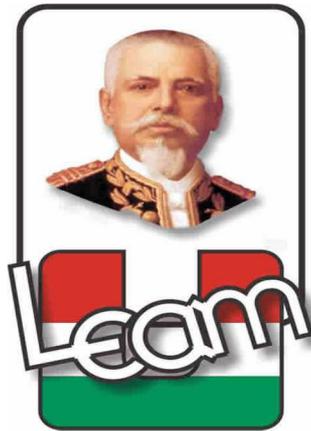


UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

TEMA:

“ANÁLISIS ERGONÓMICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LAS AULAS Y
CUBÍCULOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ”

AUTOR:

ANCHUNDIA DELGADO JOSELYN MADELAINE

DIRECTOR DE PROYECTO:

ING. JOSÉ BERMEO REYES

2016 –2017

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL

TEMA:

“ANÁLISIS ERGONÓMICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LAS AULAS Y
CUBÍCULOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ”

AUTOR:

ANCHUNDIA DELGADO JOSELYN MADELAINE

DIRECTOR DE TESIS

ING. JOSÉ BERMEO REYES

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2016 – 2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. José Bermeo Reyes, en calidad de director de proyecto de investigación bajo el tema: "ANÁLISIS ERGONÓMICO Y PROPUESTA DE MEJORA DE LAS AULAS Y CUBÍCULOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ", elaborado por la Srta. Anchundia Delgado Joselyn Madelaine, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial; CERTIFICO, que esta investigación ha sido desarrollada íntegramente por la proponente del proyecto y declaro haber dirigido y orientado el proceso en calidad de tutor.

Ing. José Bermeo Reyes

DIRECTOR DE PROYECTO

APROBACIÓN

Yo, Joselyn Madelaine Anchundia Delgado, con cédula de identidad N°. 1314858950, soy responsable de los resultados aquí expuestos y en calidad de autora del trabajo de investigación cedo los derechos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí para su uso con fines de lectura, consulta o investigación conforme al reglamento vigente.

Manta, agosto del 2017

AUTORA

Joselyn Madelaine Anchundia Delgado

C.I.: 1314858950

DEDICATORIA

A los seres terrenales más trascendentes de mi vida, Jacqueline Delgado & Wilfrido Anchundia, mis amores eternos, mi norte, mi sostén y mi empuje para aferrarme fervientemente a esta orilla; más que la vida, les debo la mujer que han formado con su ejemplo y que espera llenarlos de orgullo día tras día.

Al mejor regalo de mis padres, tú, mi linda hermanita, Melanie Jaillenne, mi pequeño ángel, mi compañera de risas, de quebrantos y de malas noches a causa de las tareas interminables, y para quien espero ser un ejemplo a superar.

A ti, Álvaro Alexander, mi amor incondicional, mi cómplice, mi camarada, el ermitaño chico de la fila esquinera que terminó representando el paraje más hermoso que esta decisión llamada Ingeniería Industrial me dio la oportunidad de conocer y me permite disfrutar hoy por hoy; te dedico este paso porque con tu comprensión, con tu entrega, tu dedicación y el simple hecho de permanecer, pese a tantas vicisitudes de la vida, me es deseable seguir coincidiendo contigo e inspirar y espirar el mismo aire que tú.

A mis tías Silvia y Betty, y familia en general por su apoyo, su entrega y su preocupación frente a mis decisiones.

Joselyn Madelaine Anchundia Delgado

AGRADECIMIENTO

A mi guardián, mi guía, mi soporte, mi Creador de lo visible y Gestor de lo imposible, mi Dios, por darme la oportunidad de llegar hasta este sitio.

A los seres terrenales más maravillosos que la vida me pudo obsequiar: Wilfrido, Jacqueline, Melanie, Álvaro, por soportarme en mis dos versiones; y mis mascotas Cony y Beyco, por ser mi punto de entretenimiento cuando el estrés ha sido mi mal.

A mi director de tesis, Ing. José Bermeo, un ser humano solidario y comprometido con sus labores, por su apoyo permanente y el rigor con el que dirigió el presente trabajo.

A mis amigas: María Lourdes, Catherine, quiénes en tantos años me han acompañado en cada alegría y en cada tropiezo; Cecilia, Lorena, Pilar, personas extraordinarias que me demostraron el valor del trabajo mancomunado.

A las hermanas de la fundación Cottolengo, quiénes me abrieron las puertas de su institución para la realización de las prácticas administrativas, demostrándome lo gratificante que resulta el servicio hacia los demás.

A mis guías durante mi proceso de prácticas pre-profesionales: Elizabeth, Sara, Francisco, Erick, quienes instauraron en mí no solo los conocimientos del caso sino que se constituyeron en un vivo ejemplo de la fuerza de voluntad y determinación con la que uno debe armarse a la hora de luchar por un objetivo.

A mis docentes: Ing. Angélica, Ing. Leonor, Ing. Tito, de quienes doy fe de que su paso ha sido tan fértil al cimentar en mí, no solo un bagaje de conocimientos, sino la confianza en el espíritu de la docencia.

A la facultad de Ingeniería Industrial que con la venia de su Decano Ing. Emilio Loo, me facilitó los medios para la ejecución de este trabajo.

A todas aquellas personas que se han cruzado por mi camino compartiendo más que su tiempo, su valiosa compañía, cargada de consejos y/o experiencias orientadas a fortalecer mi crecimiento personal y profesional.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	I
APROBACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	3
1.2. DELIMITACIÓN.....	4
1.2.1. Delimitación De Contenido.....	4
1.2.2. Delimitación Espacial.....	4
1.2.3. Delimitación Temporal.....	4
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5. OBJETIVOS.....	6
1.5.1. Objetivo General.....	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. HIPÓTESIS.....	6
1.6.1. Hipótesis General.....	6
1.6.2. Identificación De Variables.....	6
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. MARCO REFERENCIAL.....	8
2.2. MARCO LEGAL.....	9
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	11
2.3.1. Antecedentes.....	11
2.3.2. Ergonomía Ambiental.....	17
2.3.2.1. Ambiente Térmico.....	17
2.3.2.2. Ambiente Lumínico.....	26
2.3.2.3. Ambiente Acústico.....	35
2.3.2.4. Ergonomía de Diseño del Producto.....	38

CAPÍTULO III	48
3. MARCO METODOLÓGICO.....	48
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.1. Investigación exploratoria	48
3.1.2. Investigación de campo.....	48
3.1.3. Investigación descriptiva	48
3.2. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	49
3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	49
3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.6.1. Observación.	50
3.6.2. Medición.....	50
3.6.3. Encuesta.....	51
3.6.4. Datos Bibliográficos	51
3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	51
CAPÍTULO IV.....	53
4. ANÁLISIS DE DATOS	53
4.1. EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO	53
4.2. EVALUACIÓN DEL AMBIENTE LUMÍNICO	65
4.2.3. Cálculo Del Flujo Luminoso Total Necesario	83
4.3. EVALUACIÓN DEL AMBIENTE SONORO.....	89
4.3.1. Evaluación Subjetiva.....	89
4.4. EVALUACIÓN DEL MOBILIARIO DE ESTUDIANTES Y DOCENTES.....	95
4.4.1. Evaluación Subjetiva.....	95
4.4.2. Evaluación Antropométrica.....	100
4.4.3. Evaluación Postural	105
4.1.1. Evaluación De La Postura Con El Método Rula.....	108
CAPÍTULO V.....	112
PROPUESTA DE MEJORA.....	112
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA.....	121
ANEXOS.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables	7
Tabla 2. Métodos de estimación del metabolismo	20
Tabla 3. Valores medios de la tasa metabólica en función de la actividad desarrollada (ISO 8996)	21
Tabla 4. Intervalo óptimo de temperatura en actividades sedentarias.....	21
Tabla 5. Cantidad máxima de vapor de agua por m ³ de aire, en función de la temperatura	22
Tabla 6. Escala de sensación térmica	24
Tabla 7. Escala de porcentajes de insatisfechos	25
Tabla 8. Exigencias mínimas de Iluminación en una edificación	27
Tabla 9. Nivel de iluminación requerida.....	32
Tabla 10. Nivel de ruido en condiciones normales	35
Tabla 11. Nivel de ruido en el trabajo	35
Tabla 12. Clases de Sonómetro	36
Tabla 13. Descripción de las medidas antropométricas.....	39
Tabla 14. Características de diseño para una postura de trabajo correcta en trabajos de oficina.	46
Tabla 15. Población de estudio	49
Tabla 16. Estadística descriptiva de la Sensación Térmica	55
Tabla 17. Pruebas de normalidad de la Sensación Térmica.....	56
Tabla 18. Estadística descriptiva de la Evaluación Térmica	57
Tabla 19. Estadística descriptiva de la Preferencia Térmica.....	59
Tabla 20. Test Estadístico Chi Cuadrado de la Preferencia Térmica	59
Tabla 21. Estadístico de prueba	60
Tabla 22. Contraste de Hipótesis de la Preferencia Térmica	60
Tabla 23. Estadística descriptiva de la Aceptación Personal.....	61
Tabla 24. Estadística descriptiva de la Tolerancia Personal.....	62
Tabla 25. Determinación de los valores de las variables de confort térmico	63
Tabla 26. Media del PMV	64
Tabla 27. Máx de PPD.....	64
Tabla 28. Media de Humedad Relativa	65
Tabla 29. Media de la Velocidad del aire	65
Tabla 30. Media de la Temperatura Ambiente	66
Tabla 31. Media de la Temperatura Radiante	66
Tabla 32. Área y altura de las aulas de la FACII y puntos mínimos de medición	84
Tabla 33. Coeficiente de utilización del aula	85
Tabla 34. Flujo total necesario en cada aula.....	86
Tabla 35. Número de luminarias necesarias en el aula	86
Tabla 36. Emplazamiento de las luminarias.....	87
Tabla 37. Medidas antropométricas para mujeres y hombres mestizos ecuatorianos	100
Tabla 38. Compatibilidad entre el mobiliario universitario y los parámetros de diseño en función a la antropometría	103
Tabla 39. Valoración del grupo A y B, según el método RULA.....	109
Tabla 40. Resumen de las puntuaciones por grupo.....	110
Tabla 41. Puntuación final	111
Tabla 42. Resultados de la evaluación.....	111
Tabla 43. Tabla de Propuestas.....	112
Tabla 44. Dimensiones recomendadas para el diseño de silla y escritorio para docentes.....	116
Tabla 45. Dimensiones recomendadas para el mobiliario del estudiante universitario	116
Tabla 46. Modelo de Mobiliario para estudiantes	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista frontal y posterior de la facultad de Ingeniería Industrial.....	12
Ilustración 2. Categorías del estudio.....	14
Ilustración 3. Objetivos de la ergonomía.....	15
Ilustración 4. Campos de aplicación.....	16
Ilustración 5. Evaluación del confort térmico.....	18
Ilustración 6. Variables que intervienen en el confort térmico.....	19
Ilustración 7. PPD en función del PMV.....	25
Ilustración 8. Clasificación en función de la distribución espacial del flujo.....	30
Ilustración 9. Situación de las luminarias en función del ángulo de visión.....	31
Ilustración 10. Situación de las luminarias en relación con el ángulo de reflexión de la superficie de trabajo.....	32
Ilustración 11. Coeficientes de reflexión.....	34
Ilustración 12. Principales medidas antropométricas en posición sedente.....	38
Ilustración 13. Dimensiones recomendadas en puesto de trabajo.....	43
Ilustración 14. Esquema general de las dimensiones del aula y plano de trabajo.....	83
Ilustración 15. Tipo de luminaria.....	83
Ilustración 16. Esquema de distribución de luminaria.....	88

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sensación térmica de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min).....	55
Gráfico 2. Evaluación Térmica de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)....	57
Gráfico 3. Preferencia Térmica de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min) ...	58
Gráfico 4. Aceptación personal de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)...	61
Gráfico 5. Tolerancia personal de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)....	62
Gráfico 6. Media del PMV	64
Gráfico 7. Máximo de PPD.....	65
Gráfico 8. Media de la Humedad Relativa	65
Gráfico 9. Media de la Velocidad del aire	65
Gráfico 10. Media de la Temperatura Ambiente	66
Gráfico 11. Media de la Temperatura Radiante	67
Gráfico 12. Iluminación en el puesto según zona de ubicación.....	69
Gráfico 13. Iluminación en el puesto según el aula	69
Gráfico 14. Regulación de la iluminación según zona de ubicación.....	71
Gráfico 15. Regulación de la iluminación según el aula	72
Gráfico 16. Condiciones del área de trabajo.....	73
Gráfico 17. Síntomas percibidos durante la jornada.....	74
Gráfico 18. Detección de ruidos molestos	89
Gráfico 19. Nivel de molestia del ruido	90
Gráfico 20. Fuentes del ruido	91
Gráfico 21. Tiempo en el que el ruido es más molesto.....	92
Gráfico 22. Ruido como un factor de distracción.	93
Gráfico 23. Ruido como un problema para la concentración mental.....	93
Gráfico 24. Ruido como un problema para la comunicación verbal	93
Gráfico 25. Elementos que originan sensación de incomodidad.....	95
Gráfico 26. Aspectos incómodos del mobiliario	95
Gráfico 27. Condiciones de la silla.....	96
Gráfico 28. Condiciones de la mesa	97
Gráfico 29. Condiciones de los puestos con pantallas de visualización.....	98
Gráfico 30. Dolor corporal mientras permanece en el aula	105
Gráfico 31. Frecuencia con la que deja de hacer su actividad para estirarse	105
Gráfico 32. Frecuencia de comportamientos como: pegarse a la pared, apoyarse, acostarse sobre la mesa.....	106
Gráfico 33. Frecuencia con la que desea que acabe la clase o se siente desconcentrado por su postura	107
Gráfico 34. Disconfort en el cuerpo por el uso del mobiliario	107
Gráfico 35. Postura más frecuente	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Norma ISO 7730.....	126
Anexo B. Norma ISO 10551.....	126
Anexo C. Selección del test estadístico	126
Anexo D. UNE 12464.1	126
Anexo E. INEN NTE. 2583.2011 (PUPITRES)	126
Anexo F. Planos de las aulas de la Facultad de Ingeniería Industrial	126
Anexo G. Dimensiones del mobiliario	126
Anexo H. Encuesta.....	126
Anexo I. Toma y registro de datos	126
Anexo J. Condiciones meteorológicas externas	126

RESUMEN

La investigación se basó en la revisión y análisis de postulados y normas referentes a la ergonomía que debe prestar el aula de clases y cubículos de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Las aristas abordadas engloban el confort físico (térmico, iluminación y acústica) y calidad del mobiliario, como un requisito que refute la necesidad de avanzar sobre la ergonomía en el entorno educativo; entendida como un camino hacia la calidad educativa y la edificación del sentido de pertenencia en la organización.

Se desarrolló un estudio subjetivo de las condiciones ambientales del espacio y del mobiliario de clases; en base a una encuesta aplicada a 120 usuarios de un total de 529 (entre estudiantes y docentes), donde finalmente la muestra extraída fue de 98 individuos, en la sección diurna donde la temperatura promedio se mantuvo entre 24°C– 30°C. La parte objetiva estuvo marcada por un estudio bibliográfico y las mediciones del nivel de iluminancia y dimensiones del mobiliario existente y su contraste con las dimensiones antropométricas de la población objetivo (fuente secundaria).

Sobre este precedente, se pudo determinar: la necesidad de regular la temperatura del aire acondicionado; la falta de uniformidad de la iluminancia en determinadas aulas; la corrección del efecto ruido producto del encendido-apagado de equipos de ventilación y las conversaciones ajenas a la actividad académica; al elemento silla como un potencial punto de mejora, además del fortalecimiento de una cultura de prevención de posturas inadecuadas.

Palabras claves: ergonomía ambiental, ambiente térmico, ambiente lumínico, nivel de iluminancia, ambiente acústico, ergonomía de diseño, antropometría.

ABSTRACT

The research was based on the review and analysis of postulates and norms regarding the ergonomics that should be provided by the classroom and cubicles of the Industrial Engineering faculty of the Laica Eloy Alfaro University of Manabi. The edges covered include physical comfort (thermal, lighting and acoustics) and quality of furniture, as a requirement that refutes the need to advance ergonomics in the educational environment; Understood as a path towards educational quality and the building of a sense of belonging in the organization.

A subjective study of the environmental conditions of space and classroom furniture was developed; based on a survey applied to 120 users out of a total of 529 (between students and teachers), where finally the extracted sample was 98 individuals, in the daytime section where the average temperature was maintained between 25 ° C and 30 ° C. The objective part was marked by a bibliographical study and measurements of the level of illuminance and dimensions of the existing furniture and its contrast with the anthropometric dimensions of the target population (secondary source).

On this precedent, it was possible to determine: the need to regulate the temperature of the conditioned air; the lack of uniformity of illuminance in certain classrooms; the correction of the noise effect of the on-off ventilation equipment and conversations outside the academic activity; to the element chair as a potential improvement point, in addition to strengthening a culture of prevention of inappropriate postures.

Keywords: environmental ergonomics, thermal environment, light environment, level of illuminance, acoustic environment, ergonomics of design, anthropometry.

INTRODUCCIÓN

La concepción de la Ergonomía como una ciencia capaz de gestar la adecuación de los lugares a las necesidades de sus ocupantes, ha propiciado su incorporación en diferentes sistemas laborales, y el campo de la educación no es la excepción, pues justamente, las exigencias vanguardistas demandan del despliegue de esfuerzos, con énfasis en los criterios técnicos indispensables para esta clase de entorno.

El análisis ergonómico proporciona un panorama de la dinámica existente en el aula universitaria y los requerimientos de sus usuarios para proponer medidas direccionadas a satisfacer sus necesidades de confort, que según los especialistas es una manera efectiva de potenciar el máximo desenvolvimiento educativo. Si bien la ergonomía aglomera varios campos de acción en su intento de servir al hombre, debido a la especialización de este estudio, se ha considerado el criterio de la ergonomía ambiental: temperatura, iluminación y ruido y la ergonomía del diseño industrial para el caso del mobiliario.

Desde el punto de vista de la ergonomía ambiental, uno de los escenarios que reviste de mayor importancia en la productividad de la persona es el térmico, pues en situaciones de frío no conseguirá ejecutar apropiadamente la tarea y en el caso de calor desgastará más energía de la necesaria; este parámetro reúne mayor oportunidad de análisis a través de índices evaluativos propuestos por la norma ISO para la gestión de la neutralidad térmica del organismo. El contexto de la iluminación al interior de las instalaciones depende tanto de la luz natural, como de la de tipo artificial cuando adviene el ocaso o no incide toda la luz requerida; ante ello hay valores recomendados según el tipo de tarea y la percepción de los ocupantes de estos espacios. El acondicionamiento acústico es una variable importante, pero carente de regulaciones específicas, aun cuando la generación de ruido represente una fuente contaminante y perturbadora de la salud humana.

El mobiliario como soporte corporal de actividades pasivas debe cumplir los mínimos dimensionales de diseño en función de las características de su población objetivo, evitando los vicios posturales causantes de dolores y

molestias en espalda y cuello con repercusiones en la comodidad y salud del conglomerado educativo.

Las reformas y los nuevos paradigmas a los que está sujeto el sistema de Educación Superior en el Ecuador son símbolos del modelo educativo de calidad al que se acoge la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, un ejemplo de ello es la infraestructura educativa, donde la rehabilitación y adecuación de sus aulas, posibilita el despliegue de las labores de aprendizaje. No obstante, los criterios ergonómicos desde el punto de vista térmico, iluminancia, ruido y diseño de cubículos y mobiliario, es un escenario que, pese a influir directamente en el individuo y la organización; no cuenta con antecedentes investigativos.

Mediante este trabajo denominado **“Análisis Ergonómico y Propuesta de Mejora de las Aulas y Cubículos de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí”** se pretende analizar las condiciones de uso y funcionalidad de las aulas y cubículos, y elaborar una serie de lineamientos, según normas y procedimientos recomendados por organismos especializados en la temática, a fin de garantizar el disfrute de unas instalaciones más seguras, confortables y adecuadas.

El trabajo está estructurado en cinco capítulos: capítulo I trata la problemática, objetivos y justificación de la investigación; el capítulo II es el marco teórico; el capítulo III expone la metodología investigativa; el capítulo IV contiene los resultados de la valoración objetiva y subjetiva; el capítulo V incluye las acciones encaminadas a fortalecer el entorno ergonómico de estas instalaciones.

La metodología incluye una investigación de tipo bibliográfica, analítica y evaluativa; en el proceso formal del estudio se aplicó el método inductivo; las técnicas de información objetiva está sustentada en los estándares establecidos por la norma ISO 7730 para el caso del confort térmico, la norma europea 12464.1 sobre iluminación para interiores; y como fuente de información subjetiva, se elaboró un cuestionario y se aplicó una encuesta a una muestra no probabilística de estudiantes y docentes de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM para determinar su grado de sensación ergonómica respecto al mobiliario y condiciones ambientales.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los sistemas educativos se enfrentan cada vez a mayores y novedosos retos en aras de la excelencia educativa. A pesar de ciertos avances, en América Latina aún persiste un sistema vulnerable, carente de un mecanismo efectivo en la gestación y atención de las necesidades reales de los principales actores sociales: maestros y alumnos, para un mayor aprovechamiento y reconocimiento de la educación como la brújula de desarrollo socioeconómico de un país. Ecuador, según el informe del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2014), evidencia un progreso positivo en los indicadores de educación, atribuido a las reformas del sistema educativo y a la alta inversión en esta área.

(Silva, Benavides, & Contreras, 2011), en su trabajo “Ergonomía en las aulas”, recomienda estudiarlos para ayudar a diseñar y evaluar mejores condiciones laborales e incrementar el confort, la productividad y la seguridad. En el contexto de las nuevas tecnologías y exigencias que redefinen los espacios de aprendizaje, surgen determinadas condiciones, tales como: el uso cada vez más frecuente de sistemas de ventilación, de iluminación artificial, diseño de mobiliario, entre otros factores, cuyo adecuado o inadecuado diseño y disposición al interior del centro de estudio, juega un papel muy importante en la comodidad de los usuarios o en su defecto en situaciones de estrés, deslumbramiento, fatiga visual, trastornos músculo-esqueléticos, entre otros.

En el Sistema de Educación Superior el desafío es aún mayor y bajo la premisa de una educación de calidad que contribuya al crecimiento del país, la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí está llamada a conservar sus instalaciones y a adquirir bienes de buena calidad a la par con el avance tecnológico. Sin embargo, es común evidenciar situaciones donde los sistemas de refrigeración e iluminación están inoperativos o con capacidades sobre o subvaloradas; un ambiente sonoro inadecuado para la actividad o un formato de mobiliario que discrepa con las medidas antropométricas de sus ocupantes.

En este escenario, se ha creído pertinente revisar y comprobar las condiciones ergonómicas persistentes en las aulas de la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM, y su relación con las expresiones de confort o discomfort del usuario.

1.2. DELIMITACIÓN

1.2.1. Delimitación De Contenido

El punto medular es el estudio ergonómico de las aulas y cubículos, cuya base investigativa se efectuará conforme a los lineamientos normativos establecidos por los organismos reguladores, así como textos e investigaciones virtuales.

1.2.2. Delimitación Espacial

La investigación se desarrollará en las aulas del edificio de la Facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM.

1.2.3. Delimitación Temporal

La investigación tiene su inicio en el año 2017 y se desarrolla paulatinamente por alrededor de seis meses.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según este escenario, el problema medular de la investigación se resume en:

¿Qué condiciones ergonómicas y necesidades de mejora tienen las aulas y cubículos de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM?

Ante ello, surgen las siguientes interrogantes específicas:

- ¿Cuál es la condición térmica adecuada para el confort térmico de los usuarios al interior de las aulas?
- ¿Cuál es el nivel de iluminación disponible en las aulas y su influencia en el confort visual de los involucrados?
- ¿Cuáles son los parámetros de calidad acústica que deben prevalecer en el aula universitaria?
- ¿Qué características y especificaciones ergonómicas deben cumplir los cubículos y muebles dispuestos en las aulas de calidad?
- ¿Qué condiciones ameritan una propuesta de mejora en beneficio del confort del usuario y el proceso de enseñanza-aprendizaje?

1.4. JUSTIFICACIÓN

Todas las universidades han repetido la frase “reforma a coste cero”, lo que implica llevar a cabo cambios en el mapa de titulaciones y en metodologías docentes, pero sin aumento de asignación económica. Según (De Juan Vigaray et al., 2013), la transformación de las universidades para alcanzar sus objetivos no sólo debe consistir en cambios en el método docente, sino que, debe ir acompañado de modificaciones en las infraestructuras que permitan espacios físicos adecuados a las nuevas necesidades. Se trata, por un lado, de aulas con menor tamaño que el que se requiere para una clase magistral a la que puede asistir un elevado número de estudiantes y, por otro, de un mobiliario adecuado a los nuevos requerimientos, en particular, instalaciones que permitan el trabajo en equipo y el acceso a las nuevas tecnologías.

Se ha creído pertinente desarrollar este estudio con el espíritu de conocer, desde el campo de la ergonomía, las condiciones de las aulas de clase de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM; teniendo como antecedente que, una adecuada condición de las instalaciones edilicias le significa al estudiante la oportunidad de rendir con mayor eficiencia, sin querer huir de un ambiente perturbador y al docente la posibilidad de realizar su labor con total comodidad.

Ante la problemática expuesta se pretende analizar los parámetros ergonómicos en el campo ambiental: temperatura, iluminación, ruido y de diseño en el caso del mobiliario y cubículos, según la normativa existente.

Esta investigación es una fuente informativa de interés para la institución, sus autoridades, docentes y estudiantes, quienes son los llamados a hacerse eco de los planteamientos expuestos y la adopción de estrategias encaminadas a propiciar una cultura de comodidad y confort; hecho que, desde el marco institucional le significará continuar con su mística de mejoramiento permanente de la calidad académica.

La investigación tiene implicaciones prácticas porque se preve como un proyecto de mejora de los riesgos ergonómicos detectados, en el marco de las leyes y los requisitos mínimos exigibles por la regulación ecuatoriana e internacional para las condiciones de confort en espacios tan sistemáticos como el universitario.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Determinar las condiciones ergonómicas de las aulas de la matriz de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí que inciden en el confort de sus estudiantes y docentes.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Establecer la condición térmica adecuada para el confort térmico de los usuarios al interior de las aulas en el período invernal.
- Determinar el nivel de iluminación disponible en las aulas y su influencia en el confort visual de los involucrados.
- Conocer los parámetros de calidad acústica que deben prevalecer en el aula universitaria.
- Analizar las características y especificaciones que deben cumplir los cubículos y muebles dispuestos en las aulas de calidad.
- Elaborar una propuesta de mejora en beneficio del confort del usuario y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.6. HIPÓTESIS

1.6.1. Hipótesis General

Las condiciones ergonómicas de las aulas y cubículos de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM ameritan una propuesta de mejora para el confort de sus usuarios.

1.6.2. Identificación De Variables

Variable Independiente: Condiciones ergonómicas de aulas y cubículos

Variable Dependiente: Propuesta de mejora para el confort de usuarios.

1.6.3. Operacionalización De Las Variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos de medida
Condiciones ergonómicas de aulas y cubículos	Es el conjunto de variables: temperatura, iluminación, ruido, diseño de elementos, etc. de carácter multidisciplinar, que influyen en la adecuación del entorno artificial a las necesidades y limitaciones físicas y mentales de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar. (Asociación Española de Ergonomía)	Contextos geométricos y ambientales en los que la presencia humana requiere, como una necesidad ineludible, la adecuación del entorno de aprendizaje a sus características, para elevar su satisfacción individual y/o colectiva.	Mobiliario	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de muebles • Posturas adoptadas 	Observación Encuesta: Cuestionario Cámara
			Condición ambiental: Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de temperatura recomendada • Método de Fanger • Confort térmico 	Observación Encuesta: Cuestionario
			Condición ambiental: Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de iluminación recomendado • Registro de medidas • Confort lumínico 	Observación Encuesta: Cuestionario Medición: luxómetro
			Condición ambiental: Ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de ruido recomendado • Confort acústico 	Observación Encuesta: Cuestionario
Propuesta de mejora para el confort de los usuarios	Alternativa direccionada a focalizar y priorizar las acciones convenientes ante una desviación entre lo que debería estar ocurriendo y lo que realmente ocurre con la comodidad y las funciones del cuerpo humano que puedan verse afectadas, tales como el sistema nervioso, la audición, la visión, problemas musculares. (Real Academia Española)	Es la presentación de una serie de medidas y recomendaciones como premisa para un disfrute más placentero de las actividades sin que entrañen algún riesgo o incomodidad para docentes y estudiantes.	Reglas, normas o leyes	<ul style="list-style-type: none"> • Especificaciones y estándares • Uso de los recursos disponibles 	Encuesta Investigación
			Actores involucrados	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento del tema • Clima organizacional. 	

Elaborado: Joselyn Anchundia

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO REFERENCIAL

(Fernández Arribas, 2014), en su estudio “Ergonomía en el aula como espacio de trabajo” menciona artículos relacionados con esta temática y libros que abordan el concepto ergonómico desde el enfoque de un puesto de trabajo. Su idea se resume en la presentación de una guía informativa donde trata de demostrar la semejanza existente entre la ergonomía aplicada a los puestos de trabajo y la que se debe considerar en un aula, tanto en sus conceptos como en la forma de realizar los estudios de trabajadores y alumno, un ejemplo de ello son los métodos de medición antropométrica allí abordados.

(Carvajal Villamizar & Cacua Barreto, 2017), en su propuesta “Estudio ergonómico del mobiliario de las aulas Uniminuto, Cúcuta” señalan a la falta de control de los factores ergonómicos y diseño del mobiliario, como elementos afectantes del confort estudiantil en sus espacios académicos y sus actividades regulares. Se realizó un estudio no experimental, corte transversal y alcance descriptivo con una muestra aleatoria de 236 estudiantes a quienes se aplicó una encuesta para conocer la percepción de éstos y con ayuda de un especialista se identificaron las condiciones del mobiliario y se proponen mejoras dirigidas a lograr la ergonomía y el confort con el mobiliario.

La investigación de (Ramos, 2016), tuvo como objetivo estudiar las condiciones ergonómicas en la motivación del personal de la Dirección de Postgrado de la Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Carabobo. El estudio se fundamentó en la Teoría de la Motivación Humana de Abraham Maslow (1943), Teoría de los Dos Factores de Fredrick Herzberg (2009), y en los Fundamentos de la Ergonomía de Mondelo, Barrau y Enrique (2009). Se enmarcó dentro del enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo, apoyado en una revisión documental y con un diseño de campo.

En el trabajo de (Escobedo Portillo, Estebané Ortega, Maynez Guadarrama, & López Pulido, 2014), se presenta un estudio exploratorio, descriptivo, cuantitativo

y de observación directa en el que se evalúan los factores ergoambientales tales como iluminación, ruido y temperatura, al igual que el entorno físico dado por el mobiliario, áreas internas y externas, en las instalaciones de una institución de educación infantil. Se utiliza equipo de medición, se analizan los criterios de las Normas Oficiales Mexicanas y del Instituto Nacional de la Infraestructura Física y Educativa comparándolos con los resultados.

Las investigaciones citadas evidencian la pertinencia del tema propuesto, argumentando y fundamentando la relevancia de su tratamiento. En tal escenario, es conveniente abordar las condiciones ergonómicas predominantes en este tipo de espacio físico y su relación con el confort del usuario.

2.2. MARCO LEGAL

A raíz del surgimiento de nuevas necesidades se ha dado paso a la formulación e implantación de normativas legales en el campo de la ergonomía. Hoy se han popularizado estas normas, llegando inclusive a funcionar como estándares de alcance mundial, este es el caso de las normas ISO.

- ISO 7730: Índices PMV – PPD

La norma está contemplada para un usuario con actividad pasiva a ligera; en la determinación del PMV pueden prevalecer distintas combinaciones de tasa metabólica así como de los parámetros físicos y no asigna al vestido un efecto conductivo y convectivo en situaciones cálidas o frías. Además su estudio da prioridad a sistemas de climatización electromecánica.

- ISO 10551:1995

Contiene las pautas para la aplicación de un cuestionario constituido por preguntas de tipo cerrada, donde el individuo valora su estado térmico. Se aplica en condiciones climáticas estables, con una población de trabajo sedentaria ($60-70 \text{ W/m}^2$), vestidos de manera normal entre un rango de $0,5+0,2 \text{ clo}$ y $1,0 \pm 0,2 \text{ clo}$ y después de una estancia de al menos 30 min, la persona hace el juicio global sobre la temperatura ambiente, repitiendo la expresión de las sentencias a intervalos regulares. Se puede evaluar y obtener un juicio del tiempo de exposición por el cálculo de los datos, por ejemplo, media general.

- DECRETO EJECUTIVO 2393.

Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Regulariza y brinda recomendaciones para la actividad laboral en los centros de trabajo

- NORMA UNE 12464.1.

Norma Europea sobre Iluminación para Interiores. Es una norma contemplada para los proyectos de iluminación interior de los lugares de trabajo, con la que se busca asegurar no solo el cumplimiento de los niveles adecuados de iluminación sino un ambiente confortable y seguro.

- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. NTE INEN 2583:2011

En dicha norma se fijan los requerimientos que deben cumplir los muebles escolares unipersonales y las sillas de madera, de metal, de plástico y mixtos, destinados al uso de los estudiantes en el aula de clase.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Antecedentes

Situación geográfica y climática.

Las características climáticas y geográficas del Ecuador se deben en gran parte por su localización con respecto a la línea ecuatorial, la influencia de corrientes oceánicas, la cordillera de los Andes y la cuenca amazónica, definen las características climáticas y geográficas del Ecuador.

El cantón Manta se encuentra en la costa del Océano Pacífico, zona oeste de la provincia de Manabí a una distancia de 419 km de Quito, capital del Ecuador; está marcado fuertemente por la presencia de las corrientes fría de Humboldt y cálida de Panamá y el desplazamiento del frente ecuatorial, así como por las condiciones orográficas (montañas bajas redondeadas). Durante la época de enero a abril, esta zona de convergencia intertropical se mueve hacia el sur, presentándose la estación lluviosa. A medida que las aguas regresan para el norte, la influencia fría de la corriente de Humboldt trae consigo la estación seca, conocida como verano, la cual se mantiene de junio a diciembre. Se puede catalogar al clima del Cantón Manta como de clima Sub-desértico tropical, su temperatura oscila entre 23°C y 26° C, siendo los meses más lluviosos: de febrero a abril en contraparte los meses más secos son de julio a noviembre (Dirección de Planeamiento Urbano GAD-MANTA, 2014).

Descripción General del Espacio de Estudio.

Consecuente con las necesidades de proveer a la sociedad manabita y ecuatoriana de un recurso humano capaz de contribuir al desarrollo equilibrado e integral en el contexto local, regional y nacional, se crea la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí ubicada en la ciudadela Universitaria, Km 1-Vía San Mateo con diversificación de carreras y una oferta educativa en otros cantones de la provincia.

La Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí busca satisfacer las necesidades de la comunidad universitaria mediante sus políticas de calidad direccionadas al mejoramiento continuo de los procesos académicos, de investigación y

vinculación con la sociedad, fundamentada en estándares nacionales e internacionales para garantizar la formación de profesionales éticos, competentes y emprendedores.

El año 1986 dio paso a la creación de la carrera de Ingeniería Industrial como unidad dependiente de la facultad de Ingeniería; sin embargo no fue hasta el año 2010 en que se eleva a la categoría de facultad y empieza a funcionar en edificio propio, de una sola planta, y ya en el año 2015 puede contar con una infraestructura constituida de dos plantas y mejor adecuada.

Su orientación Norte-Sur o viceversa, está relacionada e incide en la protección contra las radiaciones solares directas y favorece la ventilación natural interior, lo que deriva en un menor consumo de energía eléctrica (Espinoza Torres, 2014).

Ilustración 1. Vista frontal y posterior de la facultad de Ingeniería Industrial



El espacio estudiado fueron las aulas de la Facultad de Ingeniería Industrial (FACII) de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, específicamente aquellas destinadas al dictado de cátedra y sala de docentes, ubicadas en el edificio de la sede matriz Manta.

La facultad recibe un promedio de 500 estudiantes en cada período semestral, su actividad académica está direccionada por 34 docentes especializados en sus respectivas áreas y cuenta con once aulas equipadas para el dictado de cátedra con una capacidad máxima de 35 estudiantes, número que varía porque las aulas no tienen las mismas dimensiones. El período de uso se divide en las dos

secciones de estudio, distribuidas en el horario de 7:00 horas a las 21:00 horas de lunes a viernes, y hasta las 12:00 los días sábados.

Cada aula dispone de un sistema de acondicionamiento térmico a través de equipos de ventilación. El sistema de iluminación es natural, gracias a la disposición de ventanas en una de las paredes con contacto visual con el exterior y sus respectivas cortinas tipo persianas para la regulación de la misma. También es artificial, debido al acondicionamiento de luminarias con lámparas fluorescentes sobre el tumbado.

No existe mayor referencia informática inherente a los criterios de selección y compra de mobiliario. El mobiliario como mesas y sillas es un mismo modelo, fabricado a medida estándar y pese a no cumplir aún su período de vida útil es visible un deterioro en las partes más sensibles como el asiento.

Condiciones de trabajo

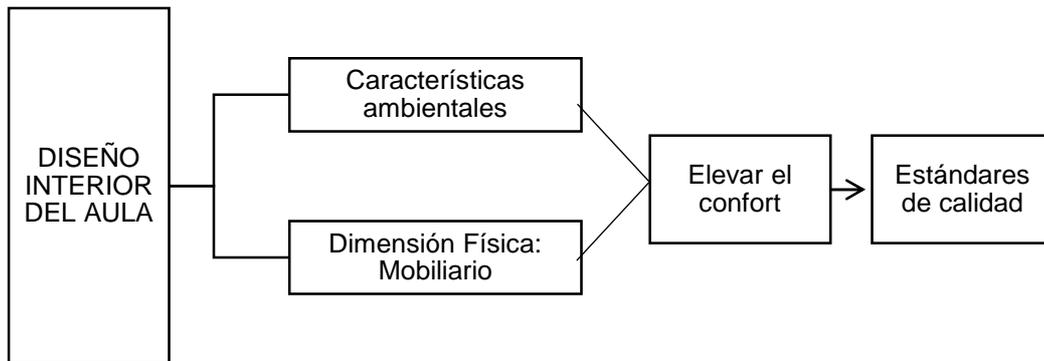
Es claro que, el equilibrio en la salud de un individuo está influenciado no solo por su estado fisiológico y psíquico sino por la intervención directa de las condiciones del lugar donde desempeña alguna función puntual.

La labor estudiantil puede ser considerada como un trabajo que se realiza generalmente sentado, ajeno a presiones de tiempo, sin necesidad de mucho esfuerzo físico inadecuado, pero se ven limitado los movimientos por el espacio disponible y la posición, que en el caso de ser muy prolongada puede acarrear dolencias, afectando la eficiencia y calidad de vida del individuo.

Aula. Es el espacio físico con características arquitectónicas como iluminación, ruido, donde se engranan los conocimientos, habilidades, destrezas y valores de los individuos involucrados: docentes y alumno.

Puede ser vista como una estación de trabajo donde la combinación de aspectos funcionales, tecnológicos y ergonómicos es parte esencial del diseño, ensamble y soporte de las labores académicas con garantías de resistencia y comodidad para el docente que pilotea su clase y el alumno que emprende su aprendizaje.

Ilustración 2. Categorías del estudio



Elaborado: Joselyn Anchundia

El diseño interior de un espacio de trabajo considera las adecuaciones ergonómicas. Se basa en un análisis de tareas y se contrastan con las capacidades humanas. En esta fase se revisan factores de comodidad y seguridad del usuario, el acomodo de los componentes dentro del espacio físico, tal es el caso de un escritorio o una silla como componentes de dicho espacio en función a la satisfacción de las tallas.

Confort. El ambiente que nos rodea, en el que nos desarrollamos dentro de las construcciones arquitectónicas, que nos sirven de vivienda y lugar de trabajo produce un efecto físico y emocional sobre los residentes y sus actividades. Por ese motivo, en el diseño de estas construcciones se debe otorgar especial atención a lo que llamamos “condiciones de confort” (Rosas i Casals, 2003).

Ergonomía. Se deriva de las raíces griegas ERGO: Trabajo y NOMOS: leyes Para (Cruz Alberto & Garnica Andrés, 2010), “La Ergonomía es una de las ciencias que componen el estudio del Diseño Industrial, Arquitectura, Ingeniería, Diseño de máquinas o de cualquier disciplina que toque con alguna actividad humana”. (Ching Francis D. K., 2008), la define como “Ciencia aplicada que trata de las características del individuo que deben ser consideradas en el diseño de aparatos y sistemas, para que las relaciones recíprocas entre los individuos y las cosas se establezcan con efectividad y seguridad”.

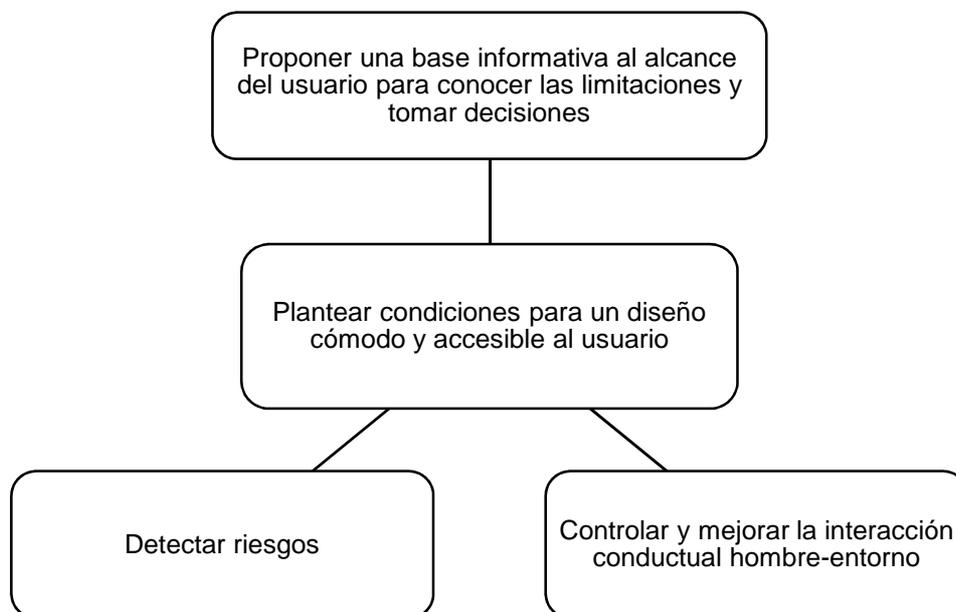
La esencia de la ergonomía es la priorización del hombre y su interacción con las máquinas y el medio; bajo esta premisa, su ámbito de intervención es la

detección, corrección, prevención y procura de una relación más armónica entre el individuo y aquellas condiciones internas y externas concomitantes a estos sistemas que pueden suponer un sobreesfuerzo para la seguridad, adaptación y su desarrollo personal.

En un centro de educación no deja de ser imperiosa la evaluación ergonómica del sitio donde tienen lugar las actividades de estudio, poniendo especial atención en aquellos componentes como el mobiliario y otros, que pudieran tener influencia en el comportamiento, rendimiento y bienestar del organismo humano.

Objetivos de la Ergonomía

Ilustración 3. Objetivos de la ergonomía



Elaborado: Joselyn Anchundia

Sus campos de aplicación son muy variados, pudiendo agruparse en función a estos principios:

Ilustración 4. Campos de aplicación

Prevención de riesgos laborales	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgos ergonómicos y psicosociales. • Accidentes y seguridad. Factor humano. • Seguridad en máquinas. • Cultura preventiva y gestión de la prevención.
Diseño: uso múltiples y discapacidad	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones antropométricas y biomecánicas. • Diseños y accesos para discapacitados. • Adaptación de sistemas de trabajo.
Ergonomía Cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de interfaces. Elaboración de guías de diseño de interfaz. • Usabilidad. Intervenciones y evaluación. • Simulación. Desarrollo de simuladores y prototipos. • Diseño, selección y ubicación de los dispositivos de presentación de la información.
Ergonomía y Ofimática	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño y desarrollo del software • Diseño de espacio de trabajo y mobiliario • Diseño y disposición de las PDVs y de los periféricos • Síndrome del edificio enfermo
Ergonomía Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Ergoacústica. Ruido y señales acústicas, inteligibilidad. • Ambientes climáticos. • Visibilidad e iluminación. • Vibraciones en el espacio de trabajo y en el uso de herramientas electromecánicas.
Ergonomía Judicial	<ul style="list-style-type: none"> • Investigaciones de peritos. Análisis de trabajo y discapacidad. • Ergonomía forense. Reconstrucción de accidentes. • Enfermedades profesionales originadas por factores de riesgo ergonómico. • Responsabilidad de productos no ergonómicos. Causalidad de las lesiones.
Fiabilidad Humana	<ul style="list-style-type: none"> • Error y fiabilidad humana. Análisis del error. • Intervención sobre los factores humanos. • Integración de los factores humanos en la seguridad de los sistemas. Evaluación de la fiabilidad.
Diseño Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de mercado y usuarios. • Diseño y especificaciones para mobiliario, accesorios e instrumental • Manual de instrucciones del producto. • Exigencias y guías para el consumidor.
Gerencia y Ergonomía	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de recursos humanos. Gestión de competencias. • Cambios en la gestión; análisis de costes y beneficios. • Análisis de la carga de trabajo. • Política y práctica ergonómica.

Fuente: Llanea, (2009)

Para efectos del estudio se considera el esquema ambiental y de diseño, como las aristas más concomitantes al planteamiento investigativo.

2.3.2. Ergonomía Ambiental

Es la combinación de una serie de condiciones que no se ven pero si son percibidas por el usuario o trabajador y repercuten en su comportamiento y productividad.

Ambiente de trabajo: Es el medio en el cual el individuo cumple con sus roles y de cuya adecuación dependerá el rendimiento humano sin exceder su resistencia.

2.3.2.1. Ambiente Térmico

Investigaciones efectuadas coinciden con el criterio expresado en el trabajo de Kuchen & Fisch (2009) donde se señala que, los usuarios no son receptores pasivos del ambiente térmico, sino que, por el contrario, mantienen una actitud crítica que se traduce en la habilidad de adaptación.

Confort Térmico

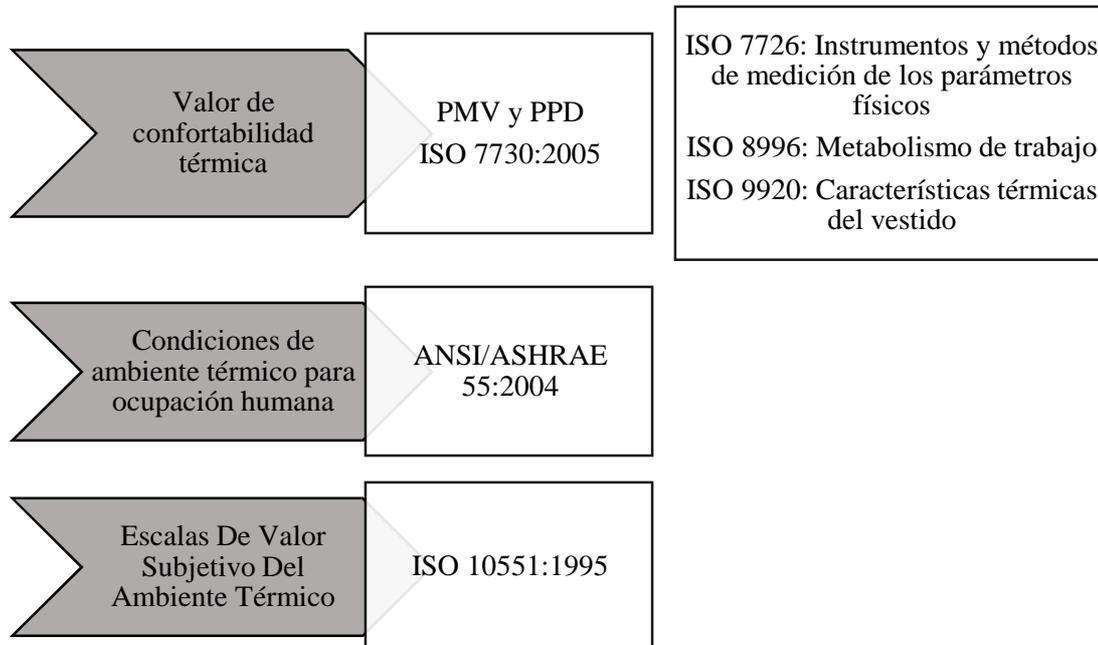
La importancia del estudio de confort térmico en espacios interiores se observa con el desarrollo de las normas ISO 7730:2005, ANSI/ASHRAE 55:2004, ISO 7243:10989, ISO 7933:2004, ISO 11079:2007 e ISO 10551:1995, entre otras. Según (Bojorquez Morales, 2010), las condiciones espaciales influyen en la percepción del confort térmico del usuario y estas condiciones varían conforme a la actividad y el tipo de espacio. Las variables del espacio construido que influyen en el ambiente térmico se clasifican en: condiciones meteorológicas, actividades, horarios de uso, materiales de construcción, mobiliario y estrategias de adecuación.

En espacios interiores las adecuaciones pueden estar en los materiales de la envolvente, cubiertas, orientación, sombreados, verticales u horizontales, colores, texturas, masa térmica, ventilación natural y en la mayoría de los casos

de enfriamiento activos como: abanicos, enfriadores evaporativos, acondicionadores de aire, entre otros (Bojórquez Morales, 2009).

Evaluación del Confort Térmico

Ilustración 5. Evaluación del confort térmico



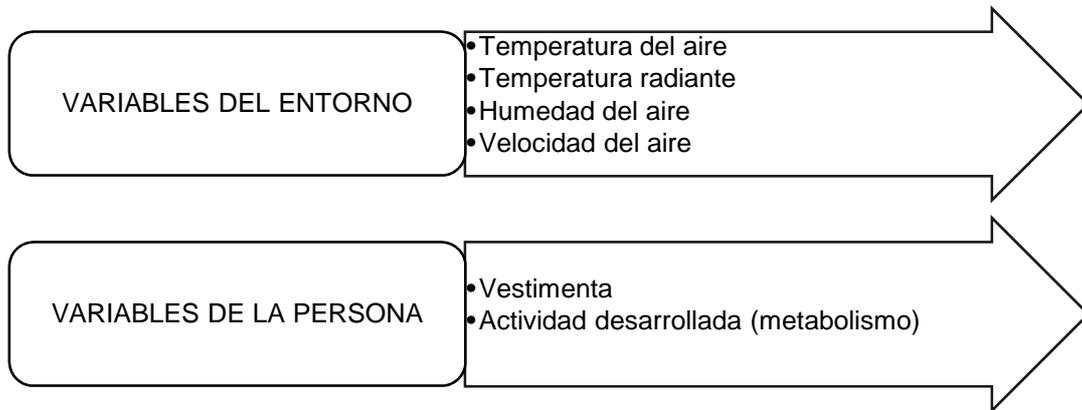
Fuente: Elaboración basada en ISO 7730:2005

Método De Fanger. Ha sido tomado por la norma ISO 7730: 2005 por ser uno de los métodos más completos y prácticos en el campo de la valoración del confort térmico.

Los estudios de Fanger han demostrado que los valores de la temperatura de la piel y de la cantidad de sudor secretado en las situaciones confortables dependen del nivel de actividad a través de relaciones lineales; la temperatura de la piel es linealmente decreciente con el consumo metabólico mientras la cantidad de sudor evaporado crece linealmente con la actividad, siempre en el supuesto de hallarnos en situaciones confortables (INSHT, 1983)

“La sensación térmica de un ser humano se relaciona principalmente con el equilibrio térmico de su cuerpo como un todo” (ISO 7730, 2005). La determinación analítica y la interpretación del bienestar térmico, se realiza mediante el cálculo de índices que dependen de variables como:

Ilustración 6. Variables que intervienen en el confort térmico



Procedimiento de aplicación del método

- a) Recopilación de la información, que comprende:
 - a.1. Variables de la persona
 - a.2. Variables del entorno
- b) Cálculo del índice de voto medio estimado (PMV)
- c) Obtención de la sensación térmica global a partir del voto medio estimado.
- d) Cálculo del índice de porcentaje estimado de insatisfechos (PPD) a partir del valor del PMV.
- e) Análisis de resultados.

Consideraciones previas a la aplicación del método

La norma ISO 7730:2005 “Ergonomía del ambiente térmico” recomienda el uso del índice del Voto medio estimado (PMV), siempre y cuando las variables se sitúen en rangos que van desde ambientes térmicos frescos (-2) y calurosos (+2); por lo tanto deben cumplir con estas determinaciones:

- Tasa metabólica entre 46 y 232 W/m² (0,8 met a 4 met).
- Aislamiento de la ropa entre 0 y 0,31 m² K/W (0 clo y 2 clo).
- Temperatura del aire entre 10 y 30°C.
- Temperatura radiante media entre 10 y 40 °C.
- Velocidad del aire entre 0 m/s y 1 m/s.
- Presión del vapor de agua entre 0 y 2700 Pa.

Aislamiento térmico de la ropa. La ropa es un elemento contribuyente en el proceso de intercambio calórico con el ambiente, ofrece una resistencia térmica haciendo que el organismo pierda menos calor.

Puede ser estimado a partir de combinaciones de prendas (véase anexo A) o indirectamente, mediante la suma de los valores de aislamiento parciales para cada prenda (véase anexo A). Sus unidades son: el clo y el m²K/W.

Además, existe un valor adicional entre 0 clo a 4 clo generado por el asiento en el caso de personas sentadas (véase anexo A) y que debería sumarse al aislamiento de la ropa.

Tasa Metabólica. Para cada individuo, el metabolismo variará según la actividad realizada, la edad y estado de salud. Una persona cumple la doble función de emitir y recibir calor hacia y desde el medio, y el hecho de que solo una parte de esa energía sea aprovechada en la ejecución de un trabajo y alrededor del 75% pasa a convertirse en calor, fue la razón para que Fanger la considerara en este análisis.

Las unidades de medida más utilizadas son: met. y W/m². Según su precisión, existen 4 métodos para estimar la tasa metabólica:

Tabla 2. Métodos de estimación del metabolismo

Nivel	Métodos de Estimación del Metabolismo
Nivel 1 TANTEO	1.A. Estimación en función de la profesión (ISO 8996) 1.B. Estimación en función del tipo de actividad (ISO 8996 - ISO 7730).
Nivel 2 OBSERVACIÓN	2.A. Estimación a partir de los componentes de la actividad (ISO 8996, INSHT –NTP 323) 2.B. Estimación por actividad tipo (INSHT – NTP 323).
Nivel 3 ANÁLISIS	Estimación en función del ritmo cardíaco bajo condiciones determinadas ISO 8996.
Nivel 4 ACTUACIÓN EXPERTA	Medida del consumo de oxígeno. Método del agua doblemente marcada. Calorimetría directa.

Fuente: Ergonautas.com, (2016)

En la tabla 3 aparecen valores de la tasa metabólica según el tipo de la actividad.

Tabla 3. Valores medios de la tasa metabólica en función de la actividad desarrollada (ISO 8996)

Clase	Tasa metabólica en W/m ²	Ejemplos de actividades
Descanso	65	Descansando, sentado cómodamente.
Tasa metabólica baja	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (hasta 2,5 Km/h).
Tasa metabólica moderada	165	Clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o máquinas de obras, caminar a una velocidad de 2,5 Km/h hasta 5,5 Km/h.
Tasa metabólica alta	230	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados. Pedalear, empleo de sierra, caminar a una velocidad de 5,5 Km/h hasta 7 Km/h.
Tasa metabólica muy alta	260	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo, trabajo con hacha, cavado o pelado intenso, subir escaleras, caminar a una velocidad superior a 7 Km/h.

Fuente: Ergonautas.com, (2016)

Características del ambiente

Temperatura del aire. Es muy importante, en la prevención del bienestar térmico en países cuya latitud genera estaciones marcadas, indicar dos intervalos de temperatura de confort, uno para invierno y otro para verano y controlar la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio (Mondelo, Gregori, Comas, Castejón, & Bartolomé, 2013).

Grandjean (1985) establece estos márgenes de confortabilidad, según el siguiente cuadro.

Tabla 4. Intervalo óptimo de temperatura en actividades sedentarias

Estación	Temp. mínima	Temp. máxima	HR	V ar
Invierno	20 °C	21 °C	> 30 %	< 0,2 m/s
Verano	20 °C	24 °C	40 – 60 %	0,2 m/s

Fuente: Mondelo, Gregori, Comas, Castejón, & Bartolomé, (2013)

Temperatura radiante media. Es el intercambio de calor por radiación entre el cuerpo y el entorno circundante.

Para amortiguar las fuentes de calor radiante de un foco externo, se recomienda el uso de material aislante en la construcción de paredes y techos, aislar las áreas de alrededor de las ventanas y el uso de cortinas. La iluminación artificial, constituye una de las fuentes de calor más importantes; en la iluminación por fluorescencia, más del 30% de la energía se disipa por radiación infrarroja (Mondelo, Gregori, Comas, Castejón, & Bartolomé, 2013).

Humedad relativa. Medida en porcentaje de vapor de agua en la atmósfera, HR (%), o como presión parcial del vapor de agua Pa.

Si se sobrepasa el 70% se crea ambientes bochornosos (clima invernadero), mientras que humedades inferiores al 30% provocan alteraciones en vías mucosas y respiratorias (Mondelo, Gregori, Comas, Castejón, & Bartolomé, 2013).

Tabla 5. Cantidad máxima de vapor de agua por m³ de aire, en función de la temperatura

g H ₂ O /m ³ aire	Temperatura °C
4.8	0
6.4	4
8.2	8
10.7	12
13.6	16
17.3	20
21.8	24
27.2	28
33.8	32

Fuente: Mondelo, Gregori, Comas, Castejón, & Bartolomé, (2013)

Velocidad relativa del aire. Influye en la sensación subjetiva de confort y disconfort, pues una mayor velocidad de aire fresco permite incrementar la pérdida de calor por convección y evaporación, y si la temperatura del aire está por encima de la temperatura de la piel habrá ganancia de calor por convección.

Para trabajos sedentarios se recomienda valores entre 0,15 y 0,25 m/s ya que las velocidades menores de 0,1 m/s producen sensación de molestia por estabilidad aérea, y las superiores a 0,5 m/s empiezan a ser perceptibles y desagradables para las personas que realizan estas tareas (Mondelo, Gregori, Comas, Castejón, & Bartolomé, 2013).

Una vez estimadas o medidas estas variables, se predice la sensación térmica mediante el cálculo del: Índice de Votación Media Previsto (PMV) e índice Predicho de Porcentajes de Insatisfechos (PPD).

Cálculo Del Voto Medio Estimado

Este índice refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles, basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano (UNE-EN ISO 7730, 2006).

Este índice predice el valor medio de los votos sobre la sensación térmica que emitiría un grupo numeroso de personas sometidas al mismo ambiente, basándose en el equilibrio térmico del cuerpo humano. Se determina que el equilibrio térmico se obtiene cuando la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente. El PMV puede ser usado para comprobar si un ambiente térmico determinado satisface los criterios de comodidad (Blasco Laffón, Blasco Laffón, Fernández Valdés, & Viñas Arrebola, 2007).

En la norma ISO 7730, se plantean tres procedimientos para su cálculo y son:

- a. El desarrollo de la ecuación asistido por un ordenador.
- b. Las tablas
- c. Instrumentos de lectura directa

Una vez determinadas las variables ya mencionadas se procede al cálculo del índice con la ecuación de confort térmico de Fanger.

$$PMV = [0.303 * \exp(-0,036M) + 0,028] * \{(M - W) - 3,05 * 10^{-3} * [5733 - 6,99 * (M - W) - p_a] - 0,42 * [(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} * M * (5867 - p_a) - 0,0014 * M * (34 - t_a) - 3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\}$$

Dónde:

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 * (M - W) - I_{cl} * \{3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a)\}$$

$$h_{cl} = \begin{cases} 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{para } 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \sqrt{v_{ar}} & \text{para } 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 * l_{cl} & \text{para } l_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2\text{K/w} \\ 1,05 + 0,645 * l_{cl} & \text{para } l_{cl} > 0,078 \text{ m}^2\text{K/w} \end{cases}$$

- M = tasa metabólica en W/m^2
- W = potencia mecánica efectiva en W/m^2 (puede estimarse en 0)
- I_{cl} = aislamiento de la ropa en m^2K/W
- f_{cl} = factor de superficie de la ropa
- t_a = temperatura del aire en $^{\circ}C$
- t_r = temperatura radiante media en $^{\circ}C$
- v_{ar} = velocidad relativa del aire en m/s
- p_a = presión parcial del vapor de agua en Pa
- h_{cl} = coeficiente de transmisión de calor por convección en $W/(m^2K)$
- t_{cl} = temperatura de la superficie de la ropa en $^{\circ}C$

El valor del voto medio estimado se comparará con la escala de sensación térmica de siete niveles, y se podrá determinar la sensación térmica global percibida por la mayoría de los usuarios.

Tabla 6. Escala de sensación térmica

+ 3	Muy caluroso
+ 2	Caluroso
+ 1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
- 1	Ligeramente fresco
- 2	Fresco
- 3	Frío

Fuente: UNE-EN ISO 7730, (2006)

Cálculo Del Porcentaje Estimado De Insatisfechos (PPD)

Este índice establece una predicción cuantitativa del porcentaje de personas que se sentirán insatisfechas por notar demasiado frío o demasiado calor. Para el propósito de la norma UNE-EN ISO 7730, las personas térmicamente insatisfechas son aquellas que votarán muy caluroso, caluroso, fresco o frío, sobre la escala de 7 niveles de sensación térmica (UNE-EN ISO 7730, 2006).

Tabla 7. Escala de porcentajes de insatisfechos

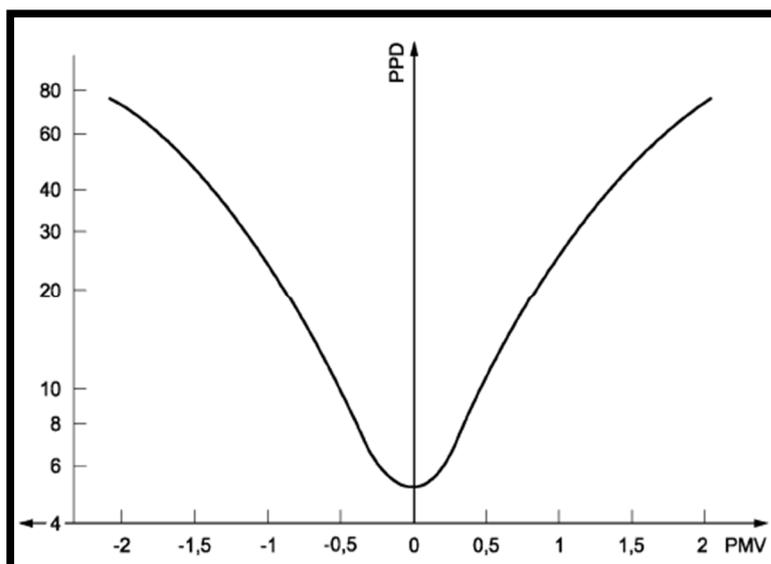
PMV	PPD	Sensación
+ 3	99 %	Muy caluroso
+ 2	77%	Caluroso
+ 1	26 %	Ligeramente caluroso
0	5%	Neutro
- 1	26%	Ligeramente neutro
- 2	77%	Fresco
- 3	99%	Frío

Fuente: (UNE-EN ISO 7730, (2006)

Se calcula a partir del índice PMV, según la expresión:

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0,03353 * PMV^4 - 0,2179 * PMV^2)$$

Ilustración 7. PPD en función del PMV



Fuente: ISO 7730 (2005)

2.3.2.2. Ambiente Lumínico

La iluminación puede definirse como la cantidad de luz que incide en un contexto espacial favoreciendo una mejor visualización.

Según su fuente:

Luz natural: Es una fuente luminosa muy eficiente que cubre todo el espectro visible, que proporciona un rendimiento de colores perfecto, con variaciones de intensidad, color y distribución de luminancias, con una dirección variable de la mayor parte de la luz incidente (Comité Español de Iluminación, 2005).

La disponibilidad y características de la luz natural dependen de la latitud, meteorología, época del año y del momento del día. Es sabido que la cantidad de luz natural recibida en la tierra varía con la situación, la proximidad a las costas o tierra adentro (Comité Español de Iluminación, 2005).

Luz artificial: Es la generación de luz por efectos de termoradiación y luminiscencia producidos al interior de los equipos llamados lámparas; esas lámparas se encontrarán colocadas en unas luminarias que modificarán las características de la luz en el local. Para evaluar o adecuar una iluminación artificial en un puesto de trabajo se deben considerar aspectos relacionados con el trabajador, con el tipo de tarea a desempeñar y los propiamente relacionados con la iluminación (INSHT, 2015).

En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar peligro de incendio o explosión (Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo, 1986).

Los criterios fundamentales que determinan el ambiente o entorno luminoso son: distribución de luminancias, iluminancia, uniformidad de luminancias, deslumbramientos, direccionalidad de la luz, color en el espacio visual, efectos perjudiciales sobre la visión (Comité Español de Iluminación, 2005).

La norma UNE 12464.1 aborda los criterios de iluminancia, deslumbramiento molesto y rendimiento de colores. Una buena iluminación proporciona a los estudiantes y profesores, un ambiente agradable y estimulante, es decir, un confort visual que les permite seguir su actividad sin demandar de ellos un sobre-esfuerzo visual, reduciendo el cansancio y los dolores de cabeza producidos por una iluminación inadecuada (UNE 12464.1, 2002)

Es muy importante la utilización de iluminación eficiente, mediante luminarias de alto rendimiento, que incorporen equipos de bajo consumo y lámparas de alta relación lumen/watio, unidas al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar, lo que permitirá tener unos buenos niveles de confort sin sacrificar la eficiencia energética (UNE 12464.1, 2002).

Tabla 8. Exigencias mínimas de Iluminación en una edificación

Confort Visual	Prestación Visual	Seguridad
Mantener un nivel de bienestar sin que se afecte el rendimiento ni la salud de los ocupantes de la edificación.	Los ocupantes son capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante períodos largos de tiempo.	A través de la utilización de equipos normalizados y eficientes

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2011), p. 13-23

El problema a la hora de presentar la información visual estriba en que no sólo depende de la calidad intrínseca de percepción del usuario (presbicia, miopía, etc.), sino además de las condiciones externas que configuran el espacio de trabajo y que intervienen, para bien o para mal, en el proceso de captación de la información visual. En actividades que requieren de una gran precisión visual, visión cercana o muy cercana y concentración, es necesaria una buena iluminación (que no siempre significa abundante). Cuando la discriminación del color con determinadas exigencias es importante resulta muy útil la luz natural, aunque existen lámparas que llegan a imitarla con relativa eficiencia (Pedro. Mondelo, Gregori, & Blasco, 2013).

Al tener condiciones adversas tales como: visión cercana a detalle e iluminación con valores bajos, los deslumbramientos directos por luminarias mal situadas, o

por ventanas, o por reflexión en superficies pulidas, los colores inadecuados o mal combinados, las sombras excesivas, los tiempos de observación demasiado breves o prolongados, al cabo de poco tiempo generará fatiga visual, mental, confusión y desorientación que posteriormente causará la pérdida de interés por la actividad desarrollada (P Mondelo, Torada, Gonzáles, & Gómez, 2013)

Entre sus magnitudes, se precisan:

- Flujo luminoso: Energía luminosa emitida por una unidad de tiempo, por una fuente de luz. Se mide en lumen.
- Intensidad luminosa: Flujo luminoso en una dirección dada.
- Nivel de iluminación: Flujo luminoso recibido por una unidad de superficie. Su unidad es el lux.
- Luminancia: Intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz.

Aspectos del rendimiento visual

- **La percepción de luminancias.** En fuentes secundarias esto depende de la reflectancia de la superficie y del nivel de iluminación. En condiciones normales, un aumento de luminancia conlleva una mejora del rendimiento visual, dicha mejora crece hasta un punto en el que ya no aumenta más aunque siga aumentando la luminancia (INSHT, 2006).
- **La percepción del contraste.** Según el INSHT, el contraste de la tarea se puede ver afectado negativamente cuando: existe un deslumbramiento perturbador y reflexiones de velo debido a la reflexión de la luz sobre la tarea.
- **Color y su aspecto psicológico.** Elemento de diseño que por sus cualidades expresivas tienen connotaciones psicológicas en respuesta al estímulo luminoso. El color de la edificación debe considerar la calidad y tonalidad de luz (natural o artificial) y el reflejo que éstas tienen sobre las superficies pintadas, evitando los deslumbramientos. Se sugieren colores claros para los cielos rasos, a fin de aumentar la luminosidad interior (Espinoza Torres, 2014).

Entorno visual

- **Equilibrio de luminancias.** Para el efecto se necesita controlar los valores de luminancia del techo y de las paredes. La luminancia recomendada para el techo de un local debería tener el mismo valor de la luminancia de las luminarias; sin embargo, si éstas aparecen empotradas difícilmente se puede conseguir el valor requerido ya que solo se iluminaría con la luz reflejada en el suelo y paredes. La luminancia recomendada para las paredes sitúa su valor óptimo en unas 100 cd/m² cuando el nivel de iluminación está entre 500 y 2000 lux (INSHT, 2006).
- **Deslumbramiento.** Se puede producir un deslumbramiento directo cuando hay luminancia excesiva proveniente de lámparas, ventanas, en relación con la luminancia general del entorno o un deslumbramiento por reflejos cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies, situaciones que dan paso al deslumbramiento perturbador y/o molesto, con repercusiones en el confort visual o la percepción del contraste, respectivamente. Para su determinación, la Comisión Internacional de Iluminación ha definido el grado de confort unificado (UGR), en actividades de oficina su límite máximo es $UGR < 19$ (INSHT, 2015).
- **Rendimiento en color y tonalidad de la luz.** Según el INSHT, ambos parámetros dependen del tipo de lámpara. El rendimiento del color se suele expresar en una escala de uno a cien, donde 100 corresponde a un rendimiento en color igual al obtenido con la luz natural. La tonalidad de la luz se expresa mediante la llamada “temperatura de color”

Elección de las fuentes de luz y del tipo de iluminación.

La configuración del ambiente visual depende de tres aspectos, según el INSHT y son: las características de las lámparas, las características de las luminarias y características del local y el entorno.

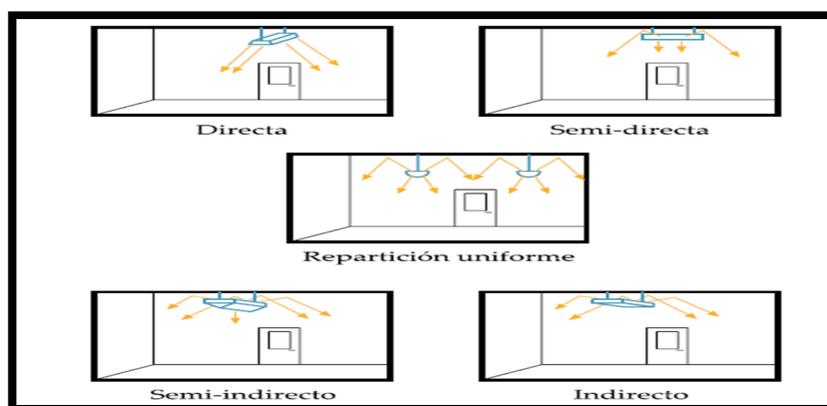
- **Lámparas.** El caso puntual de las lámparas fluorescentes se caracteriza por tener una eficiencia energética y su vida media más elevada que las lámparas incandescentes. La luz se genera al incidir, la radiación ultravioleta producto de la descarga eléctrica en el vapor de mercurio

contenido en el tubo. Su rendimiento en color, R_a , está comprendido entre 70 y 90, dependiendo del modelo de lámpara. Permite diseñar sistemas de iluminación homogéneos con niveles de brillo moderados, que producen poco deslumbramiento (INSHT, 2015).

- **Luminarias:** Según la Comisión Internacional de la Iluminación (CEI), son “aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación”. Además de intervenir en el proceso de diseño de la iluminación, permiten ocultar el cuerpo brillante de las lámparas evitando el deslumbramiento, y el tener difusores reduce los reflejos de velo.
- **Alumbrado:** Se habla de alumbrado para referirse de forma general al conjunto de la distribución de las luminarias. Una colocación errónea de las luminarias puede producir zonas con un nivel de iluminación elevado y zonas oscuras y, lo que puede resultar peor, una diferencia de luminancia elevada (INSHT, 2015).

Un alumbrado muy extendido es el general, el cual proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. En la iluminación uniforme el flujo se distribuye en todas las direcciones, de manera que una parte de él llega directamente a la tarea y el resto se refleja en el techo y paredes.

Ilustración 8. Clasificación en función de la distribución espacial del flujo



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, INSHT

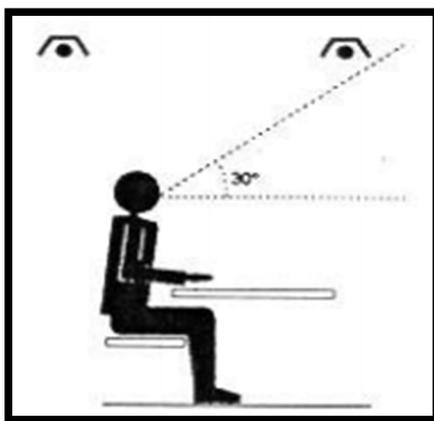
El Decreto 2393 en su capítulo V, artículo 57 recoge algunas recomendaciones:

- Para asegurar la uniformidad de la iluminación general, la relación entre sus valores mínimos y máximos, medida en lux, no será inferior a 0,7.
- No emplear lámparas desnudas a menos de 5 metros del suelo, exceptuando aquellas que tengan protección antideslumbrante.
- Evitar reflejos e imágenes de fuentes luminosas en las superficies brillantes, mediante el uso de pinturas mates, pantallas u otros medios.
- Al usar iluminación fluorescente, los focos luminosos serán como mínimo dobles, debiendo conectarse repartidos entre las fases.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo expone ciertas indicaciones a tener en cuenta para una correcta iluminación del área de trabajo:

- Las luminarias deberán equiparse con difusores para impedir la visión directa de la lámpara.
- Se evitarán las superficies de trabajo con materiales brillantes y colores oscuros.
- Si se dispone de luz natural, se procurará que las ventanas dispongan de elementos de protección regulables que impidan tanto el deslumbramiento como el calor provocado por los rayos del sol.
- La situación de las ventanas permitirá la visión al exterior.
- Las luminarias se colocarán de forma que el ángulo de visión sea superior a 30° respecto a la visión horizontal. (Véase ilustración 9).

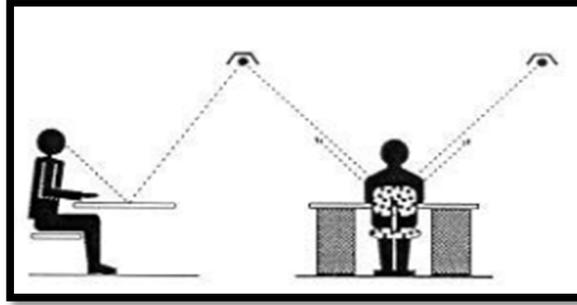
Ilustración 9. Situación de las luminarias en función del ángulo de visión



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

- La situación de las luminarias debe realizarse de forma que la reflexión sobre la superficie de trabajo no coincida con el ángulo de visión. En Ilustración 10: a la izquierda, la disposición de luminarias deficiente, la luz reflejada coincide con la línea de visión; a la derecha, disposición correcta de luminarias, la luz reflejada no coincide con la línea de visión

Ilustración 10. Luminarias en relación con el ángulo de reflexión de la superficie de trabajo



Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

La norma europea establece tablas de niveles de iluminación para edificios educativos con niveles recomendados, mínimos y óptimos. Por lo tanto, este criterio se considera para aulas y aulas de tutoría donde el nivel de iluminación debería estar en torno a los 500 lux, sin ser inferior a 300 lux, ni mayor a 750 lux.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, (2011), considera niveles de iluminación general mínima en ambientes asistenciales y educacionales según el tipo de local y tarea desarrollada y para el caso de sala de clases recomienda una iluminancia mínima de 300 lux.

Recogiendo las consideraciones del Decreto Ejecutivo 2393 y la Norma Europea 12464-1, se establecen los valores recomendados para una comodidad visual.

Tabla 9. Nivel de iluminación requerida

EDIFICIOS EDUCATIVOS						
TIPO DE INTERIOR, ÁREA Y ACTIVIDAD	E_m mínimo lux	E_m recomendado lux	E_m óptimo lux	UGR_L	R_a	OBSERVACIONES
Aulas, aulas de tutoría	300	400	500	19	80	La iluminación debería ser confortable
Aulas para clase nocturna	300	500	750	19	80	La iluminación debería ser confortable

Fuente: UNE 12464.1, 2002

Medición De Niveles De Iluminación

Se utiliza un equipo denominado luxómetro. Éste contiene una célula fotoeléctrica sobre la cual incide el haz de luz, mismo que al ser detectado por los electrones genera una señal eléctrica representada en los valores numéricos reflejados en la pantalla del equipo. Debe calibrarse periódicamente (INSHT, 2015).

Al efectuar las mediciones se consideran algunas recomendaciones como: medir a la altura del plano de trabajo, no se debe generar alguna sombra, separarse lo mayormente posible de la célula fotoeléctrica, revisar las unidades de medición en que se programa el equipo, al encender el equipo esperar hasta que se regule la señal, la superficie a medir se puede dividir en una cuadrícula y en cada punto se tomará la medición.

Métodos de cálculo de la cantidad de luminarias

Entre los métodos más generales para determinar la cantidad de luminarias requeridas para iluminar un ambiente, conforme al nivel medio de iluminación, se señalan: Método punto por punto, Método de la IES (Illuminating Engineering Society) y el Método de la IEC (Commission Internationale de L'Éclairage), siendo estos dos últimos los mayormente extendidos y tienen como base de cálculo el nivel de iluminancia.

Método de la IEC: Conocido como el método de los lúmenes, se centra en compensar el flujo luminoso perdido. Su determinación viene dada por del índice del local (k), el factor de reflexión para el techo, paredes, suelo; y en función de ambos valores se calcula el coeficiente de utilización (Cu) por lectura directa en la tabla del fabricante o interpolando.

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Ilustración 11. Coeficientes de reflexión

Reflexión	Color	Factor de reflexión (p)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu>

Posteriormente, se calcula el factor de mantenimiento (C_m) en concordancia con las condiciones del medio y la frecuencia de limpieza del sistema.

- A partir de ello, se procede a calcular la cantidad de flujo luminoso necesario en el local (ϕ_T)

$$\phi_T = \frac{E_m * S}{C_u * C_m}$$

- Cantidad de luminarias

$$NL = \frac{\phi_T}{n * \phi_L}$$

Dónde:

NL =Número de luminarias

ϕ_T =Flujo total necesario

ϕ_L =Flujo luminoso de una lámpara

n =Número de lámparas de la luminaria

- Determinación de la distribución o emplazamiento de las luminarias

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{NL * a}{b}}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \frac{b}{a}$$

2.3.2.3. Ambiente Acústico

El sonido es la transmisión de las ondas mecánicas producidas por una fuente sonora (cuerdas vocales, timbre, motor, tambor, cuerda de piano, sirena, trino de aves, ladridos) a través de las vibraciones de las moléculas de un medio (aire, agua, vidrio, ladrillo, madera...). Mientras que ruido es el sonido que molesta o afecta de alguna forma. Así pues, el ruido es sonido; pero el sonido no siempre es ruido (Pedro. Mondelo et al., 2013).

Tabla 10. Nivel de ruido en condiciones normales

Alrededor de: dB (A)	Zonas / ruidos de referencia
130	Aviones
110	Martillo neumático
100	Taladradoras
85	Imprentas, tornos
75	Escritura a máquina, cabinas de camiones
65	Conversación en oficinas
55	Salas de control
45	Oficinas pequeñas y tranquilas
10	Salas aisladas del ruido
0	Umbral de audición

Tabla 11. Nivel de ruido en el trabajo

	Trabajo que requiere comunicación verbal	Trabajo que requiere concentración
1	Debajo 50 dB (A)	Debajo 45 dB (A)
2	50 – 60 dB (A)	45 – 55 dB (A)
3	60 – 70 dB (A)	55 – 65 dB (A)
4	70 – 80 dB (A)	65 – 75 dB (A)
5	Sobre 80 dB (A)	Sobre 75 dB (A)

La valoración del ruido se hace de acuerdo al tipo de trabajo realizado. Según la NTP 242, en los trabajos de oficina donde se exige cierto nivel de concentración y comunicación verbal, el ruido vagamente puede verse como un problema generador de una discapacidad auditiva sino más bien como un aspecto de discomfort. En términos de confort auditivo, se tiene que el nivel máximo de presión sonora para un ambiente no ruidoso es de 50 dB. Los niveles de ruido a partir de los cuales se considera que pueden provocar discomfort se sitúan entre los 55 y 65 dB (A).

Medición del ruido

Hay dos tipos de instrumentos usados para la medición del ruido: el sonómetro y el dosímetro.

Pueden encontrarse especificaciones de sonómetros en normas nacionales e internacionales, como la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y el American National Standards Institute (ANSI). La norma INEN-ISO 9612, recomienda el uso de instrumentos como:

- El sonómetro integrador – promediador.- Mide el nivel de presión normal. Pueden ser de 4 clases según se especifica en la tabla N° 2.7, entregada por el IEC 60651. Debe tener una precisión correspondiente a la clase 1 o clase 2, según establece la Norma IEC 61672-1:2002
- El dosímetro sonoro individual.- Mide el nivel de exposición al ruido. Es un monitor de exposición que utiliza un micrófono y circuitos. Según la Norma IEC 61252 su rango de operación debe ser entre 0°C y 40°C. También está el caso de los dosímetros personales de clase 1 que, según la norma IEC 61672-1.2002, permiten medir temperaturas bajas y ruidos con altas frecuencias.

Tabla 12. Clases de Sonómetro

CLASE DE SONÓMETRO	USO
0	Como patrón de referencia en laboratorios.
1	Para laboratorios o en campo donde el ambiente acústico puede especificarse o controlarse de manera precisa.
2	Aplicaciones generales
3	Aplicaciones de reconocimiento de los niveles sonoros para determinar si se han violado los límites de ruido establecidos

Fuente: IEC 60651

Métodos De Medida

Los métodos de medida del ruido dependen de los objetivos perseguidos. La norma internacional ISO 2204 especifica tres tipos:

- a. De control: las zonas de trabajo son medidas con un sonómetro, utilizando un número limitado de puntos de medida.
- b. De ingeniería: El nivel sonoro es medido a través del factor de ponderación A. El número de puntos de medición y las gamas de frecuencias se determinan en función de los objetivos de medición. Se deben registrar los factores temporales.
- c. De precisión: las mediciones globales del nivel sonoro se complementan con mediciones en banda de octava o de tercio de octava y se registran historiales de intervalos de tiempo apropiados en función de la duración y las fluctuaciones del ruido.

Efectos del ruido

A más de los efectos auditivos, el INSHT detalla los efectos extra-auditivos, entre los que se destacan:

- Efecto Subjetivo: El efecto más conocido es la sensación de desagrado y molestia
- Efectos sobre el rendimiento: Son complejos y afectan de distinta manera a diferentes actividades, dependiendo de los factores. Los efectos negativos del ruido provocan disminución de la atención y parecen estar asociados, fundamentalmente, con tareas en las que se tiene que aplicar conocimientos, pensar detenidamente y llegar a conclusiones. El trabajador debe hacer un esfuerzo suplementario para aislarse del ruido, lo que se traduce en mayor desgaste y aumento de la fatiga mental.
- Efectos sobre la comunicación: El ruido puede dificultar la comunicación hablada en el puesto de trabajo, lo que repercute en la seguridad, el proceso productivo y las relaciones personales y profesionales.

2.3.2.4. Ergonomía de Diseño del Producto

Para el Instituto de Biomecánica de Valencia, (1992), la ergonomía de diseño del Producto tiene como finalidad el crear productos seguros, eficientes y saludables a largo plazo y satisfactorios para el usuario. Su incorporación es fundamental en bienes cuyo diseño constituye un aspecto crítico ya sea por tratarse de productos de uso masivo o por su complejidad.

Se centra en las dimensiones y características del puesto y mobiliario, así como las posturas y esfuerzos del individuo y su adaptación acorde a sus características anatómicas y necesidades de comodidad.

El desarrollo del estudio ergonómico de un producto u elemento en particular puede suscitarse en uno de estos escenarios: el primero en el que se requiera la inclusión y atención a las instrucciones dispuestas en las normativas aplicables al mismo, y el segundo si se tratase de investigaciones puntuales.

En el contexto educativo, el diseño del puesto escolar amerita considerar las dimensiones del usuario en ausencia de movimiento, como se puede percibir a continuación.

Ilustración 12. Principales medidas antropométricas en posición sedente

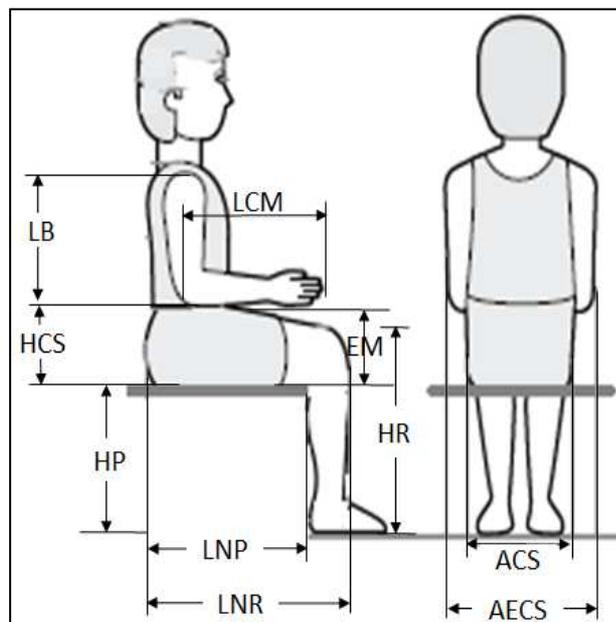


Tabla 13. Descripción de las medidas antropométricas

	Medidas	Descripción
HP	Altura poplítea	Es la distancia vertical medida desde el suelo hasta el punto más alto de la depresión poplítea, estando el individuo sentado con los pies apoyados de forma plana sobre el sueño y el borde anterior del asiento no ejerciendo presión en la cara posterior del muslo.
EM	Espesor del muslo	Es la distancia vertical desde la superficie de asiento al punto más alto del muslo derecho.
LNP	Longitud nalga-poplítea	Es la distancia entre el plano más posterior del hueco poplíteo, estando el muslo en ángulo recto, con relación al tronco.
LNR	Longitud nalga-rodilla	Es la distancia entre el plano más posterior a la nalga al plano más posterior de la rodilla, estando el muslo en ángulo recto, con relación al tronco. La distancia puede no ser paralela al plano horizontal.
LCM	Longitud codo-mano	Es la distancia horizontal desde la parte posterior del brazo (a la altura del codo) hasta la punta del dedo, el codo flexionado en ángulo recto.
LB	Longitud del brazo	Es la distancia desde la vertical hasta la depresión del codo donde se articulan los huesos del brazo y antebrazo.
HR	Altura rodilla	Distancia vertical desde el suelo (superficie de sustentación) hasta superficie superior de la rodilla.
HCS	Altura cadera sentado	Distancia vertical desde la superficie de sustentación hasta el nivel de la cadera.
ACS	Ancho cadera sentado	Distancia horizontal entre los puntos laterales de la cadera (anchura máxima de la pelvis).
AECS	Ancho entre codo sentado	Distancia horizontal entre los codos.

Fuente: Mantmans & Ceriez, (2005)

Según el Instituto de Biomecánica de Valencia, (1992), las medidas antropométricas son tomadas de los individuos que integran una población, para luego ser comparadas y obtener así las medidas máximas, mínimas y medias. Si bien las medidas medias corresponderán a la mayoría de la población, las medidas máximas y mínimas serán imprescindibles a la hora de pensar un diseño, ya que, por ejemplo, una persona de gran estatura no pasará por una puerta hecha a la medida de las personas medias.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo expone que, los percentiles más empleados en diseño ergonómico son el P5 y el P95, es decir, que se proyecta para un 90% de los usuarios

Los datos antropométricos constituyen una fuente de información importante en el diseño ergonómico de un producto, de un puesto de trabajo. Es importante estudiar los valores adecuados de diseño así como las dimensiones de la población objetivo para abordar, en la medida de lo posible, las diferenciaciones que se pueden presentar entre individuos pequeños y grandes y tratar de simplificarlas.

La altura del asiento debe ser menor que la altura del poplíteo para que las piernas formen un ángulo entre 5° y 30° respecto al eje vertical del cuerpo como se cita en (Rolando Torres & Angie Furlan, 2017). Para su determinación se aplica la siguiente ecuación con una corrección CZ de 2 cm por concepto del calzado del individuo.

$$(HP + CZ) \cos 30^\circ \leq HA \leq (HP + CZ) \cos 5^\circ$$

Según la norma ISO 9241-5:1998 el ancho del asiento debe ser mayor que la anchura de las caderas en posición sentado entre un 10 y 30% (Rolando Torres & Angie Furlan, 2017).

$$1,1 ACS \leq AA \leq 1,3 ACS$$

La norma ISO 9241-5:1998 establece que, la profundidad del asiento necesita ser menor que la longitud nalga-poplíteo, con una medida comprendida entre el 80 y 95% de la LNP (Rolando Torres & Angie Furlan, 2017).

$$0,8 LNP \leq PA \leq 0,95 LNP$$

Rolando Torres & Angie Furlan, (2017) citan el planteamiento de diversos autores que recomiendan que el **respaldo** debe corresponder a un 60% y 80% de la altura de los hombros. Debido a la ausencia de esta medida se asume un equivalente resultante de la suma de la altura de la cadera en posición sentada (HCS) y la longitud del brazo (LB).

$$0,6 (HCS + LB) \leq HR \leq 0,8(HCS + LB)$$

Como no existen mayores referencias respecto a la **anchura del respaldo**, se toman las sugerencias de algunos autores que afirman que ésta debe ser mayor al percentil 95 de la anchura de caderas en posición sentada (Rolando Torres & Angie Furlan, 2017).

$$AR \geq ACS$$

Para la estimación de la **altura interior de la mesa** se incluye la altura del asiento, el espesor del muslo y una holgura de 2 cm para el libre movimiento del usuario (Rolando Torres & Anggie Furlan, 2017).

$$(HP + CZ) \cos 30^\circ + EM + 2 \leq HIM \leq (HP + CZ) \cos 5^\circ + EM + 2$$

Dentro de la estimación de la **altura superior de la mesa**, Rolando Torres & Anggie Furlan, (2017) plantean la ecuación formulada por varios investigadores donde se considera la biomecánica del hombro con ángulos de flexión aceptables de 0° a 25° y ángulos de abducción entre 0° y 20°. Sin embargo, al no contar con mediciones de HHS, se considera que esta medida equivale a la suma de HCS y LB por lo que la ecuación resultante es:

$$HCS + [(HP + CZ) \cos 30^\circ] \leq HSM \leq [(HP + CZ) \cos 5^\circ] + HCS + 0,1483 LB$$

La profundidad de la mesa es importante para proporcionar el espacio suficiente que permita al usuario cambiar la postura de sus extremidades inferiores, debe ser superior a la longitud nalga-rodilla correspondiente al percentil 95 de sexo masculino. (Castelluci, Arezes & Molenbroek, citado por Rolando Torres & Anggie Furlan, 2017).

$$PM \geq LNR$$

El ancho de la mesa, debe permitir que el usuario pueda reposar sobre la superficie sus dos antebrazos a la vez, ya sea que estos estén en posición vertical o abducidos en postura relajada. El ancho mínimo debe incluir la anchura entre codos en posición sentado (AECS), la distancia que produce la abducción de los hombros sobre el plano de trabajo (equivalente a $2\text{sen}20^\circ \cdot LB$), más una holgura de 20 mm a cada lado (Rolando Torres & Anggie Furlan, 2017).

$$AM \geq AECS + (0,684 * LB) + 40$$

Equipos de medida. Se utilizan distintos instrumentos dependiendo de las dimensiones a medir. Entre los más empleados podemos destacar el antropómetro, calibres y pie de rey, cinta antropométrica, goniómetros, etc.

Mobiliario

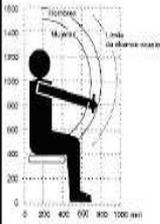
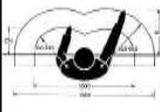
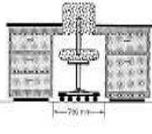
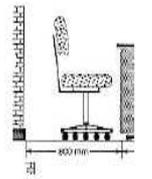
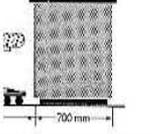
Mobiliario es todo aquel elemento que sea útil para los ambientes de un espacio específico y que tenga la posibilidad de ser movido de lugar.

Las aulas académicas deben cumplir con ciertos conceptos de diseño enfocados a favorecer el desempeño del alumno, reducir la fatiga muscular y física; es fundamental que el mobiliario sea funcional, y satisfaga las condiciones antropométricas de la población y la variedad de exigencias del proceso académico. Un mobiliario con un dimensionamiento ajustado a las medidas antropométricas de la población estudiantil promedio, acarreará no sólo una participación más activa en las tareas académicas sino que insertará en el estudiante la idea de verse y sentirse importarse en el escenario educativo.

Según el INSHT, para el establecimiento de las dimensiones esenciales de un puesto de trabajo de oficina, se considera estos criterios:

- a) Altura del plano de trabajo: Debe estar en función a la talla del trabajador. Si ésta es muy alta habrá que levantar la espalda generando dolores en los omóplatos, y si es demasiado baja la espalda se afectará al tener que doblarla más de lo normal.
- b) Espacio reservado para las piernas
- c) Zonas de alcance óptima del área de trabajo

Ilustración 13. Dimensiones recomendadas en puesto de trabajo

DIMENSIONES DEL PUESTO DE TRABAJO				POSTURA DE TRABAJO																													
TRABAJO DE LECTURA Y ESCRITURA 				SILLA DE TRABAJO REGULACIÓN EN ALTURA 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALTURA</th></tr> <tr><td>740 - 780</td><td>H</td></tr> <tr><td>700 - 740</td><td>M</td></tr> </table>		ALTURA		740 - 780	H	700 - 740	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALTURA</th></tr> <tr><td>750</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ALTURA		750		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ENTRE</th></tr> <tr><td>380 Y 500</td><td></td></tr> </table>		ENTRE		380 Y 500		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALTURA</th></tr> <tr><td>390 y 500</td><td></td></tr> </table>		ALTURA		390 y 500							
ALTURA																																	
740 - 780	H																																
700 - 740	M																																
ALTURA																																	
750																																	
H	M																																
ENTRE																																	
380 Y 500																																	
ALTURA																																	
390 y 500																																	
ESPESOR MESA DE TRABAJO 				ANCHO DEL ASIENTO 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ESPESOR</th></tr> <tr><td>30</td><td></td></tr> </table>		ESPESOR		30		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ESPESOR</th></tr> <tr><td>20</td><td></td></tr> </table>		ESPESOR		20		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ENTRE</th></tr> <tr><td>400 Y 450</td><td></td></tr> </table>		ENTRE		400 Y 450		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ANCHO</th></tr> <tr><td>460</td><td></td></tr> </table>		ANCHO		460											
ESPESOR																																	
30																																	
ESPESOR																																	
20																																	
ENTRE																																	
400 Y 450																																	
ANCHO																																	
460																																	
ZONAS DE ALCANCE ÓPTIMAS				PROFUNDIDAD DEL ASIENTO 																													
ZONA DE ALCANCE VERTICAL 				ACOLCHONADO 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALCANCE</th></tr> <tr><td>800</td><td></td></tr> <tr><td>1000</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ALCANCE		800		1000		H	M	REGULAR OCASIONAL		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALCANCE</th></tr> <tr><td>87</td><td></td></tr> <tr><td>87</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ALCANCE		87		87		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ENTRE</th></tr> <tr><td>20 - 22</td><td></td></tr> </table>		ENTRE		20 - 22		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ACOLCHONADO</th></tr> <tr><td>40</td><td></td></tr> </table>		ACOLCHONADO		40	
ALCANCE																																	
800																																	
1000																																	
H	M																																
ALCANCE																																	
87																																	
87																																	
H	M																																
ENTRE																																	
20 - 22																																	
ACOLCHONADO																																	
40																																	
ZONA DE ALCANCE HORIZONTAL 				INCLINACIÓN ANTERIOR 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALCANCE</th></tr> <tr><td>350 - 450</td><td></td></tr> <tr><td>550 - 650</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ALCANCE		350 - 450		550 - 650		H	M	FLEXIÓN EXTENSIÓN		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALCANCE</th></tr> <tr><td>480</td><td></td></tr> <tr><td>870</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ALCANCE		480		870		H	M	<table border="1"> <tr><td>SI</td><td>x</td></tr> </table>		SI	x	<table border="1"> <tr><td>NO</td><td></td></tr> </table>		NO					
ALCANCE																																	
350 - 450																																	
550 - 650																																	
H	M																																
ALCANCE																																	
480																																	
870																																	
H	M																																
SI	x																																
NO																																	
ESPACIO RESERVADO PARA PIERNAS ANCHO POR DEBAJO DE ESCRITORIO 				ANCHO ESPALDAR BAJO 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ANCHO</th></tr> <tr><td>700</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ANCHO		700		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ANCHO</th></tr> <tr><td></td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ANCHO				H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ENTRE</th></tr> <tr><td>400 Y 450</td><td></td></tr> </table>		ENTRE		400 Y 450		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ANCHO</th></tr> <tr><td>390</td><td></td></tr> </table>		ANCHO		390							
ANCHO																																	
700																																	
H	M																																
ANCHO																																	
H	M																																
ENTRE																																	
400 Y 450																																	
ANCHO																																	
390																																	
ESPACIO PARED ESCRITORIO 				ALTURA ESPALDAR BAJO 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ESPACIO</th></tr> <tr><td>800</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ESPACIO		800		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ESPACIO</th></tr> <tr><td>2000</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ESPACIO		2000		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALTURA</th></tr> <tr><td>250 Y 300</td><td></td></tr> </table>		ALTURA		250 Y 300		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALTURA</th></tr> <tr><td>320</td><td></td></tr> </table>		ALTURA		320							
ESPACIO																																	
800																																	
H	M																																
ESPACIO																																	
2000																																	
H	M																																
ALTURA																																	
250 Y 300																																	
ALTURA																																	
320																																	
ESPACIO POR DEBAJO DEL ESCRITORIO 				AJUSTE ESPALDAR BAJO 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">ESPACIO</th></tr> <tr><td>700</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ESPACIO		700		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ESPACIO</th></tr> <tr><td>550 y 620</td><td></td></tr> <tr><td>H</td><td>M</td></tr> </table>		ESPACIO		550 y 620		H	M	<table border="1"> <tr><th colspan="2">ENTRE</th></tr> <tr><td>150 Y 200</td><td></td></tr> </table>		ENTRE		150 Y 200		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ALTURA</th></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> </table>		ALTURA		50							
ESPACIO																																	
700																																	
H	M																																
ESPACIO																																	
550 y 620																																	
H	M																																
ENTRE																																	
150 Y 200																																	
ALTURA																																	
50																																	
INCLINACIÓN ESPALDAR 				ANCHO ESPALDAR ALTO 																													
<table border="1"> <tr><th colspan="2">INCLINACIÓN</th></tr> <tr><td>15°</td><td></td></tr> </table>		INCLINACIÓN		15°		<table border="1"> <tr><th colspan="2">GRADOS</th></tr> <tr><td>15°</td><td></td></tr> </table>		GRADOS		15°		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ENTRE</th></tr> <tr><td>300 Y 350</td><td></td></tr> </table>		ENTRE		300 Y 350		<table border="1"> <tr><th colspan="2">ANCHO</th></tr> <tr><td>310</td><td></td></tr> </table>		ANCHO		310											
INCLINACIÓN																																	
15°																																	
GRADOS																																	
15°																																	
ENTRE																																	
300 Y 350																																	
ANCHO																																	
310																																	

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo

La norma INEN 2583:2011 establece requisitos para los pupitres y sillas destinados al uso de los estudiantes en el aula de clases, donde un pupitre y silla tipo 4 está acorde para individuos con rango de tallas compatibles de 146-155 cm y de tipo 5 para aquellos con rango de 156 cm o más.

El pupitre y la silla deben cumplir las siguientes disposiciones:

- Estar libre de defectos, grietas y deformaciones.
- Ninguna parte del mueble debe presentar protuberancias ni rebabas.
- La superficie de trabajo del pupitre debe ser plana y lisa, las superficies del asiento y del espaldar de la silla deben ser anatómicos y de apariencia uniforme e impedir que el usuario resbale.
- Las superficies de trabajo del pupitre y del asiento de la silla deben ser uniformes en brillo y tono del color, sin defectos tales como pintura dispareja, irregularidades y poros. Debe tener bajo índice de reflexión.
- El mueble terminado no debe presentar defectos como desviaciones, grietas, aristas vivas ni elementos que afecten la seguridad del usuario, igualmente todos los bordes y las esquinas de las superficies deben ser redondeadas.
- El ensamble de la estructura metálica del mueble debe ser con extremos matrizados y debe hacerse mínimo con soldaduras TIG, MIG o con otro método que la supere.
- Si se emplean tornillos u otros accesorios metálicos se deben asegurar de forma tal que las uniones no se aflojen.
- La superficie de trabajo del pupitre debe estar asegurada de tal forma que permanezca firme.
- Cualquier elemento de ensamble que una la estructura con el tablero superior, debe estar hecho de tal forma que sus extremos no sobresalgan de los bordes de la misma.
- Los extremos de las patas deben tener un tratamiento adecuado para que al mover el pupitre no queden marcas ni rayones en el piso ni ocasionen ruido excesivo. En el caso de estructuras metálicas, los extremos de las patas deben tener tapones internos a presión. Los terminales de los tubos deben estar totalmente protegidos.

- Los materiales utilizados en la fabricación de este tipo de muebles deben ser tratados para evitar la propagación del fuego y la emisión de gases tóxicos.

Materiales

- Partes principales. Pueden ser de: madera prefabricada, con recubrimientos de películas decorativas, metal, laca de poliuretano, pinturas y productos afines, polietileno de alta densidad grado de fluidez 8 o polipropileno con copolímeros.
- Partes accesorias. Los tornillos deben ser galvanizados autorroscantes.
- Para la sujeción del tablero a la estructura de metal de los pupitres se utiliza herrajes de lámina de acero de 2 mm de espesor.
- Los regatones para las patas deben ser de PVC de alta resistencia de color negro.
- La bandeja portalibros será de malla electro soldada con celdillas de 50 mm x 50 mm máximo y de alambre de 3 mm mínimo. Esta bandeja se colocará a una distancia máxima de 12 cm de la cara inferior del tablero.
- Acabado y pintura. Para el acabado de las maderas se debe usar laminado decorativo de 0,6 mm de espesor. Para pintar las partes metálicas se debe usar pintura electrostática termofundible con recubrimiento en polvo, semi-mate, según la NTE INEN 1020 o un material de recubrimiento con dureza y durabilidad superior o equivalente.

2.3.2.4.1. Postura de trabajo

Condición en la que diferentes partes del cuerpo como cabeza, cuello, tórax y abdomen que se encuentran sostenidos por la columna y apoyados sobre la pelvis estén balanceados verticalmente con los miembros inferiores en completa extensión, cayendo el centro de gravedad entre los arcos del pie (Villacorta, Diana & Morales, 2010).

El hecho de permanecer sentado también representa desventajas cuando se mantiene dicha posición en un tiempo prolongado con afectaciones principalmente en la espalda.

Los trastornos musculoesqueléticos son un conjunto heterogéneo de alteraciones o lesiones inflamatorias y/o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, etc., que afectan a todas las partes del cuerpo siendo las más comunes el cuello, la espalda, las extremidades superiores y con menor frecuencia las extremidades inferiores.

Causas de defectos de posturas

- Hábitos de postura defectuosa en las ocupaciones diarias como escribir, leer, dibujar, etc.
- Mesas, sillas mal adaptadas que no permiten tomar una posición correcta.
- Defectos de la visión, de la audición o iluminación durante las ocupaciones.
- Desnutrición y astenia que den debilidad del aparato musculo esquelético.
- Ropa y calzado impropio que produzcan presiones o tracciones defectuosas.
- Dolor que produzcan actitudes de defensa.

El INSHT indica que para conseguir una postura de trabajo correcta se requiere un equipamiento básico que comprende: la silla de trabajo, mesa de trabajo, apoyapiés y apoyabrazos.

Tabla 14. Características de diseño para una postura de trabajo correcta en trabajos de oficina.

Silla de trabajo	Asiento	Regulable en altura (en posición sentado) margen ajuste entre 380 y 500 mm. Anchura entre 400 - 450 mm. Profundidad entre 380 y 420 mm. Acolchado de 20 mm., recubierto con tela flexible y transpirable. Borde anterior inclinado (gran radio de inclinación).
	Respaldo	Respaldo bajo: Anchura 400 - 450 mm. Altura 250 - 300 mm. Ajuste en altura de 150 - 250 mm. Respaldo alto: Regulación de la inclinación hacia atrás 15° Anchura 300 - 350 mm. Altura 450 - 500 mm.

		Material igual al del asiento.
	Base de apoyo	La base de apoyo de la silla debe garantizar una correcta estabilidad y por ello dispondrá de cinco brazos con ruedas que permitan la libertad de movimiento. La longitud de los brazos será por lo menos igual a la del asiento (380-450 mm.)
Mesa de trabajo		Si la altura es fija, ésta será de aproximadamente 700 mm. Si la altura es regulable, la amplitud de regulación estará entre 680 y 700 mm. La superficie mínima será de 1.200 mm de ancho y 800 mm de largo. El espesor no debe ser mayor de 30 mm. La superficie será de material mate y color claro suave, rechazándose las superficies brillantes y oscuras. Permitirá la colocación y los cambios de posición de las piernas.
Apoyapiés	Siempre que no se disponga de mesas regulables en altura.	Anchura 400 mm. Profundidad 400 mm. Altura 50 - 250 mm. Inclinación 10°. Se aconseja que la superficie de apoyo sea de material antideslizante.
Apoyabrazos	Indicada en trabajos que exigen gran estabilidad de la mano, no requieren gran libertad de movimiento y no es posible apoyar el antebrazo en el plano de trabajo.	Anchura 60 - 100 mm. Longitud - que permita apoyar el antebrazo y el canto de la mano

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para el fiel cumplimiento de los objetivos trazados en este proceso investigativo, fue necesaria la utilización de métodos y técnicas debidamente aprobados para el acopio de la carga informativa relacionada al ambiente de aprendizaje en el que se desenvuelven estudiantes y docentes de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM.

3.1.1. Investigación exploratoria

Es exploratoria porque, en el marco de la ergonomía como tal, son pocos los estudios de esta índole, perpetrados en los centros de educación superior de la provincia; más aún en el caso de esta institución, que actualmente adolece de investigaciones relacionadas con esta condición.

3.1.2. Investigación de campo

Este es un tipo de investigación cuyos resultados pueden representar un acercamiento bastante ajustado a la realidad circundante, gracias a los datos proveniente del manejo de herramientas como cuestionarios, encuestas y observaciones, para la extracción de conclusiones de la situación latente en las aulas de la universidad. Este procedimiento goza de una validez porque se basó en la interacción in situ con los actores principales del panorama estudiado, para la detección de las necesidades y/o problemas ligados a las condiciones ergonómicas del lugar donde cumplen sus funciones académicas.

3.1.3. Investigación descriptiva

Es una investigación de carácter descriptivo porque con la identificación de las variables ergonómicas como el mobiliario y factores ambientales: temperatura, iluminación y ruido, se ha procedido a describir las características, consideraciones, requisitos básicos de operación y evaluación de estos factores en el ambiente áulico de la facultad de Ingeniería Industrial de la ULEAM.

3.2. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis la constituye el aula y su mobiliario, el estudiante y el docente universitario que hace uso de las aulas de la facultad de Ingeniería Industrial distribuidas en: diez aulas para el dictado de cátedra, un aula de cómputo y la sala de docentes.

3.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Tabla 15. Población de estudio

Población	Frecuencia
Estudiantes	497
Docentes	32
Total	529

Fuente: uleam.edu.ec

Elaborado: Joselyn Anchundia

3.4. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Población Finita

- n : tamaño de muestra
- z : nivel de confianza $\rightarrow 95\% = 1,96$
- p : variabilidad positiva $\rightarrow 50\% = 0,5$
- q : variabilidad negativa $\rightarrow 50\% = 0,5$
- N : tamaño de la población $\rightarrow 529$
- e : error de muestreo $\rightarrow 10\% = 0,1$

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

$$n = \frac{529 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (529 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{508,0516}{6,2404}$$

$$n = 81,41 \approx 82$$

Como los sujetos de estudios son los usuarios permanentes de las aulas, se ha englobado tanto a los estudiantes como docentes. Al tratarse de una población conocida y superior a 100, se emplea la fórmula para población finita, donde el

tamaño muestral, con un nivel de confianza del 95% y un error del 10%, se establece en 82 personas.

3.5. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra es de tipo no probabilística y entre este tipo de diseño se encuentra el muestreo por conveniencia definido por (Hair, Bush, & Ortinau, 2009, pág. 308) como “método en el que las muestras se toman como le sea más cómodo al investigador”. Según (Arias Gómez, Villasís Keever, & Miranda, 2016, pág. 206), “el caso más frecuente de este procedimiento es utilizar como muestra los individuos a los que se tiene fácil acceso”; por esta razón se seleccionó usuarios que cumplieran sus actividades académicas en las aulas de la planta baja y alta, pertenecientes a la sección vespertina, y dispuestos a colaborar con el estudio.

Criterios de inclusión: Ocupantes de las aulas de la facultad de Ingeniería Industrial, sanos, con una permanencia mínima de 30 minutos al interior del aula con disponibilidad de celular para acceder a la encuesta digital.

Criterios de exclusión: Usuarios enfermos y sin disponibilidad de tiempo para cumplir con los parámetros de llenado de la encuesta.

3.6. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Según la fuente de información son:

3.6.1. Observación.

Según la observación directa es “la observación de comportamientos, actividades o sucesos, que se registran conforme ocurren”.

Dada su universalidad, se empleó la percepción directa para analizar y reconocer las condiciones ergonómicas incidentes en el aula de clases. Representa la posibilidad de obtener información de las variables estipuladas en el trabajo investigativo, apuntando a la búsqueda de respuesta a los problemas ergonómicos asociados al aula y sus muebles.

3.6.2. Medición.

El método de medición directa constituye un proceso básico para obtener información numérica, e inclusive facilita contrastar la magnitud física de las variables a medir con un patrón establecido. Es resaltable el hecho de que, fue posible obtener información numérica únicamente en la medición del parámetro de iluminación mediante el uso del luxómetro.

3.6.3. Encuesta.

Esta técnica se aplicó a través de un cuestionario cuya validación subjetiva estuvo dada a través de la opinión de un experto y modelos de evaluación de otras investigaciones relaciones. Se aplicó una prueba piloto y se reestructuró definitivamente quedando dividido en cinco secciones a saber: datos generales, evaluación del ambiente térmico, evaluación del ambiente lumínico, evaluación del ambiente acústico, evaluación del mobiliario y posturas. Se aplicó previo consentimiento de los involucrados, con el propósito de obtener información de los factores o condiciones influyentes en el estudio planteado.

3.6.4. Datos Bibliográficos

Son la fuente de información técnica inherente a los factores ergonómicos, los informes de los resultados obtenidos por otros estudios similares que funcionan como punto de partida y guía del estudio.

3.7. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

- Se revisa la información obtenida de las diferentes fuentes, desechando aquella que esté defectuosa o contradictoria.
- En el caso de la encuesta aplicada a través de un formulario de Google, se descargan los resultados concentrados en un archivo de Excel y se procede a su tabulación utilizando el paquete estadístico IBM SPSS Statistics y la hoja de cálculo de Microsoft Office Excel.
- A través de la estadística descriptiva se representa los datos en tablas y gráficos de barra estadístico Se utiliza la estadística inferencial para el caso del ambiente térmico.

- Los registros de medición, como de observación y cuestionarios (encuestas) se analizan considerando la relación de dependencia de las variables y los objetivos e hipótesis formulados.
- Se contrasta los resultados obtenidos frente al marco teórico abordado.
- Determinación de las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE DATOS

Para establecer las condiciones de trabajo de los usuarios de las aulas se elaboró una encuesta con diferentes secciones: datos generales, evaluación térmica, evaluación lumínica, evaluación del ruido y evaluación del mobiliario

4.1. EVALUACIÓN DEL AMBIENTE TÉRMICO

En el caso de los estudios sobre confort térmicos, los actuales cuestionarios se basan en la norma ISO 10551, la cual toma como referencia estudios como los de Bedford, Hummpreys y Auliciems (Bojorquez Morales, 2010).

La evaluación subjetiva del ambiente térmico se plasmó a través de la aplicación de un cuestionario basado en la metodología dispuesta en la norma ISO 10551:1995. El objetivo era estimar el grado de sensación térmica de los individuos desde la parte perceptiva, evaluativa y preferencia, así como desde el nivel de aceptación y tolerancia que este parámetro ambiental genera en los usuarios de las aulas de la facultad de Ingeniería Industrial.

Participaron un total de 98 individuos voluntarios, entre estudiantes y docentes. Previa explicación de la metodología del proceso, de las escalas de valoración del cuestionario térmico y el acondicionamiento del aula (acondicionador de aire encendido 30 minutos antes), los individuos participantes hacían su ingreso e inmediatamente respondían la encuesta. El proceso se repitió al cabo de 30, 60 y 90 minutos de exposición, de tal manera que se pueda juzgar la sensación y adaptación térmica humana en este tipo de espacio interior.

La climatización del local se consigue mediante una unidad de aire acondicionado tipo Split de 24000 BTU.

La muestra pertenecía a la sección tarde, y las aulas escogidas fueron cuatro, clasificadas en: aulas de clase, sala de cómputo y sala de docentes distribuidas tanto en la planta baja y alta. El aula se fijó a una temperatura de 18° en pleno mes de marzo del año 2017 donde la temperatura media osciló en 24°C.

Con ayuda de la aplicación Ergonautas.com, (2016), se estableció una tasa metabólica promedio, según la actividad desarrollada (ISO 7730, 2005): actividad sedentaria (oficina, domicilio, escuela, laboratorio), de 1,2 met=70 W/m², valorada como metabolismo ligero.

Así mismo, con Ergonautas.com, (2016), sustentado en la norma ISO 7730:2005, se procedió a estimar el aislamiento térmico de la ropa en función de una selección personalizada de prendas cuya característica general era: ropa interior, camisas/blusas normales, pantalones normales tipo jean, calcetines tobilleros, zapatos (suela gruesa), con un aislamiento resultante de 0,75 clo= 0,12 m² K/W, a ello se suma el aislamiento térmico propio del tipo de asiento que según los valores estandarizados en la norma (ISO 7730, 2005) y el modelo que más se ajusta a éste correspondería a un índice de 0,15 clo=0,023 m² K/W, lo que representa un aislamiento total de 0,90 clo.

Considerando el tamaño de la muestra y con el objetivo de buscar relaciones entre las variables, mediante pruebas paramétricas, es necesario comprobar si las variables en cuestión cumplen con los requisitos necesarios para este tipo de pruebas (Arriaza Balmón, 2006)

Se aplicó un software estadístico conocido como SPSS para evaluar la normalidad de los datos. Como la muestra es mayor a 50, se considera la prueba de Kolmorov-Smiirnov, cuya significancia menor a 0,05 en todos los casos permite asumir una distribución de tipo no normal.

Bajo este escenario, la guía de Normando, (2010) fue la base para la selección del test de tipo no paramétrico a usar. Como la evaluación se realizó en cuatro momentos (0, 30, 60 y 90 minutos) con la participación de los mismos individuos, se estableció al test de Friedman como el más adecuado en este caso.

4.1.1. Evaluación Subjetiva

a) Sensación Térmica

Gráfico 1. Sensación térmica de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)

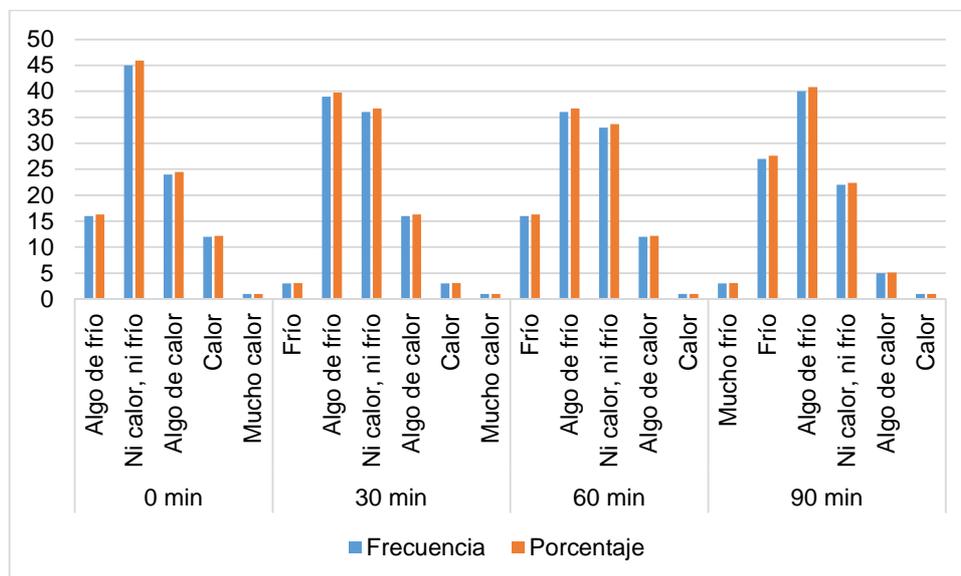


Tabla 16. Estadística descriptiva de la Sensación Térmica

		Estadísticos			
		0 min	30 min	60 min	90 min
N	Válido	98	98	98	98
Media		5,36	4,80	4,45	4,02
Mediana		5,00	5,00	4,00	4,00
Moda		5	4	4	4
Desviación estándar		,933	,930	,943	,963
Mínimo		4	3	3	2
Máximo		8	8	7	7
Percentiles	5	4,00	4,00	3,00	3,00
	50	5,00	5,00	4,00	4,00
	95	7,00	6,05	6,00	6,00

Según el criterio de la norma ISO 10551, el análisis estadístico está en dependencia a la media de los datos.

Análisis: En promedio, los usuarios de las aulas consideraron su sensación térmica prácticamente neutral “ni calor, ni frío” ($5,36 \approx 5$) al minuto inicial, con el transcurso del tiempo la sensación térmica va descendiendo, según la media muestral, hasta llegar a situarse en “algo de frío” ($4,02 \approx 4$) al minuto 90.

Interpretación: Es detectable que existe una leve diferencia en la temperatura de ingreso al aula y el tiempo de adaptación, la sensación térmica al minuto 90 es “algo fría”, sensación que según la escala de Fanger correspondería a un Índice de Voto Medio Previsto de -1, cuando lo ideal sería la sensación neutral=0.

Tabla 17. Pruebas de normalidad de la Sensación Térmica

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0 min	,271	98	,000	,875	98	,000
30 min	,232	98	,000	,866	98	,000
60 min	,214	98	,000	,893	98	,000
90 min	,223	98	,000	,901	98	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		0 min	30 min	60 min	90 min
N		98	98	98	98
Parámetros normales ^{a,b}	Media	5,36	4,80	4,45	4,02
	Desviación estándar	,933	,930	,943	,963
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,271	,232	,214	,223
	Positivo	,271	,232	,214	,223
	Negativo	-,188	-,165	-,190	-,185
Estadístico de prueba		,271	,232	,214	,223
Sig. asintótica (bilateral)		,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c	,000 ^c

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Con ayuda del software SPSS y considerando una muestra superior a 50, el test de normalidad apropiado es el de Kolmogorov-Smirnov.

Con un p-valor ,000 < α 0,05; se concluye que los datos no provienen de una distribución normal; lo que imposibilita aplicar algún test estadístico para comparación de medias muestrales de la sensación térmica percibida en los períodos de estudio, conforme lo recomienda la normativa.

b) Evaluación Térmica

Gráfico 2. Evaluación Térmica de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)

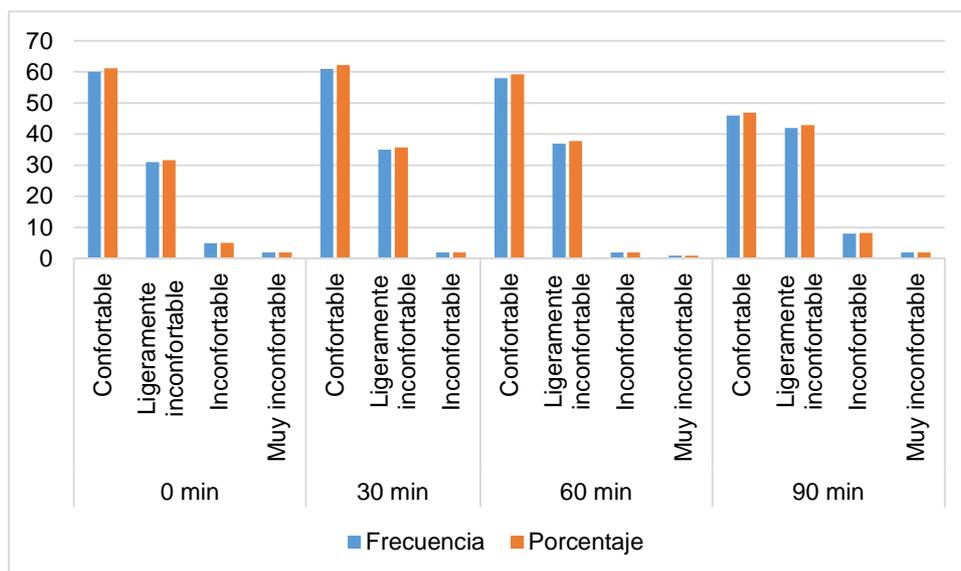


Tabla 18. Estadística descriptiva de la Evaluación Térmica

		Estadísticos			
		0 min	30 min	60 min	90 min
N	Válido	98	98	98	98
Media		1,48	1,40	1,45	1,65
Mediana		1,00	1,00	1,00	2,00
Desviación estándar		,692	,532	,594	,719
Mínimo		1	1	1	1
Máximo		4	3	4	4
Percentiles	5	1,00	1,00	1,00	1,00
	50	1,00	1,00	1,00	2,00
	95	3,00	2,00	2,00	3,00

Análisis: Acorde a la escala de juicios empleados, la mediana estadística de los datos señala que: en la etapa inicial, minuto 30 y 60 el ambiente térmico es “confortable” y al minuto 90 resulta “ligeramente inconfortable”.

En término general, el grado de disconfort por el ambiente térmico equivale al 38,8% al minuto inicial, al minuto 30 el malestar es del 37,8%, al minuto 60 es del 40,8% y al minuto 90 el porcentaje de juicios que expresan insatisfacción es del 53,1%.

Interpretación: Habiendo concluido el tiempo de adaptación, al minuto 90 se evidencia un disconfort, pues un poco más de la mitad de los individuos evalúa el ambiente térmico como no confortable, cuando lo ideal sería que en ese tiempo el cuerpo estuviera en pleno confort térmico.

Por lo tanto, el Porcentaje Observado de Insatisfechos se sitúa en el 53,1% al minuto 90; sin embargo en concordancia con el gráfico PPD en función del PMV, (véase ilustración 7), el Porcentaje Pronosticado de Insatisfechos es del 25%; pues al contrastar el Voto Promedio Previsto de 4,02= -1 “algo de frío” (revisado en el análisis anterior), se obtiene dicho porcentaje de insatisfacción.

Ante esta discrepancia entre el Porcentaje Observado de Insatisfechos del 53,1% y el Porcentaje Pronosticado de Insatisfechos del 25%, se averiguó la probabilidad de obtener 52 criterios de “incomodidad” de una muestra de 98 juicios y se aplicó la prueba de distribución binomial , siguiendo el criterio de la norma ISO 10551:1995. En conclusión, la probabilidad de obtener un Porcentaje Previsto de Insatisfechos del 53,1% es casi que nula, si se supone que el juicio del Voto Medio Previsto de la sensación térmica = -1 y según la normativa esa insatisfacción equivaldría a un 25% de usuarios y no al 53,1%.

Pese a ello, ese porcentaje del 25% sobrepasa el máximo permisible que es del 10% de insatisfacción, recomendado en la norma ISO 7730; lo que termina siendo un factor incidente en el confort de los usuarios.

c) Preferencia Térmica

Gráfico 3. Preferencia Térmica de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)

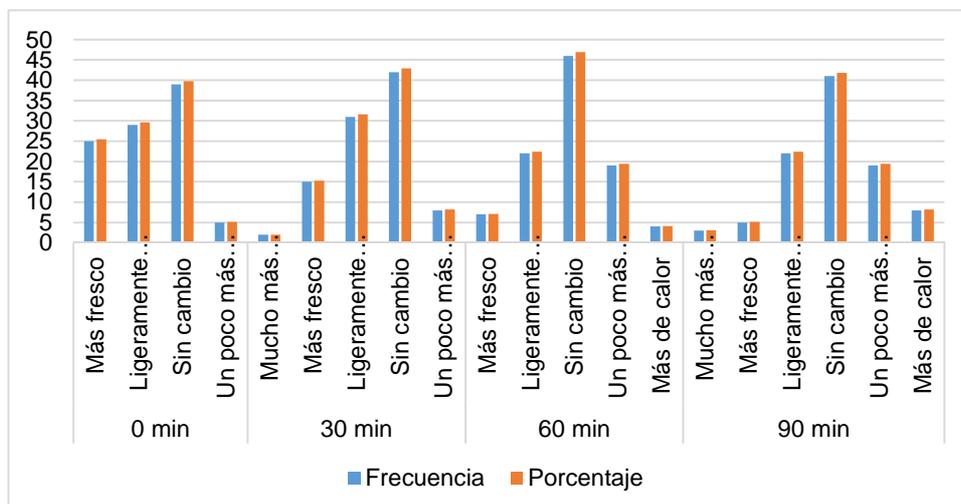


Tabla 19. Estadística descriptiva de la Preferencia Térmica

		Estadísticos			
		0 min	30 min	60 min	90 min
N	Válido	98	98	98	98
	Perdidos	0	0	0	0
Media		3,24	3,40	3,91	3,94
Mediana		3,00	4,00	4,00	4,00
Desviación estándar		,897	,917	,932	1,111
Mínimo		2	1	2	1
Máximo		5	5	6	6
Percentiles	5	2,00	2,00	2,00	2,00
	25	2,00	3,00	3,00	3,00
	50	3,00	4,00	4,00	4,00
	75	4,00	4,00	4,00	5,00
	95	5,00	5,00	5,05	6,00

Análisis: La mediana estadística, de la escala de juicios empleados, señala que: en la etapa inicial la preferencia térmica se inclina por el juicio “ligeramente más fresco” y en los posteriores períodos mantiene una tendencia “sin cambio”.

A nivel general, se observa un grado de preferencia por el cambio equivalente a un 60,2% al inicio del estudio, un 57,1% al minuto 30, un 53,1% al minuto 60 y al minuto 90 la preferencia por el cambio es del 58,2%.

Interpretación: Si bien con el estadístico mediana se evidencia una preferencia térmica inclinada hacia la alternativa “sin cambio”, el estudio de la frecuencia de los criterios, señala que algo más de la mitad de usuarios preferiría algún cambio en el ambiente térmico del aula.

Tabla 20. Test Estadístico Chi Cuadrado de la Preferencia Térmica

	N observado	N esperada	Residuo
0 min			
Más fresco	25	24,5	,5
Ligeramente más fresco	29	24,5	4,5
Sin cambio	39	24,5	14,5
Un poco más de calor	5	24,5	-19,5
30 min			
Mucho más fresco	2	19,6	-17,6
Más fresco	15	19,6	-4,6

Ligeramente más fresco	31	19,6	11,4
Sin cambio	42	19,6	22,4
Un poco más de calor	8	19,6	-11,6
60 min			
Más fresco	7	19,6	-12,6
Ligeramente más fresco	22	19,6	2,4
Sin cambio	46	19,6	26,4
Un poco más de calor	19	19,6	-,6
Más de calor	4	19,6	-15,6
90 min			
Mucho más fresco	3	16,3	-13,3
Más fresco	5	16,3	-11,3
Ligeramente más fresco	22	16,3	5,7
Sin cambio	41	16,3	24,7
Un poco más de calor	19	16,3	2,7
Más de calor	8	16,3	-8,3

Tabla 21. Estadístico de prueba

	0 min	30 min	60 min	90 min
Chi-cuadrado	24,939 ^a	55,980 ^b	56,388 ^b	62,653 ^c
gl	3	4	4	5
Sig. asintótica	,000	,000	,000	,000
a. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 24,5.				
b. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 19,6.				
c. 0 casillas (0,0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 16,3.				

Tabla 22. Contraste de Hipótesis de la Preferencia Térmica

HIPÓTESIS	SIG	DECISIÓN	INTERPRETACIÓN
<p>Hipótesis nula: No existe relación entre la preferencia térmica del usuario del aula y el tiempo de adaptación</p> <p>Hipótesis alterna: Si existe relación entre la preferencia térmica del usuario del aula y el tiempo de adaptación.</p>	,000	Acepte la hipótesis nula	Con una significancia 0,05, no hay relación entre la preferencia térmica del usuario y los cuatro tiempos de estudio (0 - 30 - 60 y 90 min). La preferencia térmica de los usuarios de las aulas varía entre estos cuatro períodos.

d) Aceptación Personal

Gráfico 4. Aceptación personal de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)

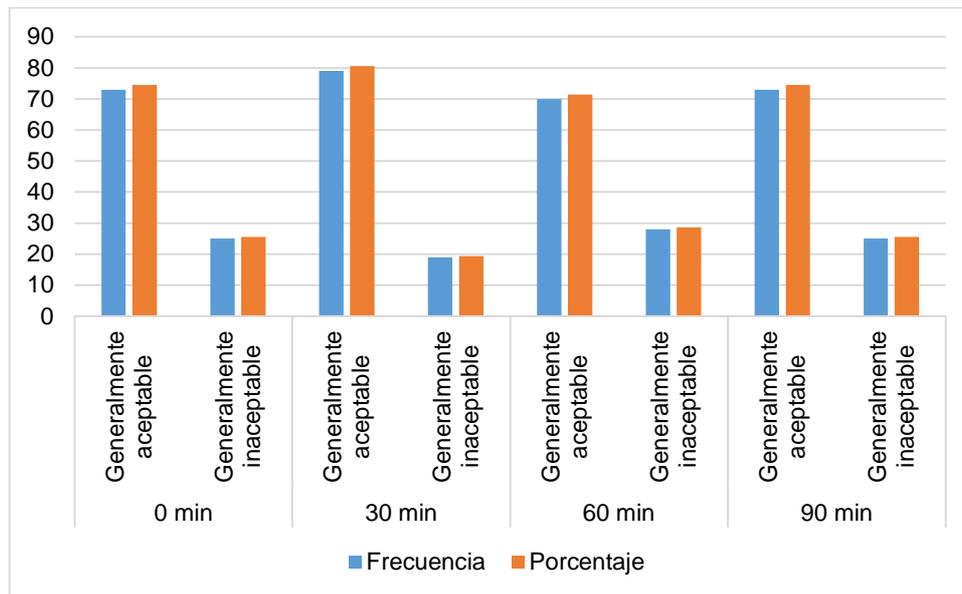


Tabla 23. Estadística descriptiva de la Aceptación Personal

		Estadísticos			
		0 min	30 min	60 min	90 min
N	Válido	98	98	98	98
Media		1,26	1,19	1,29	1,26
Mediana		1,00	1,00	1,00	1,00
Moda		1	1	1	1
Desviación estándar		,438	,397	,454	,438
Percentiles	5	1,00	1,00	1,00	1,00
	50	1,00	1,00	1,00	1,00
	95	2,00	2,00	2,00	2,00

Análisis: La moda estadística de los juicios de aceptabilidad del ambiente térmico indica que durante los cuatro períodos de tiempo evaluado, el ambiente térmico es calificado como “generalmente aceptable” por la mayoría de ocupantes del aula.

El índice de inaceptabilidad (porcentaje de juicios que expresan inaceptabilidad "a nivel personal" es del 25,5% en la etapa inicial, del 19,4% al minuto 30, del 28,6% al minuto 60 y del 25,5% de inaceptabilidad al minuto 90.

Interpretación: Gran parte de usuarios han manifestado aceptar el ambiente térmico en el que se desenvuelven, siendo un indicativo de que no existen condiciones anormales o mayormente perjudiciales según su propio criterio.

e) Tolerancia Personal

Gráfico 5. Tolerancia personal de los usuarios de las aulas de la FACII (0, 30, 60, 90 min)

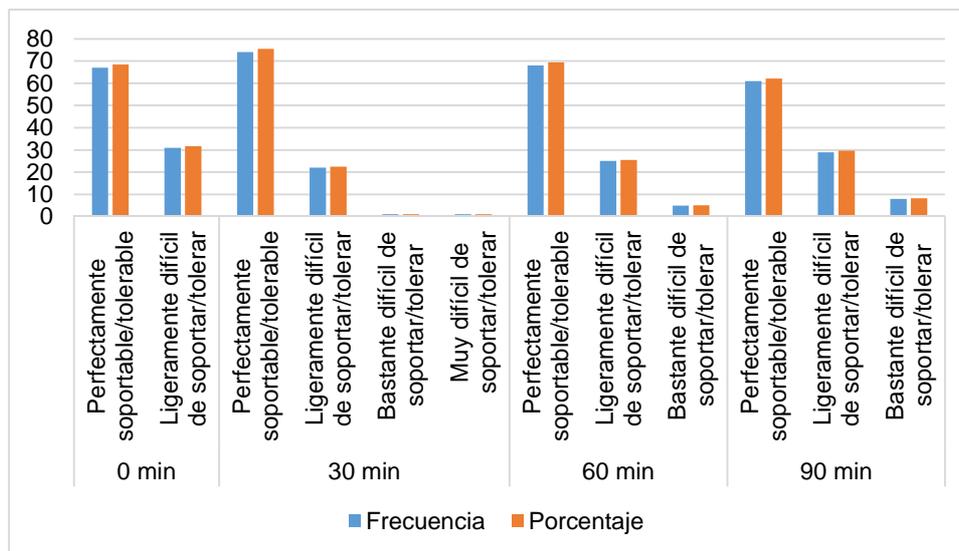


Tabla 24. Estadística descriptiva de la Tolerancia Personal

		Estadísticos			
		0 min	30 min	60 min	90 min
N	Válido	98	98	98	98
Media		1,32	1,28	1,36	1,46
Mediana		1,00	1,00	1,00	1,00
Moda		1	1	1	1
Desviación estándar		,467	,533	,579	,645
Mínimo		1	1	1	1
Máximo		2	4	3	3
Percentiles	5	1,00	1,00	1,00	1,00
	50	1,00	1,00	1,00	1,00
	95	2,00	2,00	3,00	3,00

Análisis: La mediana estadística de los datos señala que en los cuatro períodos de tiempo, la tolerancia de los individuos respecto al ambiente térmico tiene una tendencia “perfectamente soportable/tolerable”

El porcentaje de juicios que expresan dificultad para soportar o tolerar el ambiente es del 31,6% al minuto inicial, del 24,5% al minuto 30, del 30,6% al minuto 60 y del 37,8% de dificultad para soportarlo al minuto 90 del estudio.

Interpretación: Si bien la distribución de los datos deja entrever la condición “perfectamente soportable/tolerable” como la de mayor supremacía entre los encuestados; conforme transcurre el tiempo de adaptación del organismo humano, el grado de intolerancia tiende a acrecentar y al término del minuto 90 alrededor de un 38% no encuentra tan tolerable la condición ambiental existente.

4.1.2. Evaluación Del Confort Térmico Según El Método De Fanger

(Reyes, 2016), con base en la norma ISO 7730, haciendo uso de una estación microclimática, establece los valores de estas variables para un ambiente termoneutral exclusivo para actividades sedentarias, pudiendo determinar los índices PMV y PPD, con la formulación de Fanger desarrollada en Excel, tomando como base de estudio esta fuente y las condiciones meteorológicas externas (anexo J), ante la no disponibilidad de equipos que faciliten la medición de estas variables al interior del local.

Factor de vestuario	0,9 clo
Tasa metabólica	1,2 met

Tabla 25. Determinación de los valores de las variables de confort térmico

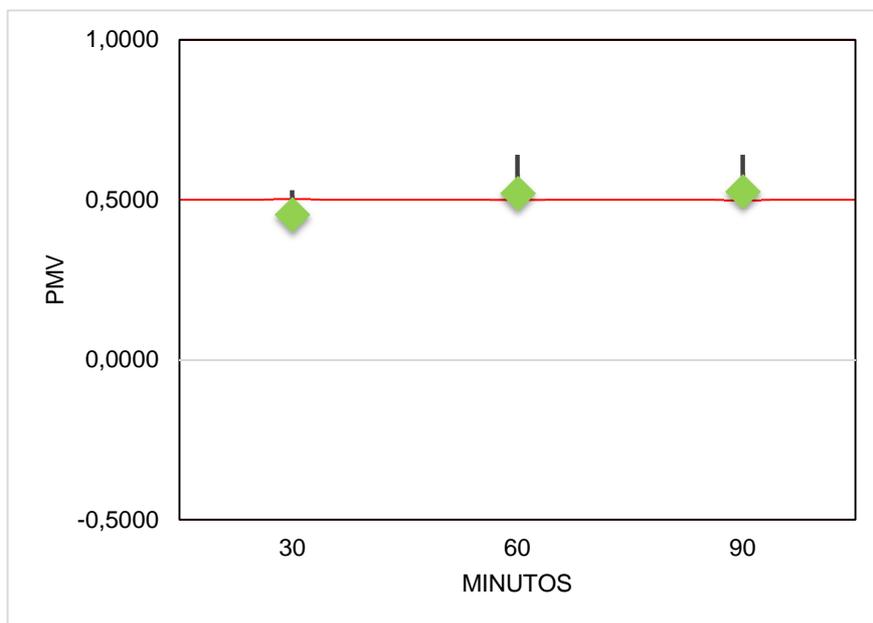
AULAS	T. de globo	T. Ambiente	Velocidad del Aire	T. Radiante media	Humedad Relativa	Tasa Metabólica	Vestuario	PMV	PPD
	°C	°C	m/s	°C	%	met	clo		
MINUTO 30									
A. Clase	24,25	23,80	0,06	24,45	45,0	1,2	0,9	0,45	9
S. Cómputo	24,25	23,80	0,06	24,45	45,0	1,2	0,9	0,45	9
S. Docentes	24,40	24,00	0,08	24,61	50,0	1,2	0,9	0,53	11
MINUTO 60									
A. Clase	24,40	24,30	0,07	24,45	45,0	1,2	0,9	0,52	11
S. Cómputo	24,40	24,30	0,07	24,45	45,0	1,2	0,9	0,52	11
S. Docentes	24,80	24,60	0,08	24,90	50,0	1,2	0,9	0,64	14
MINUTO 90									
A. Clase	24,45	24,30	0,07	24,52	45,0	1,2	0,9	0,53	11
S. Cómputo	24,40	24,30	0,07	24,45	45,0	1,2	0,9	0,52	11
S. Docentes	24,80	24,60	0,08	24,90	50,0	1,2	0,9	0,64	14

Existe un porcentaje de insatisfechos que tiende a aumentar conforme al paso del tiempo, siendo así que, al minuto 90 el PPD supera el 10% de insatisfechos para todos los tipos de aulas consideradas en el estudio.

Tabla 26. Media del PMV

	30	60	90
S. Docentes	0,5298	0,6402	0,6402
S. Cómputo	0,4532	0,5193	0,5193
A. Clase	0,4532	0,5193	0,5271

Gráfico 6. Voto Promedio Previsto

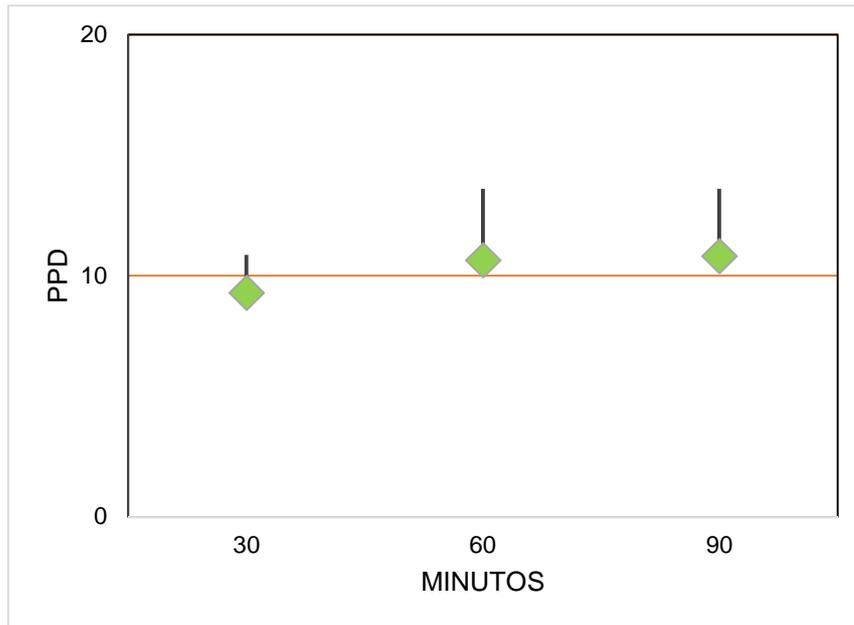


El PMV calculado al minuto 30 en el aula de clases y sala de cómputo está dentro del rango (no supera los 0,5), al minuto 60 y 90 superan el límite 0,5.

Tabla 27. Porcentaje Previsto de Insatisfechos

	30	60	90
S. Docentes	10,87281	13,60404	13,60404
S. Cómputo	9,287146	10,64031	10,64031
A. Clase	9,287146	10,64031	10,81243

Gráfico 7. Porcentaje Previsto de Insatisfechos

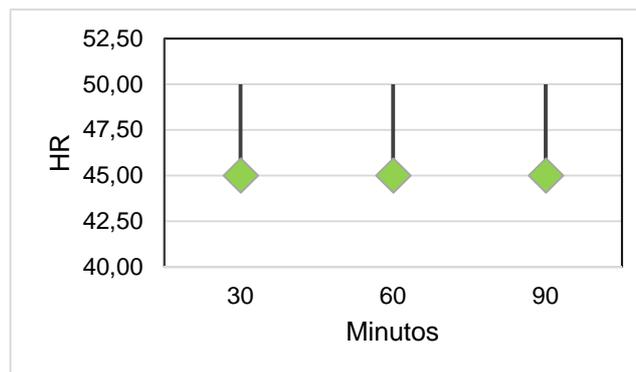


En la sala de docentes al minuto 30 el PPD supera el 10%, ya en el minuto 60 y 90 para los tres tipos de aula, el porcentaje de insatisfechos calculados supera el 10%.

Tabla 28. Humedad Relativa

	30	60	90
S. Docentes	50,00	50,00	50,00
S. Cómputo	45,00	45,00	45,00
A. Clase	45,00	45,00	45,00

Gráfico 8. Humedad Relativa

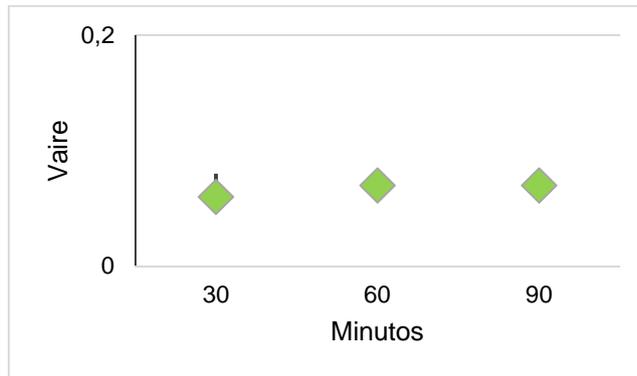


La humedad relativa es de 45 para las aulas de clases y 50 para la sala de docentes.

Tabla 29. Velocidad del aire

	30	60	90
S. Docentes	0,08	0,08	0,08
S. Cómputo	0,06	0,07	0,07
A. Clase	0,06	0,07	0,07

Gráfico 9. Velocidad del aire

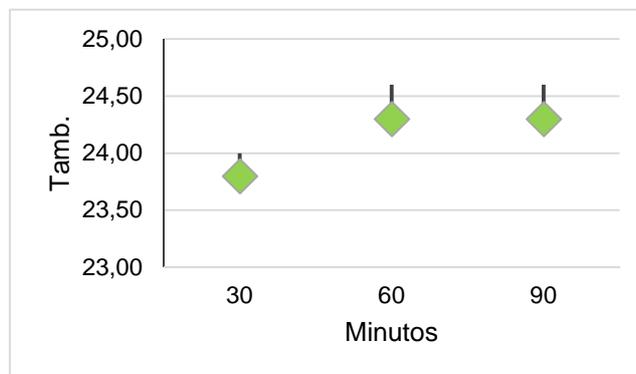


La velocidad del aire al minuto 30 es 0,06 para las aulas y 0,08 para la sala de docentes; al minuto 60 y 90 es 0,07 y 0,08 m/s para el aula y la sala de docentes, respectivamente.

Tabla 30. Temperatura Ambiente

	30	60	90
S. Docentes	24,00	24,60	24,60
S. Cómputo	23,80	24,30	24,30
A. Clase	23,80	24,30	24,30

Gráfico 10. Temperatura Ambiente

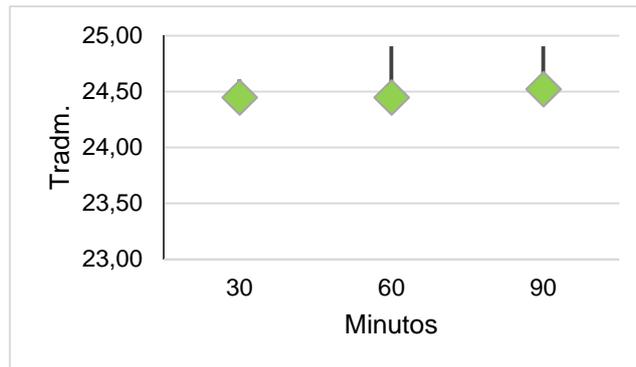


La temperatura ambiente es: 23,8 para las aulas y 24 para la sala de docente, al minuto 30; ya para los minutos 60 y 90 la temperatura es 24,3 y 24,6 para las aulas y la sala de docente, respectivamente.

Tabla 31. Temperatura Radiante

	30	60	90
S. Docentes	24,61	24,90	24,90
S. Cómputo	24,45	24,45	24,45
A. Clase	24,45	24,45	24,52

Gráfico 11. Temperatura Radiante



La temperatura radiante es 24,45 para las aulas y 24,51 para la sala de docentes, al minuto 30; al minuto 60 es 24,45 para las aulas y 24,90 para la sala de docentes; al minuto 90 es 24,45 para el aula de cómputo, 24,52 para el aula de clases y 24,90 para la sala de docentes.

Valoración objetiva vs subjetiva de los índices PMV y PPD

El PMV calculado es 0,5, es decir tiende hacia la sensación “algo de calor” y el PMV resultante del criterio de los encuestados afirma percibir una sensación “algo de frío”. Este contraste, permite concluir que, efectivamente el ambiente térmico no es neutral, y aunque existe una discrepancia entre el criterio objetivo y el subjetivo, es el criterio de los ocupantes que se considerará como el más apegado a la realidad circundante de este sistema y el que debe ser considerado para indagaciones más profundas sobre la incidencia de este factor.

Con la escala de criterios subjetivos se confiere un 25% de insatisfechos y según la metodología de Fanger éste porcentaje supera ligeramente el 10% en el caso de las aulas de clase y la sala de cómputo y para el caso del área de tutoría bordea el 14% de insatisfechos, lo que lleva a concluir que, las aulas no prestan el confort térmico adecuado para al menos el 90% de los involucrados, que sería la condición ideal; sin embargo, con esos resultados, parecería estar cerca de lograrlo, por lo que las correcciones requeridas para dicha idoneidad serían más de fondo que de forma.

4.2. EVALUACIÓN DEL AMBIENTE LUMÍNICO

Con la revisión de esta condición, se pretende conocer si las aulas de la facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí tienen un nivel de iluminación compatible con las recomendaciones estipuladas en las normativas especializadas en la iluminación de espacios interiores; manteniendo la premisa de no solo determinar si persiste un ambiente placentero sino coligarlo con la sustentabilidad del espacio arquitectónico.

La iluminación natural proviene de la luz natural que se introduce por las dos ventanas con las que generalmente cuenta cada aula, situadas de tal forma que la luz incide bien sea por la derecha o la izquierda de los puestos de clases.

La iluminación artificial está formada por cuatro o seis puntos de luz (dependiendo del tamaño del aula) constituidos por las luminarias fluorescentes apantallados con rejillas difusoras. El encendido/ apagado se produce por filas, paralela a los puestos de trabajo y perpendicular a la ubicación de las ventanas.

El análisis está sustentado en una evaluación subjetiva para conocer la valoración que los usuarios hacen respecto a este parámetro, y se complementa con la medición de iluminancia empleando un luxómetro calibrado y verificando los resultados en base a la norma europea UNE 12464.1.

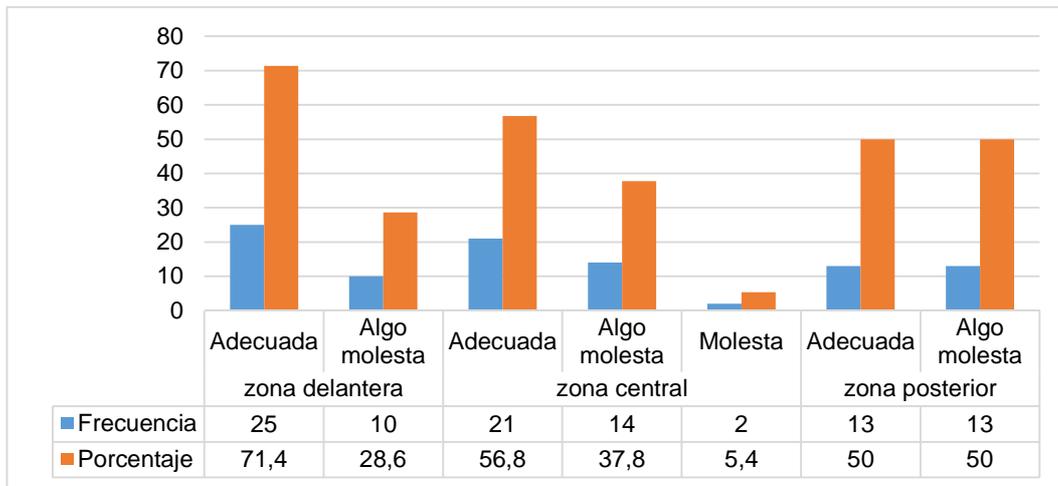
4.2.1. Evaluación Subjetiva

a) Considera usted que, la iluminación en su puesto es...

En un panorama general, el 60,2% de encuestados identifican que la iluminación en su puesto es adecuada y el valor restante se distribuye entre algo molesta y molesta.

Por lo tanto, para extraer conclusiones más precisas sobre este parámetro se ha procedido a analizar estos resultados en función de la ubicación de los encuestados al interior del aula (zona delantera, zona central y zona posterior) para identificar cuáles serían esas áreas susceptibles de alguna revisión.

Gráfico 12. Iluminación en el puesto según zona de ubicación

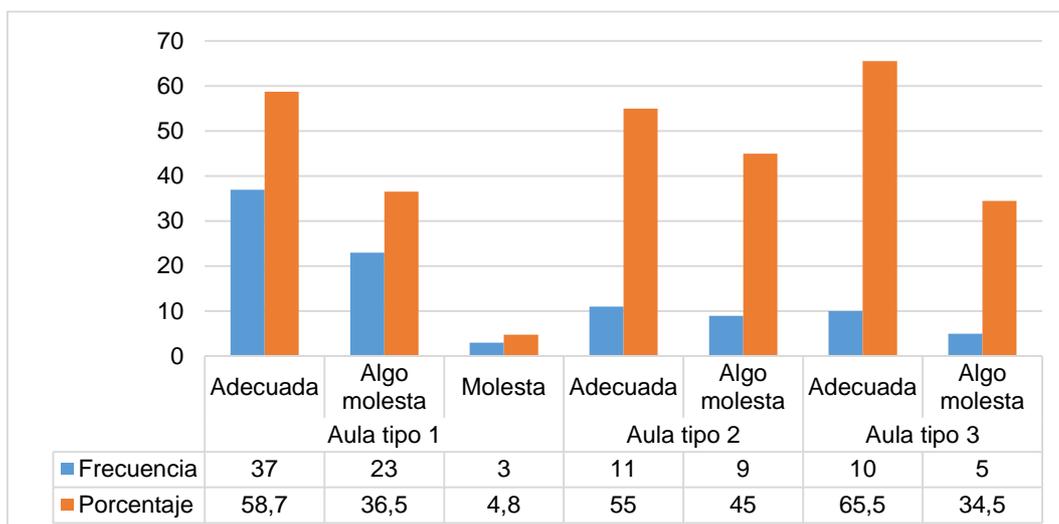


Análisis: La zona delantera es adecuada para un 71,4% de sus ocupantes y para el 28,6% es algo molesta. La zona central es adecuada para el 56,8%, algo molesta para el 37,8% y molesta para el 5,4%. En la zona posterior, el 50% la cataloga adecuada y el otro 50% algo molesta.

Interpretación: Si se compara las tres zonas de estudio, es la zona delantera aquella que con el término adecuada denota mejores condiciones que las restantes. La opción algo molesta es más evidente en la zona posterior con una votación equivalente al 50% de aquellos usuarios, y finalmente la alternativa molesta únicamente se vislumbra en la zona central con un 5,4% de la votación.

Un complemento de la investigación ha sido dividir la muestra según las aulas donde se aplicó la encuesta.

Gráfico 13. Iluminación en el puesto según el aula



Análisis: En el aula tipo 1, el 58,7% la describe como adecuada, el 36,5% como algo molesta y el 4,8% como molesta. En el aula tipo 2, el 55% de usuarios la puntualiza como adecuada, el 45% como algo molesta. En el aula tipo 3, para el 65,5% de ocupantes la iluminación es adecuada y para el 34,5% es algo molesta.

Interpretación: Se sabe que, el aula tipo 1 alberga a los salones habilitados para el dictado de la cátedra en ambas plantas, el aula tipo 2 y tipo 3 corresponde al salón de cómputo y la sala de docentes situados en la planta baja de la facultad; con la muestra analizada, se observa que la tendencia del factor estudiado no tiene mayor variación entre los tres tipos de aulas como para concluir que las diferenciaciones entre los juicios de mayor frecuencia (adecuada y algo molesta) dependan de la ubicación del aula (planta baja o planta alta).

Únicamente el aula tipo 1 es aquella en la que una pequeña parte de sus usuarios han catalogado la iluminación en su puesto con la categoría *molesta*, lo que no ha sucedido para los tipos de aulas restantes. Como los encuestados en su gran parte corresponden al aula tipo 1, sus resultados tienen mayor representatividad para el análisis, por lo que existe la probabilidad de que las aulas destinadas al dictado de cátedra ostentan la deficiencia que le ha sido asignada.

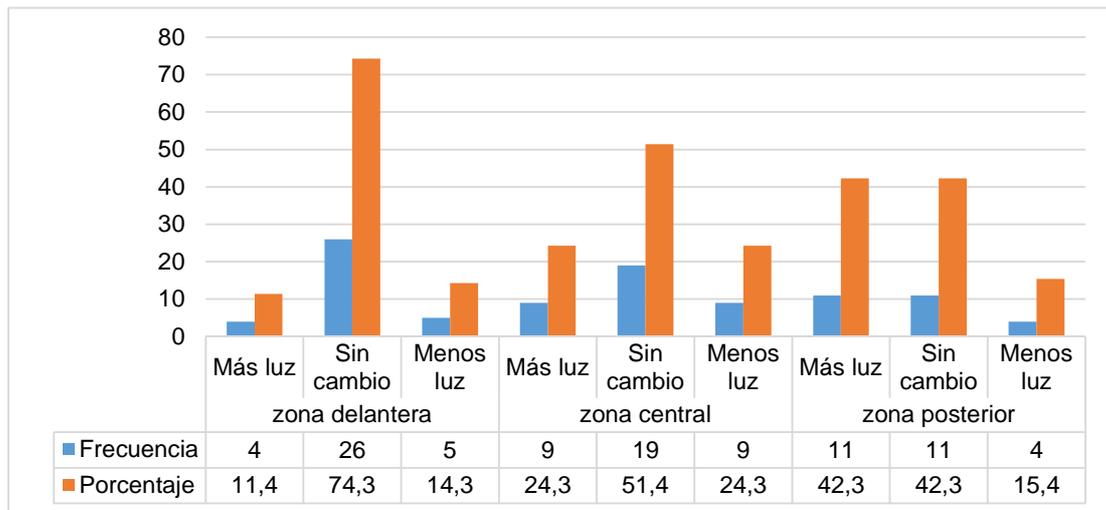
Si bien, algo más de la mitad de los usuarios han señalado como adecuada la iluminación en su puesto de trabajo, persiste entre un 35-45% de encuestados con una ligera molestia respecto a la iluminación de su espacio, y según la evaluación anterior, los puntos más susceptibles podrían ser la zona central y posterior.

b) Si usted pudiera regular la iluminación para estar más cómodo, preferiría tener...

En términos generales, existe un 57,1% que no prefiere ningún cambio, un 24,5% desea más luz y el 18,4% manifiesta tener menos luz. Es decir, hay un 42,9% de usuarios que preferiría algún cambio.

Al evaluar los resultados según la ubicación de los encuestados se tiene:

Gráfico 14. Regulación de la iluminación según zona de ubicación

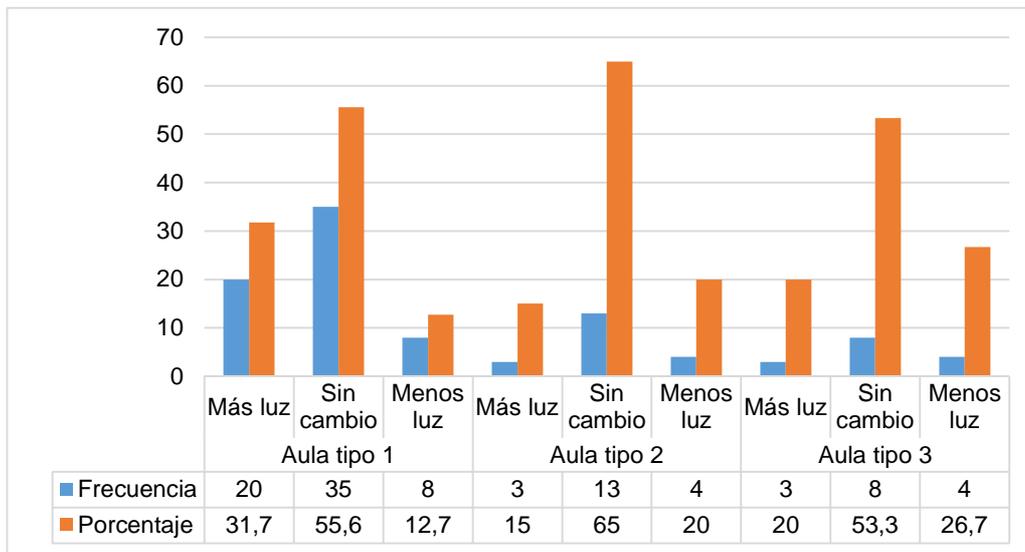


Análisis: En la zona delantera el 11,4% de usuarios requiere más luz, un 74,3% no requiere cambio alguno y el 14,3% prefiere menos luz; en la zona central un 24,3% requiere más luz, el 51,4% no necesita cambio alguno y el 24,3% prefiere menos luz; en la zona posterior un 42,3% quiere más luz, el 42,3% manifiesta no requerir cambio y el 15,4% prefiere menos luz.

Interpretación: En la zona delantera el porcentaje de insatisfechos es relativamente bajo, y es la zona central y posterior, donde según la preferencia de los usuarios, se requeriría modificar la iluminación para una mayor comodidad. Como existe divergencia en cuanto a la demanda de más o menos luz entre usuarios sentados en la misma zona, la medición in situ de este parámetro servirá de base para conocer la necesidad real.

El análisis de este factor se ha complementado a través de la clasificación de la muestra según el aula sobre la cual se aplicó la técnica.

Gráfico 15. Regulación de la iluminación según el aula

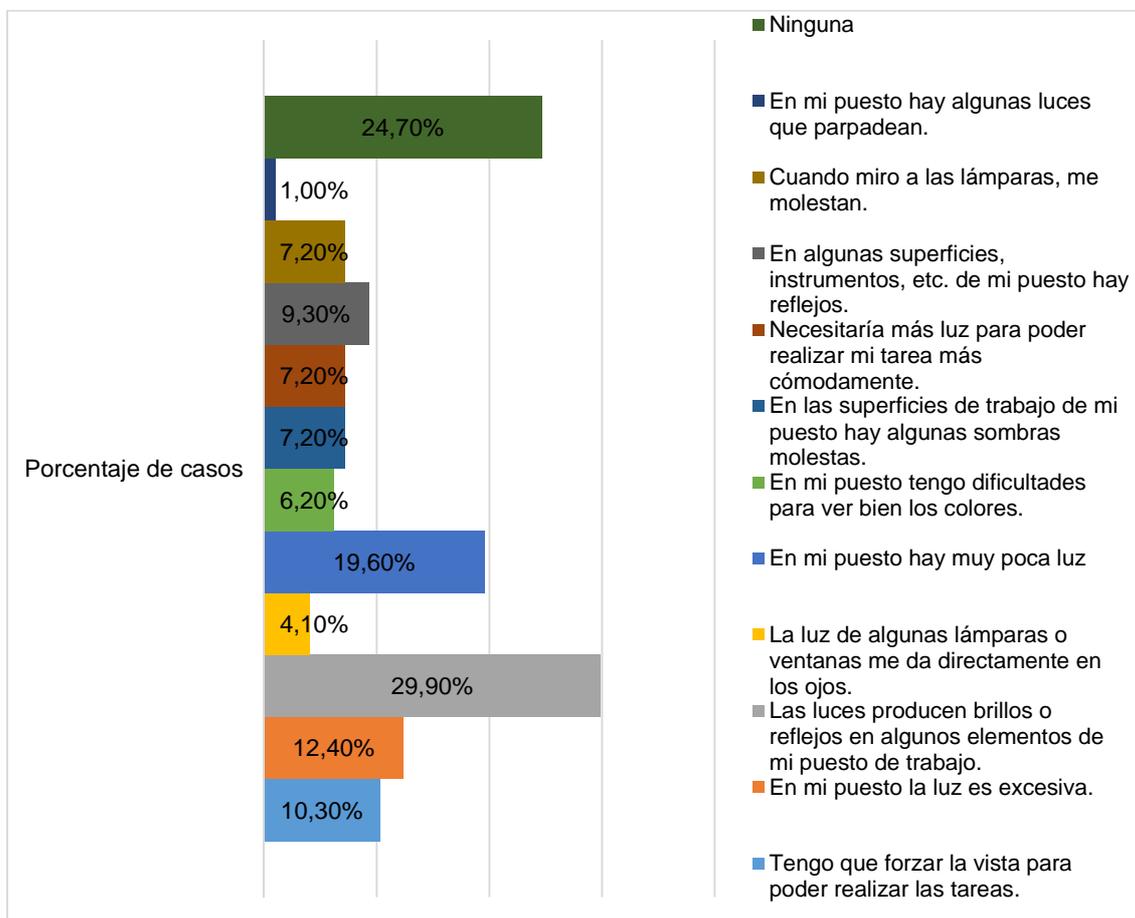


Análisis: En el aula tipo 1, el 31,7% de usuarios afirma necesitar más luz, el 55,6% escoge la opción sin cambio y el 12,7% requiere menos luz. En el aula tipo 2, el 15% opta por más luz, el 65% no quiere ningún cambio y el 20% quiere menos luz. En el aula tipo 3, el 20% de usuarios necesita más luz, el 53,3% no pide cambio alguno y el 24,1% prefiere menos luz.

Interpretación: La frecuencia de usuarios que no necesitan ningún cambio, supera la mitad de la votación total, por lo que un 45% si necesita algún cambio. En el caso del porcentaje de usuarios que preferirían algún cambio en el nivel de luz, se compara los criterios emitidos tanto para el aula tipo 1 con los del aula tipo 2 y 3; logrando concluir que, los usuarios del aula tipo 1 preferirían regular la iluminación con más luz; mientras que en las de tipo 2 y 3, ubicadas en la planta baja, la opción menos luz es la de mayor predilección.

c) Señale con cuál o cuáles de las siguientes afirmaciones está de acuerdo

Gráfico 16. Condiciones del área de trabajo



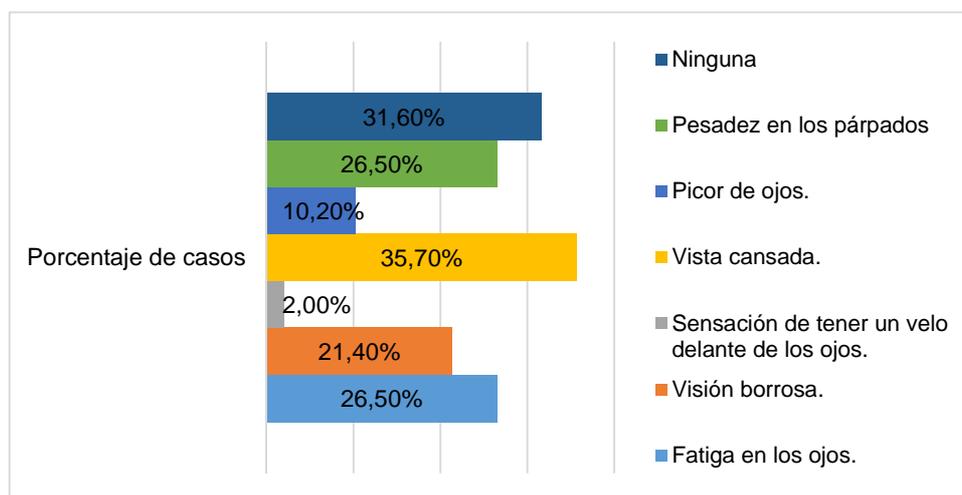
Análisis: Según el porcentaje de casos, las condiciones de mayor peso fueron: las luces producen brillos o reflejos en algunos elementos de mi puesto de trabajo con el 29,9%; ninguna con el 24,70%; en mi puesto hay muy poca luz con el 19,6%; en mi puesto la luz es excesiva con el 12,40%; tengo que forzar la vista para poder realizar mi trabajo con el 10,3%; en algunas superficies, instrumentos, etc. de mi puesto de trabajo hay reflejos con el 9,3%.

Interpretación: Este escenario justifica la existencia de los tres casos analizados con anterioridad, es decir una excesiva luminosidad para unos casos, una insuficiente luminosidad para otros y ninguna condición adversa degenerada por este factor.

En este caso las luminarias disponen del apantallamiento para evitar la incidencia directa del haz de luz. La luz proveniente del exterior incide por la parte lateral de las aulas a través de la presencia de ventanas lo cual es adecuado para evitar sombras molestas o deslumbramiento; y para regular esta emisión, en todas las aulas se dispone de persianas; pero no todas están en óptimo funcionamiento lo que podría motivar el advenimiento de brillos o reflejos en el puesto.

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

Gráfico 17. Síntomas percibidos durante la jornada



Análisis: Los síntomas de mayor incidencia entre los usuarios son: vista cansada con el 35,7% de casos, fatiga en los ojos y pesadez en los párpados con el 26,5% cada uno, visión borrosa con un 21,4% de casos y también aparece la opción ninguno con un 31,6% de los casos.

Interpretación: Esta clase de sintomatología denota un cansancio, un agotamiento normal del sentido visual, principalmente por un exceso de luz, ello se puede relacionar con las necesidades de regulación evidenciada en las respuestas anteriormente revisadas, así como con el nivel promedio de permanencia de los encuestados al interior de las instalaciones que se sitúa entre 4-6 horas. Pese a que la fatiga y pesadez en los ojos es un efecto fisiológico, los síntomas generales inciden especialmente en el confort y aceptabilidad psicológica al tratarse de una actividad sedentaria.

4.2.2. Análisis E Interpretación De Las Mediciones

Para las mediciones de este parámetro se utilizó un luxómetro con las siguientes características:

- Luxómetro avanzado LUX/fc Rango 400000
- Marca /Modelo: Sper Scientific Advanced Light Meter 8400
- Serial N 057360

El método utilizado es el de la cuadrícula (grilla); está basado en la distribución del área en zonas cuadriculadas de igual dimensión, es así que, cada una de estas zonas constituye el punto de medición de la iluminancia a una altura de 0,75 m (altura de la mesa de trabajo) o 0,77 (mesa de sala de docente/ tutoría) sobre el nivel del suelo.

Iluminancia Media (E Media)

Se calcula a partir de los valores arrojados por el luxómetro en los diferentes puntos de medición previamente establecidos (los puntos fueron medidos en un orden de izquierda-derecha, adelante-atrás), así:

AULA 101

$$\bar{E} = \frac{326,3 + 356,5 + 323,9 + 338,4 + 334,1 + 335,3 + 345,3 + 406 + 436}{9}$$

$$\bar{E} = 312,09 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 312,09 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{312,09 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,8$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,8$$

Según el resultado, la uniformidad se ajusta al estándar establecido.

AULA 102

$$\bar{E} = (313,8 + 354,1 + 341,7 + 312,8 + 325,8 + 331,3 + 277,6 + 301,3 + 351,9 + 348,2 + 289,4 + 301,6 + 463 + 418 + 346,3 + 342,9)/16$$

$$\bar{E} = 338,73 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 338,73 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{338,73 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,8$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,8$$

Según el resultado, la uniformidad se ajusta al estándar establecido.

AULA 103

$$\bar{E} = \frac{304,6 + 340,6 + 425 + 309,2 + 358,9 + 423 + 305,8 + 368,6 + 477}{9}$$

$$\bar{E} = 368,08 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 368,08 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{368,08 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,9$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,9$$

Según el resultado, la uniformidad se ajusta al estándar establecido.

AULA 104

$$\bar{E} = (179,5 + 204,8 + 212,3 + 221,4 + 178,2 + 300,1 + 242,9 + 228,1 + 214,5 + 326,6 + 306,9 + 206,4 + 311,2 + 338,3 + 290,3 + 217)/16$$

$$\bar{E} = 248,66 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 248,66 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{248,66 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,6$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,6$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

AULA 201

$$\bar{E} = \frac{282,8 + 356,3 + 348,7 + 172,5 + 156,1 + 195,8 + 62,14 + 69,2 + 62,77}{9}$$

$$\bar{E} = 189,59 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 189,59 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{189,59 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,5$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,5$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

AULA 202

$$\bar{E} = \frac{251,1 + 346,1 + 289,9 + 242,2 + 294,6 + 258,4 + 248,6 + 321,3 + 292,9}{9}$$

$$\bar{E} = 282,79 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 282,79 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{282,79 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,7$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,7$$

Según el resultado, la uniformidad se ajusta al estándar establecido.

AULA 204

$$\bar{E} = \frac{221,2 + 290,3 + 169,5 + 264,3 + 297,7 + 195,3 + 258,6 + 305,9 + 212,4}{9}$$

$$\bar{E} = 246,13 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 246,13 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{246,13 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,6$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,6$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

AULA 205

$$\bar{E} = \frac{284,5 + 322,1 + 317,5 + 275,2 + 313,3 + 291,7 + 282,8 + 324,2 + 308,5}{9}$$

$$\bar{E} = 302,2 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 302,2 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{302,2 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,8$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,8$$

Según el resultado, la uniformidad se ajusta al estándar establecido.

AULA 206

$$\bar{E} = \frac{378,2 + 398,7 + 373,6 + 379,7 + 412 + 375,2 + 386,9 + 423 + 383,8}{9}$$

$$\bar{E} = 390,12 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 390,12 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{390,12 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 1$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 1$$

Según el resultado, la uniformidad se ajusta al estándar establecido.

AULA 207

$$\bar{E} = \frac{253,8 + 276,7 + 250,8 + 236,4 + 253,6 + 184,13 + 224,5 + 210,5 + 160,2}{9}$$

$$\bar{E} = 227,85 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 227,85 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de clase, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{227,85 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,6$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,6$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

SALA DE DOCENTES

ÁREA 1

$$\bar{E} = \frac{250,5 + 310,3 + 285,1 + 214,2 + 230,8 + 247,9 + 175,2 + 217,1 + 246,8}{9}$$

$$\bar{E} = 241,99 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 241,99 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor

recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de tutoría, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{241,99 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,6$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,6$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

ÁREA 2

$$\bar{E} = \frac{217,9 + 232,3 + 274,1 + 145,2 + 207,7 + 208,1 + 223,9 + 236,4 + 232,2}{9}$$

$$\bar{E} = 219,76 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 219,76 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de tutoría, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{219,76 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,5$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,5$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

ÁREA 3

$$\bar{E} = \frac{209,6 + 229,3 + 211,5 + 179,2 + 191,6 + 181,8 + 217,3 + 266,4 + 214,1}{9}$$

$$\bar{E} = 211,2 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 211,2 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de tutoría, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{211,20 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,5$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,5$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

ÁREA 4

$$\bar{E} = \frac{248,3 + 252,4 + 209,6 + 187,3 + 207,8 + 212,2 + 191,5 + 215,8 + 229,7}{9}$$

$$\bar{E} = 217,18 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 217,18 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor recomendado es de 400 lux en el caso de las aulas de tutoría, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{217,18 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,5$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,5$$

Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

ÁREA 5

$$\bar{E} = \frac{205,1 + 254,5 + 218,5 + 133,4 + 180,2 + 128,3 + 211,5 + 251,3 + 190}{9}$$

$$\bar{E} = 196,98 \text{ lux}$$

Contrastando el valor de iluminación promedio obtenido, 196,98 lux, con la norma europea de iluminación para interiores UNE 12464.1, donde el valor mínimo requerido es de 300 lux en el caso de aulas de tutorías, se determina que no cumple con la normativa referida.

Uniformidad de la iluminancia

$$U = \frac{196,98 \text{ lux}}{400 \text{ lux}} = 0,5$$

$$U \rightarrow 0,7 \geq 0,5$$

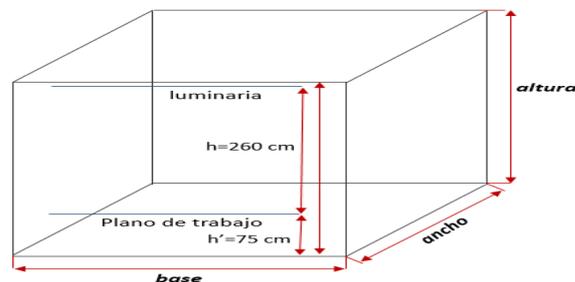
Según el resultado, la uniformidad no se ajusta al estándar establecido.

4.2.3. Cálculo Del Flujo Luminoso Total Necesario

a) Datos del aula

Dimensiones del aula y altura del plano de trabajo

Ilustración 14. Esquema general de las dimensiones del aula y plano de trabajo



Elaborado: Joselyn Anchundia

Nivel de iluminación media: Para aulas de clase y tutoría la iluminación media recomendada es de 400 lux.

Tipo de luminaria

Ilustración 15. Tipo de luminaria



Fuente: Joselyn Anchundia

Este tipo de luminaria de marca Sylvania alberga tres lámparas fluorescentes en su interior de tubos T8 con una capacidad de flujo luminoso de 2700 lm por cada lámpara, es decir, un flujo total de 8100 lm por cada luminaria. El número de luminarias varía según las aulas, por lo general cada aula tiene un total de luminarias de 3x32 y balastro electrónico.

La altura de las lámparas en algunos casos coincide con la descripción de la ilustración 4.2 donde la luminaria de algunas aulas se encuentra empotrada en el techo generando una mayor uniformidad en la iluminación, y por otro lado hay aulas donde la estructura de la luminaria parece estar sobrepuesta.

b) Coeficiente de utilización

Es la relación entre los lúmenes emitidos por la lámpara instalada en la luminaria y el flujo útil que llega al plano de trabajo.

Índice del local (k):

Tabla 32. Área y altura de las aulas de la FACII y puntos mínimos de medición

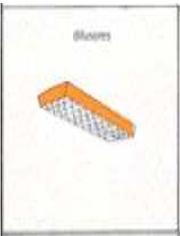
DATOS DE AULAS Y CÁLCULOS DE PUNTOS DE MEDICIÓN (en m)							
Planta	AULAS	ÁREA	LARGO (b)	ANCHO (a)	ALTURA (h)	k	# mín. Puntos
PB	Aula 101	33,58	5,03	6,68	2,51	1,14	9
PB	Aula 102	69,10	10,34	6,68	2,51	1,62	16
PB	Aula 103	47,02	7,04	6,68	2,51	1,37	9
PB	Aula 104	69,10	10,34	6,68	2,51	1,62	16
PB	Sala de docentes	A1	3,20	6,68	2,49	0,87	9
		A2	7,10	7,04	2,49	1,42	9
		A3	3,40	6,68	2,49	0,90	9
		A4	3,30	3,31	2,49	0,66	9
		A5	8,65	3,52	2,49	1,00	9
PA	Aula 201	45,89	6,87	6,68	2,6	1,30	9
PA	Aula 202	45,87	6,87	6,68	2,6	1,30	9
PA	Aula 203	51,01	7,64	6,68	2,6	No	-
PA	Aula 204	28,12	4,21	6,68	2,6	1,20	9
PA	Aula 205	45,91	6,86	6,69	2,6	1,30	9
PA	Aula 206	45,93	6,87	6,69	2,6	1,30	9
PA	Aula 207	45,87	6,86	6,69	2,6	1,30	9

Elaborado: Joselyn Anchundia

Coeficiente de reflexión: Está en dependencia del acabado del techo, piso y paredes, y para obtener los valores se hace uso de tablas proporcionadas por los fabricantes de cada tipo de luminaria. Se considera un índice de reflexión de 0,7 y 0,5 para el techo y las paredes, respectivamente; ya que tienen un color claro y se deprecia la reflexión del suelo por no tener mayor incidencia.

Interceptando en la tabla el índice local (k) y el coeficiente de reflexión del aula es posible determinar el coeficiente de utilización (Cu). Sin embargo, cuando el índice del local no coincide con los valores de la tabla es necesario extrapolar los valores del índice del local K1 y coeficiente de utilización CU1 y el índice del local K2 y coeficiente de utilización CU2.

Tabla 33. Coeficiente de utilización del aula

Aparato de alumbrado	Índice del local k	Techo								
		75%			50%			30%		
		Paredes								
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%	
	0,5	0,26	0,23	0,21	0,23	0,21	0,19	0,19	0,17	
	0,7	0,32	0,29	0,27	0,28	0,26	0,24	0,23	0,21	
	0,9	0,37	0,33	0,31	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	
	1,1	0,40	0,36	0,34	0,34	0,31	0,30	0,28	0,26	
	1,4	0,42	0,39	0,36	0,36	0,33	0,32	0,30	0,28	
	1,75	0,46	0,43	0,40	0,41	0,38	0,35	0,32	0,30	
	2,25	0,50	0,46	0,43	0,44	0,40	0,39	0,34	0,33	
	2,75	0,52	0,48	0,45	0,46	0,44	0,41	0,37	0,36	
	3,5	0,55	0,52	0,49	0,48	0,46	0,45	0,39	0,38	
	4,5	0,57	0,54	0,51	0,49	0,47	0,46	0,42	0,41	

Fuente: I.E.S. Llerena.

Coeficiente de mantenimiento (Cm): El establecimiento por regla general permanece limpio, no obstante ello no implica la perturbación del grado de limpieza de las lámparas por acumulación de polvo y suciedad ambiental. Se ha establecido un coeficiente de mantenimiento de 0,8 por tratarse de un ambiente limpio, generalmente.

Cálculo del flujo luminoso total (ϕT)

$$\phi T = \frac{Em * S}{Cu * Cm}$$

Tabla 34. Flujo total necesario en cada aula

	Em (lux)	Superficie (m ²)	K	Cu	Cm	ϕT (lm)
AULA 101	400	33,58	1,14	0,40	0,8	41677,49
AULA 102	400	69,10	1,62	0,44	0,8	77669,76
AULA 103	400	47,02	1,37	0,42	0,8	56288,02
AULA 104	400	69,10	1,62	0,44	0,8	77669,76
AULA 201	400	45,89	1,30	0,41	0,8	55491,48
AULA 202	400	45,87	1,30	0,41	0,8	55470,89
AULA 203	400	51,01				
AULA 204	400	28,12	1,20	0,41	0,8	34569,80
AULA 205	400	45,91	1,30	0,41	0,8	55513,69
AULA 206	400	45,93	1,30	0,41	0,8	55531,02
AULA 207	400	45,87	1,30	0,41	0,8	55466,00
S/D A1	400	21,38	0,87	0,36	0,8	29512,03
S/D A2	400	49,98	1,42	0,42	0,8	59183,50
S/D A3	400	22,71	0,90	0,37	0,8	30689,19
S/D A4	400	10,92	0,66	0,31	0,8	17664,42
S/D A5	400	30,45	1,00	0,39	0,8	39472,02

Elaborado: Joselyn Anchundia

Número de luminarias necesarias

Tabla 35. Número de luminarias necesarias en el aula

	ϕT	ϕL	n	NL necesarias	NL existentes	Uniformidad
AULA 101	41677,49	2700	3	5,2	4	Si
AULA 102	77669,76	2700	3	9,6	6	Si
AULA 103	56288,02	2700	3	6,9	4	Si
AULA 104	77669,76	2700	3	9,6	6	No
AULA 201	55491,48	2700	3	6,9	6	Si
AULA 202	55470,89	2700	3	6,9	6	Si
AULA 203	No aplica				7	
AULA 204	34569,80	2700	3	4,2	2	No
AULA 205	55513,69	2700	3	6,9	6	Si
AULA 206	55531,02	2700	3	6,9	6	Si
AULA 207	55466,00	2700	3	6,9	6	Si
S/D A1	29512,03	2700	3	3,6	4	No

S/D A2	59183,50	2700	3	7,3	4	No
S/D A3	30689,19	2700	3	3,8	2	No
S/D A4	17664,42	2700	3	2,2	1	No
S/D A5	39472,02	2700	3	4,9	2	No

Elaborado: Joselyn Anchundia

Aplicando el método CIE, se obtuvo el número de luminarias necesarias para cada aula de dimensión cuadrangular, exceptuando el caso del aula 203 que no cumple con este criterio para la aplicación del método. Al comparar el número de luminarias necesarias para cada aula y las luminarias existentes se observa que, hay aulas que discrepan del valor establecido, por lo que para decidir si es preciso mejorar o incrementar los niveles de iluminación, se toma como criterio de decisión la uniformidad de la iluminancia considerado en la norma UNE 12464.1 y que previamente fue calculado con los datos de las mediciones de luxometría.

En el aula 201 pese a no existir uniformidad en la iluminancia, no se establece la necesidad de incluir más luminarias porque mediante la observación se detectó la necesidad de cambiar o efectuar un mantenimiento en estas lámparas como posible causa de su inadecuado funcionamiento.

En la sala de docentes se establece que, efectivamente en las cinco áreas en las que fue dividida esta sala existe una necesidad ineludible de mejorar los niveles de iluminancia.

Emplazamiento de las luminarias

Las luminarias están distribuidas en filas paralelas, y para establecer su distribución en el área se utilizan las fórmulas descritas en el capítulo II.

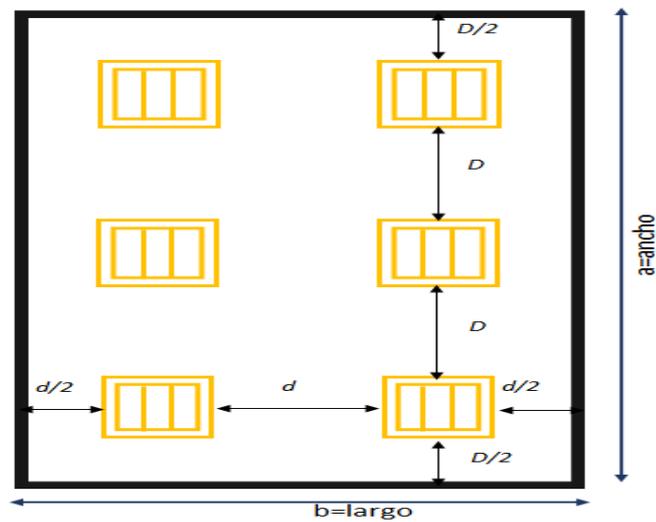
Tabla 36. Emplazamiento de las luminarias

	A	B	N ancho	N largo
AULA 101	6,68	5,03	2,31	1,73
AULA 102	6,68	10,34	1,97	3,05
AULA 103	6,68	7,04	1,95	2,05
AULA 104	6,68	10,34	1,97	3,05
AULA 201	6,68	6,87	2,42	2,48
AULA 202	6,68	6,87	2,42	2,48
AULA 203	6,68	7,64		

AULA 204	6,68	4,21	1,78	1,12
AULA 205	6,69	6,86	2,42	2,48
AULA 206	6,69	6,87	2,42	2,48
AULA 207	6,69	6,86	2,42	2,48
S/D A1	6,68	3,20	2,89	1,38
S/D A2	7,04	7,10	1,99	2,01
S/D A3	6,68	3,40	1,98	1,01
S/D A4	3,31	3,30	1,00	1,00
S/D A5	3,52	8,65	0,90	2,22

Elaborado: Joselyn Anchundia

Ilustración 16. Esquema de distribución de luminaria.



Elaborado: Joselyn Anchundia

4.3. EVALUACIÓN DEL AMBIENTE SONORO

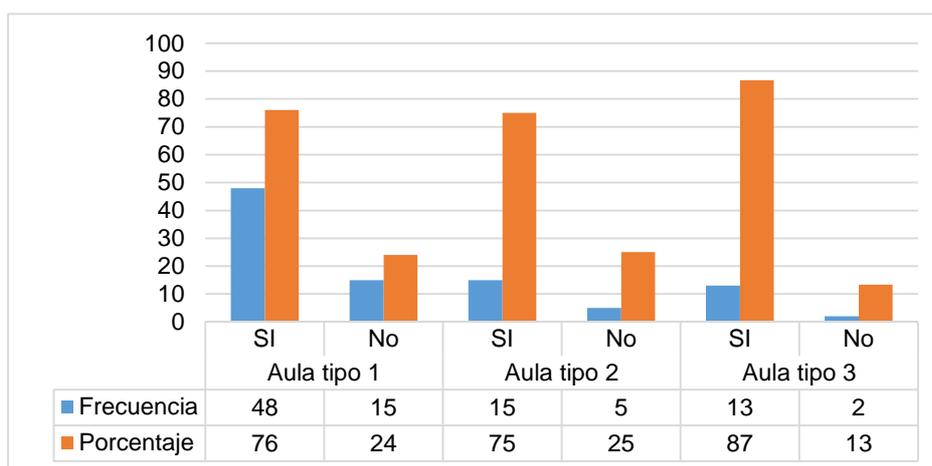
4.3.1. Evaluación Subjetiva

La encuesta aplicada estuvo direccionada a conocer el punto de vista de los usuarios sobre el ruido producido en las aulas del campus universitario. Es claro que, por el entorno estudiado el ruido no tiene mayores efectos fisiológicos sino de tipo subjetivos como la sensación de desagrado y/o molestia, con efectos en el rendimiento y desempeño efectivo de los sujetos implicados.

Con el afán de conocer la influencia de este factor en el aula, se consideró pertinente clasificar las respuestas según los tres tipos de aulas donde se aplicó el instrumento de evaluación y éstos fueron: aula tipo 1 (salones de clases), aula tipo 2 (sala de cómputo) y aula tipo 3 (sala de docentes). Posteriormente, se complementó esta valoración con preguntas relacionadas con las fuentes emisoras, la frecuencia y la apreciación que tiene los usuarios del ruido como un elemento mediador en la distracción, en la desconcentración mental y la comunicación.

a) Detección de ruidos molestos

Gráfico 18. Detección de ruidos molestos



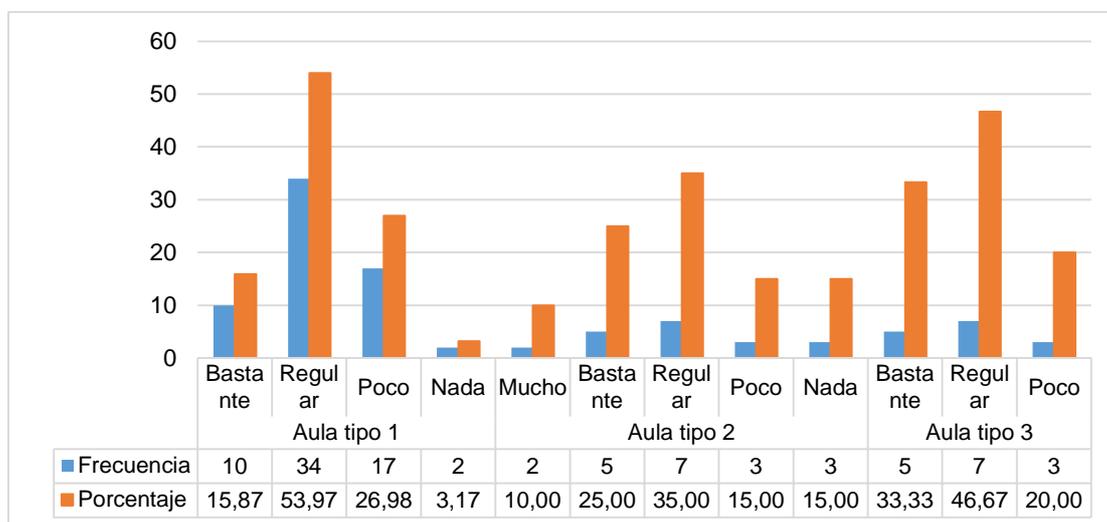
Análisis: Para el estudio de este parámetro se dividió la muestra según el tipo de aulas donde se aplicó el cuestionario. En el aula tipo 1 el 76% de encuestados afirma si detectar ruidos que afectan su concentración e impiden escuchar con claridad las clases y el 24% no detecta ruido alguno. En el aula tipo 2 el 75% de

encuestados señalan si detectarlos y el restante 25% no lo cree así. En el aula tipo 3, el 87% indica percibir ruidos molestos y el 13% no lo detecta.

Interpretación: Respecto a la influencia de este factor, el aula tipo 1 y tipo 2 manejan porcentajes similares, en tanto al aula tipo 3 se asigna una incidencia mayor en comparación a las otras. Se evidencia la presencia del factor ruido como causante de molestia o incomodidad en un porcentaje considerable de los encuestados y por ende en cada una de las aulas sujetas al estudio.

b) ¿Cuánto le molesta el ruido en su área de trabajo?

Gráfico 19. Nivel de molestia del ruido



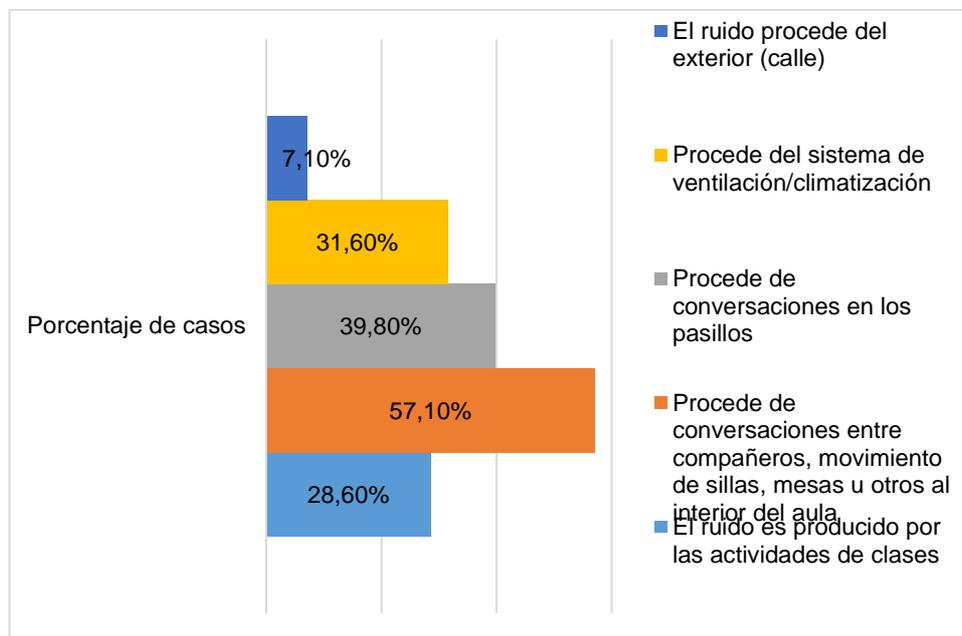
Análisis: En el aula tipo 1 que corresponde a las aulas de clases la percepción del ambiente sonoro a modo de ruido es regular en alrededor del 54% de usuarios y solo un 3% no lo considera nada molesto. En el aula tipo 2 que corresponde a la sala de cómputo la opinión de los encuestados se divide entre las opciones regular, bastante y poco con el 35%, 25% y 15%, respectivamente como las condiciones más relevantes. En el aula tipo 3, sala de docentes, se considera que el contexto de molestia por el factor ruido es por lo general regular según el 47% de usuarios, bastante molesta para un 33% y poco molesta para el 20%.

Interpretación: Sobre este escenario, es visible que el ruido tiene una influencia relativa en el área de trabajo, la molestia que pudiera degenerar al interior de las instalaciones no representa un factor de medidas desproporcionadas que

ameriten un cuidado mayor al recomendado. Sin embargo tras la observación realizada y los resultados evidenciados en esta valoración verbal, en el aula tipo 1 y tipo 2 que son áreas destinadas al dictado de cátedra es comprensible y coherente la presencia de este factor; no obstante el aula tipo 3 la valoración de molestia del ruido muestra rangos incongruentes para el tipo de actividades y necesidades de concentración que debe primar en esta área.

c) Fuentes del ruido

Gráfico 20. Fuentes del ruido



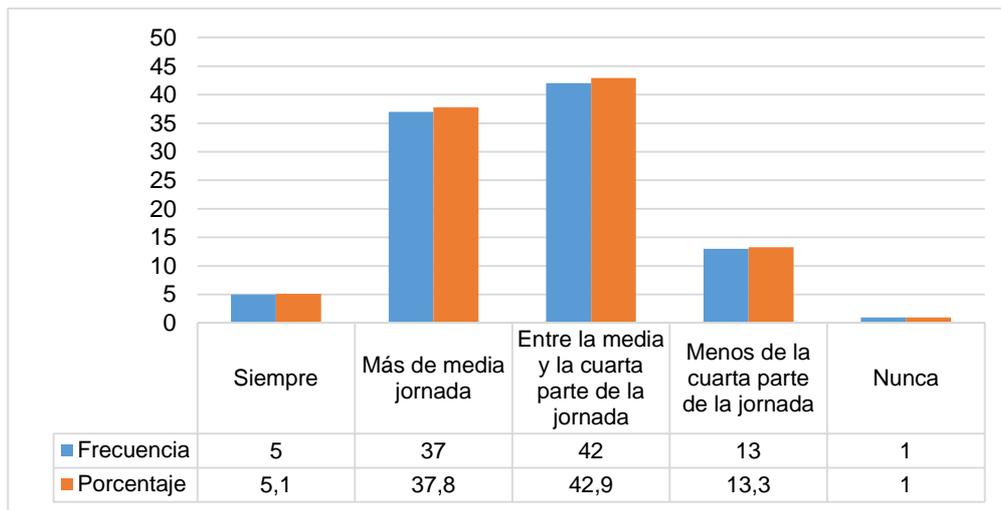
Análisis: La manifestación de los usuarios lleva a concluir que las principales fuente del ruido generado en el salón de clase viene dado principalmente por: conversaciones entre compañeros, movimiento de sillas, mesas u otros al interior del aula, conversaciones en los pasillos y el sistema de ventilación/climatización.

Interpretación: Si bien es cierto, no todo el ruido tiene que ser malo, porque la naturaleza de este tipo de trabajo propicia la interacción constante, sin embargo según los resultados un 28,6% de los casos determina a las actividades de clases como fuentes del ruido. Al enlistar las dos primeras opciones calificadas como fuentes emisoras del ruido es posible concluir la carencia de una política de comportamiento de los involucrados en las actividades tanto al interior como en las áreas circundantes; y el tercer caso del ruido producido por el sistema de

ventilación podría ser un indicativo de que algunos de estos equipos no estén funcionando adecuadamente y esto esté influyendo en la sensibilidad de los usuarios sentados en las cercanías donde se ubican.

d) Tiempo de la jornada en el que el ruido es más molesto

Gráfico 21. Tiempo en el que el ruido es más molesto



Análisis: Este resultado refleja la etapa temporal en la que el ruido puede parecer más molesto para el desarrollo de las actividades, y es así que las opciones de mayor frecuencia son: entre la media y cuarta parte de la jornada con el 42,9% y más de media jornada con el 37,8% de los votos involucrados.

Interpretación: Es deducible que al menos la mitad de la jornada de estudio la mayor cantidad de involucrados se sienten susceptibles al ruido lo cual puede estar secundado por las fuentes de emisión detalladas en el análisis anterior.

e) El ruido como un factor de distracción

f) El ruido como un factor problema en la concentración mental

g) El ruido como un factor problema en la comunicación verbal

Gráfico 22. Ruido como un factor de distracción.

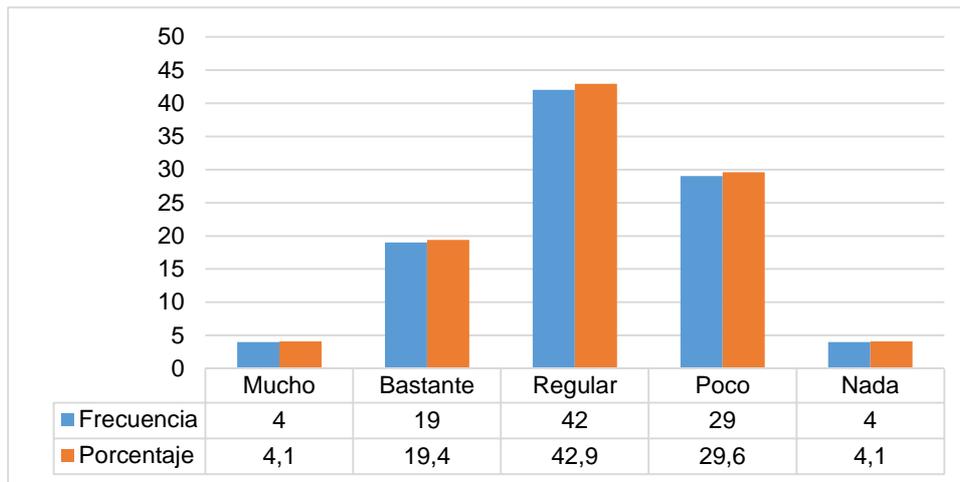


Gráfico 23. Ruido como un problema para la concentración mental

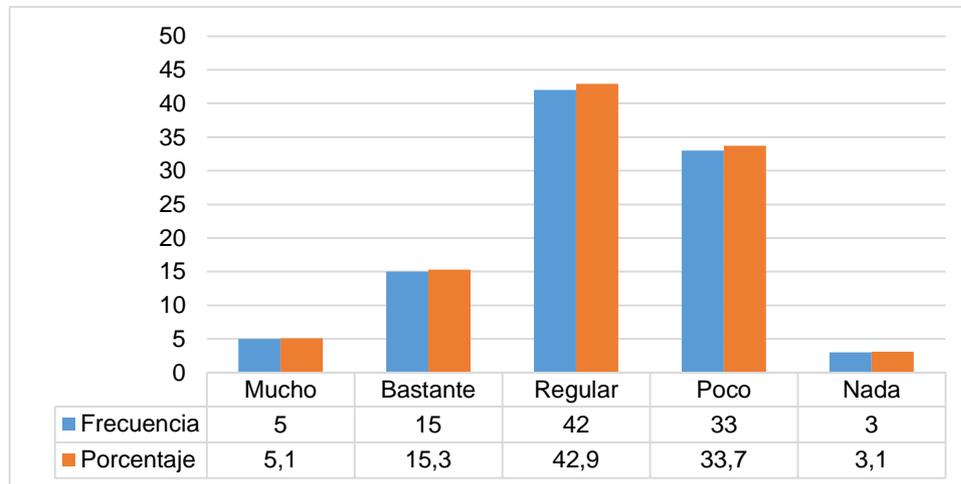
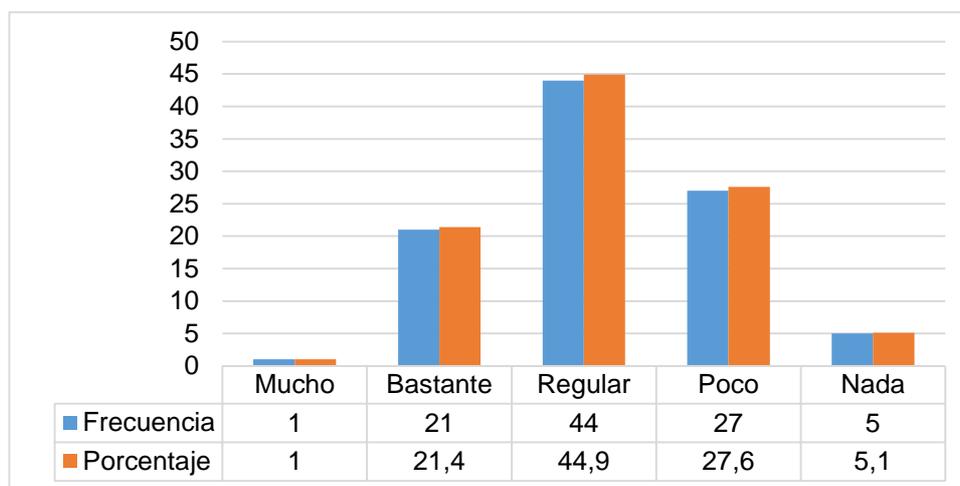


Gráfico 24. Ruido como un problema para la comunicación verbal



Análisis: Al evaluar cuanto influye el ruido desde el punto de vista de la distracción que pudiera causar, su influencia en la concentración mental requerida y la comunicación verbal; efectivamente, el ruido tiene implicaciones subjetivas, y la mayor cantidad de encuestados le otorgan una influencia de tipo regular, poca y bastante en los parámetros indagados.

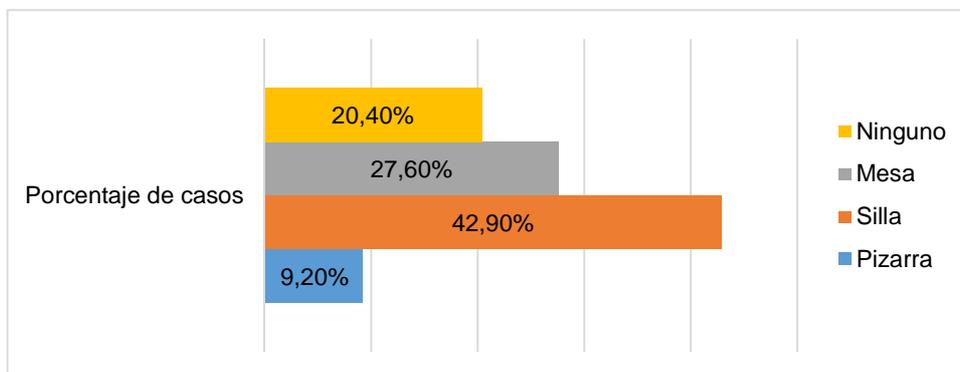
Interpretación: Este factor no tiene condiciones anormales, sin embargo es necesaria la adopción de ciertas recomendaciones si se quiere reducir al mínimo posible las causas de este disconfort para garantizar la complacencia de la mayor cantidad de involucrados.

4.4. EVALUACIÓN DEL MOBILIARIO DE ESTUDIANTES Y DOCENTES

4.4.1. Evaluación Subjetiva

a) Elementos que originan sensación de incomodidad

Gráfico 25. Elementos que originan sensación de incomodidad

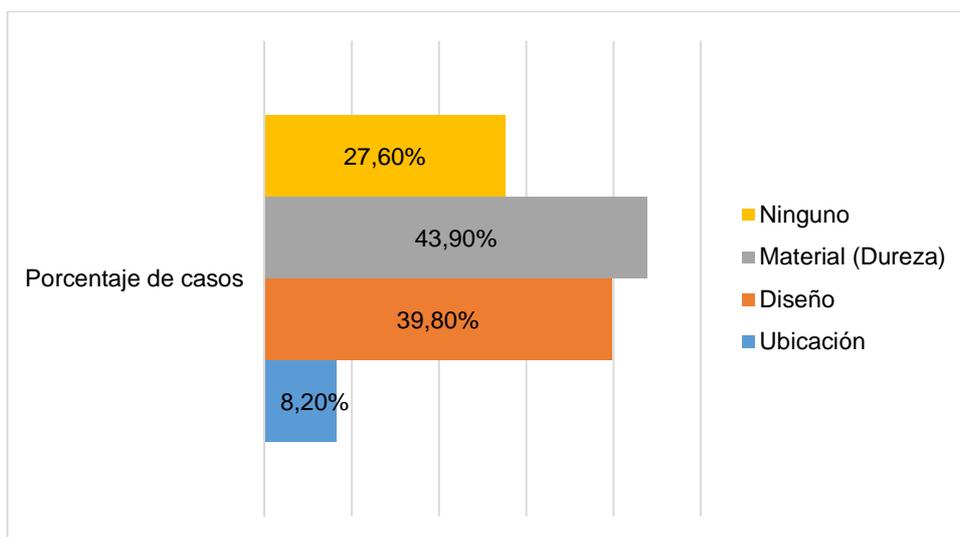


Análisis: Dentro de los elementos que originan una sensación de incomodidad están la silla y la mesa. Alrededor del 43% coincide en señalar a la silla como el implemento más incómodo, seguido del elemento mesa con el 28% de los casos.

Interpretación: Consecuentemente, éstos son los componentes principales que inciden en la sensación de incomodidad y sobre los que debe focalizarse una mejora ya que solo un 20% de usuarios manifiesta no sentir incomodidad por elemento alguno.

b) Aspectos incómodos del mobiliario

Gráfico 26. Aspectos incómodos del mobiliario

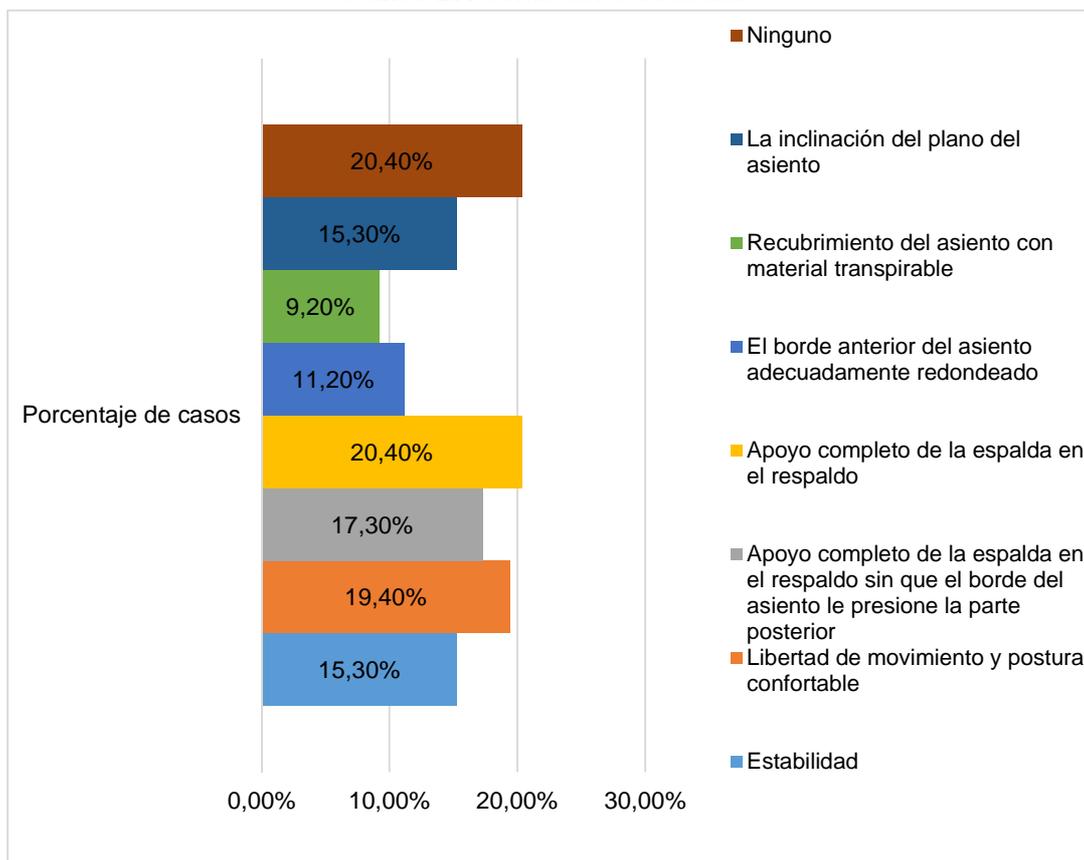


Análisis: Los aspectos del mobiliario señalados como mayores generadores de incomodidad son: el diseño con el 33,3% de los casos y el material con el 36,8%. El 23,10% de los casos denota no sentir incomodidad por ninguno de las particularidades referidas.

Interpretación: Definitivamente, hay aspectos que deben ser corregidos, así se evidencia en la respuesta de los involucrados, donde un porcentaje atractivo de usuarios señalan al diseño y al material como los principales atributos causantes de incomodidad.

c) Condiciones de la silla

Gráfico 27. Condiciones de la silla

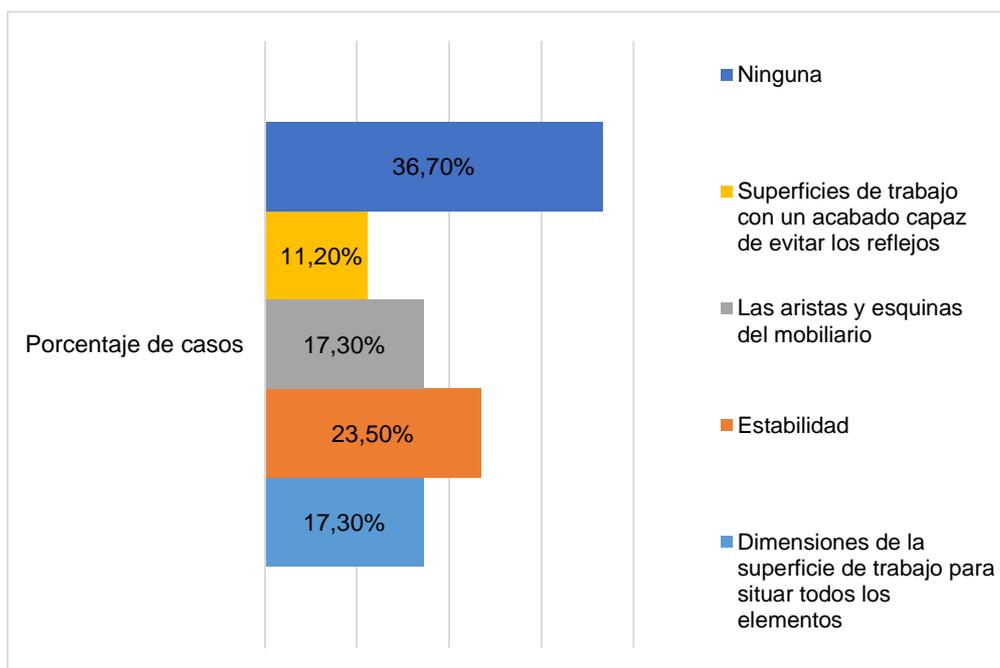


Análisis: Acorde a estos resultados un 20,4% de los casos considera que el elemento silla no amerita mejora en ninguno de esos aspectos detallados y el 79,6% de casos señala las necesidades de mejora entre las diferentes características de este implemento de clases.

Interpretación: Las propiedades donde se concentra la demanda de los usuarios por una mejora, en orden de prioridad son: el apoyo completo de la espalda, la libertad de movimiento y postura confortable, el apoyo de la espalda sin que el borde del asiento presione la parte posterior de las piernas, la falta de estabilidad y el plano de inclinación del asiento. Éstas pasan a constituirse en las características básicas para un rediseño de este elemento.

d) Condiciones de la mesa

Gráfico 28. Condiciones de la mesa

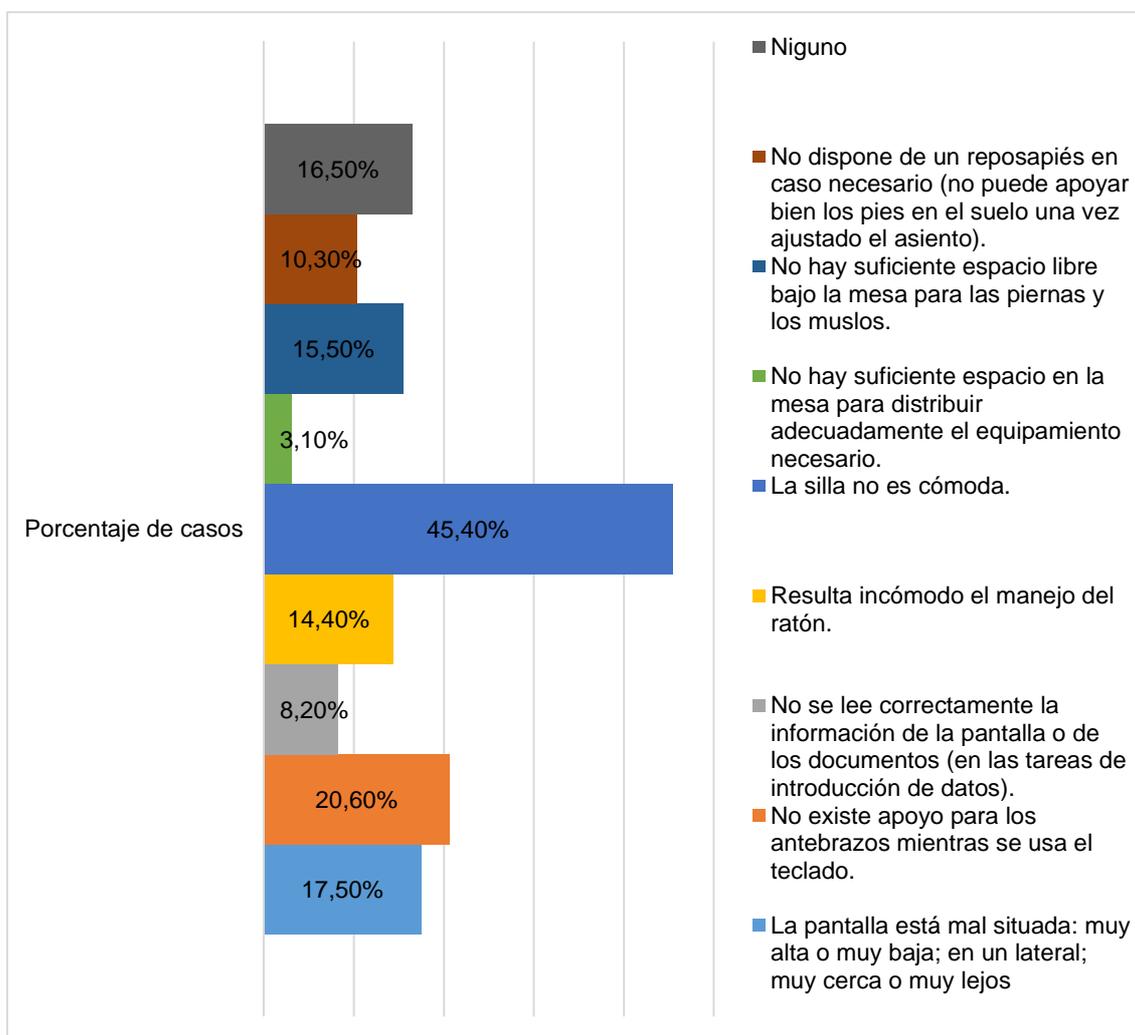


Análisis: Para un 36,7% de los casos, la mesa como elemento de trabajo, no amerita mejorar ninguna de las características mencionadas; sin embargo el porcentaje restante afirma detectar aspectos no adecuados, y divide su opinión entre opciones como la estabilidad, las dimensiones y las aristas y esquinas de la mesa y un porcentaje minoritario en el tipo de acabado.

Interpretación: Las condiciones de mayor acogida serán el fundamento para una mejor adecuación de este implemento.

e) Puestos con pantallas de visualización

Gráfico 29. Condiciones de los puestos con pantallas de visualización



Análisis: El colectivo de usuarios expuesto al uso de pantallas de visualización ha evaluado la adecuación de éstas y todos los elementos involucrados con ello. Los aspectos que demandan una mayor atención por concentrar la mayor frecuencia de votos son: la silla no es cómoda con el 45,4%, no existe apoyo para los antebrazos mientras se usa el teclado con el 20,6%, la pantalla está mal situada con el 17,5%, no hay suficiente espacio libre bajo la mesa para las piernas con el 15,5%, manejo incómodo del ratón con el 14,4% y la alternativa ninguno con el 16,5%.

Interpretación: Solo un 16,5% de los casos determina no requerir cambio en ninguna de las condiciones detalladas y el 83,5% de los casos restantes si emite

un criterio de cambio en al menos una de las situaciones planteadas. Es decir, tanto el mobiliario como el acondicionamiento del mismo ameritan una corrección pertinente en aras de una mejor interacción del usuario.

Se ha detectado dificultades relacionadas al mobiliario, especialmente en lo que respecta a las sillas, las mismas que necesitan una mejor adecuación a los parámetros preestablecidos; así mismo, las características de la mesa es otro escenario que amerita ser considerado.

El aula tipo 2 y tipo 3, sala de cómputo y sala de docentes, se caracterizan por la presencia de equipos informáticos constituidos por las denominadas pantallas de visualización.

Generalmente, al interior de las aulas, los estudiantes no superan más allá de las dos horas diarias frente a las pantallas de visualización, sin embargo, los docentes si pueden llegar a permanecer hasta cuatro horas diarias frente a este tipo de equipos ya sea durante el dictado de la cátedra o la planificación de la misma en la sala de tutorías; por esta razón se los considera usuarios de pantallas de visualización de acuerdo a las sugerencias brindadas por la Guía Técnica del Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

El teclado tiene un grosor adecuado y su inclinación es adaptable, además de la fácil disposición y elegibilidad de sus teclas, y de tener superficie mate para evitar reflejos.

El ratón es el modelo tradicional mediante ruleta y adaptable a la curvatura de la mano, con la observación que adolece de la almohadilla respectiva. En ocasiones, el cursor no tiene concordancia con los movimientos bien sea de rapidez o lentitud que realiza el usuario.

En el área se dispone de una sola impresora para uso de todo el personal, quienes tienen la tarea de acudir hasta la zona donde se ubica este equipo para retirar su impresión.

La pantalla de visualización corresponde a monitores LCD pantalla plana, marca Lenovo de 19". Las principales objeciones detectadas en este aspecto son:

- La pantalla no es orientable o inclinable a la necesidad del usuario.
- La altura de la pantalla no es regulable, e inclusive en la sala de docentes se emplea el procesador como un medio de regulación de la altura; por lo que en la mayoría de los casos, la línea de visión horizontal del usuario y la línea trazada bajo la horizontal no se sitúa a 60° y el docente termina tensionando su cuello.
- Se incumple la recomendación de situar la pantalla de visualización a una distancia superior a los 400 mm respecto a los ojos del usuario, pues en el caso de la sala de docentes la profundidad del espacio de trabajo no posibilita alejar la pantalla con facilidad.

4.4.2. Evaluación Antropométrica

Como no es posible establecer dimensiones acorde al tipo de puesto de trabajo, es preciso evaluar los datos antropométricos contemplados para la posición sedente, conforme se describen en la tabla 13.

Si bien, el Ecuador adolece de una base informativa oficial de las medidas antropométricas de su población, para efectos del estudio del mobiliario se han tomado como referencia los datos expuestos por Lema Barrera donde se precisan datos antropométricos de la población ecuatoriana adulta de sexo masculino y femenino pertenecientes a los grupos étnicos: mestizo, indígena y afro ecuatoriano.

En este escenario, se ha empleado como fuente secundaria el trabajo de Lema Barrera donde se detallan estas dimensiones para los percentiles 5, 50 y 95 del grupo poblacional autodefinido como mestizo, por ser el más representativo para el caso en análisis y se resume en la tabla 30.

Tabla 37. Medidas antropométricas para mujeres y hombres mestizos ecuatorianos

	5°		50°		95°	
	H	M	H	M	H	M
HCS	18,36	18,93	23,22	23,51	28,09	28,09
HP	36,45	35,60	41,45	38,56	46,45	43,53
LNP	40,01	39,17	46,36	43,68	52,71	48,18
LNR	51,19	48,86	57,11	54,06	63,02	59,25
HR	47,43	43,42	52,39	48,50	57,35	53,58
EM	9,95	9,57	13,20	12,42	16,44	15,28
LB	33,53	30,13	36,32	34,65	39,12	39,17

LCM	42,15	36,57	46,08	41,60	50,00	46,63
ACS	31,50	31,30	35,62	35,63	39,75	39,95
AECS	38,02	33,37	44,70	40,00	51,38	46,63

Fuente: (Lema, 2013)

Tomando como base los parámetros de diseño del mobiliario escolar de las instituciones de educación superior ecuatoriana, descritos en el trabajo de Torres & Furlan, (2017), se ha procedido al cálculo de estas dimensiones considerando las dimensiones antropométricas establecidas en el estudio de Lema, (2013).

- Altura de la silla (Altura poplítea).- Se prioriza la altura poplítea más baja que corresponde al percentil 5 de la población femenina, por cuanto la suspensión de las piernas puede degenerar en problemas para la circulación sanguínea.

$$(HP + CZ) \cos 30^\circ \leq HA \leq (HP + CZ) \cos 5^\circ$$

$$(35,60 + 2) \cos 30^\circ \leq HA \leq (35,60 + 2) \cos 5^\circ$$

$$32,56 \leq HA \leq 37,46$$

- Ancho del asiento. La medida considerada para esta variable corresponde al percentil 95 del ancho de cadera en posición sentada de la población femenina.

$$1,1 ACS \leq AA \leq 1,3 ACS$$

$$1,1 (39,95) \leq AA \leq 1,3(39,95)$$

$$43,95 \leq AA \leq 51,94$$

- Profundidad del asiento (longitud nalga poplítea).- Se escoge el percentil 5 de la población femenina, ya que una dimensión mayor podría significar un roce entre el borde del asiento y la zona poplítea del usuario.

$$0,8 LNP \leq PA \leq 0,95 LNP$$

$$0,8 (39,17) \leq PA \leq 0,95 (39,17)$$

$$31,34 \leq PA \leq 37,21$$

- Altura del respaldo.- Para prevenir molestia en la zona de los omóplatos a consecuencia de alguna presión del borde superior del respaldo, se da preferencia a las personas de baja estatura, consecuentemente, se elige

el percentil 5 de la población masculina para la altura de la cadera en posición sentada y el percentil 5 de mujeres para la longitud del brazo.

$$0,6 (HCS + LB) \leq HR \leq 0,8(HCS + LB)$$

$$0,6 (18,36 + 30,13) \leq HR \leq 0,8(18,36 + 30,13)$$

$$28,96 \leq \mathbf{HR} \leq 38,79$$

- Ancho del respaldo.- Corresponde a la medida establecida en el ancho de cadera en posición sentada para el percentil 95 (mujer). Es decir, el ancho del respaldar deberá ser, de preferencia, mayor a esta medida.

$$AR \geq ACS$$

$$\mathbf{AR} \geq 39,95$$

- Altura interior de la mesa.- Está dada por las medidas pertenecientes al percentil 5 (mujer) para la altura poplíteica (HP), que en el caso de la mujer suele ser más pequeña y necesita más atención a fin de que el pie pueda descansar en el suelo, y al percentil 95 (hombre) para la variable espesor del muslo (EM), por considerarla una dimensión mayor en el caso masculino y con sus consecuentes molestias de no llegar a proporcionarse el suficiente espacio para el movimiento de esta extremidad.

$$(HP + CZ) \cos 30^\circ + EM + 2 \leq HIM \leq (HP + CZ) \cos 5^\circ + EM + 2$$

$$(35,60 + 2) \cos 30^\circ + 16,44 + 2 \leq HIM \leq (35,60 + 2) \cos 5^\circ + 16,44 + 2$$

$$51 \leq \mathbf{HIM} \leq 55,9$$

- Altura superior de la mesa.-Se considera el quinto percentil (mujer) para las variables: altura poplíteica (HP) y longitud del brazo (LB) y para la altura de cadera en posición sentada (HCS) se dará preferencia al quinto percentil (masculino), pues son los usuarios que pueden tener limitaciones derivadas de este aspecto.

$$HCS + [(HP + CZ) \cos 30^\circ] \leq HSM$$

$$\leq [(HP + CZ) \cos 5^\circ] + HCS + 0,1483 LB$$

$$18,36 + [(35,60 + 2) \cos 30^\circ] \leq HSM$$

$$\leq [(35,60 + 2) \cos 5^\circ] + 18,36 + 0,1483 (30,13)$$

$$19,22 \leq HSM \leq 23,82$$

- Profundidad de la mesa.- Dependerá del percentil 95 de la población masculina de la longitud nalga-rodilla, así se estaría comprendiendo al sujeto con la longitud mayor y se estaría facilitando su movilidad.

$$PM \geq LNR$$

$$PM \geq 63,02$$

- Ancho de la mesa.- Se empleó el percentil 95 (hombre) en la variable ancho entre codo sentado (AECS); y para la longitud del brazo (LB), el percentil 95 (mujer).

$$AM \geq AECS + (0,684 * LB) + 4$$

$$AM \geq 51,38 + (0,684 * 39,17) + 4$$

$$AM \geq 82,17$$

- Distancia mesa-asiento (distancia codo mano).- En este caso se valora la distancia codo-mano para el percentil 5 (mujer), por ser el usuario más susceptible a dejar la posición erguida en su intento por dar alcance a la mesa y lo que se sitúe en ella; sin embargo como se trata de pupitres compuestos por silla y mesa, dicha distancia es ajustable y se deprecia.

Los resultados del cálculo de estos parámetros se contrastan con las medidas del mobiliario, sillas y mesas (revisar anexo G), y se resumen en la tabla 31.

Tabla 38. Compatibilidad entre el mobiliario universitario y los parámetros de diseño en función a la antropometría

Parámetros	Medidas del mobiliario	Medidas en función a la antropometría	
		LI	LS
Altura de la silla	45	32,56	37,46
Ancho del asiento	41	43,95	51,94
Profundidad del asiento	41	31,34	37,21
Altura del respaldo	28	28,96	38,79
Ancho del respaldo	40	39,95	
Altura interior de la mesa	61	51	55,9
Altura superior de la mesa	14	19,22	23,82
Profundidad de la mesa	60	63,02	
Ancho de la mesa	68	82,17	

Elaborado: Joselyn Anchundia

Es detectable que, en la mayoría de los parámetros existen discrepancias de las medidas físicas de la silla y la mesa del aula universitaria, respecto a las medidas establecidas en base a la antropometría del tipo de usuario. Por lo tanto, sería necesaria la revisión de estas características para una mejor adecuación de dichos implementos, que según los resultados de la encuesta representan una potencial fuente de incomodidad.

Es recomendable determinar la capacidad máxima de cada aula y en función a ello efectuar la distribución de estudiantes así como del mobiliario evitando su aglomeración y contribuyendo a un mejor desplazamiento de los involucrados.

El aula tipo 3, sala de docentes, cuenta con 25 cubículos individuales de trabajo, equipados cada uno con una computadora personal, tres sillas, la superficie de trabajo sobre la que se encuentra el monitor, el teclado y el mouse, tomacorriente, pizarra y un pequeño armario y con una capacidad para un máximo de tres personas (docente y dos estudiantes).

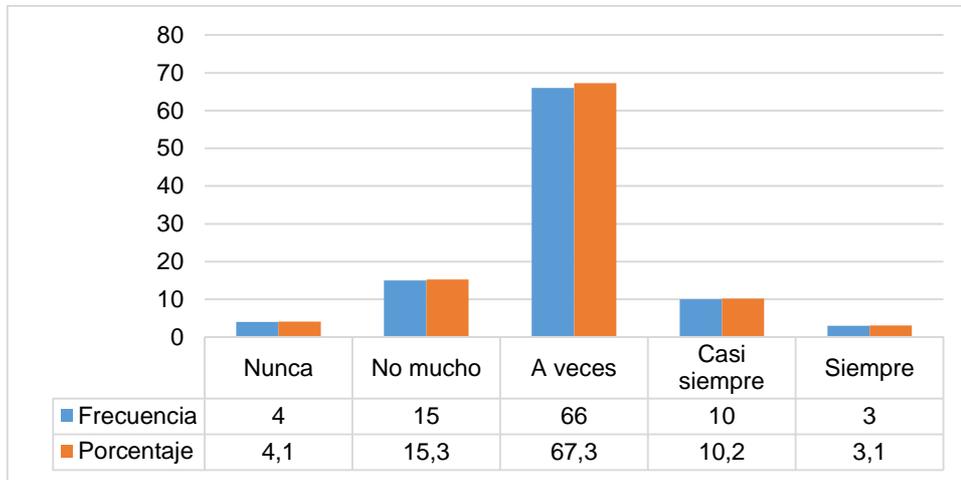
El área de los cubículos varía entre uno y otro, lo que no permite generalizar un comentario respecto a las medidas; lo que sí es evidente, es el espacio suficiente de la superficie de trabajo para la ubicación y alcance de los diferentes implementos. Las mamparas de separación de los cubículos con una altura de 1.30 m, están constituidas de madera y vidrio, material insuficiente para proporcionar el aislamiento acústico necesario, evitando perturbaciones causadas por las principales fuentes productoras de ruido y brindar mayor privacidad a las actividades de tutoría y planificación de los interlocutores.

Las sillas de trabajo del docente, aunque se conservan en buenas condiciones, tiene discrepancia con las características morfológicas de éste, la altura del respaldar no está debidamente proporcionada para el soporte de la columna, no tienen apoya brazos ni apoya pies. Hay espacio para la movilidad de las piernas a lo ancho del cubículo no así en la profundidad del mismo, que sea capaz de propiciar el estiramiento de las piernas porque la parte baja de éste está cerrada a unos 12.5 cm del borde de la superficie. La distribución de los cubículos es adecuada porque no hay influencia de reflejos físicos atribuidos a las ventanas que además están provistas de persianas.

4.4.3. Evaluación Postural

a) Dolor corporal mientras permanece en el aula

Gráfico 30. Dolor corporal mientras permanece en el aula

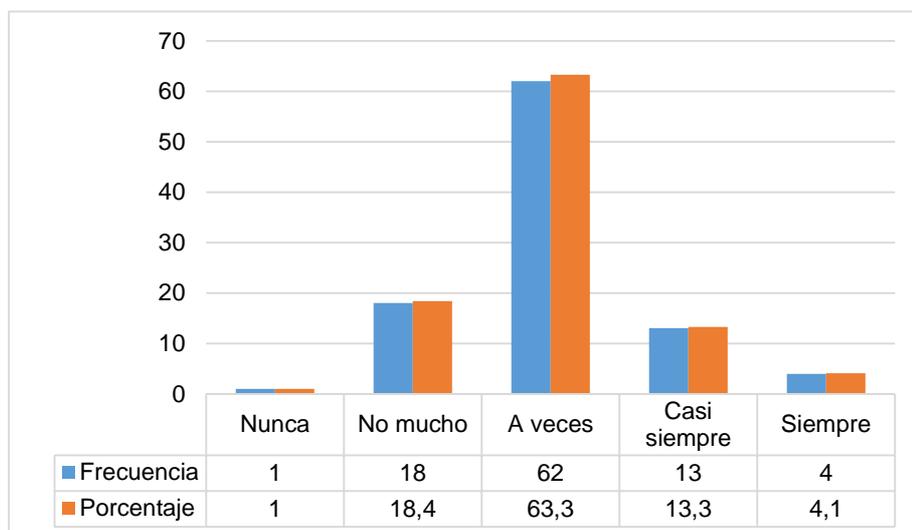


Análisis: La opción a veces es la de mayor acogida entre los usuarios, así lo refleja el porcentaje del 67,3%, seguido de un 15,3% que opta por la opción no mucho, además un 4,1% es el que afirma nunca sentir dolor en su cuerpo mientras se encuentra en estas instalaciones.

Interpretación: Casi el 96% de usuarios está consciente de haber soportado dolor en su cuerpo; no obstante, no es suficiente para conjeturar que las causas de esta sintomatología sean netamente de orden ergonómico.

b) Frecuencia con la que deja de hacer su actividad para estirarse

Gráfico 31. Frecuencia con la que deja de hacer su actividad para estirarse

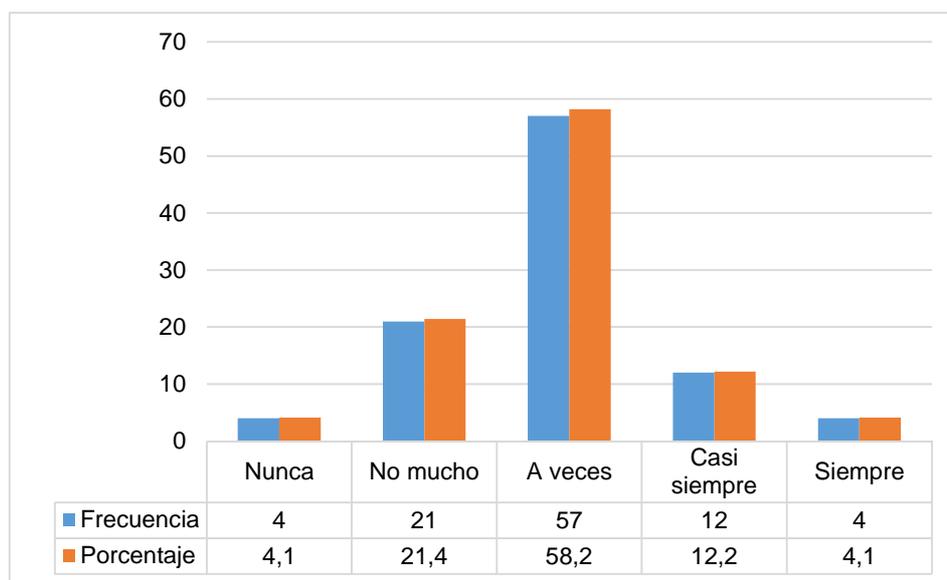


Análisis: La categoría a veces es la de mayor aceptación entre los involucrados con un 63,3% de la opinión. Solo el 1% afirma nunca hacer suya esta operación.

Interpretación: Es entendible la reacción, dada la monotonía de la actividad y el tiempo promedio de la estadía continua del usuario al interior del aula de clases, al que debe sumarse las características del espacio físico disponible para una posición preferentemente sentada.

c) Frecuencia con la que tiene comportamientos como pegarse a la pared, apoyarse, acostarse sobre la mesa

Gráfico 32. Frecuencia de comportamientos como: pegarse a la pared, apoyarse, acostarse sobre la mesa

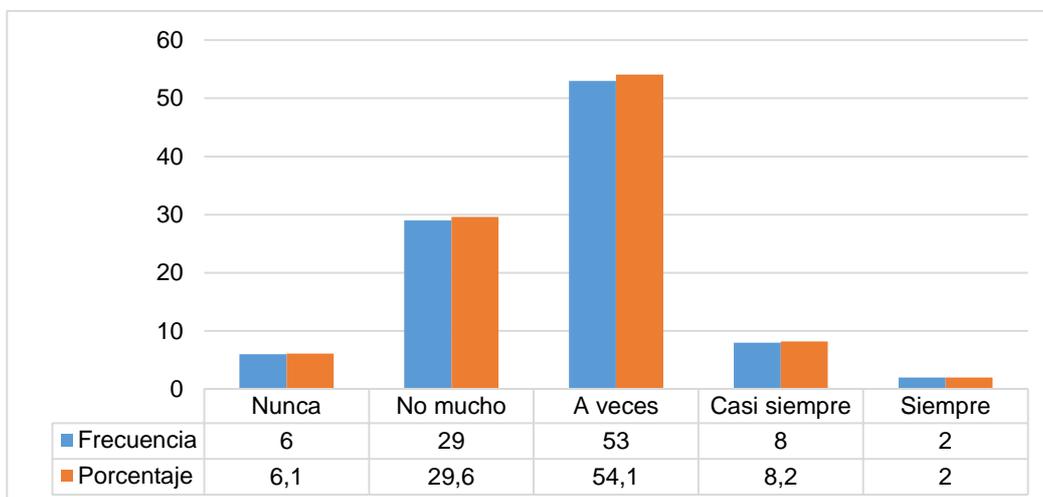


Análisis: En este caso, con el 58,2% la opción a veces prevalece como la frecuencia más general para este tipo de comportamiento y solo el 4,1% dice nunca tomar este tipo de actitud.

Interpretación: Esta clase de hábitos posturales pone en evidencia las manifestaciones socio-culturales actuales que adolecen de un cambio cultural a nivel personal y educativo, no solo por cuestión de urbanidad y tacto hacia el público circundante sino por un tema preventivo en el cuidado de la integridad física y emocional, más aún en un centro del saber donde la higiene ocupacional es uno de los pilares de la formación de sus educandos.

d) Desea que acabe la clase o se siente desconcentrado por su postura

Gráfico 33. Frecuencia con la que desea que acabe la clase o se siente desconcentrado por su postura

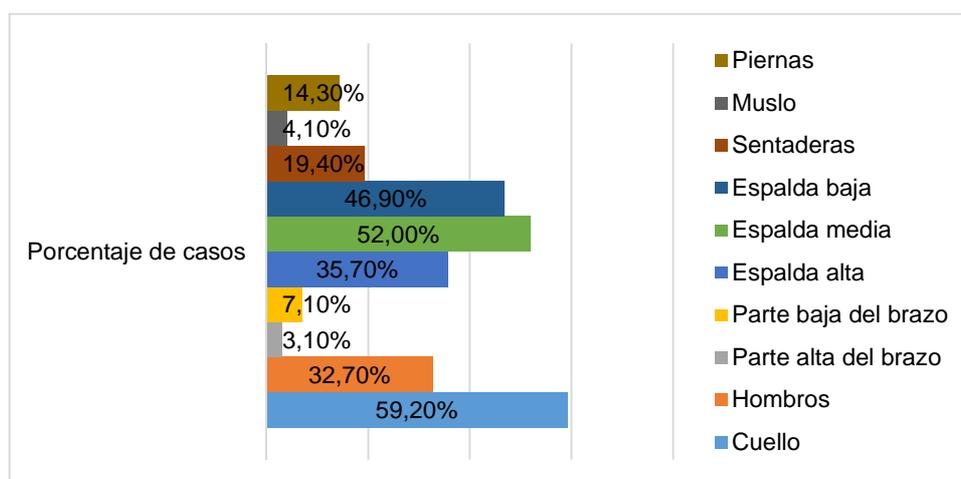


Análisis: En este escenario, la alternativa a veces es la de mayor votación entre los encuestados con un 54,1% y un 6,1% nunca desea que acabe la clase o se siente desconcentrado por motivo de su postura.

Interpretación: Cerca del 94% de los involucrados en este estudio si se sienten aludidos por el tema postural durante el desarrollo de su clase.

e) Disconfort en el cuerpo por el uso del mobiliario

Gráfico 34. Disconfort en el cuerpo por el uso del mobiliario



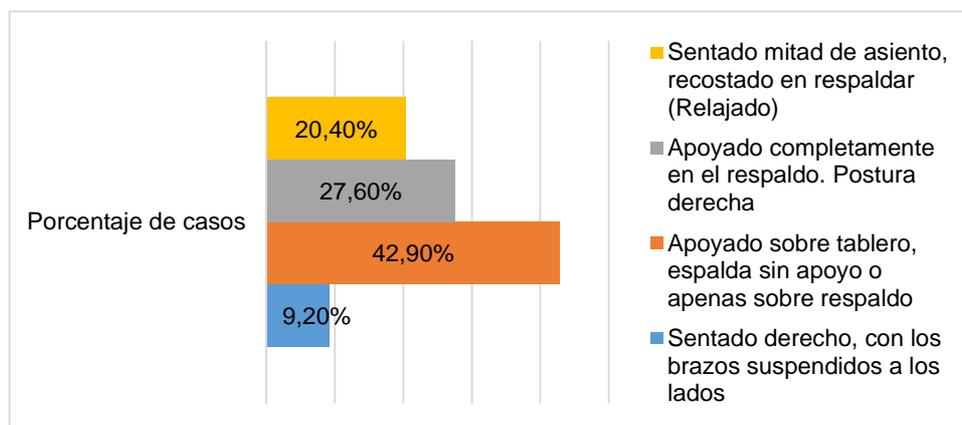
Análisis: Los usuarios manifiestan sentir un disconfort en diferentes partes de su cuerpo atribuido al uso del mobiliario, principalmente en zonas como: el cuello

con el 59,2% de los casos, espalda media con el 52%, espalda baja con el 46,9%, espalda alta con el 35,7%, hombros con el 32,7% y sentaderas con el 19,4% de los casos establecidos.

Interpretación: Indiscutiblemente, este factor es una pieza clave para la detección de riesgos para trastornos músculo-esqueléticos, muy comunes en la naturaleza sedentaria de esta actividad.

f) Postura más frecuente

Gráfico 35. Postura más frecuente



Análisis: Los involucrados afirman adoptar principalmente dos tipos de posturas: la primera es apoyarse sobre tablero, espalda sin apoyo o apenas sobre el respaldo y la segunda es apoyarse completamente en el respaldo, con postura derecha.

Interpretación: Es deducible que, no solo el asiento sino el respaldar constituye un aspecto significativo en la ergonomía del mobiliario dispuesto en el aula.

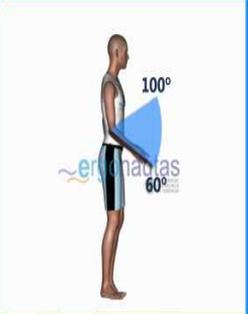
4.1.1. Evaluación De La Postura Con El Método Rula

A través del programa Ergonautas.com se aplicó el selector de métodos de evaluación y se escogió la opción “adopción de posturas inadecuadas o mantenidas durante períodos de tiempos prolongados” como un factor de riesgo y como punto de partida para un análisis básico.

La postura a evaluar es “apoyada sobre tablero, espalda sin apoyo o apenas sobre el respaldo, por ser la de mayor frecuencia dentro del resultado de la

encuesta y el proceso de observación. Entre los métodos mayormente extendidos y asociados a este factor de riesgo es el método RULA, para determinar algún nivel de actuación en el caso de ser necesario algún cambio en el puesto de trabajo.

Tabla 39. Valoración del grupo A y B, según el método RULA

G	Esquema	Descripción	Puntuación	Ponderación
GRUPO A	 	<p>Posición del brazo: Adopta aproximadamente una extensión de 20° y una flexión de 20°. El brazo está abducido.</p>	1	+1
	 	<p>Posición del antebrazo: Oscila entre los 60 y 100°, alcanza una inclinación mayor en situaciones en las que el sujeto requiere dar alcance a algún elemento aledaño a su mesa de trabajo. El antebrazo realiza una actividad a un lado de éste.</p>	1	+1
	 	<p>Posición de la muñeca: Generalmente, su posición es neutra, al no requerir movimientos constantes, por ejemplo en el caso de escribir se puede pasar un largo tiempo en la misma posición. Se considera que no hay pronosupinación de la muñeca y se mantiene dentro del rango medio del giro.</p>	1	

GRUPO B		<p>Posición del cuello: Tiende a estar en posición recta hasta una flexión de 20° ante diferentes situaciones como al pretender leer; inclusive, puede superar este rango de flexión para individuos a los que se les dificulta la visibilidad y necesitan forzar aún más esta parte de su cuerpo.</p>	2	
		<p>Posición del tronco: En la condición sedente, el tronco en conjunto con las caderas adopta un ángulo >90° al apoyarse en el respaldo; posteriormente, dicho ángulo se ve reducido por la posición misma que obliga al individuo a encorvarse y apoyarse sobre el tablero.</p>	2	
		<p>Posición de las piernas: Los individuos se acomodan de tal manera que los pies se apoyen en el suelo, aunque en ocasiones esto significa no poder reclinar su espalda adecuadamente en el respaldo.</p>	1	

Elaborado: Joselyn Anchundia

Tabla 40. Resumen de las puntuaciones por grupo

	GRUPO A	GRUPO B
Valoración	3	2
Actividad muscular	0	0
Cargas o fuerzas	0	0
	GRUPO C=3	GRUPO D= 2

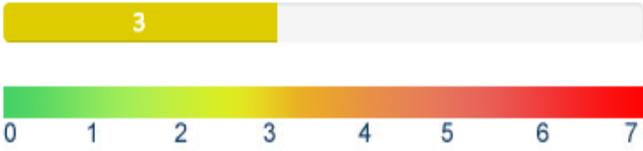
Elaborado: Joselyn Anchundia

Tabla 41. Puntuación final

		PUNTUACIÓN D (cuello, tronco, pierna)						
		1	2	3	4	5	6	7+
PUNTUACIÓN C (miembro superior)	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

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Tabla 42. Resultados de la evaluación

RESULTADO	NIVEL DE ACTUACIÓN
Puntuación RULA: 3 	2 Pueden requerirse cambios en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo. Es necesaria una investigación más profunda.

Elaborado: Joselyn Anchundia

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE MEJORA

Bacón, uno de los grandes filósofos y propulsores del enfoque empirista afirma que, es preciso investigar partiendo de la observación y la formulación de hipótesis, de la colección y organización de hechos para ascender a los axiomas y principios. Por las características del trabajo de experimentación y observación es meritorio destacar que se trata de un estudio de tipo inductivo.

Tras el análisis respectivo es posible evidenciar e inferir la necesidad de corregir ciertos factores incidentes en el ambiente áulico. Un centro de enseñanza de esta categoría, está exhortado a grandes presiones en procura del desempeño armónico, eficiente y efectivo de sus recursos; sin embargo paradójicamente en lugares de este tipo donde el principio de confortabilidad debe ser un emblema permanente, los requisitos ergonómicos distan en cierto grado de las recomendaciones estipuladas.

Tabla 43. Tabla de Propuestas

N°	PROBLEMA	PROPUESTA
AMBIENTE TÉRMICO	Empleo inapropiado del aire acondicionado.	Uso responsable de los aparatos de aire acondicionado, a través del establecimiento de una temperatura (20°C-21°C en la época de invierno) que sea compatible con el bienestar general (no menor al 10% de usuarios según la norma ISO 7730) y su regulación a través de un dispositivo de control remoto para cada salón. En días ventosos, reducir la ventilación excesiva provocada por las juntas de cierre de las puertas y ventanas (corredizas), así se evitará el enfriamiento excesivo y la pérdida innecesaria de energía.

	<p>En las aulas de la planta alta, el equipo acondicionador está fijado a una columna lateral, lo cual es entendible para propiciar la salida de los caños de agua, los cables y las tuberías que no se pueden instalar en las paredes frontales debido a que colindan con aulas aledañas. Sin embargo, esta posición provoca una falta de uniformidad en la propagación de la corriente de aire, generando que las personas situadas en esta parte del salón perciban una sensación más fría.</p>	<p>Los individuos pueden perfectamente regular su confort térmico ajustando también su vestimenta al tipo de ambiente en el que se desenvuelven y sin exponer zonas sensibles como las partes bajas de las piernas.</p> <p>Es necesario el acondicionado con labores de mantenimiento preventivo: limpiar periódicamente el filtro de aire, comprobar la correcta posición y limpieza del tubo de condensación.</p>
<p>AMBIENTE LUMÍNICO</p>	<p>A través de la encuesta se detecta que son los ocupantes de las zonas posteriores los que afirman tener algún inconveniente respecto a este parámetro y requieren más nivel de iluminación, ello concuerda con la falta de uniformidad de la iluminancia evidenciada en las mediciones y cálculos posteriores.</p> <p>Según el método de la CIE es necesaria la incorporación de más luminarias en el aula 104, 204, 207 y la sala de docentes para buscar la uniformidad de este parámetro dentro de las áreas respectivas.</p>	<p>Se debería instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra.</p> <p>Mantenimiento periódico y sustitución de las lámparas fuera de servicio.</p> <p>De acuerdo al diseño del sistema de iluminación, un incremento de luminarias no sería factible, y bien se podría mejorar el nivel de iluminación mediante la incorporación o cambio de las lámparas por otras de mayor potencia (acorde al flujo total necesario calculado en la tabla 27), ya que las actuales ostentan un flujo luminoso de 2700 lm.</p>
	<p>El caso del aula 104 es muy particular, pues al tratarse de la sala de cómputo el nivel de iluminación recomendado (400 lux) no suele ser compatible con el requerido para trabajar con pantallas de visualización (alrededor de 250 lux). El trabajo realizado implica la lectura directa de textos en la pantalla y/o de documentos próximos a la pantalla, por lo que los niveles de iluminación variarán en función a ambas actividades dando paso a la fatiga visual.</p>	<p>Se recomienda períodos de descanso distribuidos regularmente a lo largo de la jornada.</p>

	<p>Hay algunos brillos, reflejos o deslumbramientos en los elementos del puesto. Las paredes, techo y piso cumplen con los niveles de reflexión establecidos, la mesa de trabajo es de material mate, así que el exceso de brillo podría provenir de la entrada directa de la luz solar en función de la hora del día debido a una falta de cuidado y mantenimiento de las persianas que cubren las ventanas.</p>	<p>Reparación y mantenimiento de las persianas tipo cortinas, inspección del funcionamiento de los elementos móviles, cambio y revisión del estado de lamas, topes, cintas o flejes de sujeción.</p> <p>El uso de elementos fotoeléctricos para controlar el apagado de la iluminación artificial en los casos de que la iluminancia interior del local (luz del día) sobrepasara el 100% de la iluminancia de diseño.</p> <p>Encendido-apagado automático, a través de los detectores de presencia.</p>
<p>AMBIENTE ACÚSTICO</p>	<p>La sala de docentes es la que registra una mayor inclinación de discomfort referente a este parámetro, lo cual es justificado por el libre acceso que tiene el estudiante que allí acude con el afán de consulta u orientación con el docente, y en ocasiones se escapa de control ante la afluencia masiva y el bullicio proveniente de conversaciones no moderadas entre estudiantes.</p>	<p>Reforzar el aislamiento existente con ventanas con doble cristal.</p> <p>Concienciar y sensibilizar al estudiantado sobre los efectos del ruido y sus repercusiones en la concentración requerida y la creación de un ambiente agradable donde confluya el trato y la interacción armónica entre todos los miembros.</p> <p>Se podría instalar un sistema de “chivato” que se active mediante luz o sonido cuando el ruido exceda los 65 dB.</p> <p>La ubicación de carteles comunicativos incentivando a la comunicación sosegada y en un tono adecuado, así mismo promulgando las buenas prácticas sonoras.</p>
	<p>En los cubículos, punto de planificación y prestación de tutoría, persisten las mamparas físicas para delimitar la separación entre uno y otro, el material y la altura relativa de la mismas no proporciona la suficiente privacidad del caso para sus usuarios, pues las conversaciones del cubículo aledaño son claramente perceptibles.</p>	<p>Se debe crear espacios de trabajo donde persista un equilibrio entre la interacción con los colegas y la provisión de espacio para pensar, concentrarse y reflexionar. En un informe de la BBC Mundo, (2014) se menciona las ideas de Pankaj Arora y el equipo de innovación de tecnologías de información de Microsoft de crear pequeñas oficinas donde podían ser más productivos a la hora de trabajar individualmente o en conjunto; se hace hincapié en la misma dado a que los ocupantes principales de estos espacios son los docentes, en su mayoría ajenos a la generación de los milenios y por ende más apegados a la idea de los refugios o cabinas de concentración. He allí la base para considerar el caso Steelcase y algunas propuestas de diseño de esta compañía para el área de</p>

		cubículos, con el afán de dotarles de esa privacidad requerida.
	En ocasiones se realiza movimientos de mesas y sillas, que al ser arrastrados resulta molesto, sobre todo cuando el ruido de impacto se traslada hacia el piso inferior.	Dotarlas de punteras de caucho o goma, pues la mayoría de sillas o mesas adolecen de estos implementos o evidencian un desgaste avanzado, así se evitaría la propagación del ruido en el aula misma y en el piso inferior.
	El sonido emitido por la unidad condensadora durante el encendido o apagado y en la operación misma del equipo de aire acondicionado contribuye al deterioro de la calidad acústica en el aula.	Si bien la capacidad de los equipos es la adecuada, se recomendaría la adquisición de equipos cuya operación no genere esos ruidos intermitentes que persisten con el equipo actual y que es causa de distracciones para las personas más próximas al lugar de su instalación.
MOBILIARIO	Existe un discomfort respecto al elemento silla y mesa. Las dimensiones de estos implementos no se ajustan a la antropometría de sus usuarios.	Los detalles se describen a continuación.
	Las posturas varían de un período a otro, pero se detectó que los usuarios pueden exponerse a un tipo de riesgo 3, para lo que se sugiere un cambio en la tarea o el puesto de trabajo	Promulgar una cultura de educación en materia de ergonomía postural, de manera particular, entre el alumnado, a cargo de docentes especializados en esta materia para su abordaje efectivo.

Elaborado: Joselyn Anchundia

En el mercado nacional, se oferta mobiliario educativo cuya producción se centra en crear productos aproximados a las aulas de clases regulares, y como se ha evidenciado, la convencionalidad de éstos se rige, generalmente, por mesas y sillas de altura fija, disponibles en una serie de tallas, sin representar el grado de confortabilidad necesario.

En tal virtud, se propone la adquisición de mobiliario acorde a las especificaciones técnicas detalladas en la norma NTE INEN 2583:2011 y según los parámetros antropométricos aquí descritos.

Para la determinación de las dimensiones adecuadas del mobiliario para docentes se ha considerado las recomendaciones dadas por la UNESCO, como se detalla en la tabla 37.

Tabla 44. Dimensiones recomendadas para el diseño de silla y escritorio para docentes.

		Parámetro	Medida (cm)	
Silla	Asiento	A	Altura	43
		B	Ancho	42
		C	Profundidad	37
		D	Ángulo asiento horizontal	4°
		E	Radio borde anterior del asiento	3-4
	Respaldo	F	Borde inferior	17
		G	Borde superior	38
		H	Ancho	40
		I	Ángulo asiento respaldo	98 ± 2
		J	Radio del respaldo	40
Mesa	K	Altura de la mesa	71	
	L	Largo de la mesa	130	
	M	Profundidad de la mesa	60	
	N	Altura mínima del espacio bajo la mesa	64	
	O	Largo mínimo del espacio bajo la mesa con cajonera	120	
	Oa	Largo mínimo del espacio bajo la mesa con cajonera	75	
	P	Profundidad mínima espacio bajo la mesa	55	

Fuente: UNESCO, 2001

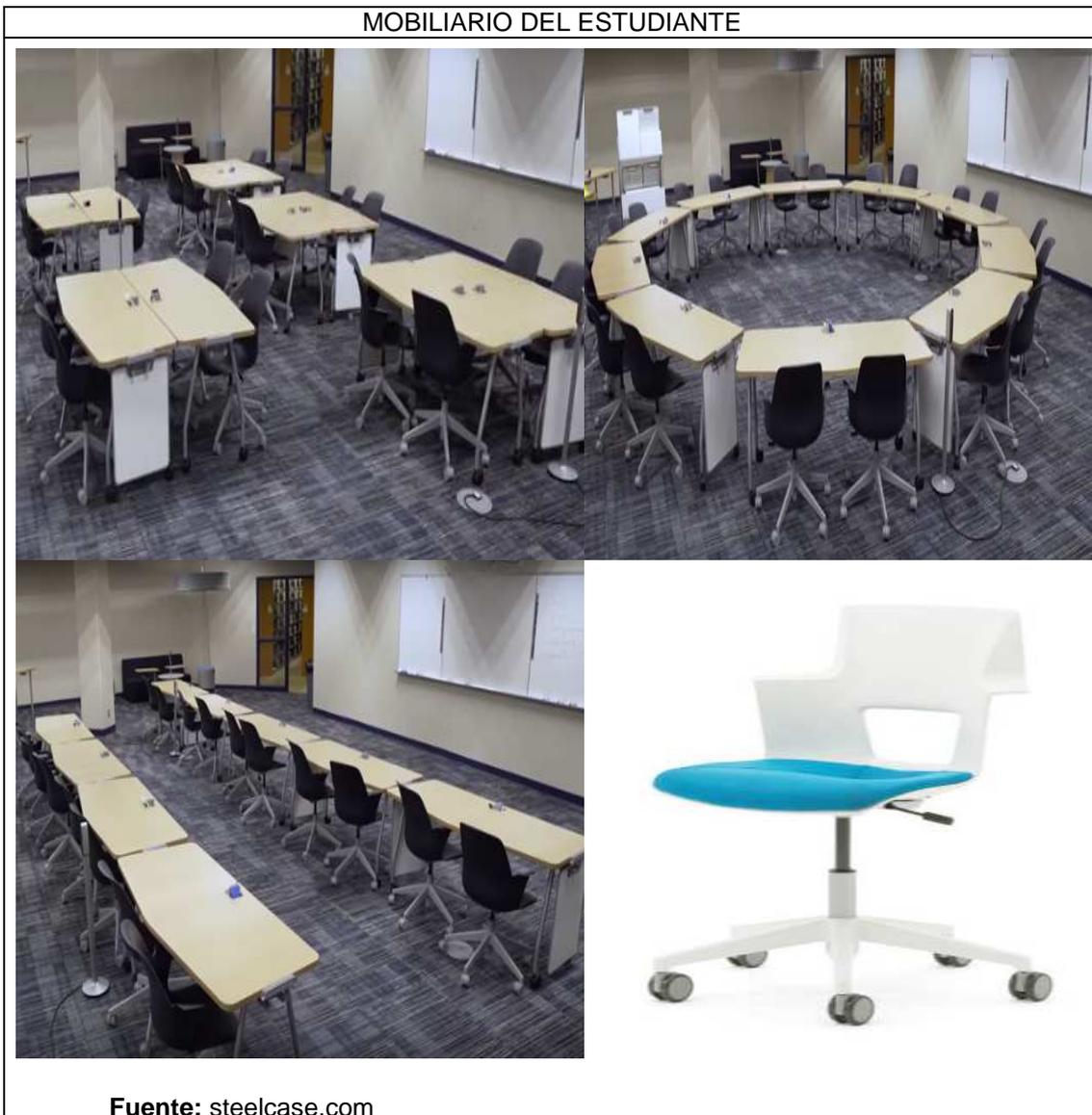
Para las dimensiones del mobiliario de los estudiantes, se ha tomado como base los resultados del estudio antropométrico detallado en el capítulo anterior, como se observa en la tabla 45.

Tabla 45. Dimensiones recomendadas para el mobiliario del estudiante universitario

		Parámetro	Medida (cm)
Silla	Asiento	Altura	35
		Ancho	48
		Profundidad	34
	Respaldo	Altura	34
		Ancho	40
Mesa	Altura interior de la mesa		53,5
	Altura superior de la mesa		21,52
	Profundidad de la mesa		63,02
	Ancho de la mesa		82,17

Elaborado: Joselyn Anchundia

Tabla 46. Modelo de Mobiliario para estudiantes



Un espacio destinado a mejorar la interacción entre estudiantes y el profesorado. El espacio de aprendizaje se puede transformar en un escenario de discusión formal en el aula, estudio privado, trabajo en grupo de colaboración.

Criterios convencionales: estética, flexibilidad, facilidad de desplazamiento, estabilidad.

Criterio ergonómico: mesas y/o sillas cuya altura pudiera regularse, el asiento debe mantener las curvas de la espalda, favorecer una distribución adecuada del peso del cuerpo, propiedades antideslizantes (ángulo de inclinación posterior del asiento), condiciones para un acceso permanente a la dinámica del proceso e inclusive se pueda integrar a la tecnología. El plano de trabajo de la mesa puede ser de madera, con acabado de formica y melamina, y la estructura de tubos de acero, característico por su durabilidad y disponibilidad. La silla puede tener un material a base de polipropileno, escogido por su resistencia y solidez, con un tapizado en la parte del asiento y ruedas para su soporte y mejor desplazamiento.

MOBILIARIO DEL DOCENTE



Fuente: mgmuebles.mx



Fuente: steelcase.com



CUBICULO

La pared divisoria instalada independientemente de la estructura del edificio, con conexiones de red y alimentación integrada. Mampara de diseño delgado, empalmes exactos y conexiones invisibles. Módulos monobloques de 3,7 cm de espesor, flexible y con combinaciones ajustables hasta 172 cm de alto y materiales como chapa, melamina, tela, vidrio y perspex.

Criterio ergonómico: Capaz de brindar un espacio de mayor privacidad para las actividades de consulta y planificación, a través de mamparas de separación que bordean casi todo el área del docente; disipando también cierto nivel de ruido no adecuado en determinadas horas.

SILLA PARA EL DOCENTE.

Modelo clásico, tapizado, ofrece comodidad durante todo el día, con mecanismo de inclinación sincronizada, ajuste neumático de la altura del asiento, ajuste de la profundidad del asiento.

Criterio ergonómico: asientos ergonómicos, regulable en altura, con inclinación y respaldo alto y no basculante que proporcione buen apoyo lumbar; el reposabrazos ayuda a mejorar la calidad ergonómica, la disposición de ruedas no será causante de deslizamientos involuntarios.

BRAZO DE PANEL PLANO

Ajuste de altura dinámico, 9,5 " de rango de ajuste vertical, soporta monitores de hasta 15.4 libras, monitor 360° y rotación del brazo, montaje de conexión rápida, el tamaño máximo del monitor es de 24".

Criterio ergonómico: Elemento indispensable para una regulación de la distancia a 40 cm entre los ojos y la pantalla o documento y a una altura tal que la línea de visión horizontal y la trazada bajo la horizontal formen un ángulo de 60°, según el criterio técnico.

CONCLUSIONES

- Aun cuando cada lugar tenga sus propias características, los parámetros ambientales se compaginan como un todo, lo condicionan e inclusive limitan la participación activa de los sujetos que en él interactúan; y en este caso, pese al esfuerzo institucional por adecuar estos espacios, siempre hay demandas por cubrir y/o mejorar.
- La distribución de temperaturas no es homogénea, desencadenando en un leve discomfort una vez transcurrido el tiempo de adaptación, así el ambiente fue descrito: con una sensación “ni calor ni frío” al iniciar la evaluación, hasta “algo de frío” al finalizar la sesión, correspondiéndole un IVM de -1 y un PPI del 25% cuando el máximo de insatisfechos permisible es del 10%.
- Si bien, la relación entre el nivel de iluminación del puesto donde se realiza la tarea y el alumbrado general del área, en la mayoría de los casos, es inferior a los límites establecidos en la norma europea y el decreto 2393; es la uniformidad de la luminancia la que ha permitido determinar que solo en el caso de un par de aulas y la sala de docentes es necesario aumentar los niveles de iluminación, que bien podría ser cambiando las lámparas por otras de mayor potencia.
- Es detectable una incidencia un tanto molesta y contraproducente del ruido debido a conversaciones aledañas, el arrastre de mobiliario, e inclusive los mismos equipos de aire que dificultan la concentración. Según el estudio subjetivo el entorno áulico es ligeramente molesto
- Hay un porcentaje considerable de sujetos que manifiestan sentir alguna dolencia músculo-esquelética atribuida al uso del mobiliario y a la postura asumida durante el período de estudio; por lo tanto es importante dimensionar los muebles de aula, sobre todo el elemento silla como principal soporte del cuerpo, buscando cubrir las medidas más extremas que pueden ser punto de discomfort y un individuo potencialmente insatisfecho.

RECOMENDACIONES

- Es imperioso disponer de equipos de medición de los factores ambientales, calibrados y en óptimo funcionamiento para poder intervenir como sujetos activos en futuras investigaciones.
- Ejecutar el mantenimiento y limpieza de los ductos del aire periódicamente y no únicamente cuando se registre alguna avería.
- Según la literatura, la temperatura óptima se sitúa entre los rangos 20 y 21°C y como la sensación es algo fría, lo conveniente sería regular la temperatura del equipo de frío, pues durante el desarrollo de la prueba subjetiva éste se mantuvo a una temperatura de 18°C por considerarse que se trataba de un día soleado en la época de invierno.
- Realizar un estudio de iluminancia, contrastando los resultados de los puntos de medición en distintas horas y meses de año para conseguir información más consistente y poder tratarla estadísticamente. Aunque las ventanas de cada aula están cubiertas por sus respectivas persianas, es preciso efectuar un mantenimiento para evitar la influencia de reflejos.
- Se sugiere realizar un estudio objetivo de los parámetros psicoacústicos en este tipo de entorno y analizarlos en función de los períodos y horarios, con el fin de correlacionar los valores objetivos con los resultados subjetivos y determinar su influencia en los procesos cognitivos.
- Se recomienda el estudio de medidas antropométricas de la población universitaria con el fin de disponer de fuente informativa de primera mano para este tipo de estudio y que sirva de referencia para que las autoridades aborden la temática dentro de las normativas vigentes e implanten las mejoras requeridas.
- El desarrollo de una metodología para el diseño de una mesa y silla dirigida a estudiantes universitarios.
- Es imperioso que, en la normativa ecuatoriana se incluya la experiencia de otros estudios y requisitos técnicos aplicables al mobiliario y ambiente universitario, porque las especificaciones existentes siguen siendo pocas y por más similitud que haya no puede relacionársela con el ambiente de oficina.

BIBLIOGRAFÍA

- ¿Oficinas abiertas o cubículos? La guerra del diseño continúa - BBC Mundo. (2014). Retrieved July 22, 2017, from http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/10/140929_vert_cap_oficinas_abiertas_yv
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. Á., & Miranda, M. G. (2016). El protocolo de investigación III : la población de estudio The research protocol III . Study. *Revista Alergia México*, 63(2), 201–206.
- Arriaza Balmón, M. (2006). *GUÍA PRÁCTICA DE ANÁLISIS DE DATOS*. Andalucía. Retrieved from http://www.um.es/jmpaz/AGP1213/guia_practica_de_analisis_de_datos.pdf
- Blasco Laffón, B., Blasco Laffón, E., Fernández Valdés, J. M., & Viñas Arrebola, C. (2007). Cálculo de índices de confort térmico en recintos cerrados con transferencia de calor. Retrieved from http://oa.upm.es/3676/2/LAFFON_PON_2007_01.pdf
- Bojorquez Morales, G. (2010). Universidad de Colima. *Ucol.Mx*, 523. Retrieved from http://www.ucol.mx/interpretextos/pdfs/909_inpret1009.pdf
- Carvajal Villamizar, H., & Cacia Barreto, L. (2017). Estudio ergonómico del mobiliario de las aulas Uniminuto, Cúcuta. Retrieved April 28, 2017, from <http://revistas.iue.edu.co/index.php/Psicoespacios/article/view/887/1184>
- Chavarría Cosar Ricardo. (1987). NTP 242 - Análisis Ergonómico de los Espacios de Trabajo en Oficinas.
- Ching Francis D. K. (2008). *Diccionario visual de arquitectura*. (Editorial Gustavo Gili, Ed.). Retrieved from <https://ggili.com/diccionario-visual-de-arquitectura-ebook.html>
- Comité Ejecutivo del Código Ecuatoriano de la Construcción. (2011). Norma Ecuatoriana de Construcción.
- Comité Español de Iluminación. (2005). Guía técnica: Aprovechamiento de la

luz natural en la iluminación de edificios. Retrieved from
http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_c7e314e8.pdf

Cruz Alberto, & Garnica Andrés. (2010). *Ergonomía aplicada*. (Eco ediciones Ltda., Ed.) (Cuarta Edi). Colombia.

De Juan Vigaray, M. D., González Gascón, E., Barra Hernández, ; P, Hernández Ricarte, ; V, Carmona Martínez, ; J, López García, J. J., ... Begoña, S. (2013). ¿Qué percepción tienen los alumnos sobre las aulas en las que estudian? Retrieved from
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/37615/1/PERCEPCIÓN DE LOS ALUMNOS DE SUS AULAS.pdf>

Dirección de Planeamiento Urbano GAD-MANTA. (2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Manta 2014-2019. Retrieved from
http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/ACTUALIZACION DE DIAGNOSTICO DEL PD Y OT_14-11-2014.pdf

Escobedo Portillo, M. T., Estebané Ortega, V., Maynez Guadarrama, A., & López Pulido, L. (2014). Evaluación de los Factores Ergoambientales en una Institución de Educación Infantil. Retrieved from
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492014000200011

Espinoza Torres, J. C. (2014). Eficiencia de las Edificaciones en el Ámbito de las Consecuencias Generadas por el Diseño Arquitectónico y el Consumo Energético. Retrieved from
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7657/1/TESIS DE MAEST. TEC. EDF.pdf>

Fernández Arribas, D. (2014). Ergonomía en el aula como espacio de trabajo.

Hair, J. F., Bush, R. P., & Ortinau, D. J. (2009). Investigación de Mercados. In Mc. Graw Hill. (Ed.). México: . Retrieved from
http://www.academia.edu/20202793/Investigacion_de_Mercados_Hoseph_

F._Hair

IESS. Decreto 2393. (2010). Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo. Retrieved from <http://www.utm.edu.ec/unidadriesgos/documentos/decreto2393.pdf>

INSHT. (1983). NTP 74: Confort térmico - Método de Fanger para su evaluación. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_074.pdf

INSHT, I. N. de S. e H. en el T. (n.d.). ANTROPOMETRÍA, 7. Retrieved from <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno del puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>

INSHT, I. N. de S. e H. en el T. (n.d.-a). ASPECTOS ERGONÓMICOS DEL RUIDO: EVALUACIÓN. Retrieved from <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido y Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOIVIBRACIONES.pdf>

INSHT, I. N. de S. e H. en el T. (n.d.-b). NTP 242: Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_242.pdf

INSHT, I. N. de S. e H. en el T. (2006). Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento, 1–39.

INSHT, I. N. de S. e H. en el T. (2015). Título: Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos. Retrieved from <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Iluminacion en el puesto de trabajo.pdf>

Instituto de Biomecánica de Valencia. (1992). *Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario ergonómico*. Instituto de Biomecánica de Valencia.

ISO 7730. (2005). ISO 7730: Ergonomics of the thermal environment —

Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

Kuchen, E., & Fisch, M. N. (2009). Spot Monitoring: Thermal comfort evaluation in 25 office buildings in winter. *Building and Environment*, 44(4), 839–847. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.023>

Lema, D. (2013). Comparación estadística de medidas antropométricas entre mestizos, indígenas y afro ecuatorianos de la Región Sierra del Ecuador. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2631/1/107724.pdf>

Llaneza, F. J. (2009). *Ergonomía y psicología aplicada : manual para la formación del especialista*. Lex Nova. Retrieved from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EAq3__YLOjIC&oi=fnd&pg=PA17&dq=aspectos+ergonomicos+del+ruido&ots=_aN9_py8OT&sig=Z8F2bCMvSCeLBRLvcIDXtCp-lgw#v=onepage&q=aspectos+ergonomicos+del+ruido&f=false

Llerena, I. E. S. (n.d.). INTRODUCCIÓN A LA LUMINOTECNIA. Retrieved from [https://conecta2conlaciencia.wikispaces.com/file/view/actividad final.pdf](https://conecta2conlaciencia.wikispaces.com/file/view/actividad+final.pdf)

Mondelo, P., Gregori, E., & Blasco, J. (2013). *Ergonomía 3 : diseño de puestos de trabajo*. Universitat Politècnica de Catalunya.

Mondelo, P., Gregori, E., Comas, S., Castejón, E., & Bartolomé, E. (2013). *Ergonomía 2. Confort y estrés térmico*. (Universidad Politècnica de Catalunya, Ed.).

Mondelo, P., Torada, E., Gonzáles, O., & Gómez, M. (2013). *Ergonomía 4. El trabajo en oficinas*. (Universidad Politècnica de Catalunya, Ed.), *Temas de ergonomía y prevención*. Barcelona.

Ramos, J. (2016). PERSPECTIVA TECNOLÓGICA PARA UNA GERENCIA ERGONÓMICA UNIVERSITARIA. Retrieved from <http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/4248/1/jeramos.pdf>

Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del

- Medio Ambiente De Trabajo. (1986). I.E. Decreto Ejecutivo 2393. Retrieved from <http://www.utm.edu.ec/unidadriesgos/documentos/decreto2393.pdf>
- Reyes, J. T. B. (2016). *Análisis de sensación térmica en ambiente termoneutral: aplicación de actividades sedentarias*.
- Rosas i Casals, M. (2003). *Instalaciones de calefacción* (1 . ed.). Barcelona: Editorial UOC.
- Torres, R., & Furlan, A. (2017). Evaluación antropométrica del mobiliario escolar para estudiantes universitarios en Ecuador. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14333/2/UPS-GT001910.pdf>
- UNE-EN ISO 7730. (2006). Ergonomía del ambiente térmico.
- UNE 12464.1. (2002). Norma Europea sobre Iluminación para Interiores.
- UNESCO. (2001). Guía de recomendaciones para el diseño de mobiliario escolar. *Zhurnal Eksperimental'noi I Teoreticheskoi Fiziki*, 160. Retrieved from http://portal.unesco.org/geography/es/ev.php-URL_ID=8670&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- Villacorta, Diana & Morales, J. (2010). Análisis de la mecánica corporal en la comunidad universitaria de la universidad Autónoma de Santa Ana en el período de marzo del 2009 a julio 2010. Retrieved from <https://www.yumpu.com/es/document/view/14715674/documento-universidad-autonoma-de-santa-ana>

ANEXOS

Anexo A. Norma ISO 7730

Anexo B. Norma ISO 10551

Anexo C. Selección del test estadístico

Anexo D. UNE 12464.1

Anexo E. INEN NTE. 2583.2011 (PUPITRES)

Anexo F. Planos de las aulas de la Facultad de Ingeniería Industrial

Anexo G. Dimensiones del mobiliario

Anexo H. Encuesta

Anexo I. Toma y registro de datos

Anexo J. Condiciones meteorológicas externas