaría	Empotrada en techo	3,1	Lámpara Fluorescente 2 × 42 W	4	Empotrada en techo	3,1	Start Flat Panel LED 40 W	2

3.5.2.2. Resultados de los cálculos de iluminación

Los cálculos de iluminación se los realizó en el software DIALux, a través de la opción “Iniciar cálculo”. El software muestra el nivel de iluminación en luxes del plano útil de trabajo ubicado a 80 cm del suelo y permite visualizar la iluminación media, mínima y máxima e indica si se cumple con los niveles mínimos establecidos en la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008.

En la Figura 3.22 y Figura 3.23 se presenta los niveles de iluminación medios previsto para las áreas de oficina, laboratorios y dibujo, una vez que se ha rediseñado el sistema de iluminación en el software DIALux. Como se puede apreciar, el nuevo sistema de distribución de iluminación propuesto satisface con los niveles mínimos de iluminación establecidos en la normativa mexicana NOM-025-STOS-2008, la cual establece un nivel mínimo en función de la actividad a realizar.

Queda comprobado teóricamente la eficacia del nuevo sistema de iluminación propuesto al comparar el nivel de iluminación obtenido en la simulación realizada en DIALux con los niveles establecidos en la normativa. En el Anexo XIV se muestran los cálculos, luminarias, resultados y vistas 3D que presenta el software DIALux.

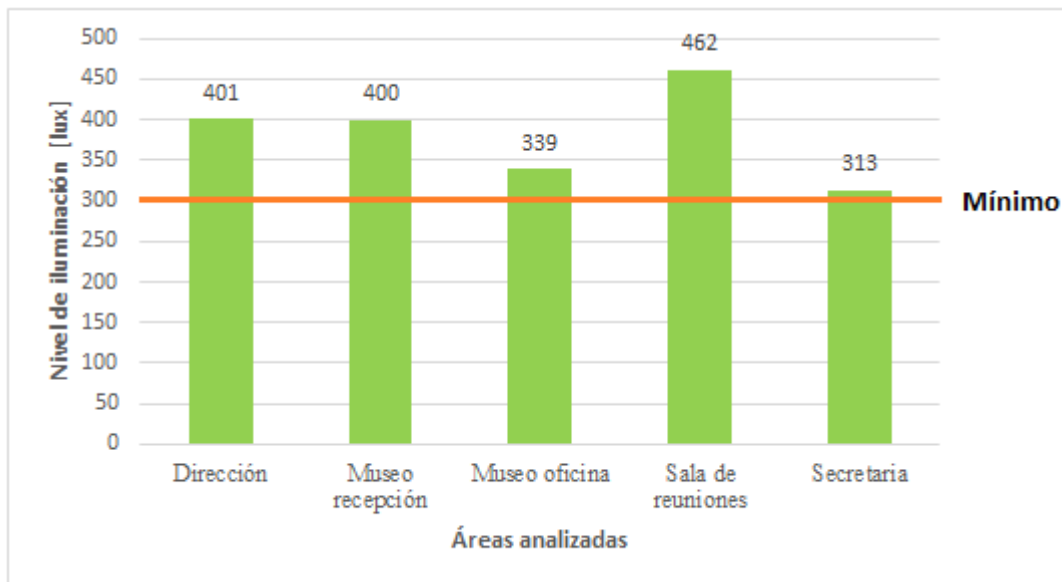


Figura 3.22. Nivel de iluminación obtenido de DIALux del sistema propuesto para áreas consideradas como oficinas.

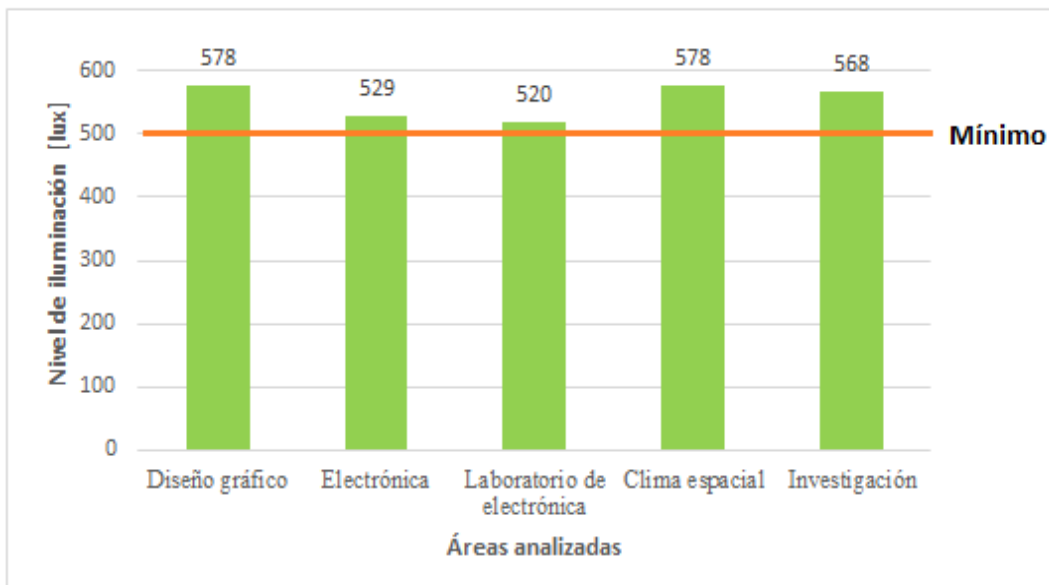


Figura 3.23. Nivel de iluminación obtenido de DIALux del sistema propuesto para áreas consideradas como laboratorios y áreas de dibujo

3.5.2.3. Plan de limpieza y mantenimiento del sistema de iluminación

Se propone un plan de limpieza y mantenimiento general que permita mantener en funcionamiento el sistema de iluminación y asegurar el nivel de iluminación mínimo recomendado de acuerdo con la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008. El plan de limpieza y mantenimiento deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Limpieza de luminarias.
- Limpieza de ventanas y persianas.
- Reemplazo de luminarias defectuosas.

Al no existir un procedimiento de mantenimiento del sistema de iluminación actual, se plantea una guía de limpieza y mantenimiento que consta de tres partes fundamentales: el proceso, se describen las actividades, el instructivo, se detallan las actividades y el registro, el cual permitirá anotar los desperfectos encontrados, acciones o actividades realizadas y la frecuencia con la cual se efectúa el mantenimiento. Esta guía se la muestra en el Anexo XII.

3.5.3. RECOMENDACIONES ERGONÓMICAS EN LOS PUESTOS DE TRABAJO

En base a los resultados que se obtuvo de la aplicación del método RULA, se proponen distintas recomendaciones ergonómicas para el personal administrativo del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ) en función de la puntuación final de cada grupo muscular. Se tomó como referencia el caso de nivel 4, ya que este puesto de trabajo requiere de cambios urgentes en la tarea.

Como se puede apreciar en la Figura 3.24, se mantienen posturas inadecuadas en el cuello, espalda y brazos principalmente, lo que requiere de acciones inmediatas para corregir la postura y evitar posibles TME.

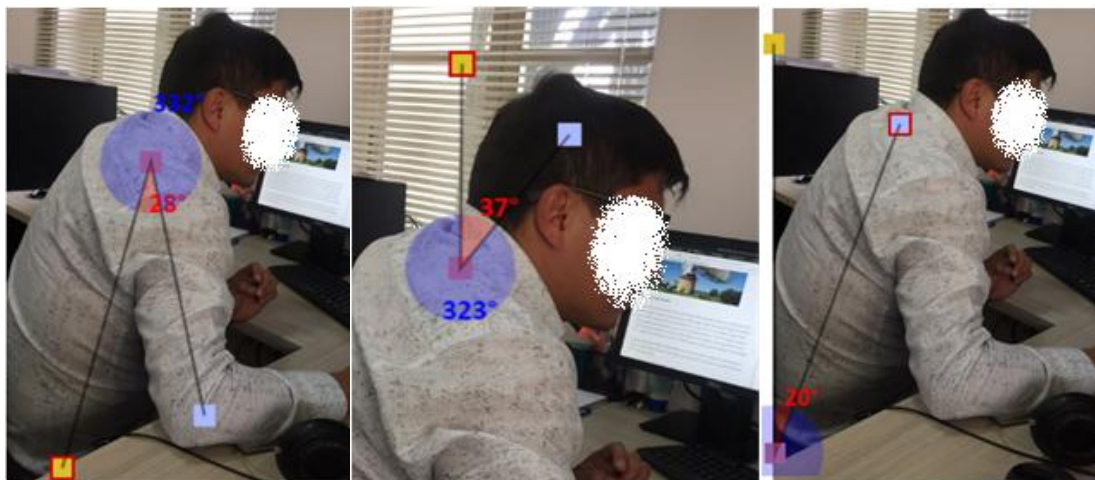


Figura 3.24. Colaborador con nivel 4 de actuación, método RULA

3.5.3.1. Recomendaciones ergonómicas

A continuación, se detallan las recomendaciones ergonómicas que afectan directamente a la puntuación del nivel de riesgo y actuación del método RULA.

Ubicación del monitor. Colocar el monitor frente al trabajador a una distancia de 55 a 60 cm, es decir, éste debe ocupar la posición principal de la mesa de trabajo de tal manera que no sea necesario girar el tronco o el cuello. La ubicación correcta del monitor se muestra en la Figura 3.25.

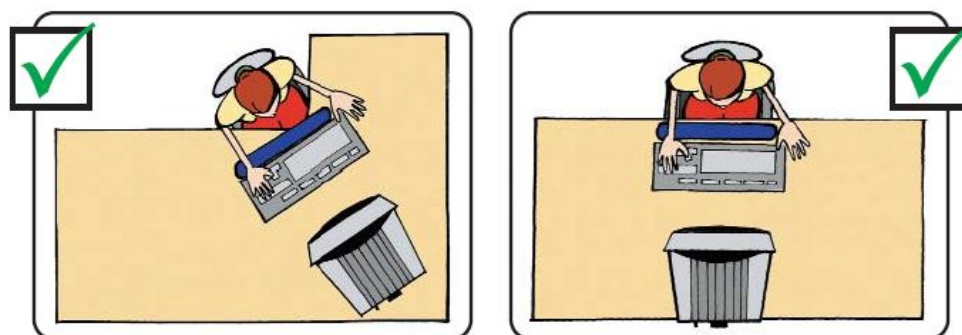


Figura 3.25. Ubicación correcta del monitor

En caso de usar dos monitores, se puede colocar un monitor directamente en frente del usuario y el otro al lado, como se puede apreciar en la Figura 3.26. Se debe considerar que el uso del monitor de lado será empleado para aplicaciones utilizadas por periodos cortos. Si se utilizan los monitores por igual, éstos pueden estar colocados simétricamente, uno a la izquierda y otro a la derecha.



Figura 3.26. Trabajo con de dos monitores

Altura del monitor. Elevar el monitor de tal modo que el área de trabajo a ser visualizada tenga un ángulo de visión comprendido entre la horizontal trazada desde los ojos a la parte superior de la pantalla y 60° por debajo de la misma, como se muestra en la Figura 3.27.

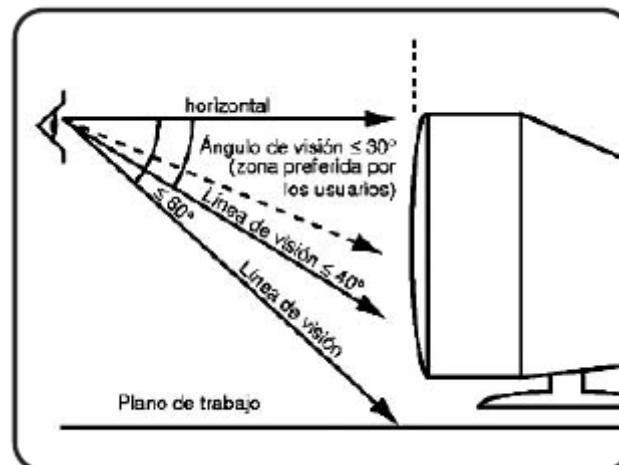


Figura 3.27. Altura correcta del monitor

Para conseguir la altura adecuada del monitor se puede utilizar libros, revistas o el propio CPU del computador para alcanzar la altura deseada. Una adecuada altura del monitor, borde superior del monitor al nivel de los ojos, mantiene la puntuación de la posición del cuello en 1 en el método RULA.

Altura del asiento. Ajustar la altura del asiento para que los codos queden a la misma altura de la mesa de trabajo. La altura correcta de la silla se dará si se

forma un ángulo de 90° entre el brazo y antebrazo una vez que se apoye las manos sobre el teclado, como referencia se puede apreciar la Figura 3.28.



Figura 3.28. Altura correcta del asiento

Cabe mencionar que la altura adecuada del asiento evita elevar los hombros o tener los brazos abducidos, es decir, despegados del cuerpo, esto asegura una puntuación de 1 para la posición de los brazos.

Alcance manual óptimo. Organizar la mesa de trabajo, ordenar los elementos de trabajo en función de la frecuencia de manejo, es decir, ubicar elementos que más se utiliza lo más cerca posible del colaborador como se muestra en la Figura 3.29. La ubicación de los elementos de trabajo como el ratón o teléfono, al estar alejados del usuario afecta directamente a la puntuación de la posición del brazo.

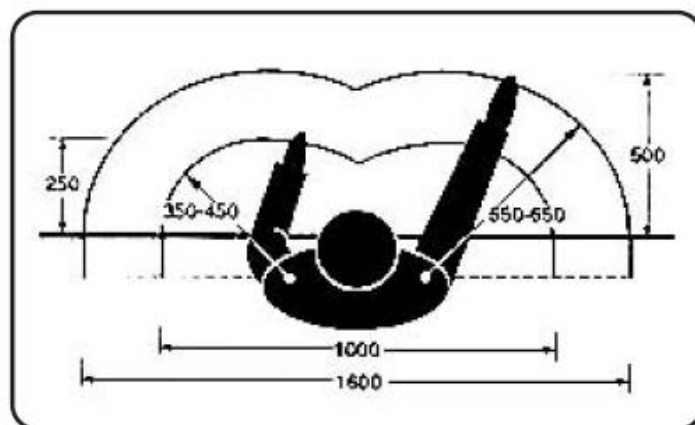


Figura 3.29. Alcance manual óptimo en función de la frecuencia de manejo.

Uso de reposapiés. Usar reposapiés en caso de no lograr apoyar los pies con comodidad sobre el suelo, esto se debe comprobar una vez ajustada la altura del asiento. En la Figura 3.30 se muestra el uso correcto del reposapiés.



Figura 3.30. Ubicación y uso del reposapiés

Se puede utilizar como reposapiés una caja, un banco de madera, agrupar libros o revistas viejas o simplemente adquirir uno comercial, lo principal es mantener los pies bien apoyados.

Postura del tronco. La postura correcta para trabajar con ordenadores es aquella en que la parte superior y la parte inferior del cuerpo forman un ángulo de 90° , con la espalda completamente apoyada al espaldar de la silla, como se puede apreciar en la Figura 3.31. Para lograr esta postura es necesario regular la altura del espaldar de la silla, de tal manera que, el espaldar quede a la altura de la zona lumbar en la parte baja de la espalda. Se debe ubicar la silla lo más cerca de la mesa de trabajo con la finalidad de no inclinar el tronco.



Figura 3.31. Postura correcta de la espalda, forma un ángulo de 90°

En general una postura sedentaria puede traer complicaciones a los órganos del cuerpo humano, por tal motivo, es conveniente revisar la postura adoptada cada

cierto tiempo, de preferencia en la tarde ya que se tiende a sentir fatiga con mayor frecuencia.

Mouse vertical. Un ratón ergonómico se adapta a las características físicas del usuario, permite trabajar de forma cómoda por largos periodos de tiempo, adopta posturas naturales y mantiene la musculatura de la mano y el antebrazo relajada, Figura 3.32.



Figura 3.32. Mouse ergonómico vertical

Se propone utilizar este tipo de ratón ya que evita el giro de la muñeca y se consigue una posición neutra, se mantiene el puntaje en 1 tanto para posición de la muñeca como para el giro de ésta. Se puede utilizar el ratón tradicional con el antebrazo y muñeca apoyadas sobre la mesa, además, se recomienda utilizar alfombrilla para mantener en línea recta mano, muñeca y antebrazo. Con el uso de este ratón, el giro de la muñeca se mantiene con la puntuación de 2 (giro de la muñeca próxima al rango final).

Apoya muñecas. Se recomienda usar apoya muñecas tanto para el teclado como para el ratón, este accesorio promueve la postura neutra de la muñeca, la mantiene alineada con respecto al antebrazo y evita la flexión o desviación de esta, como se aprecia en la Figura 3.33. Cabe mencionar que estos accesorios no protegen contra la aparición de trastornos musculoesqueléticos, pero se los recomienda como un elemento de comodidad que evita la compresión del antebrazo.

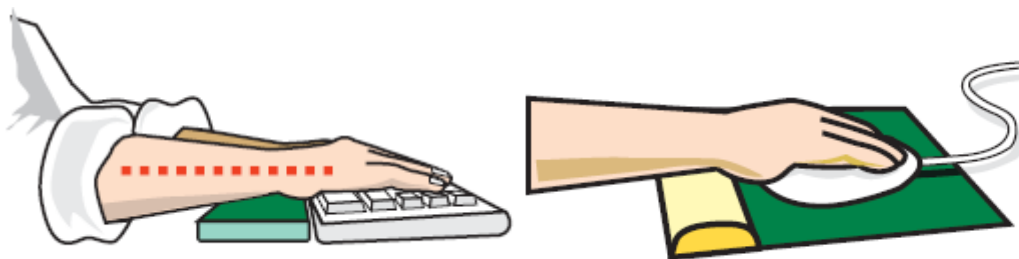


Figura 3.33. Apoya muñeca para teclado y ratón

Si se aplican estas recomendaciones ergonómicas, teóricamente se tendría una postura sentado ideal como se indica en la Figura 3.34, se obtiene un nivel de riesgo aceptable, nivel 1, donde no se requieren acciones correctivas y se disminuye la aparición de trastornos musculo esqueléticos.

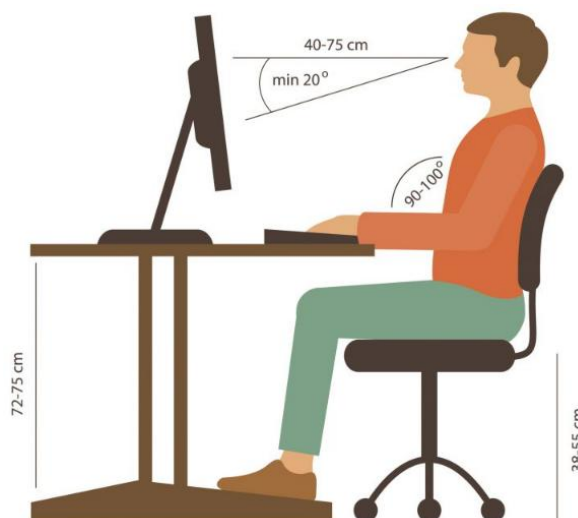


Figura 3.34. Postura ideal para trabajo con ordenadores

3.5.3.2. Ejercicios para realizar pausas activas

Para evitar el malestar físico debido a la adopción de posturas estáticas se recomienda realizar ejercicios de estiramiento y relajación cada cierto tiempo. Se proponen un programa de pausas activas con ejercicio diseñados para ser utilizados en forma de micro pausas a lo largo de la jornada laboral. En el Anexo XV se detalla los ejercicios propuestos.

No es necesario esperar a sentir dolor para realizar una pausa activa, pero se recomienda realizar ejercicio que cuente con fundamentos teóricos, ya que

realizar cualquier ejercicio podría no tener los efectos positivos deseados y resultar en una lesión musculoesquelética.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. La observación y la evaluación objetiva aplicada al personal del Observatorio Astronómico de Quito permitieron identificar problemas de iluminación deficiente y ruido excesivo en ciertos puestos de trabajo.
2. La evaluación cualitativa del ruido realizada a 19 colaboradores, muestra como resultado un colaborador con nivel de riesgo importante, por lo tanto, fue necesario reducir el nivel de riesgo a través de medidas correctivas, los 18 colaboradores restantes presentaron un nivel de riesgo tolerable por lo cual no fue necesaria ninguna acción de control.
3. La medición del nivel de ruido en la unidad de mecánica, determinó que las actividades realizadas en el área de taller, generan un nivel de ruido equivalente diario de 87.51 dB(A) +/- 1,69 dB(A), superior a los valores límites de exposición y esto afecta directamente al área de diseño en la cual se encontró un nivel de ruido equivalente diario de 79,39 dB(A) +/- 2.1 dB(A).
4. La evaluación cualitativa del factor de riesgo de iluminación encontró 5 puestos de trabajo con nivel de riesgo moderado y requieren acciones correctivas para reducir el nivel de riesgos, 14 colaboradores restantes tienen un nivel de riesgo trivial y no requieren de acciones específicas.
5. La medición del nivel de iluminación determinó que únicamente 4 áreas de trabajo cumplen con los niveles mínimos de iluminación establecidos en la normativa mexicana NOM-025-STD-2008, en función de la actividad que se realiza, estas áreas son: difusión, meteorología, mecánica o diseño y taller de mecánica.

6. La evaluación cualitativa no coincide con los resultados de la medición de iluminación, se tienen 14 colaboradores con nivel de riesgo trivial, mientras tanto en la medición se tiene únicamente 3 colaboradores que cumplen con el nivel de iluminación mínimo, esto se debe a la percepción de la iluminación en el puesto de trabajo por parte del colaborador y del evaluador en la valoración cualitativa.
7. La propuesta de usar tapones auditivos reduce el nivel de ruido equivalente diario a 69,49 dB(A), los equipos de protección personal serán de uso obligatorio en la unidad de mecánica, especialmente en el taller.
8. Mantener cerrada la puerta de ingreso al área de diseño de la unidad de mecánica, mientras se realiza actividades en el taller, reduce el nivel de ruido equivalente diario a 69,97 dB(A), un valor de ruido acorde con lo establecido en el Decreto ejecutivo 2393.
9. La propuesta del rediseño del sistema de iluminación que incluye cambio de luminarias y redistribución sobre el área de trabajo, a través de la simulación en el software DIALux, demuestra que se alcanzan los niveles mínimos permitidos en función de las actividades que se realizan en cada área analizada.
10. Las recomendaciones ergonómicas propuestas, mantendrían una postura sentado ideal y se obtiene un nivel de riesgo de 1 o riesgo aceptable al aplicar la evaluación del método RULA.
11. Las propuestas que se plantean pueden ser implementadas a futuro ya que, uno de los principales limitantes en cuanto a ejecución de medidas de prevención y control dentro de una empresa o industria es el factor económico.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Gestionar con la Unidad de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional y autoridades pertinentes de la Escuela Politécnica Nacional, la adquisición de los tapones auditivos propuestos y la colocación de señalética en la unidad de mecánica, así como también, el cambio de luminarias y el mantenimiento del sistema eléctrico.
2. Implementar las propuestas de medidas correctivas que sean viables y factibles económicamente como los planes de mantenimiento y limpieza, programa de pausas activas y capacitación.
3. Realizar un estudio y mediciones técnicas de polvos, gases y vapores que se generan al realizar las diferentes actividades en el taller de mecánica.
4. Realizar un estudio de riesgo psicosocial que afecta al personal del Observatorio Astronómico de Quito, debido a la carga, ritmo y tiempo de trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 3M. (2014). Productos de protección auditiva. Productos de protección personal.
2. Álvarez, T. (2015a). Aspectos ergonómicos del ruido: Evaluación. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1-36.
3. Álvarez, T. (2015b). Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1-43.
4. Anónimo. (2019). Tipos de ruido. Recuperado 23 de octubre de 2019, de MideBien website: <https://midebien.com/tipos-de-ruido/>
5. Asensio, S., Ceca, M., & Diego-Mas, J. (2012). Evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Madrid: Paraninfo.
6. Ayala, S. (2018). Prevalencia de Síndrome de Túnel Carpiano en puestos administrativos. Universidad Internacional SEK, 1-17.
7. Brenes, R. (2011). Hipoacusia de origen laboral. Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica, 68(599), 447-453.
8. Chaustre, D. (2011). Epicondilitis lateral: conceptos de actualidad. Revisión de tema. Revista Med de la Facultad de Medicina, 19(1), 74-81.
9. Chavarría, R. (1989). NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1-7.
10. Cuixart, S. (2001). NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). Instituto de seguridad e higiene del trabajo., 1-7.
11. Cuixart, S., & Pons, I. (2006). NTP 452: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo., 1-9.
12. Diego-Mas, J. (2015a). Método EPR. Evaluación postural rápida. Recuperado 15 de febrero de 2020, de Ergonautas website: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/epr/epr-ayuda.php>
13. Diego-Mas, J. (2015b). Método RULA. Evaluación de la carga postural. Recuperado 15 de febrero de 2020, de Ergonautas website: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

14. Diego-Mas, J. (2016). RULER - Medición de ángulos en fotografías. Recuperado 20 de febrero de 2020, de Ergonautas website: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/>
15. Falagán, M. (2008). Higiene industrial manual práctico, agentes físicos y actividades especiales. (1ra ed.). Asturias: Fundación Luis Fernández Velasco.
16. Fundación Mapfre. (1996). Manual de higiene industrial (4ta ed.). Madrid: MAPFRE S. A.
17. Garcia, J. (2002). Iluminación de interiores. Recuperado 30 de noviembre de 2019, de CITCEA website: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>
18. Gómez, A., & Moya, S. (2005). Lumbalgia crónica y discapacidad laboral. *Escuela universitaria de fisioterapia*, 27(5), 23-33.
Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/248602213%0D>
19. Gómez, M. (2007). Ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico. *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo*, 1-35.
20. Grupo de trabajo de ortopedia del colegio oficial de Bizkaia. (1987). Farmacia profesional economía y gestión. En *Farmacia Profesional* (Vol. 25). Madrid, España: Haymarket.
21. IDAE. (2011). Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. En *Instituto para la diversificación y ahorro de la energía*. Madrid: Comité español de iluminación.
22. IESS. (2010). Resolución CD. 333. Reglamento para el sistema de auditoría de riesgos del trabajo - «SART». *Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.*, 1-20.
23. IESS. (2016). Decreto Ejecutivo (2393). Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. *Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.*, 1-94.
24. INEN. (2013). NTE INEN-ISO 3864-1:2013. Símbolos Gráficos. Colores de Seguridad y Señales de Seguridad. Quito, Pichincha, Ecuador. *Instituto ecuatoriano de normalización*, 1-24.
25. INSHT. (2000). Evaluación de Riesgos Laborales. *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo*, 1-13.
26. INSHT. (2006). Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. *Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo*, 60, 1-12.

27. INSHT. (2008). Guía técnica de ruido. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1-102.
28. INSHT. (2015). Lumbalgia aguda o crónica. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1-3.
29. Kampeter, M. (2018). Anatomía del ojo humano. Recuperado 21 de diciembre de 2019, de gafas.es website: <https://www.gafas.es/asesoramiento/anatomia-ojo-humano>
30. Luttmann, A., Jager, M., Griefahn, B., Caffier, G., & Liebers, F. (2004). Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo. Organización mundial de la salud, 5, 1-40.
31. Medlineplus. (2020). Síndrome del túnel carpiano. Recuperado 10 de enero de 2020, de Medical Library Association website: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/>
32. Observatorio Astronómico de Quito. (2019). Introducción. Recuperado 20 de septiembre de 2019, de Observatorio Astronómico de Quito website: <https://oaq.epn.edu.ec/index.php/nosotros/introduccion>
33. OMS. (2019). Trastornos musculoesqueléticos. Recuperado 5 de enero de 2020, de Organización mundial de la salud website: <https://www.who.int/es/news-room/>
34. Parra, F., Parra, L., Tisiotti, P., & Wille, J. (2007). Síndrome del túnel carpiano. Revista de posgrado de la VIa cátedra de medicina., (173), 10-13.
35. Pascual, G. (2011). Reflexiones fotográficas. Recuperado 20 de diciembre de 2019, de Blogspot.com website: <http://reflexionesfotograficas.blogspot.com/2011/01/el-espectro-visible-los-colores.html>
36. Prado, L. (2015). Métodos y técnicas para el análisis ergonómico del puesto de trabajo. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Mexico.
37. Rodríguez, J., & Llano, C. (2012). Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando Dialux. Universidad Tecnológica de Pereira, 1-86.
38. Rodríguez, R. (2006). Evaluación de la carga mental de trabajadores de puestos de trabajo en computación con iluminación natural y artificial alternativas. 1-66.
39. Saavedra, J., Zúñiga, L., Navia, C., & Vásquez, J. (2013). Ritmo circadiano: el reloj maestro. Alteraciones que comprometen el estado de sueño y vigilia en el área de la salud. Universidad Nacional de Colombia, 5(3), 16-35.

40. Sánchez, C. (2018). Evaluación de factores de riesgo ergonómico presentes en la línea de producción de poscosecha de Flores del Valle S.A. y propuesta de mejora. Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador.
41. Sanz, J., & García, O. (2009). Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 1-28.
42. Secretaría de Salud Laboral de CCOO de Madrid. (2016). Métodos de evaluación ergonómica (1ra ed.). Recuperado de www.ccoomadrid.es
43. Secretaría del trabajo y previsión social. (2008). Norma oficial mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. 1-13.
44. UCM. (2017). Recomendaciones ergonómicas y psicosociales, trabajo en oficinas y despachos. Universidad Complutense de Madrid, 1-109.
45. Valenzuela, D. (2015). Características del sonido. Recuperado 2 de agosto de 2019, de <https://www.fisic.ch/contenidos/ondas-y-sonido/características-del-sonido/>
46. Villar, M. (2015). Posturas de trabajo: evaluación del riesgo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo., 1-54.

ANEXOS

ANEXO I

CUESTIONARIO DE IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE RIESGO FÍSICO EN PUESTOS DE TRABAJO

Instrucciones

A continuación, le presentamos un cuestionario con el que pretendemos recoger su opinión sobre condiciones de iluminación en su puesto de trabajo. Para rellenarlo *lea detenidamente* cada pregunta y todas las alternativas de respuesta *Marque con una cruz*, o indique la opción u opciones que usted considere, en la casilla correspondiente.

Por favor, responda a todas las preguntas y tenga en cuenta que algunas preguntas pueden tener varias respuestas.

1. Considera usted que la iluminación en su puesto de trabajo es:

- Adecuada
- Algo molesta
- Molesta
- Muy molesta

2. Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener:

- Más luz
- Sin cambio
- Menos luz

3. Señale con cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones está de acuerdo:

- a) Tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo.
- b) En mi puesto de trabajo la luz es excesiva.
- c) Las luces producen brillos o reflejos en algunos elementos de mi puesto de trabajo.
- d) La luz de algunas lámparas o ventanas me da directamente en los ojos.
- e) En mi puesto de trabajo hay muy poca luz.
- f) En mi puesto de trabajo tengo dificultades para ver bien los colores.
- g) En las superficies de trabajo de mi puesto hay algunas sombras molestas.
- h) Necesitaría más luz para poder realizar mi trabajo más cómodamente.
- i) En mi puesto de trabajo hay algunas luces que parpadean.

4. Si durante o después de la jornada laboral nota alguno de los síntomas siguientes, señálelo:

- Fatiga en los ojos.
- Visión borrosa.
- Sensación de tener un velo delante de los ojos.
- Vista cansada.
- Picor de ojos.
- Pesadez en los párpados.

Figura AI.1. Test de iluminación aplicado al personal del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ)

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN CUALITATIVA DE ILUMINACIÓN Y RUIDO

TEST DE ILUMINACIÓN

Área

Puesto

Tarea visual

Otros datos

1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN EXISTENTE

- Iluminación natural
- Iluminación artificial:
- General
- Localizada

2. MANTENIMIENTO

2.1. En el caso de existir, ¿se mantienen limpios y practicables las ventanas?

SI NO

2.2. ¿Existe un programa de mantenimiento y limpieza periódica del sistema de iluminación artificial?

SI NO

2.3. ¿Existen lámparas "fundidas" o averiadas?

SI NO

- Concretar, en caso afirmativo

2.4. ¿Existen luminarias con apantallamiento o difusores deteriorados?

SI NO

- Concretar, en caso afirmativo

2.5. ¿Existen luminarias sucias o cubiertas de polvo?

SI NO

- Concretar, en caso afirmativo

3. NIVELES DE ILUMINACIÓN

3.1. El nivel de iluminación disponible en el puesto ¿es suficiente para el tipo de tarea que realiza el trabajador?

SI NO

3.2. En caso de trabajar con pantallas de visualización, ¿resulta demasiado elevado el nivel de iluminación existente?

SI NO

3.3. ¿Existen diferencias de iluminación acusadas dentro de la zona de trabajo?

SI NO

3.4. ¿Existen diferencias de iluminación muy grandes entre la zona de trabajo y el resto del entorno visible?

SI NO

3.5. ¿Es suficiente el nivel de iluminación en las zonas de paso?

SI NO

- Especificar, en caso negativo

4. DESLUMBRAMIENTOS

¿Existe deslumbramiento directo debido a la presencia, dentro del campo visual del trabajador, de:

4.1. luminarias muy brillantes?

SI NO

- Especificar, en caso afirmativo

Figura AI.2. Cuestionario de evaluación cualitativa de iluminación parte I

4.2. ventanas frente al trabajador?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

4.3. otros elementos?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

5. REFLEJOS MOLESTOS

5.1. ¿Se producen reflejos molestos en la propia tarea?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

5.2. ¿Se producen reflejos molestos en las superficies del entorno visual?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

6. DESEQUILIBRIOS DE LUMINANCIA

6.1. ¿Existen diferencias grandes de luminosidad (luminancia) entre elementos del puesto?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

7. CONTRASTE DE LA TAREA

7.1. ¿Existe un buen contraste entre los detalles o elementos visualizados y el fondo sobre el que se visualizan?
 SI NO
 • Especificar, en caso negativo

8. SOMBRAS

8.1. ¿Se proyectan sobre la tarea sombras molestas?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

9. REPRODUCCIÓN DEL COLOR

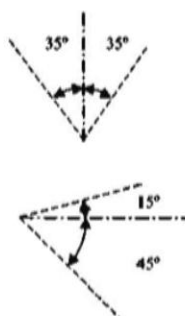
9.1. ¿Permite la iluminación existente una percepción de los colores suficiente para el tipo de tarea realizada?
 SI NO
 • Especificar, en caso negativo

10. PARPADEOS

10.1. El sistema de iluminación ¿produce parpadeos molestos?
 SI NO
 • Especificar, en caso positivo

12. CAMPO VISUAL

12.1. Los elementos visualizados frecuentemente en la tarea ¿se encuentran situados dentro de los siguientes límites?
 • Plano horizontal
 SI NO
 • Plano vertical
 SI NO



12.2. ¿Existen obstáculos dentro del campo visual que dificultan la visualización de la tarea?
 SI NO
 • Especificar, en caso afirmativo

Figura AI.3. Cuestionario de evaluación cualitativa de iluminación parte II

IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO

Área

Puesto

Existen quejas previas de los trabajadores por el ruido

Otros datos

1. CARACTERÍSTICAS DE LA(S) TAREA(S) REALIZADA(S)

Descripción de la(s) tarea(s):

1.1. El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención

1.2. El trabajo desarrollado requiere tareas mentales o manuales de alta complejidad

1.3. El desarrollo habitual de la tarea exige una elevada discriminación auditiva

2. FUENTES DEL RUIDO

2.1. El ruido es producido por la tarea que realiza el propio trabajador

2.2. El ruido es producido por fuentes ajenas al trabajador

En caso afirmativo, rellene los apartados siguientes 2.2.1 hasta 2.2.6:

Ruido exterior

2.2.1. Es importante el ruido procedente del exterior (calle, tráfico, etc.)

SÍ NO

En caso afirmativo, pregunte al trabajador en qué momento de la jornada le resulta más molesto

Ruido de personas

2.2.2. Hay ruido molesto procedente de personas (conversaciones entre compañeros, público, etc.)

SÍ NO

Especificar en caso afirmativo

Ruido de los equipos de trabajo

2.2.3. El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso

SÍ NO

2.2.4. Existen equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (impresoras, ordenadores, teléfonos, etc.)

SÍ NO

Especificar en caso afirmativo (localización de los equipos, tiempo de funcionamiento, etc.)

Comentarios sobre las fuentes de ruido

.....

Figura AI.4. Cuestionario de evaluación cualitativa de ruido parte I

3. MOLESTIAS

3.1. Al trabajador le molesta el ruido en su puesto de trabajo

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

3.1.1. Cuánto tiempo, a lo largo de su jornada laboral, el trabajador considera que el ruido es más molesto

Siempre	
Más de media jornada	
Entre la media y cuarta parte de la jornada	
Menos de la cuarta parte de la jornada	
Nunca	

4. PERTURBACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MENTAL

4.1. El ruido existente constituye un factor de distracción importante en el desarrollo de la(s) tarea(s)

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

4.2. El ruido le dificulta la concentración mental requerida en la(s) tarea(s)

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

5. INTERFERENCIA EN LA COMUNICACIÓN VERBAL

5.1. Es necesario elevar el tono de voz para hacerse entender en el desarrollo de su trabajo

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

5.2. Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por megafonía

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

Comentarios

.....

Figura AI.5. Cuestionario de evaluación cualitativa de ruido parte II

ANEXO II

**CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN Y HOMOLOGACIÓN DEL
SONÓMETRO CIRRUS CR:172B**



Certificate of Calibration			
Certificate Number: 118109			
Date of Issue: 10 April 2019			
Instrument			
Manufacturer:	Cirrus Research plc	Serial Number:	83335
Model Number:	CR:514		
Calibration Procedure			
The sound calibrator detailed above has been calibrated to the published data as described in the operating manual and in the half-inch configuration. The procedures and techniques used are as described in IEC 60942:2003 Annex B – Periodic Tests and three determinations of the sound pressure level, frequency and total distortion were made.			
The sound pressure level was measured using a WS2F condenser microphone type MK:224 manufactured by Cirrus Research plc.			
The results have been corrected to the reference pressure of 101.33 kPa using the manufacturer s data.			
Date of Calibration: 12 March 2019			
Calibration Results			
Measurement	Level (dB)	Frequency (Hz)	Distortion (% THD + Noise)
1	94.00	1000.0	1.30
2	93.98	1000.0	1.36
3	94.01	1000.0	1.39
Average	94.00	1000.0	1.35
Uncertainty	± 0.13	± 0.1	± 0.10
The reported uncertainties of measurement are expanded by a coverage factor of k=2, providing a 95% confidence level.			
<p>Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road Hunmanby, North Yorkshire, YO14 0PH, United Kingdom Telephone: 0845 230 2434 Int: +44 1723 89655 Email: sales@cirrusresearch.co.uk Web: www.cirrusresearch.co.uk UK Registration No. 987160</p>		 FM 531001 EMS 552104	
Page 1 of 2			

Figura AII.1. Certificado de calibración del sonómetro integrador CIRRUS CR:172B-I

Environmental Conditions

Pressure: 987.50 kPa
Temperature: 22.4 °C
Humidity: 37.1 %

Evidence of Pattern Approval

The manufacturer's product information indicates that this model of sound calibrator has been formally pattern approved to IEC 60942:2003 Annex A to Class 2. This has been confirmed with the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

Statement of Calibration

As public evidence was available, from a testing organisation responsible for approving the results of pattern evaluation tests, to demonstrate that the model of sound calibrator fully conformed to the requirements for pattern evaluation described in Annex A of IEC 60942:2003, the sound calibrator tested is considered to conform to all the Class 2 requirements of IEC 60942:2003.

Calibration Laboratory

Laboratory: Cirrus Research plc
Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby
North Yorkshire, YO14 0PH, United Kingdom

Test Engineer: Johnny Johnston




Figura AII.2. Certificado de calibración del sonómetro CIRRUS CR:172B-II

Certificate of Calibration



Equipment Details

Instrument Manufacturer Cirrus Research Plc
 Instrument Type CR:172B
 Description Sound Level Meter
 Serial Number G080440

Calibration Procedure

The instrument detailed above has been calibrated to the publish test and calibration data as detailed in the instrument hand book, using the techniques recommended in the latest revisions of the International Standards IEC 61672-1:2013, IEC 61672-1:2002, IEC 60651:1979, IEC 60804:2001, IEC 61260:1995, IEC 60942:2003, IEC 60942:1997, IEC 61252:1993, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.11-1986 and ANSI S1.43-1997 where applicable.
 Sound Level Meters: All Calibration procedures were carried out by substituting the microphone capsule with a suitable electrical signal, apart from the final acoustic calibration.

Calibration Traceability

The equipment detailed above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. These are traceable to International Standards (A.0.6). The standards are:

Microphone Type	B&K 4192	Serial Number	1920791	Calibration Ref.	S6450
Pistonphone Type	B&K 4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S6388

Calibrated by

Calibration Date

10 April 2019

Calibration Certificate Number

258972

This Calibration Certificate is valid for 12 months from the date above.

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby, North Yorkshire, YO14 0PH
 Telephone: +44 (0) 1723 891655 Fax: +44 (0) 1723 891742
 Email: sales@cirrusresearch.co.uk

Figura AII.3. Certificado de homologación del sonómetro CIRRUS CR:172B

ANEXO III

ACTIVIDADES DEL PERSONAL DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE QUITO

Tabla AIII.1. Detalle de actividades que realiza el personal por área de trabajo

Área	Código	Actividades
Dirección.	D.E.L	Redactar, revisar y aprobar documentos de interés del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ).
		Generar artículos de investigación científica.
		Realizar la planificación y organización de las unidades del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ).
		Dirigir y coordinar proyectos de investigación.
Secretaría	S.C.C	Preparar el archivo y manejo de la caja chica.
		Apoyar en el seguimiento de la información de las máximas autoridades.
		Redactar oficios, memorandos y otros documentos.
		Recibir y realizar llamadas telefónicas.
Clima espacial	C.D.V	Examinar la información atmosférico-solar.
		Analiza modelos físicos de datos atmosférico-solares con software computacional.
		Realiza periódicamente los boletines con información estudiada.
Investigación	I.D.Q	Análisis y procesamiento de la información de mediciones especializadas
	I.F.A	Realiza observaciones con instrumental de estudio especializado
	I.J.A	Elaboración de modelos físicos de los datos observacionales.
	I.P.S	Elabora periódicamente los boletines con información científica respectiva.
Electrónica	E.D.M	Selecciona y abastece con información a los especialistas e investigadores, para la ejecución de proyectos de Ciencias espaciales en el área de la ingeniería electrónica.
	E.G.F	Elabora diseños electrónicos necesarios para los proyectos de Ciencias espaciales.

Tabla AIII.2. Detalle de actividades que realiza el personal por área de trabajo (continuación...).

Área	Código	Actividades
Electrónica	E.H.LL	Realiza el mantenimiento de los equipos e instrumentos electrónicos del observatorio.
	E.S.S	Elabora conferencias divulgativas sobre temas ingeniería electrónica en la astronomía.
Mecánica	M.D.B	Elabora diseños mecánicos necesarios para proyectos en Astronomía.
		Realiza el mantenimiento equipos mecánicos del Observatorio Astronómico.
		Mecanizado, unión, pulido y pintura de piezas metálicas.
		Realiza los diseños de estructuras civiles del Observatorio
Museo	M.D.J	Promociona los servicios del museo astronómico y la vinculación con la sociedad.
	M.F.C	Verifica el catálogo periódicamente todos los bienes del museo, y actualiza el guio en varios idiomas.
	M.F.P	Conforma los grupos de guianza del museo.
	M.M.R	
Meteorología	MT.Y.H	Asesora, planifica, opera y organiza los datos meteorológicos.
		Asesora y realiza el mantenimiento y opera las estaciones meteorológicas.
		Supervisa y realiza estudios y proyecciones de la tendencia del clima.
		Revisa y realiza los boletines meteorológicos periódicamente.
Diseño gráfico	DG.E.C	Diseño, diagramación e implementación de piezas gráficas digitales para la promoción y difusión del Observatorio y Museo Astronómico impresos y en sitios web
		Diseño y ejecución de proyectos tecnológicos correspondientes a diseño gráfico en base a las necesidades del Observatorio.
Difusión	DF.P.F	Realizar coberturas y notas periodísticas.
		Organizar eventos públicos y coordinar la logística.
		Promoción de los servicios del Observatorio Astronómico de Quito (OAQ) en redes sociales.

ANEXO IV
MATRIZ DE RIESGOS

Tabla AIV.1. Matriz de riesgos (identificación de peligros y evaluación de riesgos)

Nº	Área	Puesto de trabajo	Personal afectado		Tipo de actividad	Peligro	Descripción del peligro	PROBABILIDAD			CONSECUENCIA			NIVEL DE RIESGO
			Hombre	Mujer				B	M	A	LD	D	ED	
1	Dirección.	Director	1	0	No rutinaria	Iluminación deficiente	Luminaria defectuosa y falta de limpieza							Trivial
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
2	Secretaría	Secretaria ejecutiva	0	1	Rutinaria	Iluminación deficiente	Luminaria defectuosa y falta de limpieza						Moderado	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
3	Clima espacial	Analista	1	0	Rutinaria	Iluminación deficiente	Mal uso de persianas, poca iluminación natural.						Trivial	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
4	Investigación	Analista	3	1	Rutinaria	Iluminación deficiente	Luminaria defectuosa y falta de limpieza						Trivial	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
5	Electrónica	Analista técnico	4		No rutinaria	Iluminación deficiente	Falta de limpieza de luminarias						Trivial	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
6	Mecánica	Analista técnico	1		No rutinaria	Iluminación deficiente	Falta de limpieza de luminarias						Trivial	
						Exposición a ruido	Nivel de ruido considerable de máquinas y herramientas							Importante
7	Museo	Guía de museo	3	1	Rutinaria	Iluminación deficiente	Luminaria defectuosa y falta de limpieza						Moderado	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
8	Meteorología	Analista	1	0	Rutinaria	Iluminación deficiente	Falta de limpieza de luminarias						Trivial	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
9	Diseño gráfico	Analista técnico	1	0	Rutinaria	Iluminación deficiente	Mal uso de persianas, poca iluminación natural.						Trivial	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable
10	Difusión	Comunicador social	0	1	Rutinaria	Iluminación deficiente	Falta de limpieza de luminarias						Trivial	
						Exposición a ruido	Ruido de equipos de oficina							Tolerable

ANEXO V

MEDICIONES DE RUIDO EN LA UNIDAD DE MECÁNICA



Figura AV.1. Impresión de piezas 3D



Figura AV.2. Planificación del trabajo y diseño de piezas CAD (puerta de ingreso abierta)

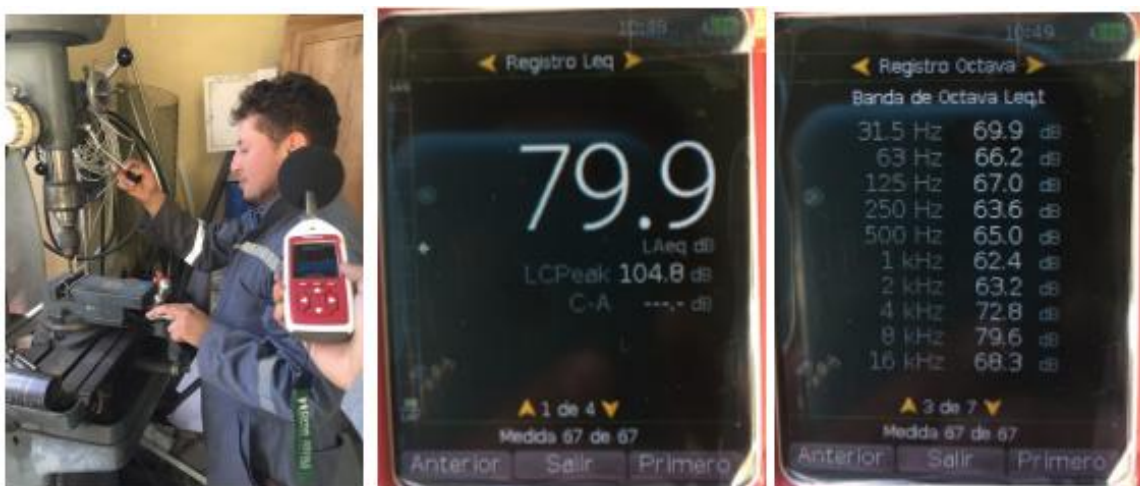


Figura AV.3. Realizar agujeros y cortes de precisión



Figura AV.4. Corte de tubos y ángulos metálicos



Figura AV.5. Afilar, pulir y dar forma a piezas



Figura AV.6. Mecanizado de piezas (torno)



Figura AV.7. Unión de piezas metálicas (soldadura)



Figura AV.8. Pintura de piezas metálicas



Figura AV.9. Limpieza y planificación del trabajo (máquinas apagadas)

ANEXO VI

CÁLCULO DEL NIVEL DE RUIDO EQUIVALENTE DIARIO

Tabla AVI.1. Medición de ruido en el área de diseño

Operación	Tiempo de exposición h	$L_{Aeq,T,m,1}$ dB(A)	$L_{Aeq,T,m,1}$ dB(A)	$L_{Aeq,T,m,3}$ dB(A)	Máxima diferencia entre valores dB(A)
Impresión de piezas 3D	4	57,80	59,60	58,90	2
Planificación del trabajo y diseño de piezas CAD	4	80,80	82,90	83,10	2,30

Tabla AVI.2. Medición de ruido en el área de máquinas

Operación	Tiempo de exposición h	$L_{Aeq,T,m,1}$ dB(A)	$L_{Aeq,T,m,1}$ dB(A)	$L_{Aeq,T,m,3}$ dB(A)	Máxima diferencia entre valores dB(A)
Realizar agujeros y cortes de precisión	0,33	78,80	79	79,90	1,10
Corte de tubos y ángulos metálicos	0,33	90,70	90,90	90,90	0,20
Afilar, pulir y dar forma a piezas	0,33	86,20	86,30	87,10	0,90
Mecanizado de piezas (torno)	2	92,10	92,20	93,50	1,40
Unión de piezas metálicas (soldadura)	0,50	78,80	80,40	81	2,20
Pintura de piezas metálicas.	0,50	85,40	86,10	86,30	0,90
Limpieza y planificación del trabajo	4	56,10	56,10	56,10	0

ANEXO VII
MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN EN LAS DIFERENTES ÁREAS DEL
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE QUITO



Figura AVII.1. Área de ciencias espaciales



Figura AVII.2. Área de difusión



Figura AVII.3. Área de dirección



Figura AVII.4. Área de diseño gráfico

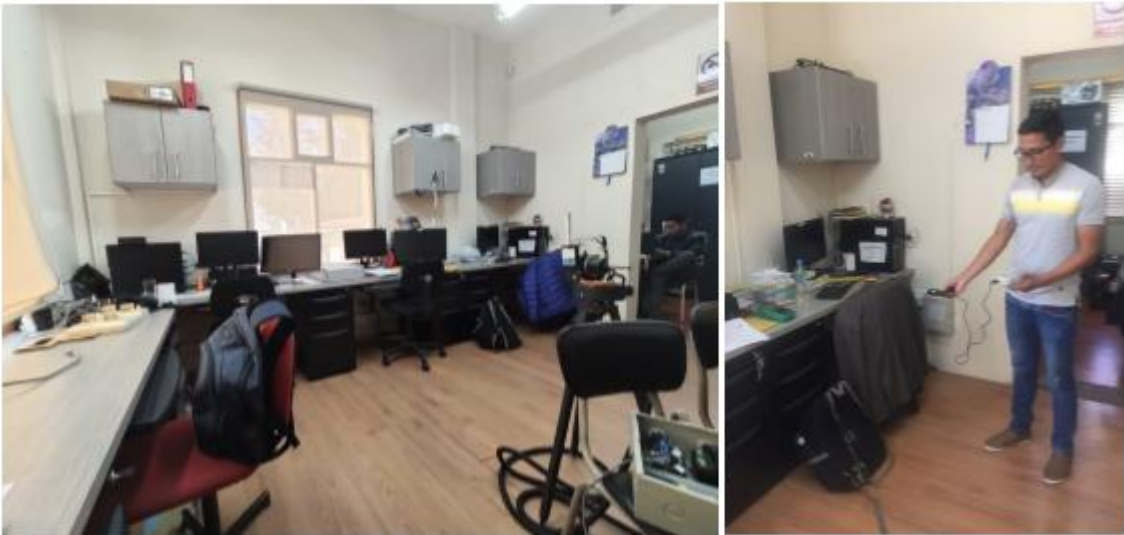


Figura AVII.5. Área de electrónica



Figura AVII.6. Área de laboratorio de electrónica



Figura AVII.7. Área de investigación



Figura AVII.8. Área de meteorología



Figura AVII.9. Área de mecánica



Figura AVII.10. Área de taller de mecánica



Figura AVII.11. Área de museo, recepción



Figura AVII.12. Área de museo, oficina



Figura AVII.13. Área de sala de reuniones



Figura AVII.14. Área de secretaría

ANEXO VIII

CÁLCULO DE LA CONSTANTE DE SALÓN Y EL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Tabla AVIII.1. Constante de salón K y número mínimo de zonas a evaluar

ÁREA DE TRABAJO	DIMENSIONES			Índice de área	Número mínimo de zonas a evaluar
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)		
Ciencias espaciales	2,50	2,50	2,30	0,54	4
Difusión	2,50	2,50	2,30	0,54	4
Dirección	2,50	3,20	2,30	0,61	4
Diseño gráfico	2,50	2,50	2,30	0,54	4
Electrónica	3,60	4,40	1,90	1,00	9
Laboratorio de electrónica	3,60	2,60	1,70	0,89	4
Investigación	4,20	3,20	2,30	0,79	4
Meteorología	2,50	2,50	2,30	0,54	4
Mecánica	2,40	2,90	1,90	0,69	4
Taller de mecánica	4,50	4,90	2,50	0,94	9
Museo recepción	2,00	1,80	4,20	0,23	4
Museo oficina	3,10	3,10	4,50	0,34	4
Sala de reuniones	2,50	3,20	2,30	0,61	4
Secretaria	4,20	3,20	2,30	0,79	4

Tabla AVIII.2. Valor del nivel promedio de iluminación de cada área de trabajo

ÁREA DE TRABAJO	Nivel de iluminación medido (luxes)									Nivel promedio (luxes)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	
Ciencias espaciales	386	458	260	429						383
Difusión	579	551	473	484						522
Dirección	290	314	311	192						277
Diseño gráfico	424	366	443	385						405
Electrónica	253	423	438	355	491	542	279	365	391	393
Laboratorio de electrónica	193	495	303	326						329
Investigación	209	230	365	199	212	492				286
Meteorología	339	384	352	491						392
Mecánica	503	510	513	518						511
Taller de mecánica	610	1871	2030	535	677	612	527	751	455	896
Museo recepción	113	111	85	86						99
Museo oficina	117	246	113	183						165
Sala de reuniones	231	155	226	173						196
Secretaria	110	175	327	136	153	386				215

ANEXO IX

CÁLCULO DEL FACTOR DE REFLEXIÓN DEL PLANO DE TRABAJO

Tabla AIX.1. Cálculo del factor de reflexión del plano de trabajo

ÁREA DE TRABAJO	CÓDIGO	E_1 (luxes)	E_2 (luxes)	Factor de reflexión K_f
Difusión	DD.P.F	179	606	30 %
Dirección	D.E.L	102	438	23 %
Diseño gráfico	DD.E.C	137	619	22 %
Electrónica	E.D.M	145	674	22 %
	E.G.F	84	449	19 %
	E.H.LL	154	841	18 %
	E.S.S	98	423	23 %
Investigación	I.D.V	91	372	24 %
	I.D.Q	79	372	21 %
	I.F.A	48	326	15 %
	I.J.A	48	326	15 %
	I.P.S	155	507	31 %
Meteorología	MT.Y.H	186	773	24 %
Mecánica	MC.D.B	38	520	7 %
Museo	M.D.J	34	191	18 %
	M.F.C	27	238	11 %
	M.F.P	42	135	31 %
	M.M.R	10	88	11 %
Secretaria	S.C.C	35	170	21 %

ANEXO X
MÉTODO RULA, EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL TEST DE CARGA POSTURAL



Figura AX.1. Vistas del colaborador en su puesto de trabajo

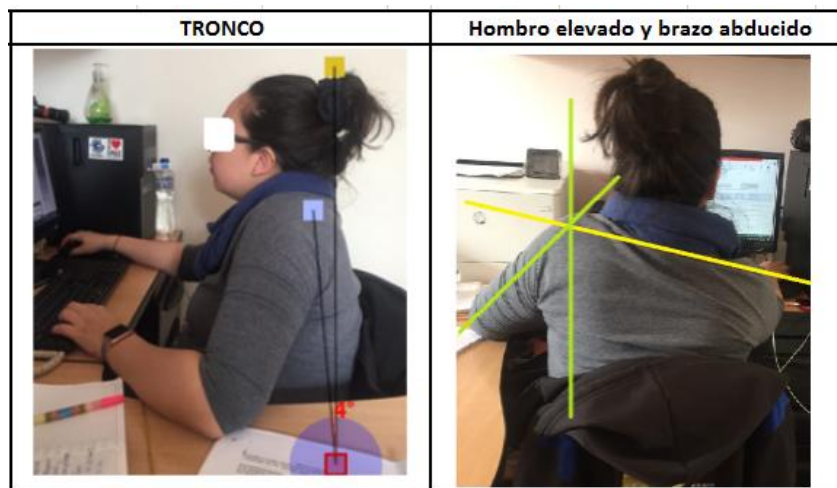
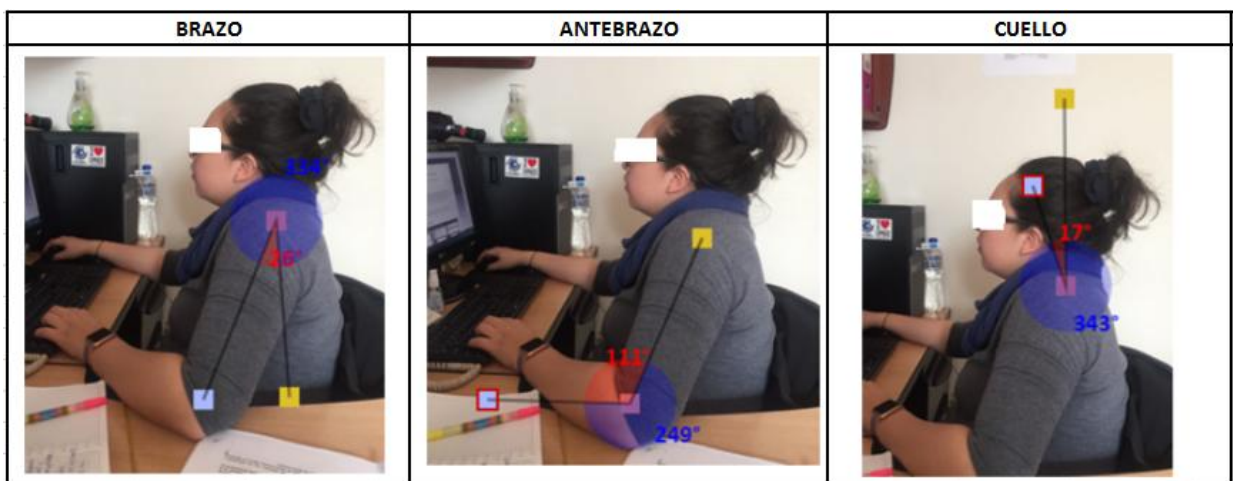


Figura AX.2. Detalle de ángulos de interés

HOJA DE CAMPO

A. Análisis del brazo, antebrazo y muñeca

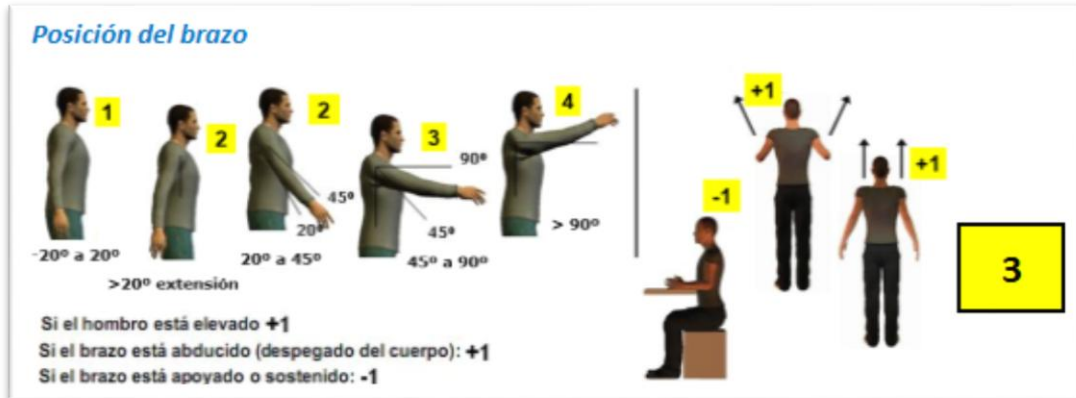


Figura AX.3. Puntuación de la posición del brazo



Figura AX.4. Puntuación de la posición del antebrazo

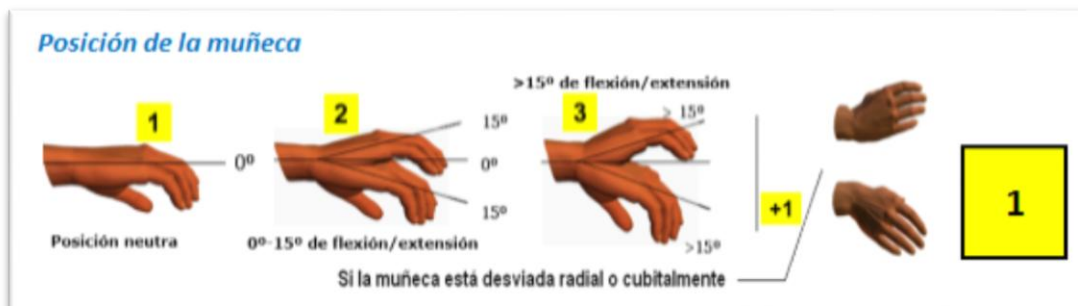


Figura AX.5. Puntuación de la posición de la muñeca

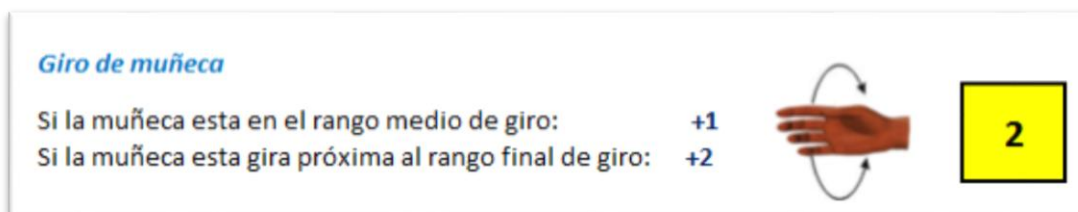


Figura AX.6. Puntuación del giro de la muñeca

<i>Actividad muscular</i>		
Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración):	0	1
Si la postura es principalmente estática (agarres superiores a 1 min.) o si sucede repetidamente la acción (4 veces/min. O más):	+1	

Figura AX.7. Puntuación de la actividad muscular

<i>Puntuación de carga/fuerza.</i>		
Cargas o esfuerzos < 2Kg, intermitentemente:	0	0
Si es de 2 a 10 Kg. Intermitentemente:	+1	
Si es de 2 a 10 Kg. Estática o repetidamente:	+2	
Si es una carga >10Kg. Ó vibrante ó súbita:	+3	

Figura AX.8. Puntuación de la carga/fuerza

B. Análisis del cuello, tronco y piernas

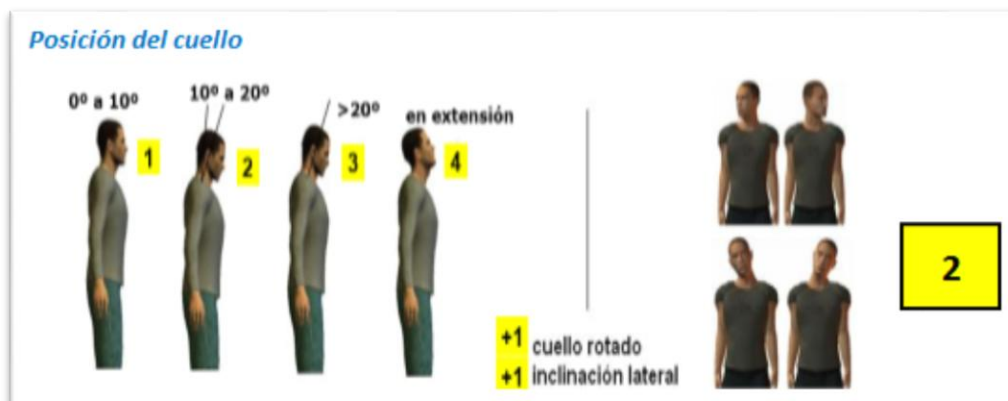


Figura AX.9. Puntuación de la posición del cuello

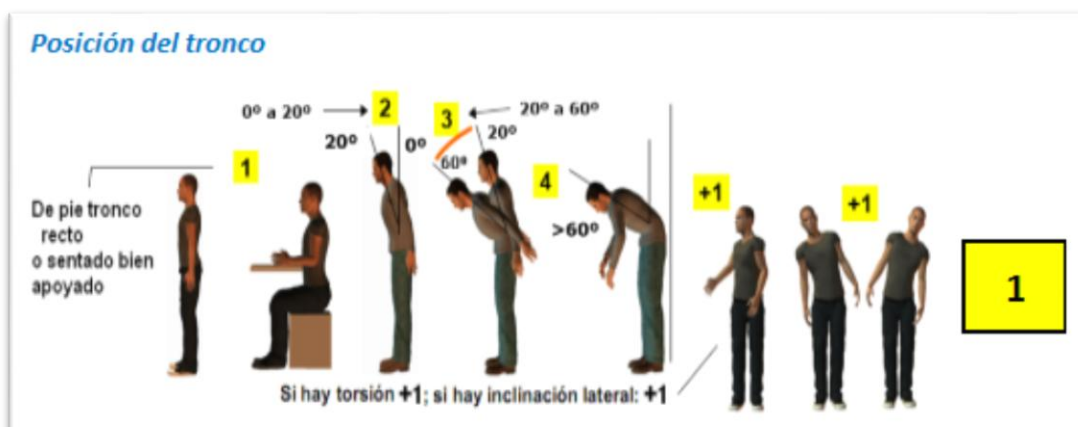


Figura AX.10. Puntuación de la posición del tronco

Posición de piernas

Sentado, con pies y piernas bien apoyados o de pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición: **1**

Si los pies no están apoyados, o si el peso no está simétricamente distribuido: **2**

Figura AX.11. Puntuación de la posición de las piernas

Actividad muscular

Actividad dinámica (ocasional, poco frecuente y de corta duración): **0**

Si la postura es principalmente estática o si sucede repetidamente la acción (4 veces/min o más): **+1**

Figura AX.12. Puntuación de la actividad muscular

Puntuación de carga/fuerza.

Cargas o esfuerzos < 2Kg, intermitentemente: **0**

Si es de 2 a 10 Kg. Intermitentemente: **+1**

Si es de 2 a 10 Kg. Estática o repetidamente: **+2**

Si es una carga >10Kg. Ó vibrante ó súbita: **+3**

Figura AX.13. Puntuación de la carga/fuerza

Grupo A: análisis de brazo, antebrazo y muñecas.

Grupo B: análisis de cuello, tronco y piernas.

Puntuación del brazo	3
Puntuación del antebrazo	1
Puntuación de la muñeca	1
Puntuación giro de la muñeca	2
Puntuación en Tabla "A"	3
Puntuación actividad muscular	1
Puntuación de carga/fuerza	0
Puntuación C	4

Puntuación del cuello	2
Puntuación del tronco	1
Puntuación de piernas	1
Puntuación en Tabla "B"	2
Puntuación actividad muscular	1
Puntuación de carga/fuerza	0
Puntuación D	3

PUNTUACIÓN TABLA "A"

BRAZO	ANTEBRAZO	MUÑECA							
		1		2		3		4	
		Giro m	Giro m	Giro m	Giro m	Giro m	Giro m	Giro m	Giro m
1	1	1 2	1 2	2 2	2 2	2 3	3 3	3 3	3 3
	2	2 2	2 2	2 2	3 3	3 3	3 3	3 3	
	3	2 3	3 3	3 3	3 3	4 4	4 4	4 4	
2	1	2 3	3 3	3 3	3 4	4 4	4 4	4 4	
	2	3 3	3 3	3 3	3 4	4 4	4 4	4 4	
	3	3 3	4 4	4 4	4 4	5 5	5 5	5 5	
3	1	3 3	4 4	4 4	4 4	5 5	5 5	5 5	
	2	3 4	4 4	4 4	4 4	5 5	5 5	5 5	
	3	4 4	4 4	4 4	4 5	5 5	5 5	5 5	
4	1	4 4	4 4	4 4	5 5	5 5	5 5	5 5	
	2	4 4	4 4	4 5	5 5	5 5	5 5	5 5	
	3	4 4	4 4	4 5	5 5	5 5	6 6	6 6	
5	1	5 5	5 5	5 5	5 6	6 6	6 7	7 7	
	2	5 6	6 6	6 6	6 7	7 7	7 7	7 7	
	3	6 6	6 7	7 7	7 7	7 7	7 8	8 8	
6	1	7 7	7 7	7 7	7 8	8 8	8 9	9 9	
	2	8 8	8 8	8 8	8 9	9 9	9 9	9 9	
	3	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	

PUNTUACIÓN TABLA "B"

CUELLO	TRONCO											
	1		2		3		4		5		6	
	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	Piernas	
1	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2	1 2
2	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3
3	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4	3 4
4	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5	4 5
5	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6	5 6
6	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7	6 7

PUNTUACIÓN FINAL

	Puntuación D							Puntuación C
	1	2	3	4	5	6	7+	
1	1	2	3	3	4	5	5	P u n t u a c i ó n C
2	2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	3	4	5	6	6	
5	4	4	4	5	6	7	7	
6	4	4	5	6	6	7	7	
7	5	5	6	6	7	7	7	
8+	5	5	6	7	7	7	7	

NIVEL DE RIESGO Y ACTUACIÓN:	
Puntuación final Rula	3
Nivel de riesgo	2
Actuación	Pueden requerirse cambios en la tarea es conveniente profundizar en el

Figura AX.14. Cálculo del nivel de riesgo y actuación

ANEXO XI

ATENUACIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO E-A-R ULTRAFIT 14

Tabla AXI.1. Resultados de la atenuación del protector auditivo

REALIZAR AGUJEROS Y CORTES DE PRECISIÓN									
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	TOTAL
L_f (dB)	66,2	67	63,6	65	62,4	63,2	72,8	79,6	81
Ponderación A (dB)	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L_{Aeq} [dB(A)]	40,2	51	54,6	62	62,4	64,2	73,8	78,6	80
Protección prevista (dB)	-0,9	-1	-2,6	-5,3	-16,1	-24,7	-28	-26	
L'_{Aeq} [dB(A)]	39	50	52	57	46	40	46	53	60
CORTE DE TUBOS Y ÁNGULOS METÁLICOS									
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	TOTAL
L_f (dB)	69,1	60,4	70,7	82,6	81,6	82,7	84,6	87,5	91
Ponderación A (dB)	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L_{Aeq} [dB(A)]	43,1	44,4	61,7	79,6	81,6	83,7	85,6	86,5	91
Protección prevista (dB)	-0,9	-1	-2,6	-5,3	-16,1	-24,7	-28	-26	
L'_{Aeq} [dB(A)]	42	43	59	74	66	59	58	61	75
AFILAR, PULIR Y DAR FORMA A PIEZAS									
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	TOTAL
L_f (dB)	66,8	62,2	68,5	71,7	67,8	65,6	82,2	85,9	88
Ponderación A (dB)	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L_{Aeq} [dB(A)]	40,8	46,2	59,5	68,7	67,8	66,6	83,2	84,9	87
Protección prevista (dB)	-0,9	-1	-2,6	-5,3	-16,1	-24,7	-28	-26	
L'_{Aeq} [dB(A)]	40	45	57	63	52	42	55	59	66
UNIÓN DE PIEZAS METÁLICAS (SOLDADURA)									
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	TOTAL
L_f (dB)	73,4	61,7	61,9	64,2	67,6	72,8	76,9	76,2	82
Ponderación A (dB)	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L_{Aeq} [dB(A)]	47,4	45,7	52,9	61,2	67,6	73,8	77,9	75,2	81
Protección prevista (dB)	-0,9	-1	-2,6	-5,3	-16,1	-24,7	-28	-26	
L'_{Aeq} [dB(A)]	47	45	50	56	52	49	50	49	60
PINTURA DE PIEZAS METÁLICAS									
Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	TOTAL
L_f (dB)	78,1	72,1	77,3	85,1	80,2	76,2	78,9	75,1	89
Ponderación A (dB)	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	
L_{Aeq} [dB(A)]	52,1	56,1	68,3	82,1	80,2	77,2	79,9	74,1	87
Protección prevista (dB)	-0,9	-1	-2,6	-5,3	-16,1	-24,7	-28	-26	
L'_{Aeq} [dB(A)]	51	55	66	77	64	53	52	48	77

ANEXO XII

MODELO DE FORMATO DE CONTROL PARA EL REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Tabla AXII.1. Registro de mantenimiento diario de maquinas y equipos

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE QUITO				
REGISTRO DE MANTENIMIENTO DIARIO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE LA UNIDAD DE MECÁNICA				
Fecha	Detalle de máquina o equipo	Responsable	Avería o defecto encontrado	Observación.

Tabla AXII.2. Registro de mantenimiento preventivo de maquinas y equipos

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE QUITO					
REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS DE LA UNIDAD DE MECÁNICA					
Detalle de máquina o equipo					
Responsable					
FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO					
Fecha	Firma	Observación	Fecha	Firma	Observación

ANEXO XIII

PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y CAMBIO DE LUMINARIAS

Objetivo

Garantizar el correcto funcionamiento del sistema de iluminación del Observatorio Astronómico de Quito.

Alcance

Mantener las instalaciones en condiciones adecuadas con un nivel de iluminación óptimo de acuerdo a los niveles mínimos establecidos en la normativa utilizada.

Responsables

Jefe de la unidad de ingenierías. Organizar y planificar las actividades relacionadas con el mantenimiento y limpieza del sistema de iluminación.

Grupo de trabajo. Responsables de la realización del mantenimiento y limpieza.

Procedimiento para cambio y limpieza de luminarias

- Inspeccionar el lugar de trabajo y verificar las condiciones del sistema de iluminación.
- Desconectar la energía eléctrica.
- Delimitar y señalizar el área de trabajo.
- En caso de estar prendidas las luminarias, esperar que éstas se enfríen para poder manipularlas.
- Desmontar la luminaria defectuosa
- Limpiar los componentes de la lámpara
- Verificar el estado de las conexiones eléctricas
- Proceder a montar la nueva luminaria

Procedimiento para limpieza de persianas y ventanas

- Retirar la suciedad de los marcos con una brocha.
- Para persianas de PVC, lavar con una esponja con agua y detergente.

- Retirar las persianas para poder limpiar los vidrios.
- Utilizar mascarilla para protegerse del polvo acumulado en las ventanas.
- Limpiar los cristales con un paño y líquido para limpiar de vidrio.
- Se puede preparar con agua y vinagre para limpiar los cristales.
- Enjuagar las ventanas con agua y un paño limpio.
- Secar las ventanas con papel periódico o un paño limpio y seco.
- Limpiar los rieles y rodaduras de las persianas y ventanas.

A continuación, se detallan los formatos de registro para el mantenimiento y la limpieza del sistema de iluminación.

Tabla AXIII.1. Registro de mantenimiento y limpieza del sistema de iluminación

OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE QUITO				
REGISTRO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN				
Detalle del área de trabajo				
Responsable				
ACCIONES REALIZADAS				
Fecha	Reemplazo de luminaria		Limpieza de luminarias	Observación
	Nº Lum.	Tipo Lum.		

Tabla AXIII.2. Registro de limpieza de ventanas y persianas

OBSERVATORIO ASTRONOMICO DE QUITO				
REGISTRO DE LIMPIEZA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN				
Detalle del área de trabajo				
Responsable				
ACCIONES REALIZADAS				
Fecha	Limpieza de ventanas	Limpieza de persianas	Observación	

ANEXO XIV

REDISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN DIALUX

A continuación, se detallan los pasos a seguir para el rediseño del sistema de distribución de iluminación para el área de investigación, dirección, secretaria y sala de reuniones en el programa DIALux.

1. Al iniciar el software DIALux se desplegará una ventana inicial, se elige la opción “Importación de plano o IFC”, lo cual permite utilizar planos en 2D de AutoCAD lo que facilitará el diseño en 3D de cada área de trabajo.

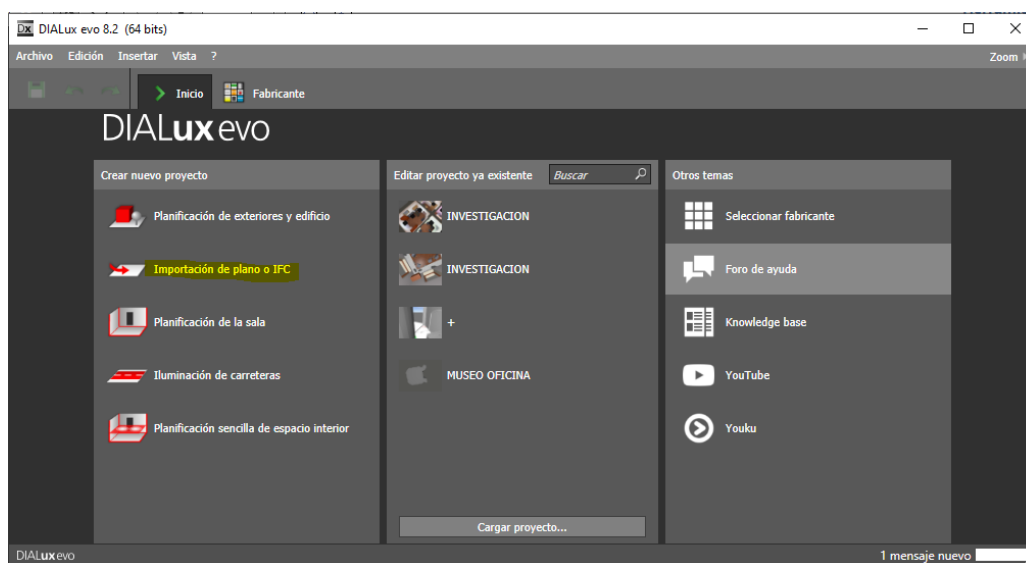


Figura AXIV.1. Pantalla inicial para crear nuevo proyecto en DIALux

2. Se selecciona el archivo en formato JPG que se desea dibujar, para lo cual se guarda el plano en 2D de AutoCAD en PDF para luego convertirlo a JPG. Se configura el origen, orientación y escala del plano de trabajo.

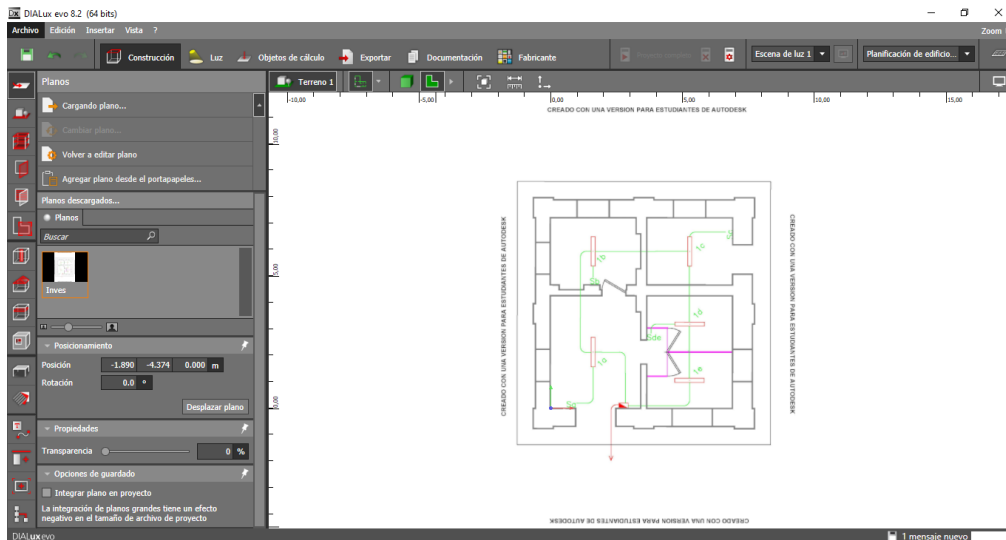


Figura AXIV.2. Plano de la Unidad de Investigación en formato JPG

3. Se elige la opción “Terreno” y se procede con el dibujo del nuevo edificio, para lo cual se delinea el contorno del plano y de cada una de las áreas de trabajo. En esta sección se define la altura del edificio, el espesor del suelo y se tiene un primer diseño en 3D.

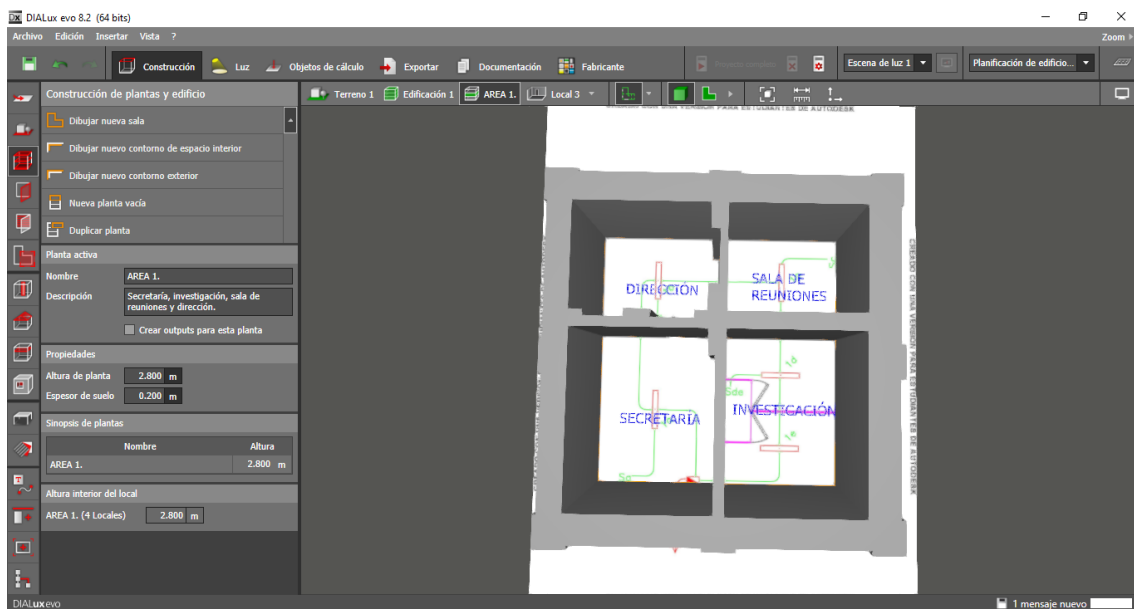


Figura AXIV.3. Diseño del contorno y plano de trabajo

4. El siguiente paso es insertar puertas, ventanas y aberturas en nuestro diseño, para lo cual se elige la opción “Aberturas de edificio”, allí encontraremos varios diseños en función de las necesidades del usuario y con la posibilidad de modificar las dimensiones de las aberturas.

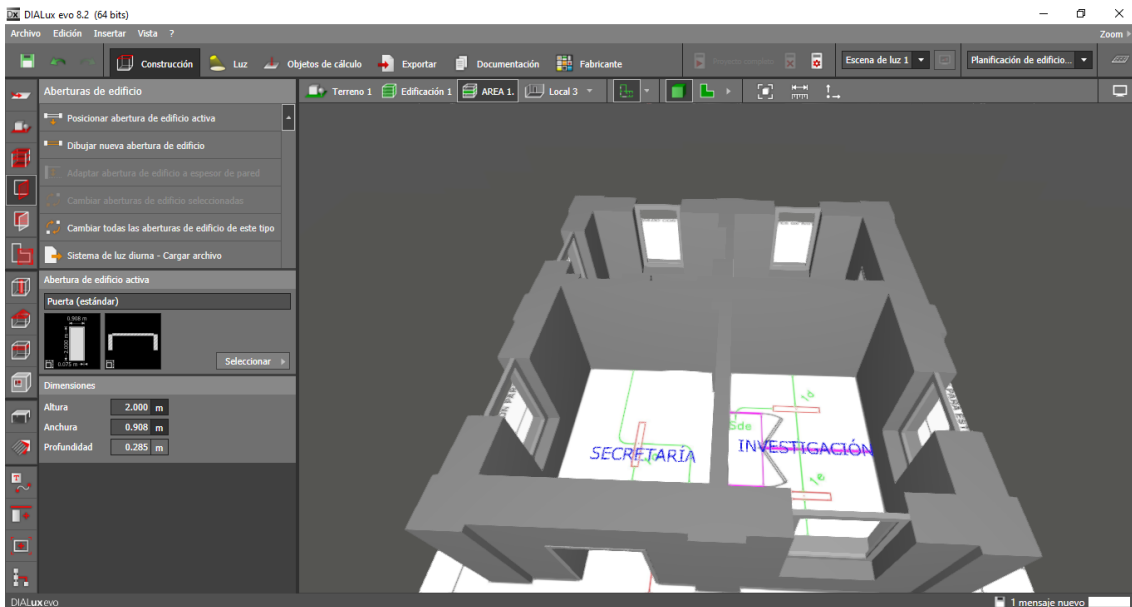


Figura AXIV.4. Diseño de las aberturas del edificio

5. La opción “Áreas” permite asignar el nivel mínimo de iluminación en luxes para cada área en función de la tarea visual del puesto de trabajo y en relación con la normativa mexicana NOM-025-STPS-2008. Como ejemplo se tomará el caso de Secretaría, la cual se asignó como área de oficina con una intensidad lumínica mínima de 300 lux.

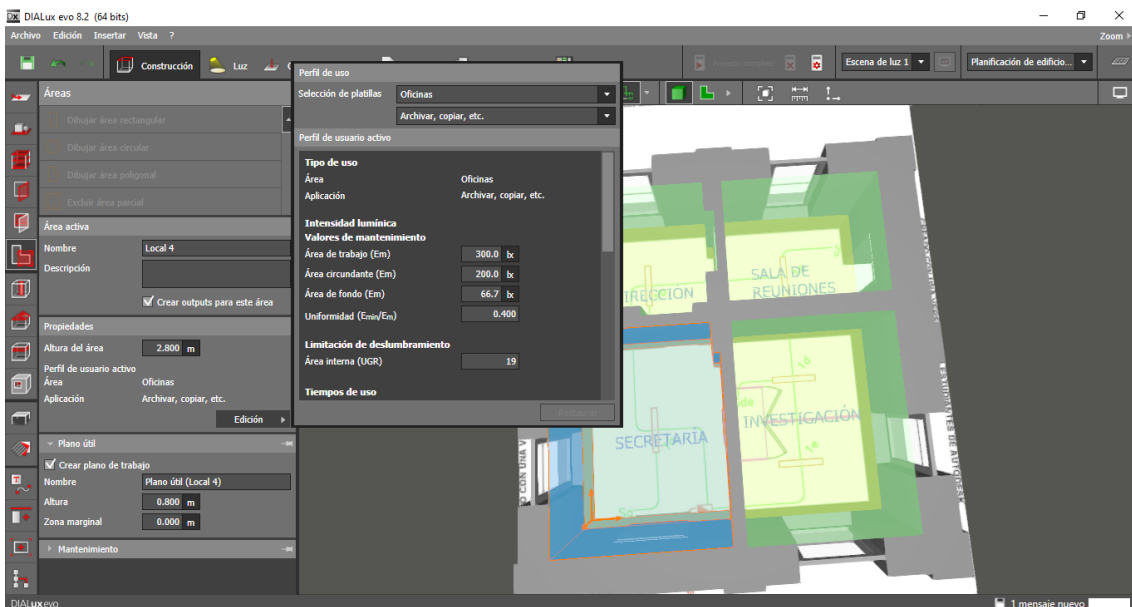


Figura AXIV.5. Asignación del nivel mínimo de iluminación del área de trabajo

6. Se procede a ubicar los accesorios de la oficina como mesas, sillas, computadoras, etc., a través de la opción “Muebles y objetos”. DIALux

cuenta con un catálogo variado de muebles de oficina, hogar, sanitarios, entre otros, de igual manera se pueden modificar las dimensiones de los objetos según los requerimientos.

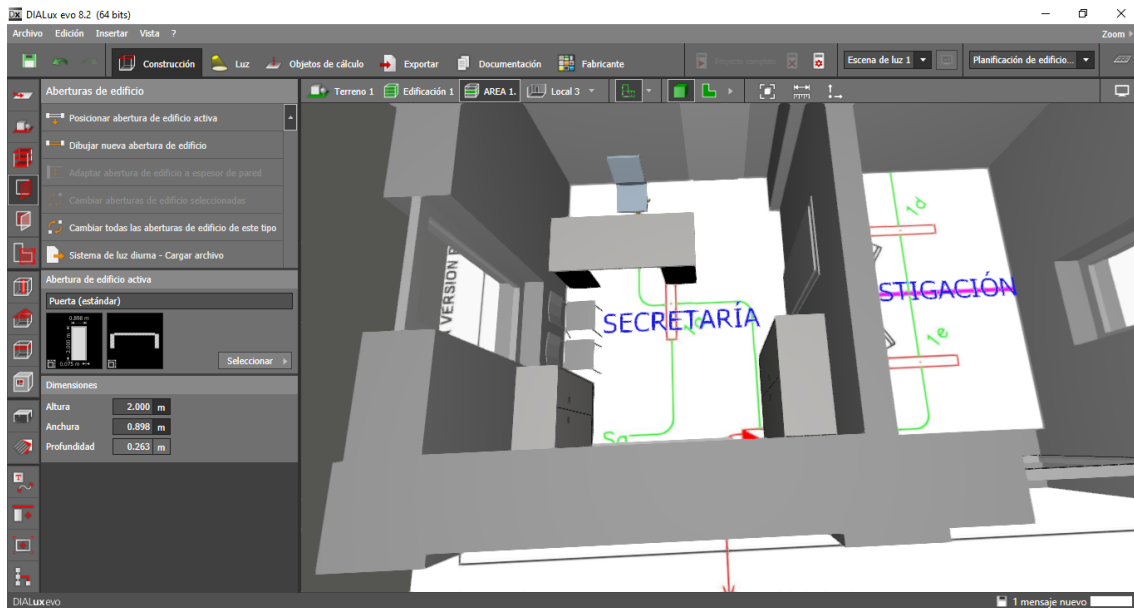


Figura AXIV.6. Distribución del mobiliario de oficina

7. Para terminar con el diseño 3D del área de trabajo, se asignan colores y texturas a paredes, pisos, muebles y objetos, para lo cual se selecciona la opción "Materiales". DIALux ofrece dos catálogos muy amplios de materiales y colores tanto para exteriores como para interiores y permite modificar las propiedades de reflexión y reflejo de acuerdo con las necesidades de diseño.

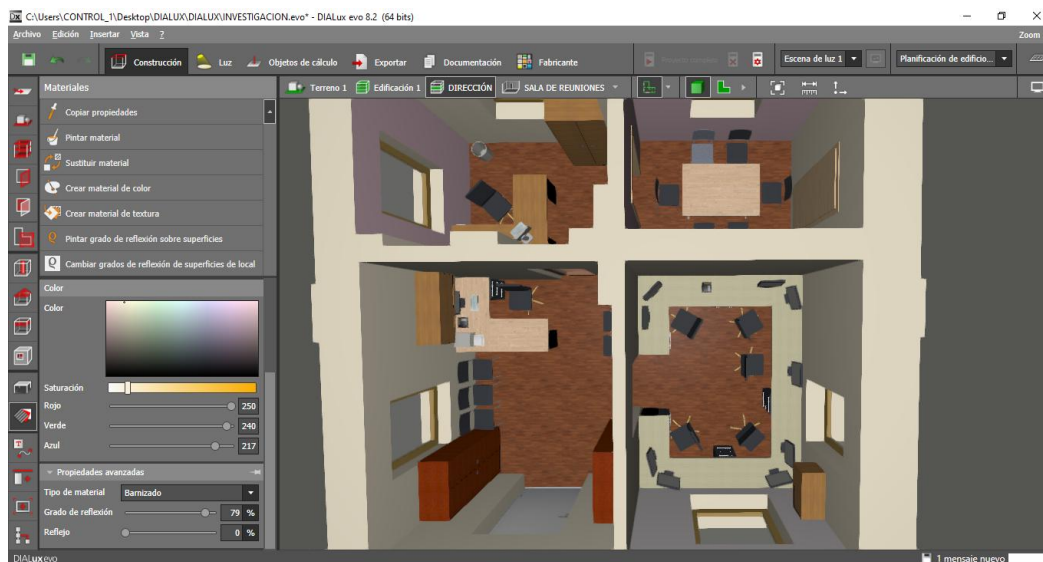


Figura AXIV.7. Asignación de texturas y coles al edificio

8. Posteriormente, se elige el menú “Luz”, este menú permite diseñar el sistema de distribución de iluminación. DIALux permite trabajar con muchísimos fabricantes, para el caso de estudio se utilizó luminarias que se puedan encontrar en el mercado nacional con facilidad. Para elegir el tipo de luminaria a utilizar se consideran varios factores como eficacia, costo, vida media y aplicación. En la siguiente tabla se muestra un cuadro comparativo que permitirá determinar el tipo de luminaria que se utilizará para el área de secretaria donde se realizan trabajos de oficina.

Tabla AXIV.1. Cuadro comparativo de tipos de luminarias

tipo de lámpara	Costo	eficacia luminosa	Vida útil (horas)	Aplicación
Incandescente	Bajo	Baja	1 000 – 5 000	General Decorativo
Halógena	Medio	Baja	6 000 – 10 000	Decorativo
Fluorescente Blanca-fría	Medio	Medio	10 000 – 20 000	General
Led	Medio-alto	Alta	50 000 – 100 000	General Decorativo

Para las áreas antes mencionadas, se ha seleccionado una luminaria para interiores con montaje en techo tipo LED de la marca SYLVABIA, modelo Start Flat Panel LED. Se eligió luminarias tipo LED debido a su mayor vida media, eficacia y ahorro energético que presenta este tipo de luminaria. Para importar a DIALux la luminaria a utilizar ingresamos a la página web <https://lumsearch.com/es>. LUMsearch contiene un amplio catálogo de luminarias de distintos fabricantes en función del tipo de montaje, aplicación, fuente de luz y otras características que permitirán encontrar la luminaria que mejor se ajuste a nuestras necesidades.



Figura AXIV.8. Ventana de búsqueda de LUMsearch

9. Seleccionada la luminaria se procedió a ubicarlas en el área de trabajo, para esto DIALux ofrece la opción “Disposición automática para áreas”, que permite distribuir automáticamente las luminarias sobre el área seleccionada.

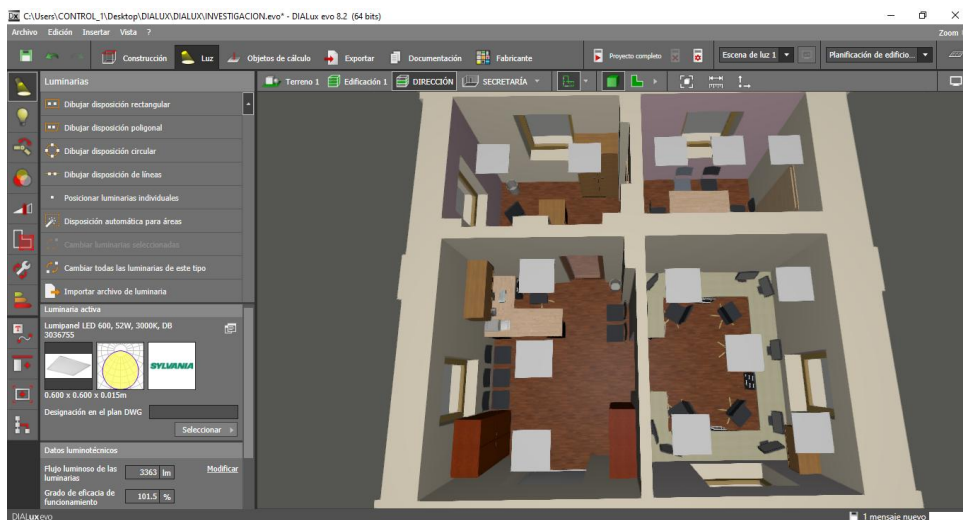


Figura AXIV.9. Disposición de luminarias para cada área de trabajo

ANEXO XV

RESULTADOS DE ILUMINACIÓN Y HOJA DE DATOS DE LUMINARIAS UTILIZADAS

A continuación, se presenta las vistas 3D de las áreas analizadas y los resultados obtenidos de los cálculos de iluminación desarrollados en DIALux. También se detalla las hojas de datos de las luminarias utilizadas para la simulación.

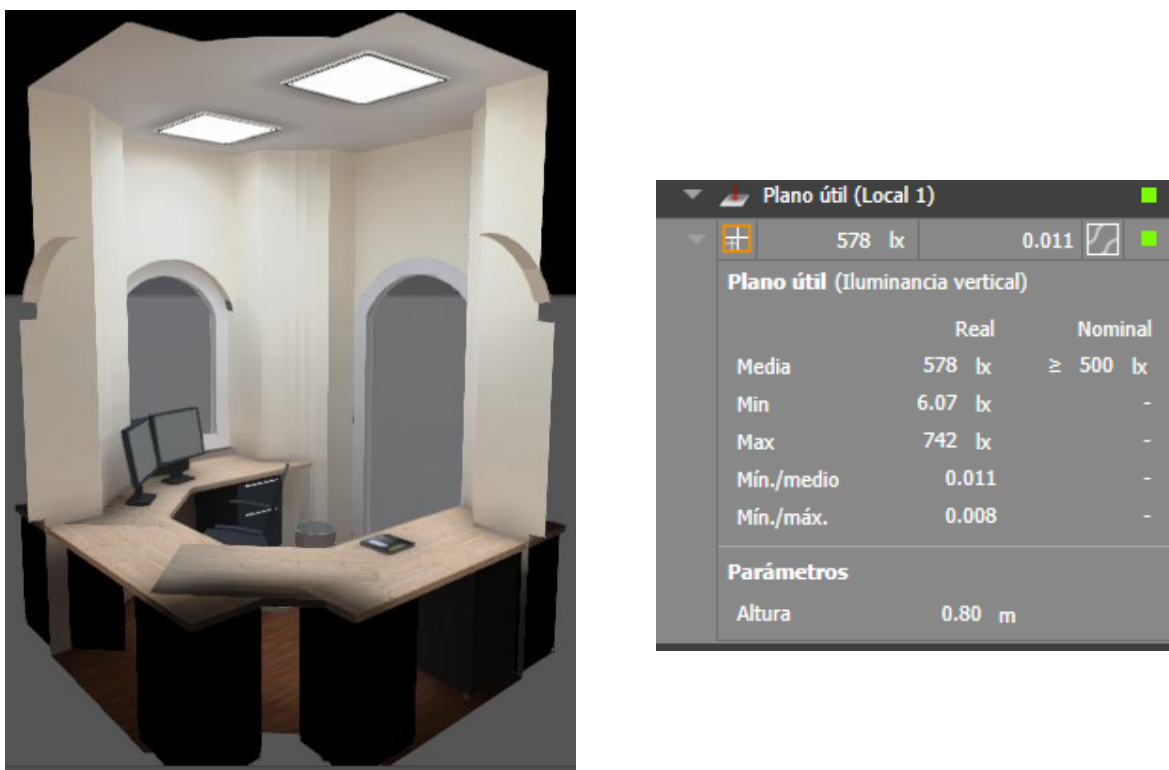
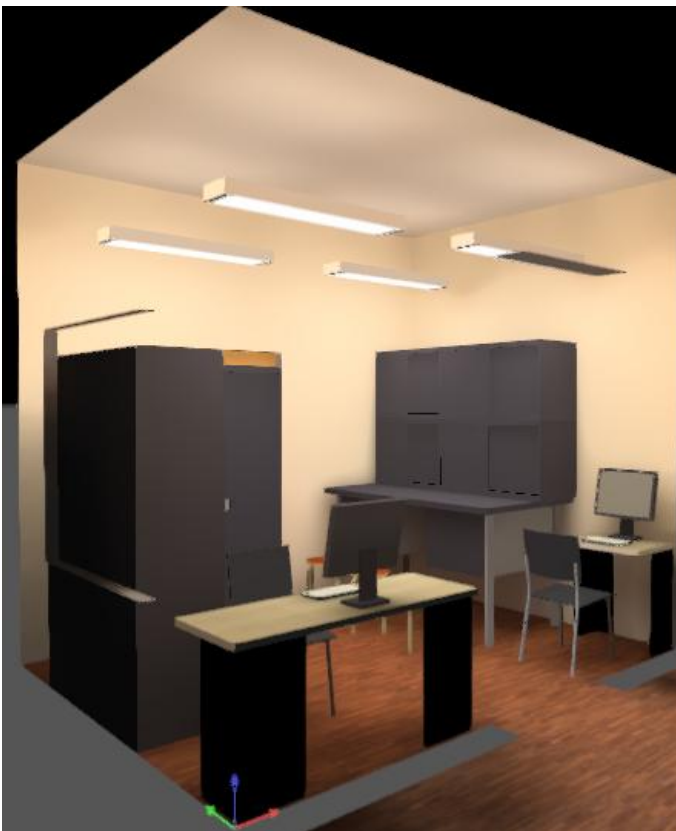


Figura AXV.1. Área de diseño gráfico y ciencias espaciales



Plano útil (DISEÑO E INVESTIGACION)		
	529 lx	0.26
Plano útil (Iluminancia vertical)		
	Real	Nominal
Media	529 lx	≥ 500 lx
Min	138 lx	-
Max	719 lx	-
Mín./medio	0.26	-
Mín./máx.	0.19	-
Parámetros		
Altura	0.80 m	

Figura AXV.2. Área de electrónica



Plano útil (LABORATORIO)		
	520 lx	0.000
Plano útil (Iluminancia vertical)		
	Real	Nominal
Media	520 lx	≥ 500 lx
Min	0.20 lx	-
Max	845 lx	-
Mín./medio	0.000	-
Mín./máx.	0.000	-
Parámetros		
Altura	1.00 m	

Figura AXV.3. Área de laboratorio de electrónica

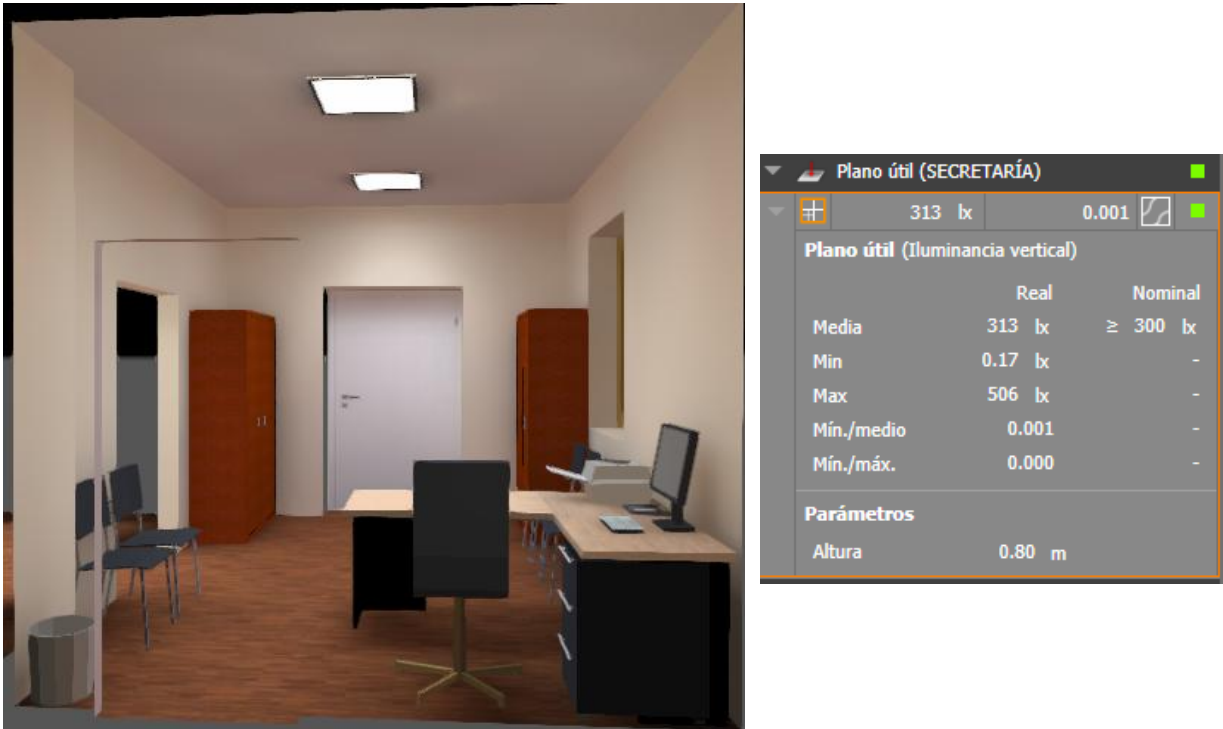


Figura AXV.4. Área de secretaría



Figura AXV.5. Área de dirección



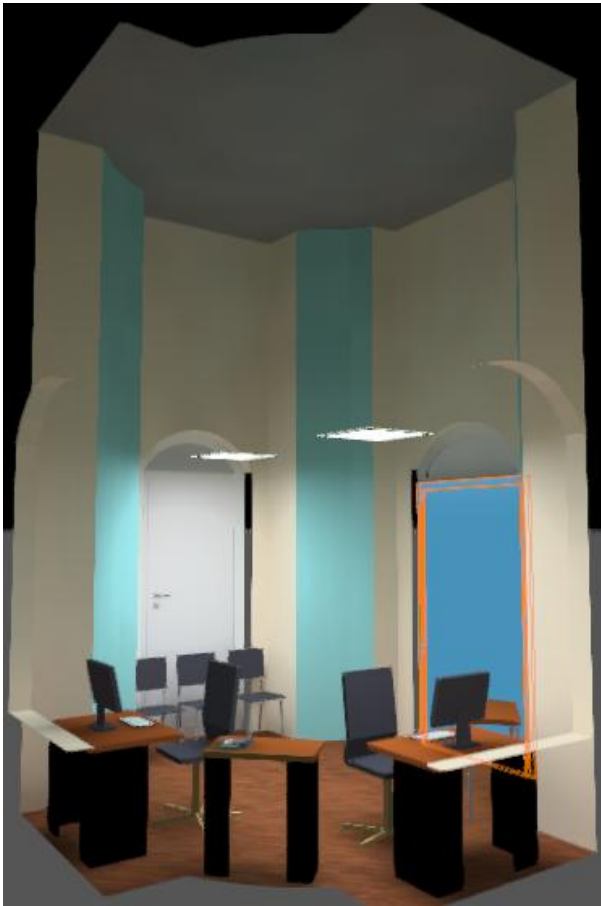
Plano útil (SALA DE REUNIONES)		
	462 lx	0.63
Plano útil (Iluminancia vertical)		
	Real	Nominal
Media	462 lx	≥ 300 lx
Min	289 lx	-
Max	619 lx	-
Mín./medio	0.63	-
Mín./máx.	0.47	-
Parámetros		
Altura	0.80 m	

Figura AXV.6. Área de sala de reuniones



Plano útil (INVESTIGACIÓN)		
	568 lx	0.24
Plano útil (Iluminancia vertical)		
	Real	Nominal
Media	568 lx	≥ 500 lx
Min	135 lx	-
Max	756 lx	-
Mín./medio	0.24	-
Mín./máx.	0.18	-
Parámetros		
Altura	0.80 m	

Figura AXV.7. Área de investigación



Plano útil (MUSEO OFICINA)		
	339 lx	0.14
Plano útil (Iluminancia vertical)		
	Real	Nominal
Media	339 lx	≥ 300 lx
Min	46.4 lx	-
Max	525 lx	-
Mín./medio	0.14	-
Mín./máx.	0.088	-
Parámetros		
Altura	0.80 m	

Figura AXV.8. Área de museo, oficina




Plano útil (RECEPCION)		
	400 lx	0.000
Plano útil (Iluminancia vertical)		
	Real	Nominal
Media	400 lx	≥ 300 lx
Min	0.11 lx	-
Max	1170 lx	-
Mín./medio	0.000	-
Mín./máx.	0.000	-
Parámetros		
Altura	0.80 m	

Figura AXV.9. Área de museo, recepción

SYLVANIA

LED Panel

**LED PANEL SQ 40W DL 100-277V
P27913**




Luminaria tipo Panel LED de alta eficacia con diseño ultradelgado y driver independiente. Montaje de incrustar en cielo raso. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y de mantenimiento.


CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno con fuente de iluminación lateral basada en LED SMD y difusor opalizado
Ultra delgado y liviano con disipador de calor integrado
Instalación incrustado o recesado en marco (marco no incluido) o colgado.
Opción de instalación colgante (guayas y accesorios no incluidos)


APLICACIONES

Adecuado para aplicaciones de iluminación interior
Iluminación general en oficinas e instalaciones educativas
Iluminación general en comercio y consultorios







10 años
de vida
(Uso 8 horas al día)



Tecnología
Amigable
con el medio ambiente



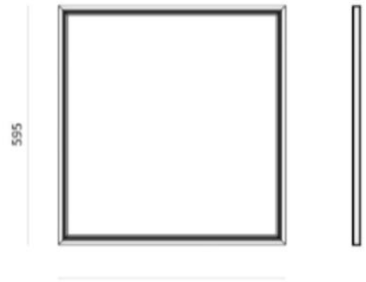
Ultra
Delgado



ENCENDIDO
INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	40 W
Flujo luminoso	3200 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	100-277 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	110°	Dimensiones (LxWxH)	595x595x10 mm	Corriente de entrada	0.333 A @ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Incrustar	Factor de potencia	>0.9
Reproducción de color (IRC)	80	Chasis	Aluminio	Distorsión armónica (THD)	<20%
Vida útil	30000 h L70	Óptica	Difusor PMMA	Tipo de driver	Independiente CC
Eficacia	80 lm/W	Temperatura de operación Ta	-10°C ~ +40°C	Atenuable	NO

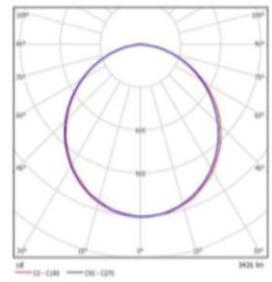
DIMENSIONES



595

10.5

FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 06/19.

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparado con productos tradicionales. Libre de mercurio.


by FEILO SYLVANIA

Figura AXV.10. Hoja de datos de la luminaria Start Flat Panel LED

SYLVANIA

Luminarias LED Lineal

LED LINEAL REJILLA 2x18W T8 DL
P27436




Luminaria lineal con tubo LED T8 2X18W en policarbonato, distribución de luz homogénea sin sombras, proporciona un sistema de iluminación limpio y sencillo.


CARACTERÍSTICAS

Diseño moderno y compacto
Fácil instalación


APLICACIONES

Iluminación comercial
Iluminación residencial






>6 años de vida
(Uso 8 horas al día)



Tecnología Amigable
con el medio ambiente


Ultra Delgado



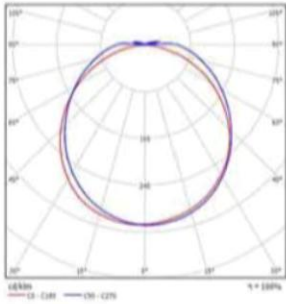
ENCENDIDO INSTANTANEO

DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500 K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	36 W
Flujo luminoso	3200 lm	Grado de protección IP	IP20	Tensión de operación	100-240 V 50/60 Hz
Ángulo de apertura	160°	Dimensiones (LxWxD)	1233x125x45 mm	Corriente de entrada	0.3 A@ 120 V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo de montaje	Sobreponer	Factor de potencia	>0.5
Reproducción de color (IRC)	>70	Chasis	Aluminio+PC+Iron	Distorsión armónica (THD)	<20%
Vida útil	20000 h L70	Óptica	Rejilla	Tipo de driver	N/A
Eficiencia	89 lm/W	Temperatura de operación Ta	-20 °C ~ +40 °C	Atenuable	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA



Las características de los productos pueden ser modificadas sin previo aviso según la evolución de la tecnología LED. 08/17

Producto Ecológico: Permite ahorrar energía comparada con productos tradicionales. Libre de mercurio.

by **FEILO SYLVANIA**

Figura AXV.11. Hoja de datos de la luminaria LED lineal de rejilla

Hoja de dato de productos

13W 2700K CRI90 17D
LXFA640
RIO




6W LED spot light module, LED Linear Lighting System, with Luminus CXM-4 Gen 4 chip, CCT: 2700K, CRI90, 17D, RIO 100-240v 350mA driver

Emisión de luz 1 (integrada)



Tipo de lámpara	LED	CCT	2952 K
Potencia nominal de lámpara	15 W	CRI	90
Flujo total	1127 lm	LOR	100 %
Eficiencia luminosa	75 lm/W	Potencia total	15 W

Tipo de Montaje	Eléctrico
Montaje en techo, Pendular	Potencia: 15 W
Forma y medidas	Protección
Altura ajustable: 300 mm	IP: 20
Diámetro: 40 mm	

Figura AXV.12. Hoja de datos de la luminaria pendular 13W-RIO

ANEXO XVI
GUIA DE EJERCICIOS DE ESTIRAMIENTO Y DE RELAJACIÓN
MUSCULAR

Ejercicio 1. Subir y bajar los hombros con los brazos caídos.

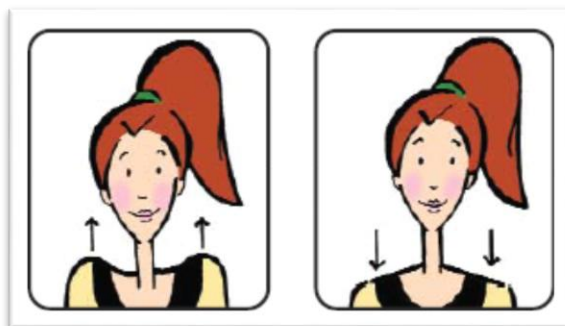


Figura AXVI.1. Ejercicios para relajar los hombros.

Ejercicio 2. Girar lentamente la cabeza de izquierda a derecha.

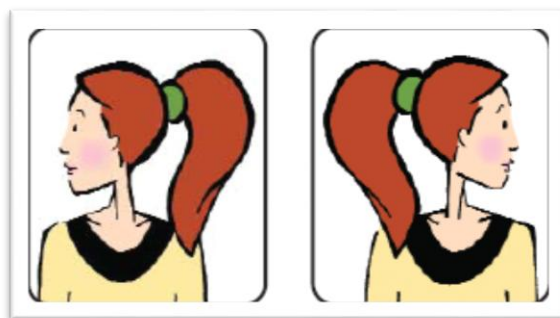


Figura AXVI.2. Ejercicio uno para relajar el cuello.

Ejercicio 3. Colocar los brazos a la altura del pecho y dirigirlos hacia atrás.

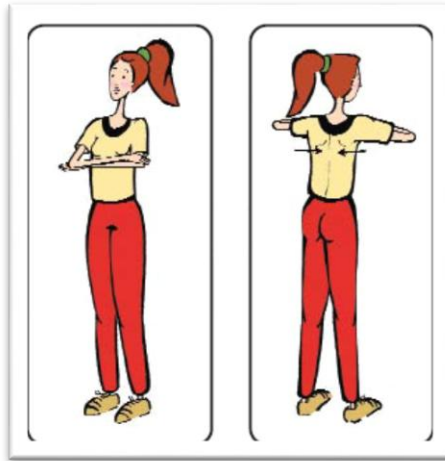


Figura AXVI.3. Ejercicio para relajar la espalda

Ejercicio 4. Estirar el brazo y posteriormente la muñeca hacia adelante y hacia atrás.

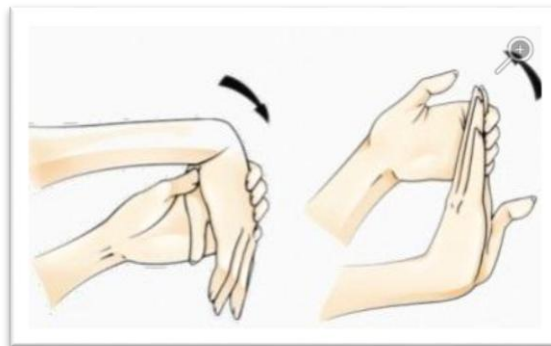


Figura AXVI.4. Ejercicio para relajar las muñecas

Ejercicio 5. Estirar los dedos de la mano durante un corto tiempo y luego cerrar los dedos.

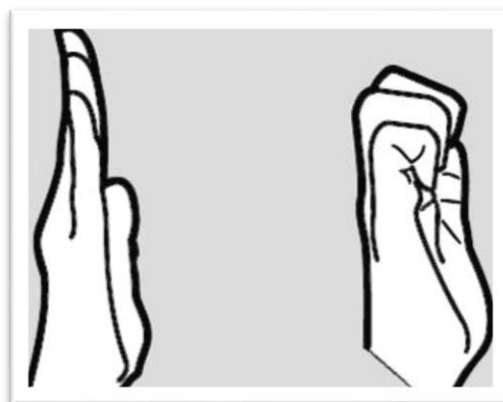


Figura AXVI.5. Ejercicio para relajar los dedos de la mano

Ejercicio 6. Tomar el pie con la mano del mismo lado y flexionar las rodillas.

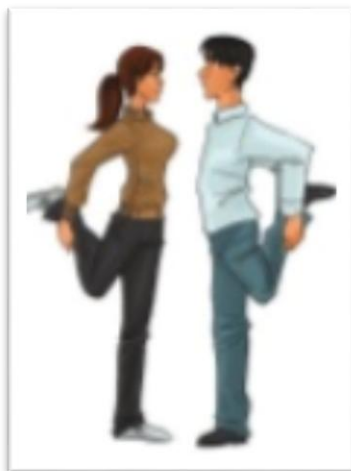


Figura AXVI.6. Ejercicio para estirar los cuádriceps